



# + CIENCIA

## REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Año 10, N.º 30, Septiembre-Diciembre 2022



# 10° aniversario



¡No te pierdas nuestro contenido en Youtube!  
Estaremos subiendo videos interesantes y divertidos para alimentar tu curiosidad científica.  
¿Qué esperas para suscribirte? ¡Escanea el siguiente QR y accede de inmediato!



Definiendo mi camino • Nanofibras: el futuro de la anestesia • Las ftalocianinas, una alternativa de la industria de los semiconductores • Turborreactor • Transportando a través del tiempo • Cristales de tiempo: la posibilidad de una máquina perpetua • Los sistemas grises • ¡Enfócate! Plantie • Prototipo de facilitador de canalización Radio Anáhuac y +Ciencia presentes en el Evento Nacional de FIRST LEGO League • Perspectivas de la microscopia electrónica en el estudio de nanomateriales • La microscopia electrónica de barrido en la caracterización de materiales • Desarrollo de nuevos catalizadores para su uso en la producción de hidrógeno a partir de biomasa

Programas de Posgrado de la  
**FACULTAD DE  
INGENIERÍA**

**TRIMESTRALES**

Inicio: enero, abril, julio y octubre

- MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE GESTIÓN EMPRESARIAL
- MAESTRÍA EN LOGÍSTICA
- MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN  
E INTELIGENCIA ANALÍTICA
- MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO  
SUSTENTABLE

**SEMESTRAL**

Inicio anual: agosto

- DOCTORADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

@PosgradosAnahuac

Posgrados Anáhuac

@Anahuac\_P

DESCUENTO A EGRESADOS  
**20%**

Facultad de  
Ingeniería

**CADIT**  
CENTRO DE ALTA DIRECCIÓN EN  
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

**GRANDES LÍDERES**

**Y MEJORES PERSONAS**

Informes:  
Centro de Atención de Posgrado y Educación Continua

55 54 51 61 77  
55 79 18 21 59

posgrado@anahuac.mx

anahuac.amx/mexico/posgrados

Campus Norte

## UNIVERSIDAD ANÁHUAC MÉXICO

RECTOR

Dr. Cipriano Sánchez García, L.C.

VICERRECTORES ACADÉMICOS

Dra. Lorena Rosalba Martínez Verduzco

Mtro. Jorge Miguel Fabre Mendoza

DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Mtro. Mario Buenrostro Perdomo

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN

Dr. Jose Pozón López

COORDINADORA DE PUBLICACIONES ACADÉMICAS

Mtra. Alma E. Cázares Ruiz

# + CIENCIA

## REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

AÑO 10, N.º 30, SEPTIEMBRE-DICIEMBRE 2022

### DIRECTORA EDITORIAL

Dra. María Elena Sánchez Vergara

María José Canseco Juárez

*Alumna de Ingeniería Ambiental*

### COORDINACIÓN EDITORIAL

Guadalupe Karla Velasco Gómez

### CORRECCIÓN DE ESTILO

Adriana Sánchez Escalante

### ASESOR Y REVISOR DE CONTENIDO

P. Sergio Salcido Valle, L.C.

### CONCEPTO Y DISEÑO EDITORIAL

Daniel Hurtado Rivera

### COMITÉ EDITORIAL

Mtro. Mario Buenrostro Perdomo

*Director de la Facultad de Ingeniería*

### CONCEPTO DE PORTADA

Ernesto Pérez Deschamps

Dra. María Elena Sánchez Vergara

*Coordinadora del Centro  
de Innovación Tecnológica*

Ana Paula Sánchez Grimaldo

Javier Arturo López Mendoza

Ernesto Pérez Deschamps

*Alumnos de Ingeniería Industrial*

José Martín Gálvez Leyva

Guadalupe Karla Velasco Gómez

Sabrina Sofía Prieto Salazar

Alin Deyanira Flores García

Alejandra Alcalá Haddad

*Alumnos de Ingeniería Biomédica*

Rolando Ademar Molina Velasco

*Alumno de Ingeniería Mecatrónica*

Óscar Poblete Sáenz

*Alumno de Ingeniería en Sistemas*

+Ciencia. Revista de la Facultad de Ingeniería, año 10, número 30, septiembre-diciembre 2022, es una publicación cuatrimestral editada por Investigaciones y Estudios Superiores, S.C. (conocida como Universidad Anáhuac México), a través de la Facultad de Ingeniería. Avenida Universidad Anáhuac 46, colonia Lomas Anáhuac, Huixquilucan, Estado de México, C.P. 52786. Tel.: 55 5627-0210. Editor responsable: María Elena Sánchez Vergara. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2022-091511373400-102, ISSN electrónico: 2954-4408. Cualquier información y/o artículo y/u opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Asimismo, el editor investiga sobre la seriedad de sus anunciantes, pero no se responsabiliza de las ofertas relacionadas con los mismos. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del editor.

# CONTENIDO

## 5 EDITORIAL

La coordenada (0,0)

*Guadalupe Karla Velasco Gómez*

## 6 ¿SABÍAS QUE...?

Científicos crean un hidrogel para reemplazar el cartílago dañado

*Alejandra Alcalá Haddad*

Niños de Nueva Zelanda descubrieron el fósil de un pingüino gigante

Pequeños robots reparan aviones en 5 minutos

*Valentina Sabrina Dávila Millán*

## 8 CORRESPONDENCIA CIENTÍFICA

## 12 UNOS AÑOS DESPUÉS...

Definiendo mi camino

*Mtra. Andrea Katalina Gómez Treviño*

## 14 PROBLEMA CONCIENCIA

En órbita

## 16 1 IDEA = 1 CAMBIO

Nanofibras: el futuro de la anestesia

*María Cristina Ahuja Lara*

## 18 CIENCIA A TODO LO QUE DA

Las ftalocianinas, una alternativa de la industria de los semiconductores

*María Elena Sánchez Vergara*

## 22 ¡MAQUINÍZATE!

Turborreactor

*Luisa Fernanda Villanueva Heredia*

## 24 DE LA NECESIDAD AL INVENTO

Transportando a través del tiempo

*Mariana Santillán Aguilar*

## 28 CIENCIA POR ALUMNOS

Cristales de tiempo: la posibilidad de una máquina perpetua

*María Cristina Ahuja Lara*

## 30

Los sistemas grises. ¿Qué tan compleja debe ser la ciencia?

*Francisco Trejo*

## 34 UTILÍZALO

¡Enfócate! Plantie

*José Carlos Sánchez Aburto*

## 36 ¡INTEGRANDO INGENIERÍA

Prototipo de facilitador de canalización

*Alin Flores García*

## 43 +PODCAST

Radio Anáhuac y +Ciencia presentes en el Evento Nacional de FIRST LEGO League

*Rolando Ademar Molina Velasco*

## 45 CIENCIA EN LAS FRONTERAS

Perspectivas de la microscopía electrónica en el estudio de nanomateriales

*Daniel Bahena Uribe*

## 48

La microscopía electrónica de barrido en la caracterización de materiales

*Dr. Rodrigo Alonso Esparza Muñoz*

## 52

Desarrollo de nuevos catalizadores para su uso en la producción de hidrógeno a partir de biomasa

*M.G. Granados-Fitch*

*M. Avalos-Borja*

*J. M. Quintana-Melgoza*

*E.A. Juárez-Arellano*

## 61 TRIVIA PARA FACEBOOK E INSTAGRAM

CONTÁCTANOS EN:

<https://ingenieria.anahuac.mx/>

<https://revistas.anahuac.mx/masciencia>

 @mascienciaanahuac

 @mas.ciencia



# LA COORDENADA

## (0,0)

Es un honor y un orgullo para +*Ciencia*, y todos sus integrantes, presentar la edición número 30 de nuestra revista, en la que oficialmente se celebran los 10 años de su publicación ininterrumpida. Para esta edición especial, encontrarán información interesante acerca de diferentes temas científicos, con los que esperamos continuar fomentando la divulgación científica en nuestros lectores, siempre con la calidad característica de esta revista.

Comenzamos con nuestra ya conocida sección “¿Sabías que...?”, en la que Valentina Sabrina Dávila Millán y Alejandra Alcalá Haddad presentan información acerca del uso de hidromiel en cartílagos dañados, robots que detectan y reparan disfunción en los aviones, y el descubrimiento de un fósil de pingüino gigante. En la sección “¡Maquinízate!”, Luisa Fernanda Villanueva Heredia, estudiante de Ingeniería Mecatrónica, nos habla sobre el funcionamiento del turborreactor.

Continuamos con la sección de “Unos años después...”, en la que recibimos a la maestra Andrea Katalina Gómez Treviño, graduada de Ingeniería Biomédica, quien nos cuenta que existen muchos caminos para lograr nuestras metas. En “Utilízalo”, Juan Carlos Sánchez Aburto nos habla sobre *Plantie* y su funcionamiento, una aplicación que permite mejorar la concentración de las personas. Además, María Cristina Ahuja Lara nos explica cómo las nanofibras podrían ser utilizadas en la disminución de los peligros del uso de la anestesia local, esto en la sección de “1 idea = 1 cambio”.

En la sección de “Ciencia a todo lo que da” recibimos a la Dra. María Elena Sánchez Vergara, directora editorial de esta publicación, quien nos explica cómo el uso de las ftalocianinas en la fabricación de materiales semiconductores puede resolver el problema de la falta de microchips en la actualidad. Seguimos con “¡Integrando ingeniería”, en donde Alin Flores García nos platica acerca del proceso de realización de su proyecto sobre un visualizador de red venosa con asistente para venopunción.

Este proyecto lo realizó con el objetivo de ayudar a los profesionales de la Cruz Roja.

En la gustada sección de “De la necesidad al invento”, Mariana Santillán Aguilar nos cuenta de la evolución de los medios de transporte a lo largo del tiempo. En “Ciencia por alumnos”, María Cristina Ahuja Lara vuelve a hacerse presente, ahora con los cristales de tiempo, como un material que permitiría la construcción de una máquina perpetua.

Con el gusto de publicar un artículo de uno de nuestros destacados estudiantes del doctorado en Ingeniería Industrial, Francisco Trejo nos habla de la teoría de los sistemas grises.

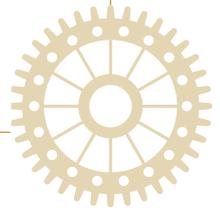
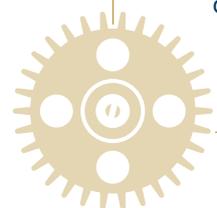
Una vez más en la sección “Ciencia en las Fronteras” contamos con la participación especial de la Asociación Mexicana de Microscopía A. C. En esta importante colaboración, Daniel Bahena Uribe nos habla de la microscopía en los materiales; también podremos conocer cómo se lleva a cabo la caracterización de materiales por parte del Dr. Alonso Esparza Muñoz y M.G. Granados-Fitch y colaboradores nos platican sobre el desarrollo de nuevos catalizadores a través de la utilización de biomasa.

Finalmente, en nuestra sección “+Podcast”, Rolando Ademar Molina Velasco nos cuenta de la FIRST LEGO League.

Recuerden que pueden resolver nuestro “Problema ConCiencia” y la trivia, mandando sus respuestas a alguna de las redes sociales de nuestra revista y participando por obtener increíbles premios.

Agradecemos con especial entusiasmo el apoyo a lo largo de estos 10 años y esperamos seguir contando con nuestra querida revista en los próximos 10 años. Esta revista es de todos ustedes. ¡Disfrútenla!

Guadalupe Karla Velasco Gómez



# ¡No te pierdas nuestro contenido en YouTube!

Estaremos subiendo videos interesantes y divertidos para alimentar tu curiosidad científica.  
¿Qué esperas para suscribirte? ¡Escanea el siguiente QR y accede de inmediato!



Maestra María Jose Brunet

<https://www.youtube.com/watch?v=MQuEGGC4t88>

Ing. Daniel Porfirio Sarmiento

<https://www.youtube.com/watch?v=TgAPcqUz7DU>

Mtro. Guillermo Hajar

<https://www.youtube.com/watch?v=k6ppb0LYCNo>

Maestro Enrique Zamora

<https://www.youtube.com/watch?v=CagSFp8ORRo>

Ing. Michael Baur

<https://www.youtube.com/watch?v=mf0L3Ba9JTA&t=18s>



## ¿Sabías que...?

ALEJANDRA ALCALÁ HADDAD  
Ingeniería Biomédica, 9.º semestre

### Científicos crean un hidrogel para reemplazar el cartílago dañado

La osteoartritis es una enfermedad que afecta a casi 867 millones de personas en todo el mundo. Esta condición dificulta la movilidad a quien la padece, además de causar un dolor intenso en las articulaciones. Sin embargo, científicos de la Universidad de Duke desarrollaron un componente a base de hidrogel que es capaz de reemplazar el cartílago deteriorado, permitiendo que los pacientes recuperen la movilidad y no padezcan más dolor. De hecho, diversas pruebas mecánicas revelaron que este hidrogel es tres veces más resistente al desgaste que el cartílago natural (Henderson, 2022).



Imagen tomada de: <https://www.news-medical.net/news/20220811/New-gel-based-cartilage-substitute-is-stronger-and-more-durable-than-the-real-thing.aspx>



VALENTINA SABRINA DÁVILA MILLÁN  
Ingeniería Industrial, 3.º semestre

## Niños de Nueva Zelanda descubrieron el fósil de un pingüino gigante



Imagen tomada de: <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/ciencia/2021/11/09/618a582821efa0284c8b45af.html>

## Pequeños robots reparan aviones en 5 minutos

La compañía de aeronáutica Rolls-Royce creó unos robots pequeños semejantes a las cucarachas. Estos robots pueden moverse por los motores de aviones y tienen como objetivo prevenir e identificar disfunciones. Gracias a su diminuto tamaño, son capaces de introducirse en la cámara de combustión de los aviones y, en solo 5 minutos, reparar daños que demorarían 5 horas de la forma convencional (Aroca, 2020).

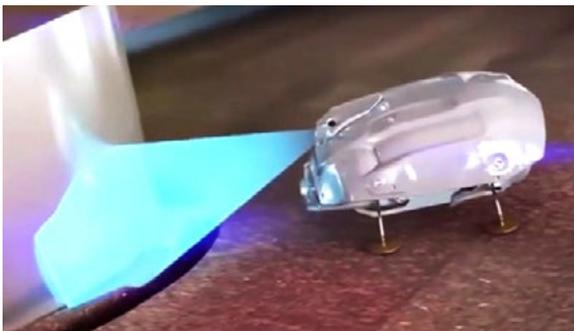


Imagen tomada de: <https://dynatec.es/2020/03/03/10-casos-curiosos-de-ingenieria-robotica/>

¿Te imaginas un pingüino gigante? En el año 2006 un grupo de niños en Nueva Zelanda buscaba fósiles de crustáceos en un curso de verano, cuando descubrieron un fósil de un pingüino de grandes dimensiones, que no había sido identificado antes. Esta especie fue nombrada *Kairuku waewaeroa* y se cree que existió hace más de 30 millones de años, y podía llegar a medir 1.40 metros. El descubrimiento de estos niños ayudó a aclarar el proceso evolutivo de los pingüinos actuales. Hoy, los pingüinos emperador miden alrededor de 1 metro, sin embargo, hay especies de pingüinos que ni siquiera alcanzan los 50 cm (Giovanardi, 2021).

### Referencias

- Henderson, E. (2022). New gel-based cartilage substitute is stronger and more durable than the real thing. Consultado el 11 de agosto de 2022. <https://www.news-medical.net/news/20220811/New-gel-based-cartilage-substitute-is-stronger-and-more-durable-than-the-real-thing.aspx>
- Aroca, E. D. (2020). 10 casos curiosos de Ingeniería robótica. *Dynatec*. Consultado el 5 de noviembre de 2021. <https://dynatec.es/2020/03/03/10-casos-curiosos-de-ingenieria-robotica/>
- Giovanardi, S. (2021). Un grupo de niños descubre en Nueva Zelanda el fósil de una nueva especie de pingüinos gigantes. *El Mundo*. Consultado el 19 de noviembre de 2021. <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/ciencia/2021/11/09/618a582821efa0284c8b45af.html>
- Scarlett, R. et al. (2018). Numerical ordering of zero in honey bees. *Science*, 360, 1124-1126. Consultado el 10 de agosto de 2022. <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aar4975>
- Solvi, C. et al. (2018). Bumble bees display cross-modal object recognition between visual and tactile senses. *Science*, 367, 910-912. Consultado el 10 de agosto de 2022. <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aay8064>



## 1. *i+Ciencia* cumplió 10 años!

Échale un vistazo a este interesante artículo escrito por nuestra editora, la Dra. María Elena Sánchez Vergara, investigadora de la Facultad de Ingeniería, quien comparte la manera en la que se conformó esta importante publicación académica.



## 2. Curso con la Asociación Mexicana de Microscopía A. C.

Como parte de los festejos de los 10 años de nuestra querida revista *+Ciencia*, se llevó a cabo el curso “Perspectivas de la Microscopía Moderna en México”, impartido por investigadores prestigiosos de la Asociación Mexicana de Microscopía A. C. Se analizaron importantes temas como la microscopía

electrónica de transmisión y la microscopía electrónica de barrido aplicadas a las ciencias biológicas, a la ciencia de los materiales y a la industria petrolera. Felicitamos a todos los participantes que, en formato híbrido, disfrutaron de este curso.





### 3. ¡Gracias por asistir!



La Facultad de Ingeniería de la Universidad Anáhuac México unió fuerzas con +*Ciencia* para organizar y llevar a cabo el 2do. Coloquio Internacional de Química, celebrado en nuestro Campus Norte del 22 al 23 de junio, con actividades como paneles de expertos, conferencias, talleres y cursos.

Agradecemos la asistencia del alumnado de esta y otras universidades, así como también a los expertos y expositores que hicieron de este evento algo único y valioso. ¡Nos vemos en el siguiente!

### 4. Líderes del futuro y con acción positiva

El equipo conformado por los estudiantes de Ingeniería Biomédica: Katya Corona Ruano, Gustavo Shepard Nava (ambos del 9.º semestre), Giovanna Ibarra Bermúdez y Homer Rodríguez Quiroz (ambos del 10.º semestre), dirigidos por la maestra María Padilla, de la Facultad de Ingeniería, resultaron finalistas del Student Design Challenge 2022, competencia anual organizada por Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America (RESNA).

En esta ocasión el proyecto que desarrollaron nuestros alumnos, titulado “Marco for Marco”, consistió en un dispositivo para que el doctor Marco Bautista, persona con discapacidad visual y docente universitario, pueda escribir en el pizarrón durante sus clases.





## 5. ¡Fuimos sede del International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management!

Del 18 a al 20 de julio la Universidad Anáhuac México fue sede del Congreso International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IJCIEOM), organizado en modalidad híbrida por el Centro de Alta Dirección en Ingeniería y Tecnología (CADIT) de nuestra Facultad de Ingeniería y la Asociación de Ingeniería de la Producción de Brasil (ABEPRO), el Instituto de Ingenieros Industriales y de Sistemas (IISE) y la Asociación Americana de la Gestión de la Ingeniería (ASME) de Estados Unidos.

Durante el congreso, se presentaron un total de 77 trabajos de investigadores provenientes de 10 países en las áreas de gestión de cadena de suministro y logística, analítica y *machine learning*, manufactura esbelta, sustentabilidad y administración de desastres, gestión de procesos y administración de operaciones, gestión de operaciones en salud, entre otros, de los cuales serán publicados 33 capítulos de artículos seleccionados durante el congreso.





## 6. Excelente presentación en congreso internacional

Del 21 al 25 de agosto se celebró en la ciudad de Chicago el congreso internacional ACS Fall 2022 Sustainability in a Changing World. En este evento, uno de los más importantes congresos de química a nivel mundial, alumnos destacados presentaron los resultados de su trabajo de investigación:

- Rafael Imanol Zubillaga Serrano, de Ingeniería química, con el trabajo “Leveraging the benefits of poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate) with graphene and organotin (IV) complexes to fabricate high-efficiency hybrid films for organic solar cells”.
- Maria Barcenas Hernandez, de Ingeniería química, con el trabajo “Doping of ferrocene with anthraquinone derivatives to



improve their behavior as semiconductors films for optoelectronic devices”.

- Daniela González Verdugo, de Ingeniería industrial con el trabajo “Fabrication and characterization of highly functional composite film based on poly(3,4-ethylene dioxothiophene):poly(styrenesulfonate) for applications in optoelectronics”.

## 7. ¿Te perdiste de algo?

¡No te preocupes! Hay +Ciencia por difundir. Por ello, es indispensable que nos sigas y encuentres en redes sociales como @mas.ciencia, donde podrás encontrar contenido interesante y relevante, además de estar actualizado sobre nuestra revista, podcasts y eventos.

Enlace: [www.linktr.ee/mas\\_ciencia](http://www.linktr.ee/mas_ciencia)





# DEFINIENDO MI CAMINO

MTRA. ANDREA KATALINA GÓMEZ TREVIÑO  
Ingeniería Biomédica (agosto 2014 – diciembre 2018)



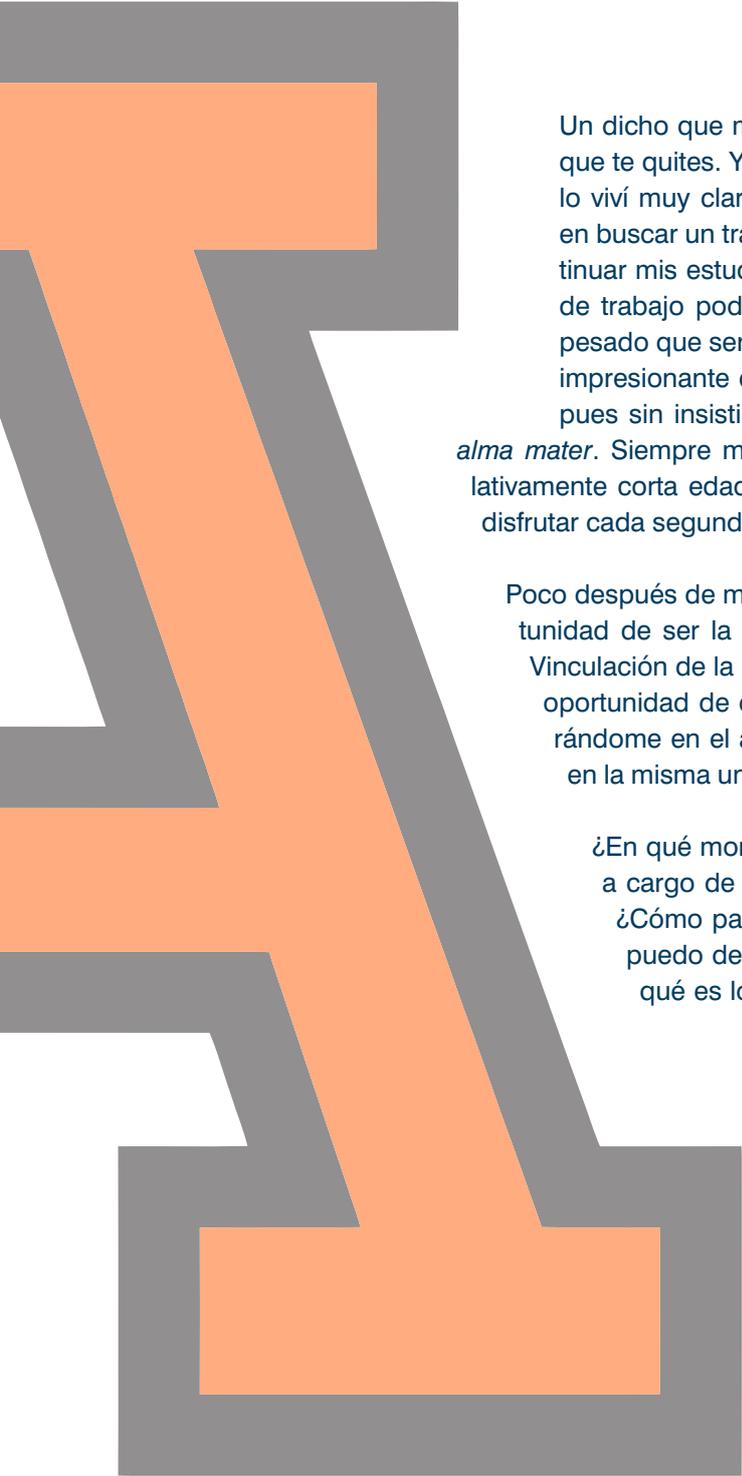
Mi motivación principal siempre ha sido brindar a los demás una mejor calidad de vida. Supe que iba a poder lograrlo al conocer la carrera de Ingeniería Biomédica, pero una vez estudiando y conociendo las diferentes áreas de aplicación que existen, supe que, para lograr mi objetivo, podía elegir más de un camino.

Al entrar a la Universidad Anáhuac me di cuenta que mi vida universitaria no solo era tomar mis clases

e irme a casa, por lo que me di la oportunidad de participar en diversos eventos, así como de entrar al Programa de Liderazgo en Arte y Cultura: CULMEN. Al final, te das cuenta que nadie te prepara para todo lo que vas a vivir en la universidad, pero entiendes que cuando se presenta una oportunidad, hay que tomarla, pues nunca sabes hacia dónde te llevará.

Durante la carrera, me di cuenta que me apasionaba la biomecánica, la imagenología médica y los biomateriales, y es por eso que decidí continuar mis estudios realizando una maestría en la Universidad de Liverpool en Inglaterra. Mucha gente me decía que no era ideal terminar la carrera y seguir con la maestría sin tener experiencia, pero viendo en retrospectiva mis acciones, puedo entender que cada quien decide qué dirección darle a su vida de acuerdo con sus propias metas e ideales. Yo tenía muy claro que quería dedicarme a la investigación y sabía que un empleo en la industria iba a hacer que me alejara de lo que realmente quería hacer, aunque claro, no fue algo de lo que me diera cuenta de un día para otro.





Un dicho que me gusta mucho dice: “Cuando te toca, ni aunque te quites. Y cuando no te toca, ni aunque te pongas”. Esto lo viví muy claramente al terminar mi maestría, cuando insistí en buscar un trabajo en la industria debido a que no pude continuar mis estudios con un doctorado. Sabía que la búsqueda de trabajo podía ser complicada, pero nunca me imaginé lo pesado que sería si le agregábamos el factor “pandemia”. Y es impresionante cómo la vida se va acomodando poco a poco, pues sin insistir se abrió la posibilidad de ser docente en mi *alma mater*. Siempre me imaginé dando clases, pero nunca a mi relativamente corta edad, y claramente me llevé una grata sorpresa al disfrutar cada segundo del semestre.

Poco después de mi primer semestre dando clases, surgió la oportunidad de ser la Coordinadora de Promoción, Comunicación y Vinculación de la Facultad de Ingeniería. Claramente esta sería la oportunidad de continuar mi formación en la academia, preparándome en el área para poder comenzar con investigaciones en la misma universidad que me impulsen a lograr mi objetivo.

¿En qué momento pasé de no tener un rumbo claro a estar a cargo de una coordinación en mi *alma mater*? No lo sé. ¿Cómo pasó? Tampoco lo sé con claridad. Lo único que puedo decir es que si realmente te motiva algo, si sabes qué es lo que quieres o lo que no, la vida y Dios te van a llevar a ello.

Puede que siempre haya pensado que “mejorar la calidad de vida de las personas” involucraba hacerlo en el área médica, pero ahora tengo muy claro que esto lo puedo hacer en diferentes ámbitos y áreas, desde la docencia, hasta el arte y la cultura. Ahora sé que brindar conocimientos a mis alumnos y motivarlos a ser mejores personas va muy ligado a mi meta, y que la estoy logrando.



## “EN ÓRBITA”

¿Alguna vez te has preguntado qué aspecto presenta la Tierra desde el espacio exterior?

La vista ha de ser fantástica. Todos hemos visto fotografías, pero imaginamos que éstas no pueden compararse ni por asomo con el hecho de verla por uno mismo. Así viajásemos lo bastante lejos de la Tierra, podríamos ser capaces de ver la mitad de su superficie desde nuestra posición, pero ¿a qué distancia tendríamos que viajar para observar tan solo 1/3 de su superficie?



**¡Anímate!** Calcula y gana cualquiera de los interesantes premios que el Comité Editorial de la revista tiene para ti.

**Solo necesitas:**

- 1) Resolver el acertijo en una hoja de papel.
- 2) Tomarle una fotografía.
- 3) Enviar tu respuesta con procedimiento a cualquiera de las redes sociales que la revista tiene:  
Facebook: [masciencianahuac](#)  
Instagram: [@mas.ciencia](#)

### Referencia

Jackson, P. (2005). *Antología de Acertijos Mensa*. Martínez Roca.



**Respuesta del problema  
ConCiencia anterior:**

**“EL MODELO DE LA TORRE EIFFEL”**

La altura del modelo es de 1.50 metros, por lo que es mayor a la de un vaso de 15 cm.

# ¿ERES EMPRESARIO, TIENES EN MENTE UN PROYECTO DE BASE TECNOLÓGICA Y NO CUENTAS CON SUFICIENTES RECURSOS PARA DESARROLLARLO?

La Universidad Anáhuac ofrece los servicios del Centro de Innovación Tecnológica Anáhuac (CENIT), destinados a empresas que quieran realizar proyectos de base tecnológica y que posteriormente requieran ser fondeados con presupuesto federal y estatal.

Para conocer un poco más acerca de todos los servicios que ofrece el CENIT visita la siguiente página:

<http://ingenieria.anahuac.mx/cenit/>



En ella encontrarás los diferentes tipos de servicios que puede realizar el CENIT, los cuales incluyen desde pruebas, análisis y uso de laboratorio, hasta asesoría y servicios especializados enfocados a la obtención de fondos dependiendo del proyecto a desarrollar.

Si estás interesado o deseas más información escribe un correo electrónico a:

[elena.sanchez@anahuac.mx](mailto:elena.sanchez@anahuac.mx)





Jeringa sedatoria. Imagen tomada de: <https://www.sindromedownvidaadulta.org/no-35-junio-2020/articulos-no-35-junio-2020/manejo-de-la-anestesia-en-pacientes-mayores-con-sindrome-de-down/>

# NANOFIBRAS: EL FUTURO DE LA ANESTESIA

MARÍA CRISTINA AHUJA LARA  
Ingeniería Biomédica, 5.º semestre

La anestesia es quizás uno de los elementos más importantes en la medicina moderna pues gracias a ella se pueden realizar diversos procedimientos médicos evitando que los pacientes sientan dolor. Existen tres tipos de anestesia: local, regional y general. Nos enfocaremos en el uso de anestesia local, la cual “causa la pérdida de sensibilidad en un área pequeña del cuerpo” (Instituto Nacional del Cáncer de los Institutos Nacionales de la Salud de EE.UU, n/d). Los anestésicos locales se utilizan tanto para procedimientos médicos como procedimientos odontológicos y, por ello es más que probable que se nos lleguen a administrar en algún momento.

Aunque los anestésicos locales se utilizan de manera regular y pueden considerarse seguros, existen riesgos y toxicidad asociados a

ellos. Entre los efectos de dicha toxicidad se encuentran afectaciones a los sistemas cardíaco, respiratorio y nervioso.

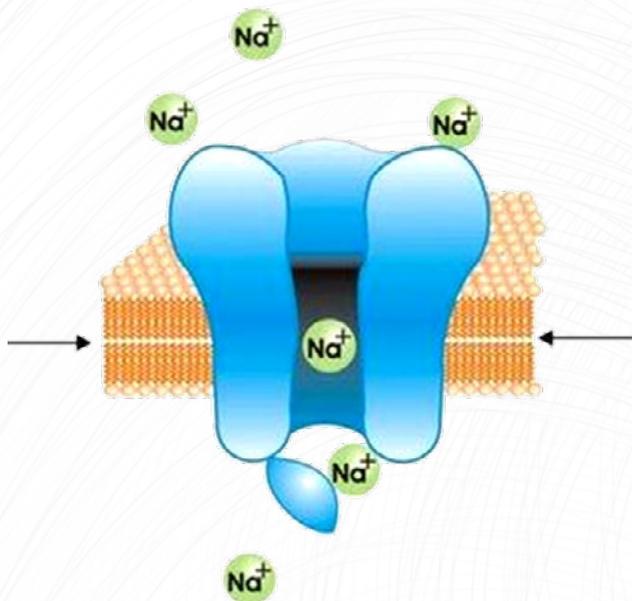
Debido a los riesgos asociados al uso de anestésicos locales, investigadores del Boston Children’s Hospital están utilizando la biomimética para desarrollar nanofibras que permitan aliviar y bloquear el dolor presentado durante diversos procedimientos, previniendo los efectos tóxicos sobre nervios y músculos que pueden asociarse al uso de anestésicos locales (Boston Children’s Hospital, 2021).

Durante la investigación, se trabajó con tetrodotoxina y saxitoxina, medicamentos inhibidores del canal del sodio y que pueden actuar como anestésicos locales. En general, estos medicamentos pueden ofrecer una alternativa



a la anestesia y opioides, sin embargo, al ser sumamente solubles en agua, suelen disolverse con facilidad causando intoxicación. La pregunta natural es ¿cómo podrían ser utilizadas como anestésicos locales?

Los investigadores del hospital ya han propuesto mimetizar el sistema natural que recibe los anestésicos para “ensamblarse” con el medicamento y paulatinamente liberar el anestésico. De esta manera se podrían bloquear los nervios deseados y a la vez evitar la toxicidad asociada con el uso de anestésicos. Para esto se utilizaron dos secuencias de péptidos (molécula que contiene dos o más aminoácidos), P1 y P2 que forman parte del canal iónico del sodio, y a los cuales la tetrodotoxina se une cuando llega al nervio (Mahajan, *et al.*, 2021).



Canal iónico de sodio. Imagen tomada de: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-13-Farmacos-y-toxinas-como-herramientas-para-la-identificacion-y-el-analisis\\_fig3\\_234165611](https://www.researchgate.net/figure/Figura-13-Farmacos-y-toxinas-como-herramientas-para-la-identificacion-y-el-analisis_fig3_234165611)

La idea central consiste en modificar los péptidos P1 y P2 con cadenas repelentes de agua para así formar nanofibras con ambos péptidos acomodados en la misma manera en la que se encontrarían dentro del canal iónico de sodio. Así, cada par de péptidos puede recibir una molécula de inhibidores del canal de sodio, permitiendo que el anestésico local sea liberado paulatinamente, y al estar enlazado prevenir posibles intoxicaciones (Quintana-Puerta, *et al.*, 2014).

Aunque esta idea aún está en la fase de prueba, muestra prometedores resultados y un posible cambio en la manera en que los anestésicos se administran actualmente, lanzando la siguiente pregunta al aire: ¿en un futuro se podrá conseguir la anestesia personalizada, mimetizando no solamente el sistema natural de ensamblaje general de todas las personas, sino el ensamblaje específico de cada persona? Sin lugar a duda, una visión prometedora.

#### Referencias

- Instituto Nacional del Cáncer de los Institutos Nacionales de la Salud de EE.UU. (s.f) Anestesia. Consultado el 1 de noviembre de 2021. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/anestesia>
- Boston Children's Hospital. (2021). Bio-Inspired Slow-Release System: Mimicking Nature to Provide Long-Lasting Local Anesthesia. SciTechDaily. Consultado el 1 de noviembre de 2021. <https://scitechdaily.com/bio-inspired-slow-release-system-mimicking-nature-to-provide-long-lasting-local-anesthesia/>
- Mahajan, A., Derian, A. (2021). *Local Anesthetic Toxicity*. National Center for Biotechnology Information. Consultado el 1 de noviembre de 2021. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499964/>
- Quintana-Puerta, J., Cifuentes-Hoyos, V. (2014). Toxicidad sistémica por anestésicos locales. *Rev CES Med*, 28(1): 107-118. Consultado el 1 de noviembre de 2021. <http://www.scielo.org.co/pdf/cesm/v28n1/v28n1a09.pdf>



## LAS FTALOCIANINAS, UNA ALTERNATIVA DE LA INDUSTRIA DE LOS SEMICONDUCTORES

MARÍA ELENA SÁNCHEZ VERGARA  
Profesora-Investigadora Universidad Anáhuac México

En esta época donde la Industria 4.0 sobrepasa en prácticamente cualquier tipo de empresa, el planeta se encuentra inmerso en una crisis generada por la falta de microchips. Estos componentes son los “cerebros” que permiten el funcionamiento de artículos electrónicos como computadoras, teléfonos celulares, *tablets*, pantallas planas, electrodomésticos y automóviles, por mencionar solo algunos productos de uso cotidiano. La crisis se generó debido al cierre de fronteras comerciales y a la reducción en la producción de estos microchips, por causas asociadas a la pandemia y las restricciones sanitarias de la COVID-19. Aunque, por un lado, hubo industrias como la automotriz, que canceló o disminuyó sus pedidos de microchips, por otro lado, hubo industrias como las dedicadas a la fabricación de computadoras, *tablets* y otros dispositivos similares, que aumentaron su demanda de microchips, debido al auge del trabajo remoto desde casa. Ante el avance de la vacunación contra la COVID-19, la industria automotriz reanudó la demanda de chips y esto se sumó a los requerimientos de las empresas especializadas en tecnologías de la información. Por lo anterior, los fabricantes de microchips se han visto desbordados, provocando una crisis ge-

neral en la producción de microchips, ya que la fabricación de estos componentes es un proceso que dura varios meses por la complejidad de su manufactura. Un microchip es un pequeño componente capaz de almacenar y/o procesar información, y está constituido de una estructura muy delgada de material semiconductor, sobre la cual se fabrican circuitos electrónicos (Figura 1).

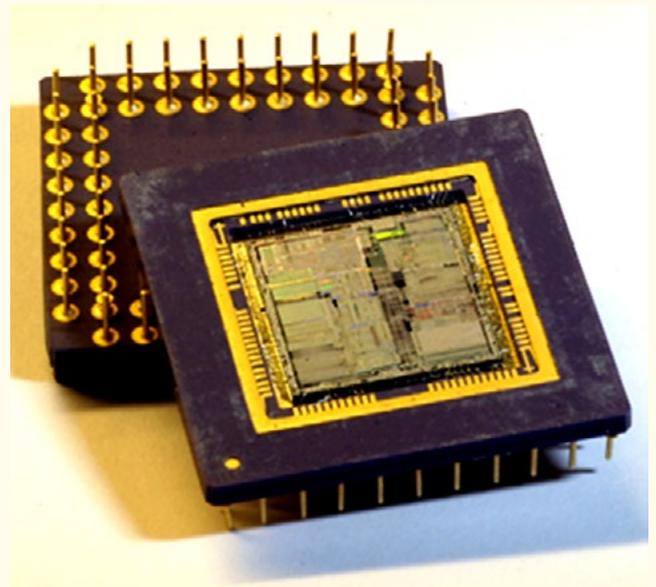


Figura 1. Chip de silicio. Imagen tomada de <https://www.freeimages.com/es/photo/silicon-chip-with-die-1564477>



La mayoría de microchips se fabrican con un semiconductor que es el silicio; el metaloide conocido por encontrarse en el grupo IVA de la tabla periódica de los elementos químicos. Aunque el silicio se encuentra presente en el compuesto químico más abundante en la corteza terrestre que es el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), su procesamiento es complejo, contaminante y muy costoso. Para su obtención, es preciso someter al  $\text{SiO}_2$  a un proceso de reducción con carbono, en un horno de arco eléctrico a temperatura entre 1500 y 2000 °C. El silicio resultante es de grado metalúrgico (Si-GM) y no es un material de alta pureza, por lo que se requiere refinar. Durante su refinación, el Si-GM se hace reaccionar en un reactor fluidizado con HCl anhídrido a 300 °C, hasta que se forma el tricloro silano ( $\text{HSiCl}_3$ ). Finalmente, el  $\text{HSiCl}_3$  se hace reaccionar con hidrógeno a 1100 °C durante un periodo de tiempo que va de las 200 a las 300 horas, para producir dentro de cámaras de vacío el silicio de alta pureza. Este proceso fue desarrollado por la empresa Siemens en la década de los años sesenta y requiere una gran cantidad de energía, por lo que se han desarrollado procesos alternativos que emplean menos energía, sin embargo, siguen siendo costosos, complejos y contaminantes. Es importante considerar que una vez que se cuenta con el silicio puro, se requiere cristalizarlo con el fin de ordenar su estructura atómica y con esto obtener sus propiedades semiconductoras, altamente cotizadas por la industria. Para lograr lo anterior, se fabrica una oblea en la que los átomos de silicio se ordenan mediante un procedimiento ideado en 1916 por el científico polaco Jan Czochralski. En este proceso se utiliza un cristal semilla depositado en un baño de silicio que va solidificándose a su alrededor, y con su red cristalina orientada de la misma forma que dicho cristal semilla. Al final del proceso de crecimiento se forma un monocristal cilíndrico del cual posteriormente se obtendrán las obleas (Figura 2a) que pueden ser utilizadas

como material semiconductor en la fabricación de microchips (Figura 2b).

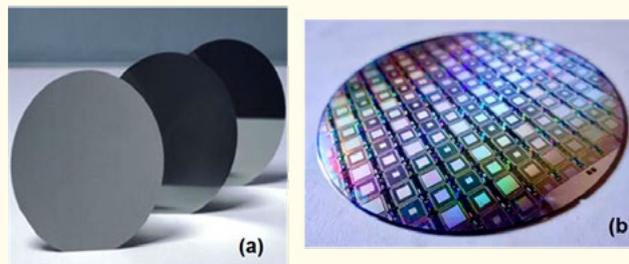


Figura 2. (a) Obleas de silicio (imagen tomada de: <https://image.made-in-china.com/155f0j00aNRDMDjcOCzt/Silicon-Wafer-Price-for-Semiconductors.jpg>) y (b) oblea de silicio con impresión de chips (imagen tomada de: <https://hardzone.es/app/uploads-hardzone.es/2020/02/wafer-oblea-125-mm.jpg?x=480&quality=20>)

Es importante considerar, que al ser la obtención del silicio semiconductor y la fabricación de microchips procesos tan especializados, pocas son las empresas a nivel mundial que pueden desarrollar tanto al silicio grado semiconductor, como a los microchips. Esto hace necesario la generación de semiconductores más simples, menos contaminantes en su fabricación y de menor costo. De aquí que haya surgido la Electrónica orgánica, una rama de la electrónica encargada del desarrollo de semiconductores orgánicos, que cumplan los requisitos mencionados anteriormente y que tengan, al mismo tiempo, las propiedades semiconductoras del silicio y sus derivados. Los semiconductores orgánicos son moléculas principalmente planas, integradas por enlaces covalentes con una alta deslocalización electrónica. Para lograr esta deslocalización, los semiconductores orgánicos están integrados por enlaces conjugados o alternados simples (enlaces  $\sigma$ ) y dobles (enlaces  $\pi$ ), como los que se observan en las moléculas presentadas en la Figura 3. Esta deslocalización electrónica genera canales de conducción por los que circulan las cargas eléctricas a lo largo de los semiconductores que, al ser moléculas planas, se pueden apilar y formar bloques moleculares ordenados que facilitan el paso de los electrones.

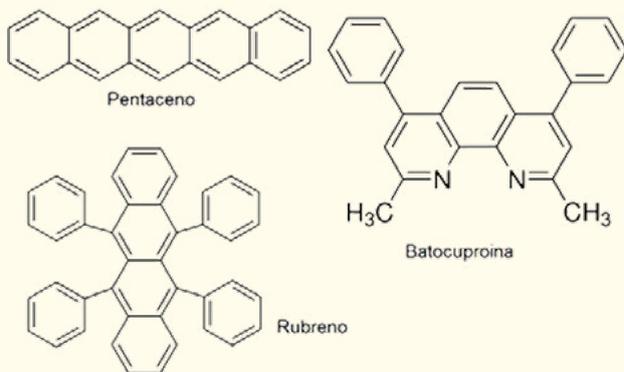


Figura 3. Semiconductores orgánicos.

Dentro de los semiconductores orgánicos las ftalocianinas metálicas han cobrado gran importancia, debido a que la mayoría de ellas son moléculas planas, están formadas por un macrociclo de 18 electrones  $\pi$  y, debido a la deslocalización de éstos, se presentan propiedades químicas y físicas excepcionales. Las ftalocianinas también poseen una amplia región de absorción en la región visible del espectro electromagnético, lo que las hace ser tan utilizadas en la industria de las pinturas, como colorantes, y desde luego presentan importantes propiedades semiconductoras. Adicionalmente, este comportamiento semiconductor en las ftalocianinas puede ser potenciado mediante dos modificaciones en su estructura molecular: (i) la introducción de átomos metálicos en el centro del macrociclo, ya que pueden incorporar más de 70 elementos dentro de su cavidad, y (ii) la adición de sustituyentes tanto coordinados al metal, como en la periferia de dicho macrociclo. En la Figura 4 se observan diferentes tipos de ftalocianinas, tanto sin el metal en su centro (Figura 4a), como con diferentes átomos metálicos en él como son el zinc (Zn), el litio (Li), el titanio (Ti) y el cobre (Cu), y también con diferentes tipos de sustituyentes coordinados al metal (Figura 4d) y enlazados en la periferia del macrociclo (Figura 4e). Actualmente, también es posible obtener ftalocianinas como la mostrada en la Figura 4f, en donde las moléculas se encuentran formando cadenas poliméricas.

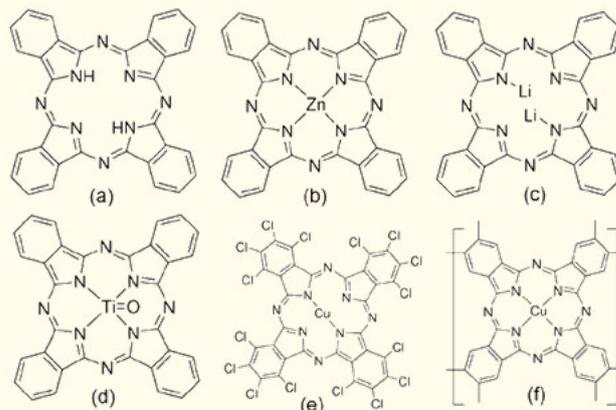


Figura 4. (a) Ftalocianina, (b) ftalocianina de zinc, (c) ftalocianina de litio, (d) titanil ftalocianina, (e) ftalocianina de cobre verde y (f) poliftalocianina de cobre.

Es muy importante mencionar que actualmente, los semiconductores orgánicos presentan desventajas con respecto al silicio. Una de ellas es su baja estabilidad química, ya que en condiciones de servicio, la misma humedad del medio ambiente los puede descomponer químicamente. Los enlaces covalentes que presentan los semiconductores orgánicos son débiles y tampoco soportan las altas temperaturas a las que un microchip puede llegar a desempeñarse normalmente. Las ftalocianinas, por su parte, presentan una gran estabilidad térmica, no funden, subliman arriba de 200 °C, lo cual puede ser aprovechado para su purificación y fabricación de películas delgadas semiconductoras. Además, algunas ftalocianinas, como la de cobre, a altas presiones pueden alcanzar temperaturas de hasta 900 °C sin sufrir deformaciones en su estructura. Con respecto a la estabilidad química, las ftalocianinas en general poseen muy poca solubilidad en disolventes como alcoholes, éteres y cetonas, solamente pueden ser solubilizadas en disolventes de alto punto de ebullición, tales como quinolina, triclorobenceno y benzofenona. Estos disolventes no están presentes en condiciones de servicio de los microchips, por lo que las ftalocianinas pueden ser utilizadas en la fabricación de estos componentes, así como también en dispositivos optoelectrónicos como



son los diodos orgánicos de emisión de luz (OLEDs), los transistores orgánicos (OFETs), las celdas orgánicas fotovoltaicas (OPVCs) y varios tipos de sensores y quimiresistores.

En el laboratorio de investigación sobre semiconductores orgánicos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Anáhuac México, se han desarrollado un número importante de dispositivos optoelectrónicos a base de películas delgadas de ftalocianinas de magnesio, cobre, zinc, indio y cobalto, por mencionar algunas de ellas. También se ha modificado su comportamiento semiconductor, por la adición de sustancias dopantes que mejoran la conductividad eléctrica en las películas de ftalocianinas metálicas. Otro desarrollo importante es la fabricación de membranas semiconductoras a base de ftalocianina de magnesio y nylon 11. La fabricación de estas membranas híbridas ha permitido mejorar aún más la estabilidad de las ftalocianinas frente a la presencia de agentes químicos y la radiación solar. A continuación, se da una pequeña lista de artículos científicos publicados por este grupo de investigación, en ellos se puede profundizar sobre este importante tipo de semiconductores orgánicos, en los que todavía queda mucho por estudiar y desarrollar, si se quiere que en un futuro cercano apoyen a la industria del silicio y, en general, a la industria electrónica y sus aplicaciones.

- Sánchez-Vergara, M. E., Guevara-Martínez, E., Arreola-Castillo, A. y Mendoza-Sevilla, A. (2020). Fabrication of Hybrid Membranes Containing Nylon-11 and Organic Semiconductor Particles with Potential Applications in Molecular Electronics. *Polymers*, 12, 9. <https://doi.org/10.3390/polym12010009>
- Sánchez-Vergara, M. E., Díaz-Ortega, N., Maldonado-Ramírez, H. J., Ballinas-Indili, R., Ríos, C., Salcedo, R., Álvarez-Toledano, C. (2020). Comparison of Interaction Mechanisms of Lead Phthalocyanine and Disodium Phthalocyanine with Functionalized 1,4 dihydropyridine for optoelectronic applications. *Journal of Molecular Structure*, 1218, 128525. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.128525>
- Sánchez-Vergara, M. E., Gómez-Gómez, M., Hamui, L., Álvarez-Bada, J. R., y Jiménez-Sandoval, O. (2021). Optoelectronic behaviour of zinc phthalocyanines doped with anthraquinone derivatives and their potential use in flexible devices. *Materials Technology*, 36:4, 250-259. <https://doi.org/10.1080/10667857.2020.1747807>
- Hamui, L., y Sánchez-Vergara, M. E. (2021) Innovative Implementation of an Alternative Tetrathiafulvene Derivative for Flexible Indium Phthalocyanine Chloride-Based Solar Cells. *Micromachines*, 12, 633. <https://doi.org/10.3390/mi12060633>
- Sánchez-Vergara, M. E., Canseco, M. J., Ballinas, R., Carmona, G., Álvarez, J. R. y Álvarez, C. (2022). Studies on the Structure, Optical, and Electrical Properties of Doped Manganese (III) Phthalocyanine Chloride Films for Optoelectronic Device Applications. *Coatings*, 12, 246. <https://doi.org/10.3390/coatings12020246>



## TURBORREACTOR

LUISA FERNANDA VILLANUEVA HEREDIA

Ingeniería Mecatrónica, 7.º semestre



Figura 1. Turborreactor.  
Imagen tomada de: <https://clem603.files.wordpress.com/2015/11/turborreactor.jpg?w=648>

Te has preguntado, ¿qué máquina es la más importante en un avión? Desde la Segunda Guerra Mundial a los aviones de combate se les implementó lo que se le llama un motor de reacción o mejor conocido hoy en día como turbo reactor. Un turbo reactor es una máquina térmica en la que una turbina de gas aumenta el flujo de aire que, al ser expulsado por una tobera de escape con mayor potencia y temperatura, hace el mayor trabajo para darle empuje a una aeronave.

En esta máquina se hacen los procesos de admisión, compresión, combustión y escape, parecido a un motor de explosión de cuatro tiempos con la diferencia de que los cuatro procesos ocurren simultáneamente y de manera continua. Con esto, un turbo reactor a velocidad baja es más eficiente y barato de operar al igual que silencioso.

En términos de construcción de turbinas de gas para aviación son de los más básicos, ya que esta se divide en zonas de componentes principales que van a lo largo del motor, desde la entrada hasta la salida del aire.

Los componentes fundamentales de un turbo reactor son:

- Difusor de admisión
- Compresor o compresores
- Cámara o cámaras de combustión
- Turbina o turbinas
- Tobera de escape

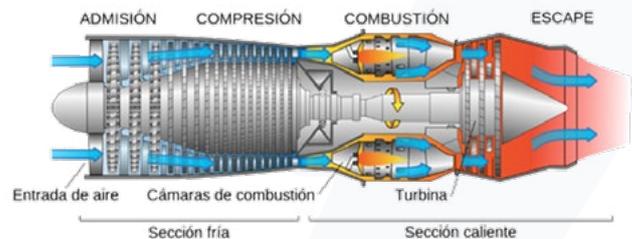


Figura 2. Componente y funcionamiento de turbo reactor.  
Imagen tomada de: <https://altatecnologia-hi-tech.blogspot.com/2017/11/como-funciona-el-motor-reaccion.html>

Las ventajas que tiene un turbo reactor comparado con otros motores son:

- Más eficiencia en consumo de combustible.
- Más sencillo y menos partes móviles.
- Mejor relación peso/potencia.
- Requiere menos mantenimiento.
- Vida útil más larga.



El ciclo es el siguiente:

1. En la zona de admisión en la parte delantera hay un compresor que toma el aire y lo comprime.
2. Posteriormente, una sección de combustión inyecta y quema el combustible mezclado con el aire comprimido.
3. A continuación, una o más turbinas obtienen potencial de la expansión de los gases de escape para mover el compresor de admisión.
4. Finalizando el ciclo, una tobera de escape acelera los gases de escape por la parte trasera del motor para crear un empuje.

Hoy en día los turborreactores son los más utilizados en la industria aeronáutica, gracias a

su eficiencia y economización, por lo que el ciclo que requiere es más sencillo y optimizado, dicho de otra forma, no se requiere de tantos materiales ni partes móviles.

#### Referencias

- Turborreactor. (2015). Consultado el 12 de agosto de 2022. <https://clem603.wordpress.com/turborreac>
- Así es el interior de un motor a reacción en funcionamiento. (2022). Consultado el 12 de agosto de 2022. <https://www.microsiervos.com/archivo/aerotrastorno/interior-motor-reaccion-funcionamiento.html>
- Valdivia, R. (2015). Turbo reactores y su funcionamiento. Consultado el 12 de agosto de 2022. <https://www.monografias.com/trabajos106/turbo-reactores-y-su-funcionamiento/turbo-reactores-y-su-funcionamiento#:~:text=El%20aire%20entra>

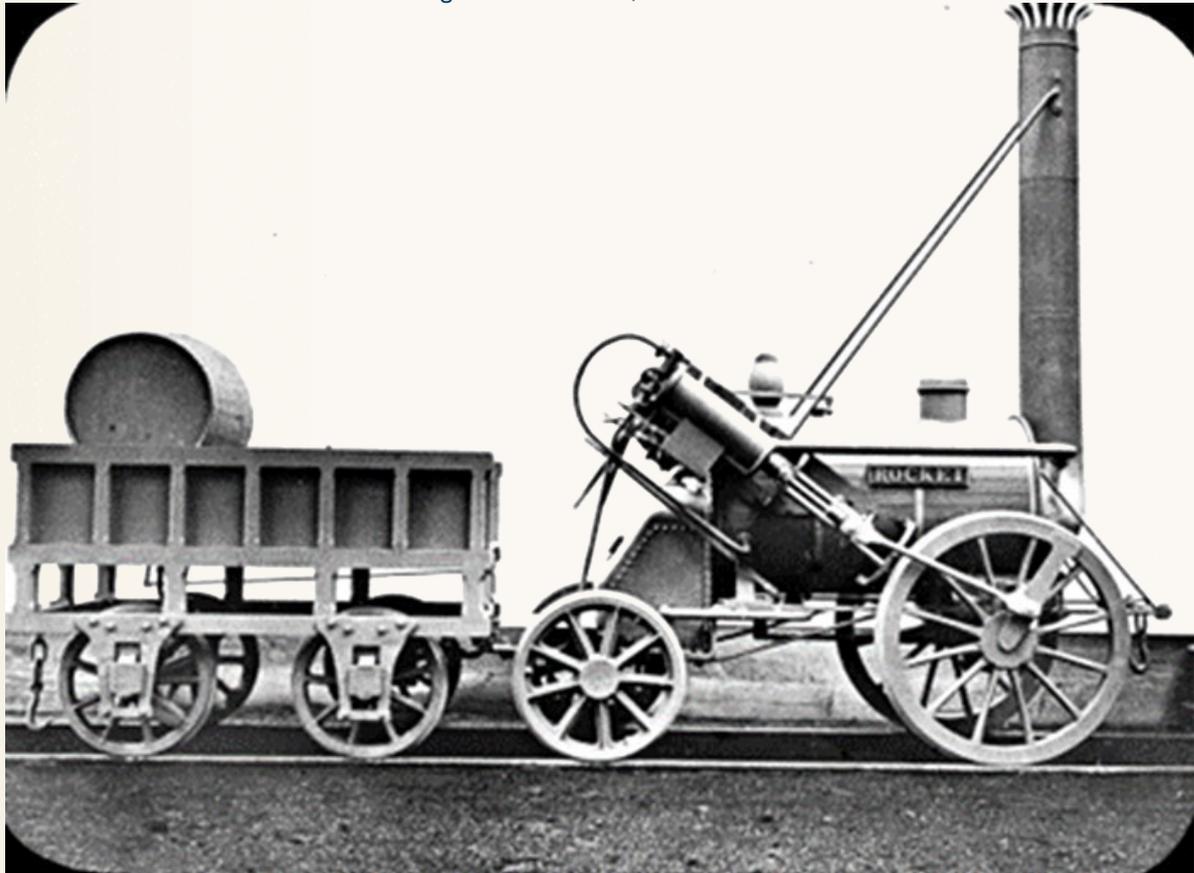


Figura 3. Turborreactor en avión en mantenimiento. Imagen tomada de: <https://jetnews.com.mx/funciones-la-turbina-avion/>



# TRANSPORTANDO A TRAVÉS DEL TIEMPO

MARIANA SANTILLÁN AGUILAR  
Ingeniería Industrial, 3.<sup>er</sup> semestre



Locomotora 'Rocket', la primera de vapor en ser operativa.  
Imagen tomada de: <https://www.alamy.es/imagenes/drawing-stephenson-locomotive.html>

Actualmente, el medio de transporte se podría considerar como una necesidad para el ser humano. El hombre necesita ir de un sitio a otro y, para la sociedad, es imperativa la circulación de bienes y personas ya que con este movimiento se favorecen el desarrollo y la integración social. Hoy utilizamos los medios de transporte para llegar al trabajo, ir a la escuela, visitar algún amigo o familiar de casa en casa, entre otras; no obstante, es más que un hecho que su mayor utilidad y aplicación se encuentra en el desarrollo económico de un mundo completamente globalizado.



Existen distintos medios de transporte, como los coches, aviones, camiones, bicicletas, submarinos, barcos, ¡hasta animales! Los medios de transporte nos han impulsado a dar grandes pasos, por ejemplo, gracias al cohete el hombre pudo conocer la luna.

Sin embargo, no siempre existieron, todos los transportes que hoy conocemos han evolucionado a lo largo de la historia y con el tiempo lo seguirán haciendo.

La necesidad de un transporte surgió a partir de tener que trasladar, cargar y distribuir objetos y mercancías. En un inicio el transporte se realizaba a pie; posteriormente, el hombre necesitó domesticar al animal para utilizarlo como medio de transporte de mercancía. Por otro lado, las primeras civilizaciones utilizaban las canoas y botes para aprovechar las corrientes de los ríos para llegar a su destino, causando que éstas fueran las primeras vías de comunicación con otras regiones. Con el tiempo, este medio fue creciendo hasta llegar al desarrollo de grandes embarcaciones que transportaban no solo objetos pequeños, sino ganado y grandes cantidades de objetos y alimentos.

No obstante, el invento primordial que cambió y aportó al desarrollo del transporte y la maquinaria fue la rueda. No se conoce a ciencia cierta quién fue el encargado de crearla, solo que apareció en la prehistoria y que su existencia permitió al hombre cambiar su vida en términos de tiempo y distancia, cuando se trataba de transporte.

Otro elemento que modificó el desarrollo de los medios de transporte fue el vapor, ya que con la llegada de la Revolución industrial tomó el papel principal para la creación de barcos y ferrocarriles, los cuales cambiaron completamente la forma de vida de la sociedad, pues gracias a su conectividad y rapidez, la economía de los países despegó.



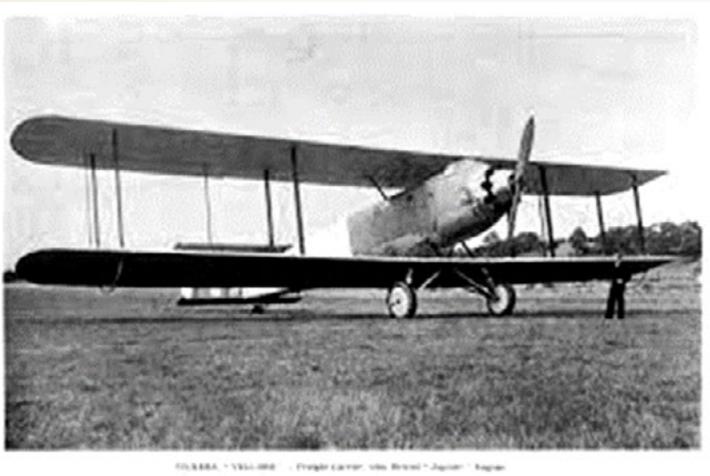
Ferrocarril de vapor impulsado gracias a la Revolución industrial.  
Imagen tomada de: [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/14007374/helvia/sitio/upload/SOCII\\_B10\\_T1\\_contenidos.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/14007374/helvia/sitio/upload/SOCII_B10_T1_contenidos.pdf)



Viajes en globo en 1783.  
Imagen tomada de: <http://institutoculturaldeleon.org.mx/icl/story/5703/El-primer-guanajuatense-que-viaj-en-globo>



Automóviles de combustión.  
Imagen tomada de: <https://www.avansis.es/industria-4-0/industria-4-0-revolucion-evolucion/>



Avión Douglas Dc-3.  
Imagen tomada de: <http://leandroaviacion.blogspot.com/2013/02/douglas-dc-3-el-avion-que-cambio-el.html>

Este último medio de transporte facilitó considerablemente el traslado de mercancías, así como la exportación e importación a otros países. También permitió la movilidad personal dando paso al intercambio de costumbres y mentalidades con otras zonas. Posteriormente, se crearon rutas que promovieron la emigración y el crecimiento de ciudades.

James Watt, quien generó el primer motor a vapor útil, también creó otra posibilidad de transporte más audaz y creativa, el aire, por lo que en el año de 1783 se inauguró esta nueva forma de movimiento.

En el siglo XIX surgieron muchos otros inventos y medios de transporte que encausaron el crecimiento, desarrollo y distribución no solo de las mercancías sino también de las personas, por ejemplo: la bicicleta, por Karl Von Drais (1817); el motor de combustión, creado por Jean Joseph Etienne Lenoir en Bélgica (1860); la motocicleta de alta velocidad gracias al motor de cuatro tiempos (1885), y el automóvil de combustión (1886).

Posteriormente, se dio un giro impresionante, en el año 1900 apareció el dirigible y en 1936 el avión Douglas Dc-3 con capacidad para 23 pasajeros.

Es importante mencionar que diez años antes se llevó a cabo el primer vuelo en cohete propulsado con combustible líquido (gasolina y oxígeno) y en 1964 se inauguró el tren bala en Japón.

Finalmente, a partir del año 2000 los medios de transporte crecieron notablemente y evolucionaron constantemente. En la actualidad, hay inventos novedosos, más pequeños y eficientes, como los drones que se pueden considerar como un vehículo aéreo sin tripulación con el cual es posible transportar pequeñas cantidades de mercancía.



Automóviles autónomos.  
Imagen tomada de: [https://img.remediosdigitales.com/ddf0f7/coches-autonomos-conectados-electricos-4-/1366\\_2000.jpg](https://img.remediosdigitales.com/ddf0f7/coches-autonomos-conectados-electricos-4-/1366_2000.jpg)

En un futuro no muy lejano conoceremos nuevos medios de transporte que nos hagan la vida aún más fácil, práctica y novedosa. Algunos ejemplos pueden ser: aviones transparentes, transportes públicos individuales, coches eléctricos, coches solares, coches sin conductor, vuelos suborbitales, taxi volador, tren por el cielo, entre otros.

## Referencias

- Gonzales, J. (2016). Importancia de los medios de transporte. Consultado el 1 de noviembre de 2021. <https://prezi.com/8loswhq8ljfi/importancia-de-los-medios-de-transporte/>
- Universidad Nacional de Educación a Distancia. (2009). La revolución en los transportes. Historia del mundo contemporáneo. Consultado el 1 de noviembre de 2021. [http://ocw.innova.uned.es/epica/his\\_contempo/contenidos/html/unidad2/unidad001\\_4.html](http://ocw.innova.uned.es/epica/his_contempo/contenidos/html/unidad2/unidad001_4.html)
- Ruano, A. (2016). El transporte terrestre y la historia de la humanidad; Sertans. Consultado el 1 de noviembre de 2021. <https://www.sertrans.es/transporte-terrestre/el-transporte-terrestre-la-historia-de-la-humanidad/>
- Acosta, F. (s/f). Antecedentes históricos de los medios de transporte. Consultado el 1 de noviembre de 2021. <https://vlex.com.mx/vid/antecedentes-medios-transporte-497942534>
- Lerma, D. (2018). Línea del tiempo: Evolución de los medios de transporte y su impacto en la logística. Consultado el 1 de noviembre de 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=ZRigip48AAE>
- BBVA. (2018). 7 medios de transporte destinados a cambiar el mundo. Consultado el 1 de noviembre de 2021. <https://www.bbva.com/es/7-medios-transporte-destinados-cambiar-mundo/>



## CRISTALES DE TIEMPO: LA POSIBILIDAD DE UNA MÁQUINA PERPETUA

MARÍA CRISTINA AHUJA LARA  
Ingeniería Biomédica, 5.º semestre

Durante años se ha soñado con la posibilidad de crear un móvil perpetuo, es decir, una máquina capaz de funcionar eternamente sin necesidad de agregar energía pues, idealmente, no tendría pérdidas de ésta. Cualquier persona que sepa un poco de termodinámica podría decirnos que esta máquina, este sueño, es imposible, pues su existencia iría en contra del postulado de la ley de la conservación de energía.

Pero ¿y si esta máquina fuera posible? ¿Qué pasaría si existiera un material que prometa ser la clave para poder crear este móvil perpetuo? Los cristales de tiempo ofrecen esta posibilidad.

Antes de adentrarnos en qué son los cristales de tiempo, debemos entender primero qué es un cristal. Un cristal es un objeto cuyos átomos están ordenados de tal manera que crean un patrón que se repite en el espacio, es decir, sus átomos se encuentran perfectamente acomodados sobre los ejes x, y, z. Los cristales son conocidos por ser los materiales más organizados de la naturaleza.

Ahora que sabemos qué es un cristal, debemos hablar del principio cosmológico y la simetría, antes de poder adentrarnos en el mundo de los cristales de tiempo. El principio



Cristales de roca. Imagen tomada de: <https://okdiario.com/img/2019/10/29/cristal-de-roca-que-es-significado-propiedades-y-beneficios.jpg>

cosmológico nos dice que el universo es isotrópico y homogéneo. ¿A qué se refiere esto? Hablamos de que el universo es isotrópico porque sin importar en qué dirección lo observemos, siempre podemos ver las mismas propiedades en él, y hablamos de que es homogéneo, porque en cualquier punto luce igual y tiene las mismas propiedades. Tras analizar este principio cosmológico, es posible deducir que el universo es simétrico, ¿cierto?

La realidad es que es un poco complicado afirmar que el universo sea simétrico pues, en el día a día, podemos observar situaciones en las que la simetría se rompe, siendo los cristales un ejemplo claro de ello. ¿Cómo pueden no ser simétricos los cristales si hablamos de



que sus átomos están perfectamente acomodados sobre el plano? La respuesta puede ser confusa, pero al estar acomodados de cierta manera existe lo que llamamos una dirección privilegiada y, por lo tanto, no son simétricos. Y ahora, ¿qué sucedería si pudiéramos romper la simetría temporal? Surgirían los bautizados cristales de tiempo.

Los cristales de tiempo han sido propuestos como un nuevo estado de la materia, donde en lugar de romperse la simetría al tener a los átomos acomodados en una dirección privilegiada, se rompe la simetría al tener un patrón que se repita en el tiempo. Este patrón repetitivo podría ser la clave para crear un móvil perpetuo, pues promete repetirse de manera eterna sin necesidad de agregar energía.

Los cristales de tiempo fueron propuestos por primera vez por el ganador del premio Nobel, Frank Wilczek, y a partir de entonces científicos de alrededor del mundo se han dedicado a la investigación de este nuevo estado de la materia. Estos cristales son más que una idea, y en 2017 fueron observados por primera vez (durante un instante) como parte de la investigación de científicos de Harvard y Maryland, utilizando átomos de iterbio (Yb).

Recientemente científicos de las universidades de Granda y Tübingen han propuesto una nueva ruta para llegar a observar los cristales de tiempo. Su investigación "Building continuous time crystals from rare events" propone utilizar las pequeñas fluctuaciones que ocurren cuando un material cambia de fase para romper la simetría temporal y crear un cristal de tiempo. La idea es hacer que esas fluctuaciones se conviertan en el comportamiento típico del material, creando así un cristal de tiempo.

Las investigaciones sobre los cristales de tiempo aún se encuentran en fases tempranas y

está claro que nos falta investigar, observar y aprender mucho antes de poder utilizarlos y aplicarlos. Sin embargo, las indagaciones resultan prometedoras y parece ser posible que en un futuro no tan lejano podamos tener el soñado móvil perpetuo.

## Referencias

- Herrero, A. (2017). Científicos observan por primera vez los cristales de tiempo, una nueva forma de materia. *El Mundo*. <https://www.elmundo.es/ciencia/2017/03/09/58c062b122601d00278b4624.html>
- Hurtado-Gutiérrez, R., Carollo, F., Pérez-Espigares, C., y Hurtado, P. (2020). Building Continuous Time Crystals from Rare Events. *Physical Review Letters*, 125(16). <https://doi.org/10.1103/physrevlett.125.160601>
- Nieves, J. (2021). Crean, por primera vez, un cristal de tiempo dentro de una computadora cuántica. *ABC ciencia*. [https://www.abc.es/ciencia/abci-crean-primera-cristal-tiempo-dentro-computadora-cuantica-202108042025\\_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.abc.es%2Fciencia%2Fabci-crean-primera-cristal-tiempo-dentro-computadora-cuantica-202108042025\\_noticia.html](https://www.abc.es/ciencia/abci-crean-primera-cristal-tiempo-dentro-computadora-cuantica-202108042025_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.abc.es%2Fciencia%2Fabci-crean-primera-cristal-tiempo-dentro-computadora-cuantica-202108042025_noticia.html)
- Santaolalla, J. [Date un Vlog]. (2020, 20 de noviembre). Cristales de tiempo: Qué son y cómo funcionan [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=vwxYO5CgxGI>
- Serrano, C. (2020). Qué son los "cristales de tiempo", el extraño estado de la materia que puede revolucionar la tecnología. *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-55340264>
- DW News [dwnews]. (2021, 19 de agosto). Google's scientists say they have created a new phase of matter that seems to evade the laws of physics. So [Tweet]. Twitter. <https://twitter.com/dwnews/status/1428357835759382536?s=21>
- Wolchover, N. (2021). Eternal Change for No Energy: A Time Crystal Finally Made Real. *Quantamagazine*. <https://www.quantamagazine.org/first-time-crystal-built-using-googles-quantum-computer-20210730>



# LOS SISTEMAS GRISES. ¿QUÉ TAN COMPLEJA DEBE SER LA CIENCIA?

FRANCISCO TREJO

Doctorado en Ingeniería Industrial, 4.º semestre

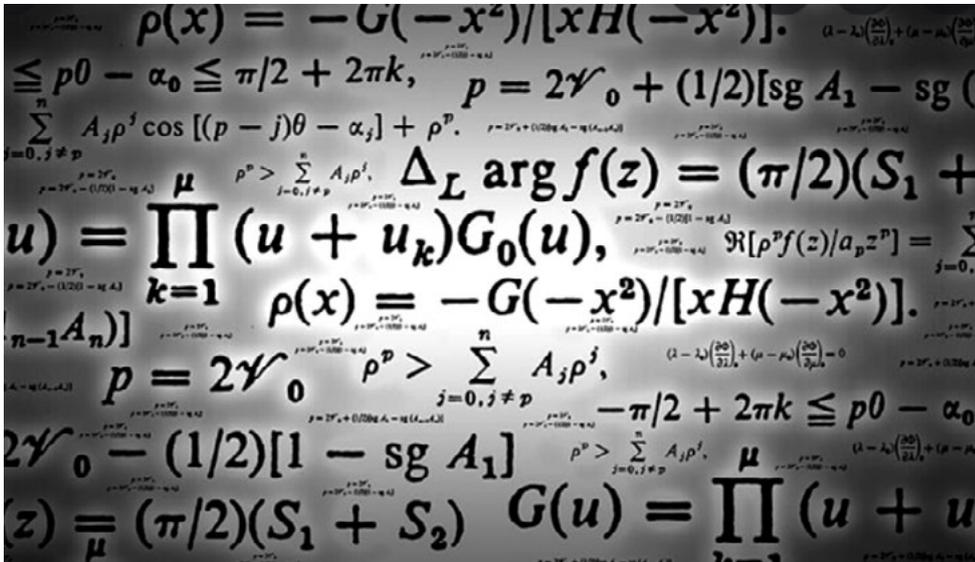


Imagen tomada de: <https://www.peakpx.com/es/hd-wallpaper-desktop-nqvqf>

Cuando un problema nos atrae y tratamos de encontrar una respuesta, despierta nuestro interés, nos invita a buscar formas creativas de resolverlo y es muy común buscar el lado complejo de las cosas. Pero ¿cómo puede ser esto posible? Imaginemos que nos enfrentamos a un problema que nunca se ha podido resolver, si esto lo sabemos, intuitivamente nos programamos de tal forma que nos decimos a nosotros mismos: “Este problema debe ser muy complejo, si no, ya otros lo hubieran resuelto”. Pero ¿qué pasaría si nosotros fuéramos capaces de encontrar la solución de una forma muy simple? Quizás no creeríamos que hemos encontrado la solución. ¿Cómo podría ser cierto que de forma accidental pudiéramos

haber hallado lo que otros no habían podido encontrar? Estaríamos haciendo ciencia o solo habríamos tropezado con la solución, quizás incluso sin estarla buscando.

Esta idea de que los problemas complejos deben ser resueltos también por métodos complejos puede detenernos, no solo la falta de conocimientos, sino los límites que nos pone nuestra propia mente o bien las de los demás.

Cuando las personas investigan problemas que son afectados por perturbaciones o ruido internas o externas, que limitan nuestro entendimiento, ha caído tal vez un velo que nos impide encontrar las respuestas.



Durante la segunda mitad del siglo xx, en las áreas de sistemas, la ciencia y la ingeniería de sistemas, la aparición aparentemente ininterrumpida de varias de las teorías y metodologías de sistemas no determinados ha sido un gran escenario. Por ejemplo, Zadeh (1965) estableció las matemáticas difusas en la década de 1960, Julong Deng desarrolló la teoría de los sistemas grises y Pawlak (1982) avanzó la teoría de conjuntos aproximados en 1980, etc. Todos estos trabajos representan algunos de los esfuerzos más importantes en la investigación de sistemas inciertos de este periodo de tiempo. Desde diferentes ángulos, estos trabajos proporcionan las teorías y metodologías para describir y tratar información incierta (Sifeng, 2012)

La teoría de los sistemas grises fue establecida por Julong Deng en 1982 y se enfoca en la solución de problemas que involucran muestras pequeñas e información pobre. Trata con sistemas con gran incertidumbre, donde solo se conoce parcialmente la información que los generan. Si reflexionamos un poco, podemos darnos cuenta de que la gran mayoría de los sistemas con que nos enfrentamos todos los

días caen en esta definición, más aún, los sistemas en los que nos apoyamos están continuamente mutando, cambiando, elaborándose y evolucionando. ¿Cuánta información cierta o incierta es la que usamos actualmente para tomar decisiones, que creemos son verdaderas o validas? La realidad es que en casi todas las decisiones, proyectos, investigaciones, etc. existe un alto nivel de incertidumbre. ¿No sería entonces mejor hacer el uso más eficiente de esta información, sin hacer necesariamente los sistemas más complejos?, pero ¿qué características tienen los sistemas grises?

Una vez que los identifiques, te darás cuenta de que son más de los que te imaginas:

Parten de que la información que usamos para plantearlos, definirlos o tomar decisiones sobre ellos está incompleta. ¿Incompleta, pero en qué sentido?: a) la formación de los parámetros que los componen no se conoce totalmente, b) la información de la estructura del sistema está incompleta, c) la información de los límites que establecen el sistema no se conoce completamente y d) la información del comportamiento del sistema es incierta. Dicho



Imagen tomada de: <https://www.xatakafoto.com/guias/sigue-teniendo-sentido-el-sistema-de-zonas-en-la-fotografia-digital>



esto, puedes preguntarte: ¿Qué sistemas realmente conoces totalmente?

Una máxima de los sistemas grises es: “La incompletitud de la información disponible es absoluta, mientras que la información es relativa” (Sifeng, 2012).

Sin embargo, ¿qué podemos entender por datos incompletos o inexactos? Usemos las siguientes definiciones:

**Los datos son incompletos o inexactos por su concepto**, es decir, son inexactos debido a la inexactitud o precisión de su definición.

Por su nivel, esto quiere decir, que quizás tenemos información a nivel macro, pero cuando hacemos un acercamiento y lo observamos a un nivel micro, nos damos cuenta de que la información con que contamos es solo parcial, incompleta o inexacta.

**El nivel de predicción o nivel de estimación es inexacto**, dado que no contamos con toda la información del sistema, el nivel de predic-

ción de los sistemas es limitado y cualquiera que hagamos estará sujeto a un alto nivel de incertidumbre. Esto es cierto incluso haciendo uso de la estadística, pues a menudo ocurre que se recolectan muestras para estimar el comportamiento de la población, pero muchos de los datos son inexactos o incompletos, esto sucede normalmente aun sin importar el método que se seleccione. Luego entonces, ¿qué tan válida será la predicción que pretendemos hacer?

### La simplicidad de la ciencia

Si hacemos una reflexión histórica y aun cuando la ciencia ha evolucionado a través del tiempo, podemos partir de principios simples, como los cuatro elementos fundamentales de la naturaleza. Las leyes de movimiento establecidas por Newton, las leyes del movimiento de los planetas de Kepler, etc., todos principios básicos que nos dan una aproximación suficiente para entender fenómenos más complejos, mismos que si trasladamos al ambiente de los negocios, la ingeniería, la economía y la naturaleza, nos permiten hacer aproximaciones suficientemente validas, sin invertir una gran cantidad de recursos en su descubrimiento. La simplicidad de la ciencia consiste en identificar elementos de los modelos que permita a través de expresiones sencillas, los comportamientos de sistemas complejos con un nivel de precisión y exactitud suficientemente útil para tomar decisiones (Deng, 1982).

Los sistemas grises han encontrado aplicación en muchos problemas sociales, económicos, agrícolas, industriales, ecológicos, de biología, etcétera.

### Una forma sencilla de entender a los sistemas grises

Seguramente alguna vez has escuchado la definición de un *sistema* como una caja negra,

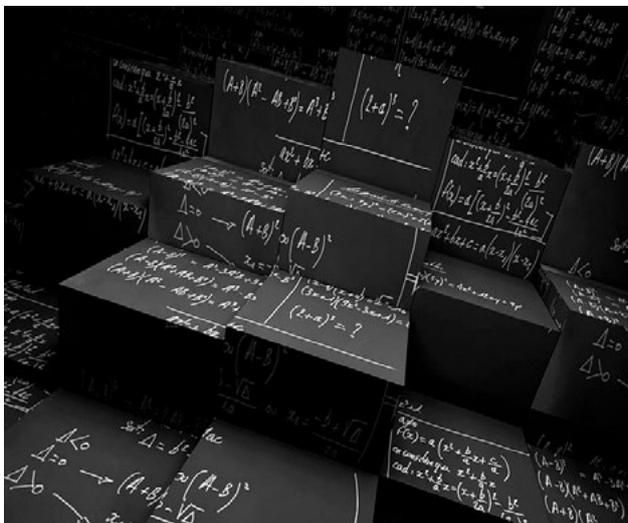


Imagen tomada de: <https://www.peakpx.com/es/hd-wallpaper-desktop-kjsyo>



donde sabes que existe una o varias entradas, hay un proceso que desconoces y finalmente hay una o varias salidas. Este es un sistema negro. Ahora piensa en un sistema (hipotético, si gustas) en el que conoces todas sus entradas, conoces todas y cada una de las interacciones de estas entradas, entre sus procesos y subprocesos, limitaciones, consecuencias, restricciones y no solo eso, también sabes cómo se interrelacionan los cientos, miles o millones de datos que ingresan y además conoces completamente la razón de los resultados que obtienes, es decir, conoces todas las salidas de ese sistema (conoces alguno, ¿verdad?). Pues bien, ese es un sistema blanco. Seguramente como intuyes, un sistema donde no conoces todas las entradas, pero sí las más relevantes, desconoces el total de las interacciones, pero sabes de la existencia de aquellas que rigen el mismo y, finalmente y lo más importante, conoces las salidas que son relevantes para ti, para tomar decisiones o hacer adecuaciones al sistema o su entorno, estás frente a un sistema gris. Uno que no es ni negro ni blanco, pero sí gris.

Estos sistemas grises te permiten usar eficientemente los recursos con los que cuentas, tomar decisiones en forma práctica con el suficiente nivel de confianza de que el resultado será predecible al menos en el nivel que te permite contar con la certidumbre que la ciencia, la industria o la economía también te permiten.

### ¿Y eso es todo?

Siempre tendrás la oportunidad de decidir ahondar más en un sistema, conseguir más datos, buscar más interacciones, buscar sus limitantes y encontrar nuevas variables, la pregunta es: ¿Tendrás el tiempo, los recursos y la paciencia para hacerlo y, claro, si estos valen la pena de tal forma que esos resultados sean mejores que los primeros?



Imagen tomada de: <https://www.peakpx.com/es/hd-wallpaper-desktop-aliqj>

Puedes incursionar en otros modelos predictivos para sistemas incompletos como las matemáticas difusas (*fuzzy math*) (Zadeh, 1965), análisis estocásticos, conjuntos aproximados (*rough sets*) (Pawlak, 1982), pero ¿qué te parece si empiezas con los datos e información que sí conoces?

### Referencias

- Deng, J. L. (1982). Control problems of grey systems. *Systems & Control Letters*, 1(5), 288-294.
- Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Computer & Information Sciences*, 11(5).
- Liu, S., Forrest, J., y Yang, Y. (2012). A brief introduction to grey systems theory. *Grey Systems: Theory and Application*, 2(2), 89-104. <https://doi.org/10.1108/20439371211260081>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.

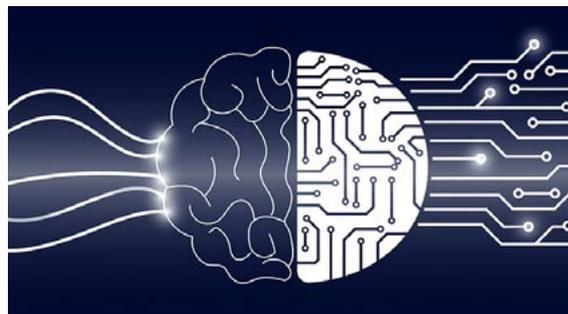


Imagen tomada de: <https://www.peakpx.com/es/hd-wallpaper-desktop-ktekx>



# ¡ENFÓCATE! PLANTIE

JOSÉ CARLOS SÁNCHEZ ABURTO  
Ingeniería Industrial, 3.<sup>er</sup> semestre



App Store, 2021. Imagen tomada de: <https://apps.apple.com/es/app/plantie-mantente-enfocado/id1135988868>

Si eres una persona distraída, te cuesta mucho trabajo concentrarte, te distraes fácilmente con cualquier cosa y en especial con su celular, te recomendamos la aplicación que mejorará drásticamente tu atención.

Muchas veces cualquier tarea simple se puede ver alargada por la necesidad que sentimos de tomar el celular y revisar cualquier notificación, cualquier mensaje, cualquier red social, etc. Para evitarlo, te presentamos Plantie. Es una aplicación de administración del tiempo que utiliza la técnica de Pomodoro, de manera que combina el juego y la interrupción de tareas para aumentar la motivación laboral.

La técnica de Pomodoro fue desarrollada a finales de la década de los ochenta por el entonces estudiante universitario Francesco Cirillo, quien tenía dificultades para concentrarse en sus estudios y completar sus tareas. Sintiendo abrumado por no poder mantener su atención por un periodo prolongado, se le

ocurrió la idea de comprometerse totalmente a la tarea por solo 10 minutos. Al final de estos 10 minutos, tomaba un descanso de 5 minutos y repetía este proceso. Para tomar el tiempo, usó un temporizador en forma de tomate que estaba en su casa, de ahí el nombre de "Pomodoro", que significa *tomate* en italiano. Con el tiempo, Francesco fue perfeccionando su método, hasta que llegó a ser lo que es hoy, un trabajo enfocado de 25 minutos, llamado "Pomodoro", a lo que se le agrega 5 minutos de descanso entre cada uno.

El método Pomodoro se puede dividir en cinco pasos sencillos:

1. Hacer una lista de tareas pendientes.
2. Configurar tu temporizador en 25 minutos y concentrarte en una sola tarea hasta que acabe el tiempo.
3. Marcar un pomodoro completado.
4. Tomar un descanso de 5 minutos.
5. Después de 4 pomodoros, tomar un descanso más largo, entre 15 y 30 minutos.



Plantie basa su función en esta famosa técnica. La aplicación te pide que alternes pomodoros con breves descansos frecuentes para promover la concentración sostenida y evitar la fatiga mental.

## ¿Cómo funciona?

Plantie es una aplicación fácil de usar y gratuita, la cual nos permite:

- Cultivar nuestra fruta favorita mientras nos concentramos en una tarea.
- Mantener un registro de nuestro rendimiento todos los días.
- Recoger las insignias para mantenernos motivados.
- Desbloquear más frutas.

Lo único que tienes que hacer para mejorar tu concentración y dejar de procrastinar es definir un tiempo específico en el que te comprometas a mantener toda tu atención a la tarea que estés realizando. Ya que tengas definido el tiempo, preparas el temporizador de la aplicación y comienzas. La aplicación cuenta con un sistema de recompensas, el cual te permite cultivar, cosechar y hacer crecer plantas o árboles, mientras te concentras en tu trabajo. Cada vez que pasa el tiempo marcado, irá creciendo la planta, pero si usamos el móvil durante el tiempo marcado, entonces la planta morirá y deberemos volver a empezar con

el tiempo establecido. Cuanto más tiempo pasemos sin usar el móvil, más frondosa se volverá nuestra planta. Plantar árboles nos irá dando monedas, con las que podremos comprar nuevas especies de árboles.

Más allá de la curiosidad que esto pueda generar, Plantie colabora con la ONG Trees for the Future, y permite plantar árboles reales con las monedas que generamos en la aplicación cuando usamos la versión de pago. Plantie da la sensación de cuidar las plantas al hacer algo tan sencillo como concentrarte, creando indirectamente una conciencia ecologista.

Lo único que tienes que hacer para empezar a usar esta aplicación es descargarla. Está disponible para Android y iOS.

## Referencias

- Plantie - mantente enfocado. (2001). App Store. <https://apps.apple.com/es/app/plantie-mantente-enfocado/id1135988868>
- Kakarla, A. Plantie: A Great (and Free) iOS Productivity App. (s.f.). Mac O'Clock. <https://medium.com/macoclock/i-found-a-great-and-free-ios-productivity-app-plantie-4268c39f946>
- Aguilár, R. Seis aplicaciones de productividad para mejorar la concentración y no distraerte. (2019). Xataka. <https://www.xatakamovil.com/aplicaciones/seis-apps-productividad-para-mejorar-concentracion-no-distraerte>



The Teacher Service, 2019. Imagen tomada de: <https://blog.therepairservice.es/2019/05/las-plantas-nos-ayudan-desconectar-con.html>



## PROTOTIPO DE FACILITADOR DE CANALIZACIÓN

ALIN FLORES GARCÍA  
Ingeniería Biomédica, 10.º semestre

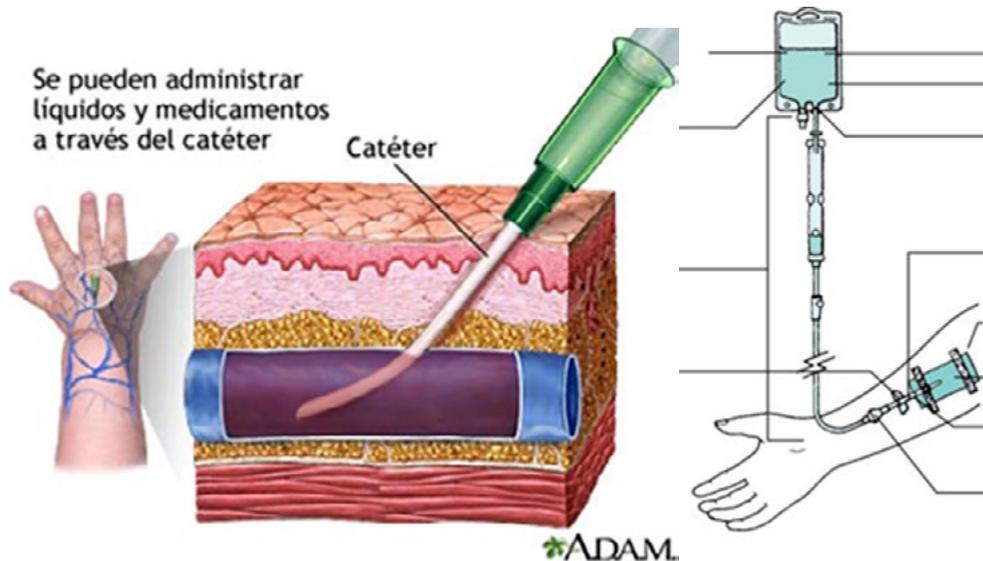


Figura 1. Representación de una canalización y la venoclisis.

En el semestre enero-junio 2022, mis compañeros Katya, Gustavo y yo cursamos la materia de Practicum II Diseño y construcción de Sistemas Biomédicos, la cual consiste en buscar un beneficiario (empresa) y ofrecer una solución a alguna problemática que presente. En nuestro caso, elegimos a la Cruz Roja Mexicana, Delegación Huixquilucan, que es una unidad de atención médica de primer nivel, responsable de brindar atención prehospitalaria a los ciudadanos del municipio ubicados en dicha delegación.

La problemática que presentaba fue la siguiente: los paramédicos o ciertos profesionales de la salud tenían complicaciones al realizar el procedimiento de canalización intravenosa periférica en la zona del antebrazo. Este procedimiento consiste en la introducción de un

dispositivo médico llamado catéter intravenoso (para simplificar la explicación se le llamará “catéter”) a través de una punción en la piel hasta ingresar al interior de la vena, técnica también denominada venopunción (haciendo referencia a la punción de la vena con el catéter), con el objetivo de conseguir una vía entre la vena y una venoclisis (que es la manguera transparente de plástico que conecta la solución o medicamento con el catéter). Seguramente lo has visto al ingresar a un hospital o al visitar a alguien que está internado [1].

### ¿Para qué sirve la canalización?

La canalización permite introducir medicamento o soluciones al cuerpo de la manera más rápida, comparada con otras vías de administración de fármacos, ya que se tiene acceso directo a la circulación venosa. De esa



manera, el medicamento o solución se dirigirá al corazón y después al resto del cuerpo [1]. Por ello, la canalización intravenosa resulta ser uno de los procedimientos más practicados en hospitales [2]. Aunque se le considera una técnica cotidiana y de bajo riesgo, representa en ocasiones un desafío para el personal de la salud por el grado de dificultad que conlleva realizarla, ya que requiere de ciertos conocimientos teóricos y prácticos para enfrentarse a las características singulares que pueden encontrar en cada paciente, como son edad, color y textura de la piel y grosor y profundidad de la vena a canalizar [3], [4]. Además, es importante considerar que existen diversos tamaños y calibres de catéteres, debido a que cada calibre permite un flujo de líquido determinado, por lo que cada uno se utiliza en situaciones diferentes.

## Complicaciones de la canalización

Una de las principales complicaciones durante la venopunción es la dificultad de visualizar y/o palpar la vena, lo cual eleva el porcentaje de fallo y por ende la probabilidad de complicaciones, ya que se podría ocasionar lesiones adicionales. Algunos datos estadísticos respecto a la canalización intravenosa es que se alcanza una tasa de éxito de 91% hasta un cuarto intento. Estos múltiples fallos en la canalización intravenosa en un paciente pueden conllevar a angustia debido al dolor del procedimiento, disminución de la satisfacción del paciente durante el tratamiento y traumatismo local en forma de hematomas [5]. De manera general, lo ideal sería asegurar una única punción para minimizar los riesgos y complicaciones que puede conllevar una mala venopunción.

## Descripción de la problemática

En ese momento, nos dimos cuenta de que lo que necesitábamos era un dispositivo que permitiera ver la red venosa y que tuviera un asistente para la venopunción, porque en el mercado no existe uno que integre ambas funciones, para poder asegurar una técnica

correcta de venopunción al ver claramente las venas.

## Visualizadores de venas

Una herramienta que se ha desarrollado para facilitar la venopunción son los visualizadores de venas, los cuales, como su nombre lo indica, ayudan a visualizar las venas, con el fin de elegir una para su canalización. Algunas ventajas que representan son la disminución del número de intentos necesarios, el porcentaje de error y la duración del procedimiento de canalización intravenosa periférica, con lo cual logran aumentar la tasa de éxito de los procedimientos [5].

Decidimos analizar algunos visualizadores de venas comerciales que existen para entender su funcionamiento. En particular, cómo logran indicar el trayecto de la red vascular venosa, con el fin de hacer un proceso de ingeniería inversa para entender o tener una idea de los componentes electrónicos que requiere, materiales que conlleva, con el fin de poderlo aplicar en nuestro prototipo, tomando en cuenta las necesidades y recursos de nuestro beneficiario.

Los dos principales que analizamos fueron AccuVein AV400 y Veinlite Ledx. El primero funciona por medio de la emisión de luz infrarroja y un proyector de luz visible, donde la red venosa absorbe una porción de la luz infrarroja causando la reflexión de la imagen contrastada. La señal obtenida es procesada y filtrada para generar la imagen de salida. Después, la imagen contrastada es proyectada en la superficie de la piel del paciente [7]. Por otra parte, el Veinlite Ledx funciona por medio de transiluminación, el cual emplea un arreglo de LEDs de color naranja y rojo, los cuales permiten resaltar las venas subcutáneas al contrastarlas, mediante luz visible que se dirige a la piel y es absorbida por la sangre venosa. Los LEDs se colocan en un circuito en la cabeza del dispositivo, en forma de U, para poder ro-



dear el área de interés. Este arco se presiona contra la piel del paciente, en un lugar donde pueda haber posibles venas y se dirige la luz de los LEDs a la piel para contrastar las venas que pasen por el centro del aro [8], [9].

Al analizar los dos, concluimos que el transiluminador de venas (Veinlite Ledx) era la opción más viable para implementar en este proyecto, debido a que al usar la luz visible en vez de infrarrojo se disminuye la complejidad del dispositivo que se propone al implicar menos componentes electrónicos en el circuito y no requerir un alto nivel de procesamiento de imagen, con lo cual se reducen costos de producción, y así podemos ajustarnos a los recursos económicos del beneficiario. A la vez, permite obtener los resultados esperados (visualizar venas) de manera adecuada.

## Circuito eléctrico para visualizador de venas

Basado en el dispositivo Veinlite modelo LED+ y el principio de transiluminación, decidimos utilizar una proporción de LEDs 4:1 de naranjas y rojos, debido a que logra la longitud de onda necesaria para la visualización de venas sobre la piel. El circuito necesita:

- Una fuente de voltaje: el voltaje que utilizaríamos en el prototipo fue difícil definir porque los LEDs consumen mucho voltaje (cada uno aproximadamente 2 V), lo cual implica muchas pilas. Pero como se debía considerar un cierto tamaño del dispositivo que tomara en cuenta las medidas antropométricas de los mexicanos en promedio, se consideró utilizar una conexión en paralelo de los LEDs para disminuir el consumo de voltaje. Además, hacer que los LEDs se prendieran y apagaran continuamente, como medida de ahorro de batería. Tras muchas pruebas, se definió de 7.4V, mediante 2 pilas de 3.7 V.

- Un temporizador 555: permite obtener señales oscilatorias entre el encendido y apagado de los LEDs a una frecuencia que los humanos no podemos detectar (entre 50 y 60 Hz), para que se puedan prender y apagar continuamente, sin que lo detectemos.
- Un interruptor o switch: para encender y apagar el dispositivo.
- Potenciómetro: permite variar el ancho de pulso de las señales para obtener la frecuencia de encendido/prendido deseada.
- 2 diodos: permiten el intercambio rápido entre encendido y apagado.
- Resistencias de 1k $\Omega$ , para limitar la corriente con el fin de evitar dañar a los diodos.
- LEDs: 24 naranjas y 6 rojos, de tamaño de 3 mm para que el dispositivo tuviera una dimensión adecuada para el paciente y funcionara con 20 mA.
- Capacitores de: 472 kF y 1F: forman parte del circuito oscilatorio para garantizar la frecuencia deseada.
- Un transistor TIP41: provee la corriente necesaria para que los LEDs logren encenderse, al haberse limitado con el circuito 555.
- Fusible: como medida de protección para el paciente.

El circuito final se ve de la siguiente manera:

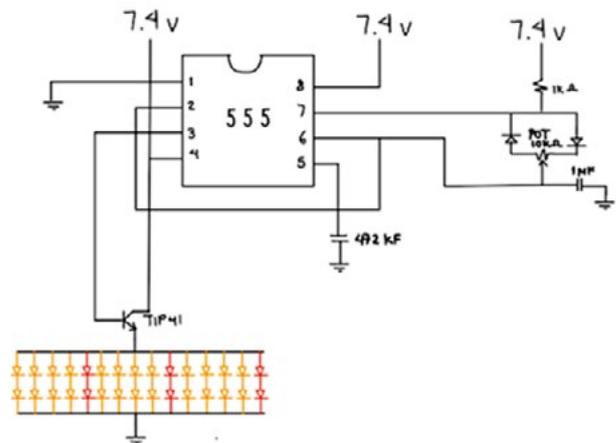


Figura 2. Circuito eléctrico final para el visualizador de venas.



## Cantidad de LEDs necesarios

Se procedió a buscar en la literatura la cifra teórica necesaria de iluminación requerida para ver venas, lo cual resultó ser a partir de 4000 mcd (milicandelas) que, en las condiciones del artículo consultado (a 27 mm de la fuente de iluminación), equivalen a 5560 lx [10]. Realizamos varias pruebas para obtener una cantidad aproximada a la deseada, primero con 30 LEDs y después con 42 LEDs en total. Con esta última cifra, el sensor Wide Range Light Meter de la marca Extech Instruments registró 280 lx, por lo que no es posible obtener los 5k lx, además de que al utilizar los 42 LEDs se requirió una fuente de 10 V, que no es viable por la cantidad de pilas que requiere. Por ello, optamos por los 30 LEDs, debido a que permitían la proporción 4:1 (24 LEDs naranjas y 6 rojos) deseada y que los LEDs se lograban prender con los 7.4 V, que equivalen a las 2 pilas acordadas. Al medir la luminosidad con los 30 LEDs el sensor registró 320 lx.

Nota 1: construimos una caja oscura que tuviera un orificio circular para que se pudiera colocar el sensor Wide Range Light Meter con el fin de que pudiera detectar de manera más precisa y sin interferencia de la luz natural ni artificial del ambiente, la cantidad de Luxes (lx) que iluminaba el circuito.

Nota 2: el sensor Wide Range Light Meter presenta una curva de sensibilidad que hace que sea muy poco sensible para detectar el color naranja y prácticamente insensible al color rojo, lo cual implica una gran limitación para el proyecto.

## Dispositivo para la canalización

Con respecto a nuestro beneficiario, realizamos encuestas a 10 paramédicos de base para conocer sus opiniones sobre las dificultades del procedimiento de la canalización intravenosa y tomamos en cuenta las razones que se presentaban con mayor frecuencia

para definir el dispositivo de asistencia para la canalización.

Para definir la mejor versión del diseño del prototipo realizamos una matriz QFD (Quality Function Deployment), esta es una herramienta de planificación que desarrolla una sistemática para transmitir las características que deben tener los productos a lo largo de su desarrollo [11]. Por lo que cada integrante del equipo hizo una propuesta de diseño y entre los integrantes del equipo calificamos cada aspecto de 1 a 5, de manera que el diseño final consideraría los siguientes aspectos:

- Forma del asistente mecánico: rampa amplia
- Posición en la que se ubicará el asistente mecánico: desde la mano dirigida hacia el brazo
- Posición en la que se colocará el visualizador: desde el brazo dirigido hacia la mano
- Forma del visualizador: circular
- Organización del arreglo de LEDs: circular distribuidos uniformemente
- Acomodo de las pilas: debajo de la rampa
- Uso del torniquete: externo al dispositivo
- Método de sujeción al brazo: uso de correa

Implementando las mejores características de cada diseño, construimos un modelo en 3D en el programa de diseño Fusion 360 para imprimirse posteriormente por medio de impresión 3D.

Para la sujeción al brazo decidimos utilizar un torniquete elástico tipo clip, que se agrega en el diseño en la parte central de la rampa mediante unas ranuras paralelas del ancho del elástico por las cuales se pasará la banda del torniquete. Dado que atravesará por dentro de éste, se calculó la deformación estimada que sufrirá el material al realizar un esfuerzo. Estos cálculos se realizaron por medio de simulación en el programa de diseño en 3D SolidWorks.



En cuanto a la rampa, tiene una inclinación fija de  $15^\circ$  respecto a la vertical hasta el centro del círculo, esto porque es la inclinación requerida para la venopunción, para todos los calibres de catéteres. Además, la rampa tiene una apertura de  $35^\circ$  para que el usuario pueda ajustar la aguja según la posición y dirección de la vena, conforme la detecte con el visualizador. Una parte del círculo de la cabeza se puede abrir mediante una bisagra para que se pueda retirar el dispositivo después de la venopunción y conexión del equipo para venoclisis.

Por último, según las medidas antropométricas de la población latinoamericana [12], el antebrazo (codo-muñeca) de una mujer entre 18-65 años mide 24 cm y para un hombre 22.6 cm. El tamaño final del dispositivo es de 17.6 x 8 x 2.6 cm, esto deja espacio para el uso de torniquete y la búsqueda de la vena.

El prototipo fue impreso en 3D debido a la alta resolución para los detalles. En específico, fue fabricado por medio de filamento de termoplástico PLA (Ácido Poliláctico), ya que a comparación del plástico ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) resiste mejor a la deformación del modelo que causa el "Warping" y el "Cracking" que son deformaciones que ocurren común-

mente en modelos grandes. También el PLA puede ser mecanizable (es decir, se puede moldear más fácil después de imprimir con este filamento), por si se requiriera realizar ajustes al diseño una vez impreso [13]. Aunque es muy buen material para el prototipo, se podría considerar en el futuro algún otro tipo de termoplástico con propiedades más adecuadas para el dispositivo final ya comercializable.

Una vez armado y encendido, realizamos pruebas para comprobar el desempeño del prototipo, obteniéndose las siguientes conclusiones:

- No se lograron observar las venas del paciente con tez morena por transiluminación.
- Sí se logró obtener la inclinación de  $15^\circ$  con respecto al objeto de pruebas.
- Tiempo necesario para canalizar usando el prototipo: 90 segundos.

### Propuestas de cambios y mejoras

**LEDs:** si se continuara con este proyecto, sería necesario cambiar los LEDs por ultrabrillantes para asegurar obtener la intensidad de luz teórica que permite obtener una adecuada visualización de las venas (4 cd) [10], debido a que aportan una intensidad de luz mayor. Ten-

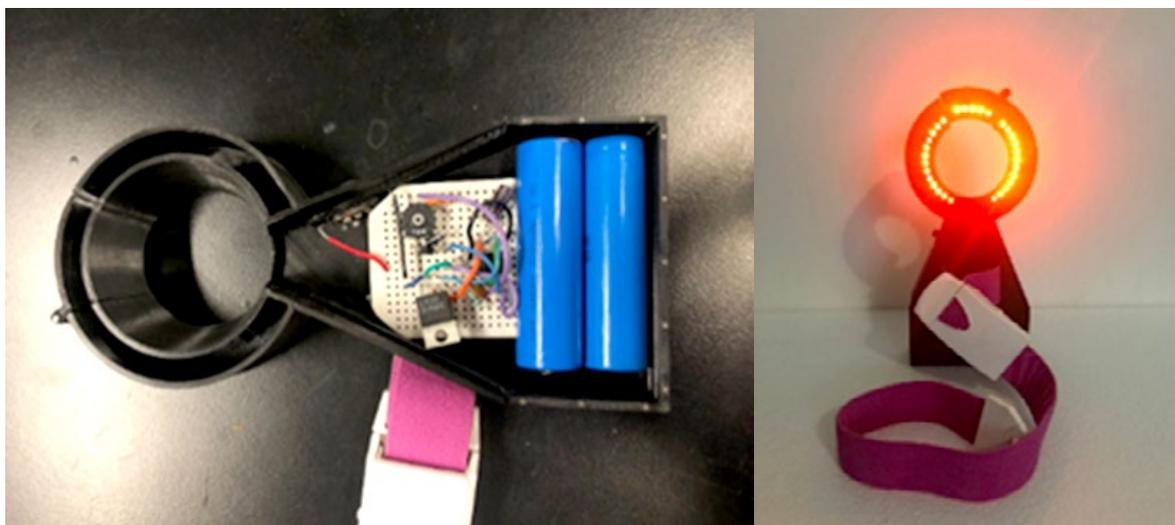


Figura 3. Armado del prototipo de facilitador para canalización.



drían que ser pequeños, de aproximadamente 3 mm para que la cabeza del visualizador de venas del prototipo resulte ser de un tamaño adecuado a las medidas antropométricas de los antebrazos de los mexicanos. Además, se buscaría un sensor que permitiera medir la iluminación de los LEDs que sea sensible en la longitud de onda de los LEDs naranjas y rojos, para poder obtener medidas más exactas.

**Circuito:** respecto al circuito, se podrían buscar alternativas que permitan colocar más LEDs con el voltaje establecido para que se obtenga una mayor iluminación.

**Diseño:** resultaría beneficioso modificar la cabeza del visualizador para que fuera más fácil y práctica la colocación de los LEDs, debido a que como está es difícil colocarlos de forma que el centro de la cabeza del LED embone adecuadamente con los hoyos del dispositivo.

**Materiales:** el material del dispositivo final podría ser ABS para que tuviera un mejor acabado (liso) que facilitara la limpieza de este por medio de un paño y alcohol. Además, gracias a los resultados de las pruebas realizadas se demuestra la necesidad de utilizar un recubrimiento en la parte inferior del dispositivo para que no irrite la piel del paciente y asegurar un mejor aislamiento, por lo que una propuesta podría ser de silicón a base de platino.

## Conclusiones

Fue complicado replicar la intensidad luminosa que debe generar nuestro prototipo por algunas limitaciones que enfrentamos en su desarrollo, lo cual también repercutió en otros aspectos del diseño de la fabricación del prototipo, como la elección de los LEDs, la alimentación del circuito y algunos detalles del diseño del modelo.

Cuando estamos diseñando un dispositivo médico siempre hay que considerar las repercusiones en el usuario y en el paciente, por lo que

debemos mantener nuestra percepción abierta y no solo centrada en nuestro dispositivo.

El prototipo resultó ser un gran desafío para el equipo, pero también un gran aprendizaje, debido a que pudimos aplicar conocimientos de asignaturas que hemos cursado a lo largo de la licenciatura en Ingeniería Biomédica, tales como Circuitos eléctricos, Bioinstrumentación, Física, Ingeniería de materiales, Biomateriales, Diseño de sistemas biomédicos, Bioestadística, entre otras.

## Agradecimientos

A mis compañeros, Katya Corona y Gustavo Shepard, estudiantes de Ingeniería Biomédica. A nuestra asesora de Practicum, la Dra. Marisol Martínez Alanís y a nuestros sinodales, el Dr. Flavio Pontecorvo, Dr. José Ramón Álvarez Bada y al Dr. León Hamui.

Para mayor información, favor de enviar un correo a [alin.floresg@anahuac.mx](mailto:alin.floresg@anahuac.mx)

## Referencias

- [1] Guía de práctica clínica sobre terapia intravenosa con dispositivos no permanentes en adultos. (2014). Ministerio de Sanidad, servicios sociales e igualdad.
- [2] Ramos, A., Carrasco, J. y González, A. (2020). *Técnica de cateterismo venoso periférico*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [3] Murakami, Y., Ohno, Y., Nishimura, M., Kido, M. y Yamada, K. Evaluating the effectiveness of vascular access imaging device in training of new graduate nurses. *IEEE Healthcare Innovation Conference (HIC)*. (2014). <https://doi.org/10.1109/hic.2014.7038945> Consultado el 1 de febrero de 2022.
- [4] C. Sun *et al.* Near-infrared Light Device Can Improve Intravenous Cannulation in Critically Ill Children. (2013). *Pediatrics & Neonatology*, 54 (3), pp. 194-197. <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2012.12.012> Consultado el 1 de febrero de 2022.
- [5] Rodríguez, C., Díaz, G., Martín, R., Herrador, M. (2017). Eficacia y seguridad en la canalización de vías venosa centrales de acceso periférico en pediatría con técnica ecoguiada frente a técnica convencional. *Biblioteca Lascasas*, 13. <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/e11298.php>
- [6] Pérez, A. y De Toledo, J. (2019). Dispositivos de ayu-



da a la canalización venosa periférica: solución para venas difíciles.

- [7] Wood. (2013). US Patent 8,463,364 B2 [En línea]. US Patent. Consultado el 11 de marzo de 2022.
- [8] Veinlite México. Preguntas más frecuentes. <https://www.veinlite.com.mx/faq> Consultado el 11 de marzo de 2022.
- [9] Veinlite México. Tablas comparativas de transiluminadores Veinlite. <https://www.veinlite.com.mx/tablas-comparativas>. Consultado el 11 de marzo de 2022.
- [10] ¿Qué es el color y cuáles son sus propiedades? - Cómo funciona qué. <https://comofuncionaque.com/que-es-el-color-y-cuales-son-sus-propiedades/>. <https://web.cortland.edu/matresearch/QFD.pdf> Consultado el 14 de mayo de 2022.
- [11] Ruiz-Falco, A. (2009, abril). Despliegue de la función calidad. Universidad Pontificia Comillas. <https://web.cortland.edu/matresearch/QFD.pdf> Consultado el 14 de abril de 2022.
- [12] Ávila, R., Prado, L., y González, E. (2007). Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Universidad de Guadalajara. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14486/2018sergiobo-h%C3%B3rquez4.pdf?sequence=> Consultado el 11 de abril de 2022.
- [13] PLA vs ABS. La comparativa definitiva 2020. (2020). Bitfab. <https://bitfab.io/es/blog/pla-vs-abs/#:~:text=Existe%20una%20diferencia%20de%20acabado,resultado%20un%20acabado%20m%C3%A1s%20brillante> Consultado el 14 de abril de 2022.



# RADIO ANÁHUAC Y +CIENCIA PRESENTES en el Evento Nacional de FIRST LEGO League

ROLANDO ADEMAR MOLINA VELASCO  
Ingeniería Mecatrónica, 5.º semestre



Más de 400 niñas, niños y jóvenes participaron en este gran evento.

El pasado 18 y 19 de marzo de 2022 se llevó a cabo el Evento Nacional de la Temporada 21-22 de FIST LEGO League, el programa educativo más importante a nivel mundial de Robótica y STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas) en el Tecnológico de Monterrey Campus Ciudad de México, donde participaron más de 400 niñas, niños y jóvenes de 4 a 16 años provenientes de distintas partes de la República Mexicana.

“La contingencia demostró la urgencia por innovar las formas de enseñanza, así como el impulso que requiere el desarrollo de habilidades como el pensamiento analítico, aprendizaje activo y estratégico, resolución de problemas complejos, entre otras, en niñas y niños. Ahí está la relevancia de un programa con impacto a nivel mundial, como lo es FIRST LEGO

League, que motiva a los estudiantes a cuestionar y resolver problemas del mundo real”, expresó el fundador de la Fundación RobotiX, Roberto Saint Martin.

En este evento participaron las categorías de Explore y Challenge. En Explore, niñas y niños muestran sus proyectos mediante una maqueta y un póster que resume su investigación. Para Challenge se califican cuatro áreas: Proyecto de innovación, Diseño del robot, Core Values y Juego del robot, en donde los equipos tienen la oportunidad de competir en al menos tres partidas de dos minutos y medio cada una y su puntuación más alta es la que cuenta.

En esta ocasión, los ganadores fueron:

- Categoría Explore, representarán a México en el World Festival en Houston



Los equipos ganadores tienen la oportunidad de representar a México en competencias internacionales.



Nucleólicos, campeón nacional de la categoría Challenge.

- Orange Dragonflies del Colegio Valle de Filadelfia en el Estado de México
- GV Inc. Peques Innovadores de la Primaria Guadalupe Victoria en Guanajuato
- Categoría Challenge, decidieron representar a México en el evento en Brasil
- Nucleólicos de la Escuela Secundaria No. 12, Héroes de la Independencia, en el Estado de México

María José González y Diego Mendoza, miembros del equipo Nucleólicos, quienes representarán a México en Brasil, comentaron: “Es una experiencia que en realidad es muy satisfactoria, más que nada nos ayuda a la convivencia en equipo, a desarrollar nuevas habilidades, el hambre de innovar nuestro mundo y, más que nada, conocernos a nosotros mismos”.

Diego Mendoza dijo: “Estoy seguro que entré con una forma de pensar diferente a la actual, me he llevado muchas experiencias y momentos felices con mis compañeros y, sobre todo, he aprendido, porque es algo muy interesante lo que se aprende en este tipo de eventos que se pueden aplicar en el día a día”.

Con estos eventos se busca crear un gran interés en la realización de proyectos con ideas innovadoras alrededor de necesidades actuales para que niñas y niños propongan cambios a su realidad. Como nos cuentan los miembros de Nucleólicos, los participantes desarrollan habilidades sólidas útiles para su futuro académico y personal, ampliando su pensamiento crítico, su análisis de datos, su autoconocimiento, su creatividad, su liderazgo y trabajo en equipo. Todo lo anterior, se muestra en un ambiente de diversión y juego donde cada miembro es igual de valioso.

Agradecemos a la Ing. Daniela Araujo y a la alumna Diana Flores por realizar estas entrevistas durante el evento. Si quieren conocer más del evento, escuchar más entrevistas y saber más temas del mundo STEAM, no te pierdas +Ciencia Podcast, disponible en todas las plataformas de *streaming*.



# PERSPECTIVAS DE LA MICROSCOPIA ELECTRÓNICA EN EL ESTUDIO DE NANOMATERIALES

DANIEL BAHENA URIBE

e-mail: dbahenau@cinvestav.mx

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación y de Estudios Avanzado,  
Laboratorio Avanzado de Nanoscopia Electrónica

Av. Instituto Politécnico Nacional núm. 2508, San Pedro Zacatenco, Gustavo A. Madero, C. P. 07360, Ciudad de México, México

La curiosidad es parte de la naturaleza del ser humano, buscar respuestas a lo desconocido es parte del ADN de la especie humana, el tratar de entender lo que nos rodea observando y estudiando su comportamiento ha llevado al desarrollo de herramientas que incrementan y superan la capacidad de la resolución del ojo humano el cual comprende su visión en el rango del espectro de la luz visible.

A continuación, se hace un breve recorrido por la historia de la microscopia con énfasis particular en los desarrollos que han marcado un detonante en el área. Alrededor del año 1590 Zacharias Janssen, su hijo Hans y Hans Lippershey, recibieron el crédito por la invención del primer microscopio óptico compuesto. Este novedoso instrumento fue usado en el siglo XVII por el filósofo natural británico Robert Hooke, quien realizó demostraciones en la organización británica de promoción científica conocida como Royal Society. Dichas demostraciones comenzaron en 1663 y dos años después se publicó el primer volumen de la revista *Micrographia*, el cual introdujo y mostró un amplio rango de objetos familiares, tales como pulgas y piojos, entre otros. Cabe destacar que el término *célula* fue acuñado por primera vez al describir un tejido.

El holandés Antonie van Leeuwenhoek construyó un microscopio simple (Figura 1), sus observaciones fueron pioneras en el estudio y entendimiento de microorganismos de agua dulce hacia 1670. Él fue el primero en describir células y bacterias; sus microscopios eran del tamaño de una estampilla de correos con una resolución alrededor de  $0.7 \mu\text{m}$ .

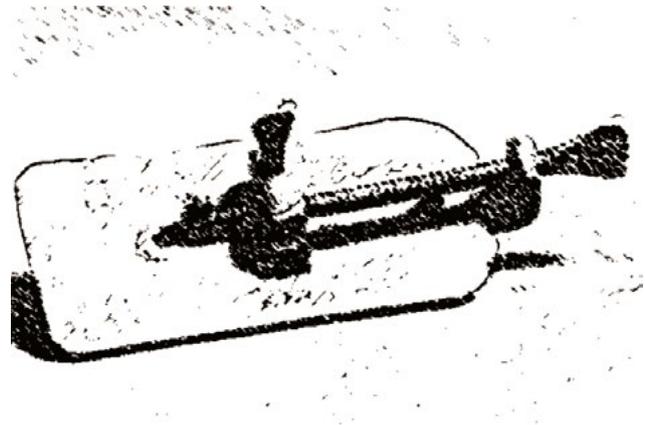


Figura 1. Microscopio fabricado por Antonie van Leeuwenhoek.

La microscopia fue revolucionada en la década de los años treinta, en gran medida por la implementación de electrones para iluminar las muestras a estudiar, lo cual llevó a crear imágenes de mayor magnificación en comparación con lo que permitían los microscopios ópticos.



A Ernest Ruska se le atribuye el diseño y construcción del primer microscopio electrónico de transmisión basado en una idea del físico Leo Szilard 1931. El microscopio electrónico depende de electrones y no de fotones o luz visible para ver un objeto, como es el caso de un microscopio óptico, los microscopios de transmisión modernos pueden visualizar objetos del diámetro de un átomo (Figura 2). El desarrollo de este microscopio le dio el premio Nobel de Física en 1986.

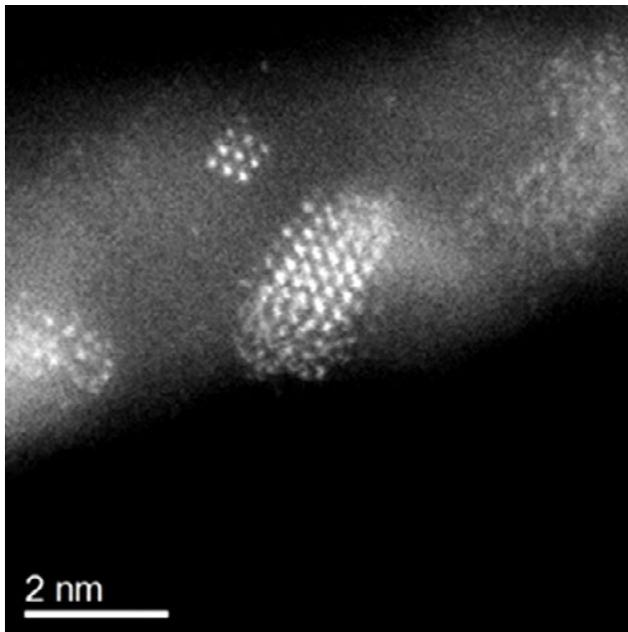


Figura 2. Átomos de iridio soportados en  $\text{TiO}_2$  [1].

El primer microscopio electrónico de transmisión en barrido (STEM, por sus siglas en inglés) fue construido en 1937 por Manfred von Ardenne, basado en la idea de Max Koll, de un escáner de haz de electrones, aunque en realidad fue el trabajo de Albert Victor Crewe [2] sobre el estudio de la emisión de campo de electrones lo que revolucionó la técnica STEM.

Otto Scherzer estableció en su famoso artículo científico en 1936 la inevitable aberración esférica positiva (Cs, por sus siglas en inglés)

en las lentes electrónicas redondas, aunque ya en 1947 propuso esquemas prácticos para eludir la aberración esférica. Sus ideas iniciales tomaron 50 años para llevarse a cabo. A Otto Scherzer se le conoce como el padre de la corrección de aberración esférica.

Numerosos grupos de investigación en Alemania, Reino Unido y Estados Unidos intentaron construir correctores de aberración esférica pero no fue hasta finales de 1990 gracias a la alta precisión de los sistemas electrónicos y al gran progreso de los sistemas de cómputo que Harald Rose, Joachim Zack y Max Haider lograron construir los sistemas corrección de aberración esférica para microscopios TEM y STEM.

Como contexto, el microscopio electrónico es usado principalmente para resolver y revelar la estructura interna de los materiales sólidos, cabe resaltar que los científicos del área de materiales le llaman *microestructura* mientras que los biólogos prefieren el término *ultraestructura*.

En la actualidad, los avances en microscopía electrónica van de la mano con los desarrollos de porta muestras que permiten realizar diversos estudios *in situ*, lo cual ha aportado un gran entendimiento de las propiedades en las áreas de ciencia de materiales y biológica. Las pruebas que actualmente existen en el mercado son de calentamiento, electroquímicas, eléctricas, mecánicas, bajas temperaturas, con ambientes de gas controlado, los cuales nos pueden dar un mejor entendimiento a resolución atómica de sistemas a estudiar en sus medios nativos, como es el caso del área biológica o estudio de materiales catalíticos en entornos de gases reactivos y ver las interacciones de la superficie del nanomaterial y el gas a resolución atómica.

En la Figura 3 se observa la gráfica de la evolución en la mejora de la resolución espacial,



¿se ha llegado al límite? Aún no conocemos esta respuesta, pero la tendencia actual en microscopía electrónica está enfocada en dos líneas principalmente, una de ellas ha sido el desarrollo de detectores de nueva generación que pueden coleccionar más información, la microscopía electrónica 4D STEM es una técnica que captura patrones completos de difracción en 2D en cada posición de píxel en modo STEM. Estas señales difractadas en modo STEM contienen información acerca de la estructura, composición, espectros de fonones, cristalografía de defectos 3D y mucha más información del material.

Por último, existen grupos de investigación que están proponiendo como estrategia de sostenibilidad de la infraestructura de los microscopios una modalidad de intercambio de un aditamento en el microscopio, cambiar las piezas polares del equipo ya que el 90% de las características de la mayoría de los equipos son similares y solo la pieza polar es la que varía, dependiendo si es un equipo se trata para obtener información de la muestra en alta resolución o un equipo para realizar estudios analíticos como EDS o cátodo-luminiscencia.

En resumen, en la actualidad estamos atravesando una de las revoluciones tecnológicas en el área de la microscopía electrónica más importantes. Han sido varias décadas de investigación y desarrollo que han logrado aportar avances en el área de ciencia de materiales y biología. Entre ellos destaca el Premio Nobel del año 2017, el cual fue otorgado a un grupo de investigación por el desarrollo de la Cryo-electron Microscopy, la cual ha ayudado a la determinación de la estructura de biomoléculas en solución.

## Referencias

- [1] Hernández-Cristóbal, O., Arenas-Alatorre, J., Díaz, G., Bahena, D., & J. Yacamán, M. (2015). High resolution HAADF characterization of Ir/TiO<sub>2</sub> catalyst reduced at 500 °c: Intensity profile analysis. *Journal of Physical Chemistry C*, 119(21), 11672-11678. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.5b01923>
- [2] Crewe, A. V. (1971). High Intensity Electron Sources and Scanning electron Microscopy. *Electron Microscopy in Material Science*, 162-207. Academic Press, New York.
- [3] Pennycook, S.J., Varela, M., Hetherington, C.J.D. et al. (2006). Materials Advances through Aberration-Corrected Electron Microscopy. *MRS Bulletin*, 31, 36-43. <https://doi.org/10.1557/mrs2006.4>

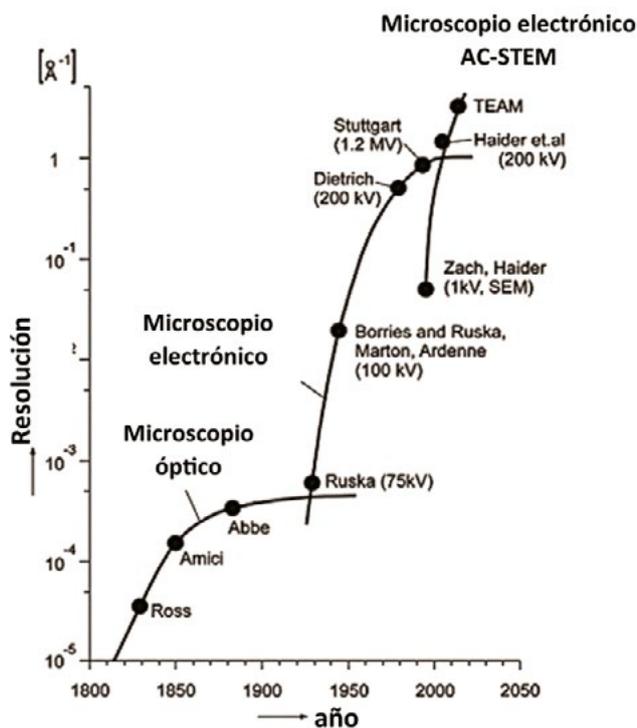


Figura 3. Evolución de la resolución en la microscopía [3].



## LA MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO EN LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

DR. RODRIGO ALONSO ESPARZA MUÑOZ

e-mail: [resparza@fata.unam.mx](mailto:resparza@fata.unam.mx)

Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada

La aparición del microscopio electrónico de barrido comercial (SEM, por sus siglas en inglés) se remonta al año de 1965, varios años después de que Siemens y Halske comercializaron el primer microscopio electrónico de transmisión (1939) (TEM, por sus siglas en inglés). En el caso particular de México, el primer microscopio electrónico instalado fue un SEM de la marca RCA modelo I-MC-1 con un voltaje de aceleración de 30 kV [1]. Este tipo de microscopía ha avanzado rápidamente constituyéndose en una técnica indispensable en el estudio de diversos materiales tales como: metales, cerámicos, materiales compuestos, semiconductores, polímeros y minerales. Un microscopio electrónico es un instrumento que utiliza electrones en lugar de fotones o luz visible (como lo hace el microscopio óptico) para la formación de las imágenes de la superficie de la muestra. En un SEM un haz de electrones focalizado escanea o recorre la superficie de la muestra, produciéndose así varias señales que pueden ser colectadas por diversos detectores y que contienen información acerca de la topografía de la superficie y de la composición de la muestra.

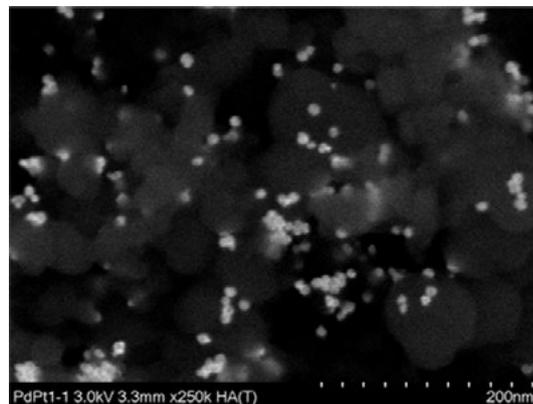
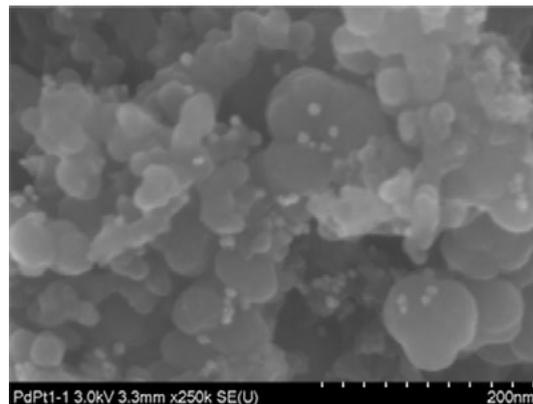
Actualmente, los nuevos SEM pueden conseguir una resolución menor a 1 nanómetro (nm), siendo 1 nanómetro la millonésima parte de un milímetro, por lo que son llamados “microscopios electrónicos de barrido de alta resolución” (HR-SEM, por sus siglas en inglés). Para obtener una alta resolución, el haz de electrones del microscopio debe ser uniforme, coherente y muy fino. Entre más pequeño sea el diámetro del haz de electrones, mayor será la resolución espacial, por lo que podemos obtener mayor y mejores detalles de la superficie de las muestras. Por lo tanto, una de las partes esenciales del microscopio electrónico es la fuente emisora del haz de electrones. Un SEM convencional utiliza una fuente de electrones con un filamento de tungsteno, lo cual origina que el diámetro del haz sea igual o mayor a 200 nm, limitando su resolución. En cambio, un HR-SEM utiliza como fuente de electrones un cañón de emisión de campo que proporciona un haz muy focalizado con un diámetro entre 10 y 25 nm, lo que mejora notablemente la resolución espacial. Esto, además, permite trabajar a voltajes muy bajos, que en el caso de un SEM convencional no es posible; lo que ayuda a minimizar el efecto de la carga en las muestras que no son conductoras y a evitar daños en muestras que son sensibles al haz. Otra forma de aumentar la resolución es utilizando una fuente de electrones llamado “cátodo frío”. Este cañón de emisión de campo permite que el haz tenga un diámetro entre 3 y 5 nm, lo que significa un aumento considerable en la resolución espacial de las imágenes,



además de una resolución mejorada a bajos voltajes de aceleración para reducir el daño de la muestra. En los últimos años, el uso de bajos voltajes de aceleración en el SEM ha hecho posible observar las capas superficiales más externas de las muestras mientras se utilizan simultáneamente uno o más detectores adicionales para adquirir varios tipos de información sobre la muestra.

A continuación, se describen algunos ejemplos de diversos materiales obtenidos bajo diferentes condiciones de operación de un microscopio electrónico de barrido con emisión de campo de cátodo frío. La Figura 1 muestra las imágenes obtenidas utilizando bajos voltajes de aceleración (3 kV). Las imágenes fueron obtenidas de nanopartículas de PdPt soportadas en carbón Vulcan, las cuales son empleadas como electrocatalizadores en celdas de combustible de alcohol directo que convierten la energía química en energía eléctrica, proporcionando así una fuente de energía limpia y eficiente para aplicaciones fijas y móviles. La Figura 1a muestra la imagen obtenida con electrones secundarios (SE), donde se aprecia la topografía del material, la cual corresponde a partículas con un tamaño aproximado de 100 nm que corresponde a carbón Vulcan, así como nanopartículas del orden de 20 nm que corresponden al catalizador (PdPt). Por otro lado, la imagen de la Figura 1b es obtenida mediante electrones retrodispersados (HA-BSE), en la que se aprecia una diferencia de contraste, donde las nanopartículas de PdPt presentan mayor brillantez debido a la diferencia en número atómico con respecto al carbón de soporte. Asimismo, es posible sumar las imágenes anteriores para una mejor visualización, donde la Figura 1c muestra la imagen obtenida sumando las señales SE+HA, donde claramente se observa la buena dispersión de las nanopartículas sobre el carbón de soporte.

Una de las ventajas que ofrecen los microscopios electrónicos y en específico un SEM es poder obtener la composición química de los elementos presentes en la muestra mediante el detector de rayos X de energía dispersiva (EDS, por sus siglas en inglés). La Figura 1d muestra un espectro de EDS donde los elementos Pd y Pt son relacionados con el electrocatalizador, el elemento C proviene principalmente del carbón Vulcan, el elemento Cu proviene del porta-muestra utilizado y el elemento O del medio. Por lo tanto, a través de imágenes de SEM se logró observar una adecuada distribución de las nanopartículas PdPt sobre el carbón Vulcan de soporte, lo cual es fundamental para obtener una mejor interacción entre los sitios activos con las especies reactivas durante la reacción de oxidación de los alcoholes, logrando un buen desempeño del electrocatalizador [2].



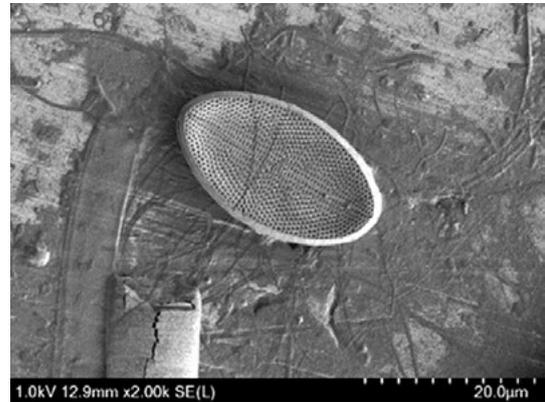
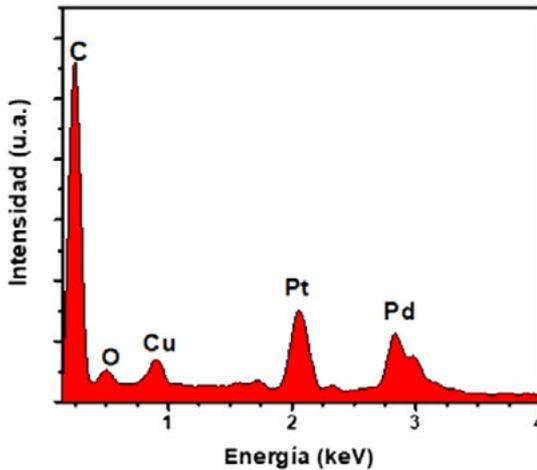
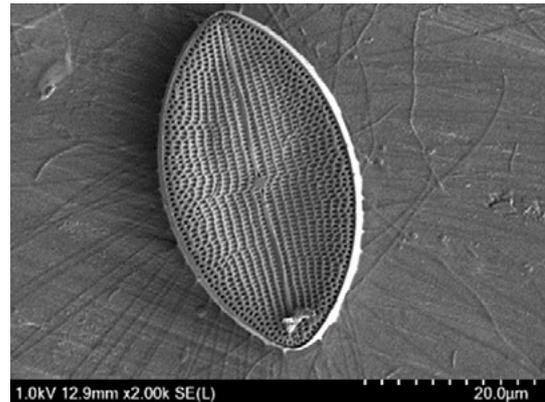
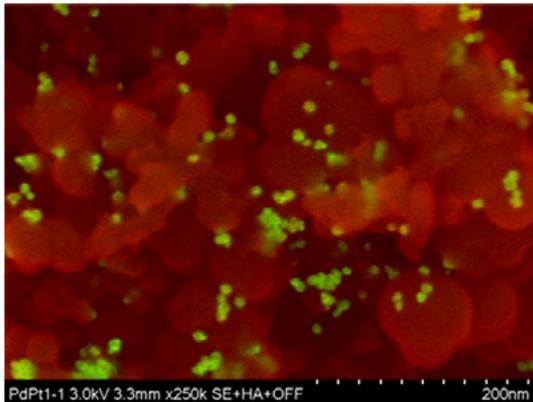


Figura 1. Imágenes de SEM de catalizadores PdPt soportados en carbón Vulcan, a) imagen de electrones secundarios, b) imagen de electrones retrordispersados, c) imagen conformada por la suma de a) y b), d) espectro de EDS mostrando la composición de las nanopartículas.

Figura 2. Imágenes de SEM de diatomeas obtenidas a bajos voltajes.

Como se mencionó anteriormente, una de las aplicaciones de SEM es en la caracterización de materiales biológicos. La Figura 2 muestra dos imágenes de SEM obtenidas a un voltaje de aceleración de 1 kV de diatomeas, las cuales son un grupo de algas unicelulares que constituyen uno de los tipos más comunes de fitoplancton. Dichas diatomeas están incrustadas en la superficie de una placa metálica la cual tiene un recubrimiento polimérico. Punto interesante aquí es que la muestra no se tuvo que metalizar debido a las condiciones de operación y tipo de microscopio utilizado (emisión de campo de cátodo frío).

Finalmente, algunos microscopios SEM de emisión de campo vienen equipados con tecnología de desaceleración del haz de electrones. En muestras sensibles al haz de electrones o muestras no conductoras, la tecnología de desaceleración de haz logra una mayor resolución y un mayor detalle de la superficie. La Figura 3 muestra las imágenes de SEM obtenidas en modo de desaceleración del haz de electrones de nanopartículas de polimetilmetacrilato, también conocido por sus siglas como PMMA, el cual es un polímero termoplástico. Dichas nanopartículas se encuentran decoradas con nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  y fueron empleadas como recubrimiento polimérico de un acero inoxidable 304SS para evitar la corrosión del material en ambientes marinos [3]. Cabe



señalar que, a pesar de que la muestra no es conductora y se observan algunas zonas con efecto de carga, no fue necesario metalizarla debido a que la energía de impacto se reduce. Se puede apreciar claramente los detalles superficiales con una muy buena resolución de las nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  con un tamaño promedio de 20 nm sobre las nanopartículas de PMMA con un tamaño promedio de 100 nm.

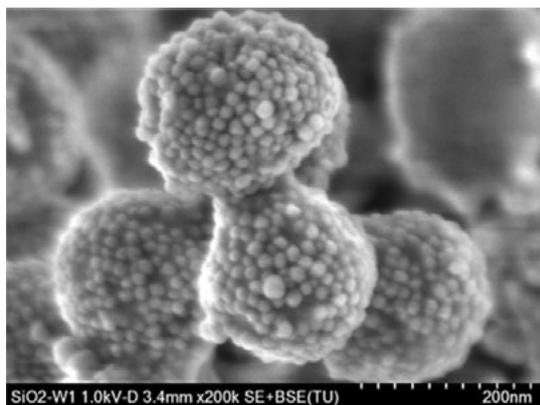
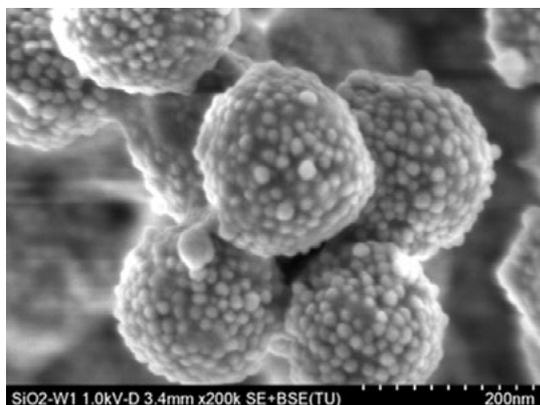


Figura 3. Imágenes de SEM de nanopartículas de PMMA- $\text{SiO}_2$  obtenidas mediante la técnica de desaceleración del haz de electrones.

En conclusión, la microscopía electrónica de barrido permite la caracterización y observación de muestras sólidas mediante imágenes obtenidas con electrones secundarios y retrodispersados. Se pueden analizar una amplia gama de materiales como metales, cerámicos, poliméricos, híbridos, compuestos y biológicos. El uso de bajos voltajes nos permite obtener mayor información sobre la superficie de los materiales analizados. Se puede determinar el tipo y la cantidad respectiva de los elementos químicos de la muestra, además de mostrar cómo se distribuyen en la superficie mediante el análisis por EDS. La tecnología de deceleración del haz de electrones nos permite analizar muestras sensibles al haz de electrones sin destruirlas.

## Referencias

- [1] Reyes, J. Breve reseña histórica de la microscopía electrónica en México y el mundo. (2020). *Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, 13, 79-100.
- [2] Higareda, A., Rosas, G., Pérez, R., Esparza, R. Characterization and Electrocatalytic Features of PtPd and PdPt Bimetallic Nanoparticles for Methanol Electro oxidation. (2021). *ChemNanoMat*, 7, 958-965.
- [3] González-Reyna, M.A., Espinosa-Medina, M.A., Esparza, R., Hernández-Martínez, A.R., Maya-Cornejo, J., Estévez, M. (2021). Anticorrosive Effect of the Size of Silica Nanoparticles on PMMA-Based Hybrid Coatings. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 30, 1054-1065.



# DESARROLLO DE NUEVOS CATALIZADORES PARA SU USO EN LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO A PARTIR DE BIOMASA

M.G. GRANADOS-FITCH / M. AVALOS-BORJA\*

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica

División de Materiales Avanzados. Camino a la Presa San José, Col. Lomas, sección 4, C. P. 78216,  
San Luis Potosí, S.L.P. México

J. M. QUINTANA-MELGOZA

Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Campus Tijuana  
Tijuana, Baja California. México

E.A. JUAREZ-ARELLANO

Universidad del Papaloapan, Instituto de Química Aplicada

Circuito central núm. 200, Col. Parque Industrial, C. P. 68301, Tuxtepec, Oaxaca, México

## Resumen

La obtención de hidrógeno ( $H_2$ ) a partir de fuentes renovables es hoy en día un desafío para la comunidad científica internacional. En este artículo de divulgación nosotros introducimos al lector al mundo de la producción catalítica de  $H_2$ . Comenzamos con un pequeño resumen de la síntesis de carburos, boruros y sulfuros de renio. Continuamos con la mecano-síntesis, una nueva metodología para la preparación de catalizadores, y cómo hacemos uso de ella para preparar nuestros propios catalizadores. También hablamos un poco del panorama mundial de la producción de  $H_2$  y su utilidad tanto en el campo de la ciencia como en la vida cotidiana. Finalmente, terminamos este artículo compartiéndoles algunos de nuestros más importantes resultados obtenidos por nuestro grupo de trabajo en el campo de la producción catalítica de  $H_2$  a partir de biomasa.

**Palabras clave:** renio, carburo, boruro, sulfuro, mecano-síntesis hidrógeno, biomasa, catálisis.

## Abstract

$H_2$  production from renewable sources is nowadays a challenge to international scientific community. In this divulgation article, we initiate the reader to the world of catalytic  $H_2$  production. We start with a small overview about rhenium carbides, borides and sulfides synthesis. We continue with the mecano-synthesis, a new methodology for the preparation of catalysts. In addition, we discuss a little about  $H_2$  production and its utility both in science and everyday life. Finally, we finish this article sharing some of the most important results obtained by our group in the field of catalytic  $H_2$  production from biomass.

**Keywords:** rhenium, carbide, boride, sulfide, mecano-synthesis, hydrogen, biomass, catalysis.

\* Autor para correspondencia.



## Generación de residuos sólidos y su legislación

El crecimiento de las ciudades, la industrialización y el cambio en el patrón de consumo del ser humano han propiciado el incremento en la producción de residuos sólidos (RS) en el planeta (Rojas, 2006). En México, los RS pueden ser orgánicos (biodegradables) e inorgánicos (degradación muy lenta) y se clasifican en residuos sólidos municipales (RSM), industriales y agropecuarios con una producción anual de 32.17 millones de toneladas (t). En 1987 un mexicano generaba 0.718 kg por día de RS, que para 2018 era de 1.2 kg por día, valor muy lejano en comparación con los 3.68, 3.58, 2.8, 2.61 y 2.51 kg por día, por persona, que producen Nueva Zelanda, Irlanda, Noruega, Suiza y Estados Unidos, respectivamente. Lamentablemente, en México los RS son dispuestos en rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto lo que provoca la proliferación de enfermedades, contaminación del agua, tierra y aire, y suciedad en áreas urbanas y rurales (Reporte CE-SOP, 2012). Una parte muy importante de los RS en México son los residuos generados por los sectores agropecuario e industrial, cuya producción diaria asciende a 465 500 t. Los residuos sólidos agropecuarios (café, maíz, bagazo de caña, coco, entre otros) son generados por los sistemas de producción vegetal y son 100% materia orgánica (biomasa) que puede ser utilizada para la generación de productos químicos, energía y combustibles (Zúñiga, 2008; Zakzeski *et al.*, 2010). Los métodos bioquímicos (licuefacción y gasificación microbiana) y termoquímicos (pirólisis, licuefacción y gasificación) son los más utilizados para obtener energía a partir de la biomasa (Huber *et al.*, 2006), mientras que se puede obtener hidrógeno, etanol, metano, combustible de avión, gasolina y diésel a partir de la biomasa.

La reforma energética publicada por el gobierno mexicano en 2013 tiene por objetivos que la

nación mexicana “cuente con un mayor abasto de energéticos a mejores precios” y “que se garantice la seguridad, sustentabilidad, compromiso con el ambiente y el uso de tecnologías y combustibles limpios” (Reforma Energética, 2013). También, el gobierno mexicano a través del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2019-2033 establece principios y acciones prioritarias con un horizonte de 15 años sobre la soberanía, seguridad energética nacional, sostenibilidad, además de garantizar el suministro de energía eléctrica conforme al crecimiento económico del país en condiciones de calidad, cantidad y mejor precio al consumidor (PRODESEN, 2019). La Tabla I muestra la generación de energía eléctrica en 2018 a partir de fuentes renovables (Boletín Energías Limpias, 2018). También, dentro del PRODESEN el gobierno mexicano ha establecido ciertas metas para la participación de las energías renovables en la generación de energía eléctrica en el periodo 2019-2033, ver Tabla II. Finalmente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de enero de 2018) establece “aplicar los principios de valorización y manejo integral de los residuos bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social”, además “fortalecer la investigación, desarrollo científico y la innovación tecnológica para reducir la generación de residuos y diseñar procesos productivos más limpios”. Además, el Artículo 19 indica que los residuos generados por las actividades agrícolas, silvícolas y forestales son llamados residuos de manejo especial, que son aquellos generados en los procesos productivos y que no tienen las características para ser considerados residuos peligrosos o residuos sólidos urbanos.



Tabla I. Generación de energía eléctrica usando fuentes renovables en México 2018, (GWh)

Fuente	Hidroeléctrica	Eólica	Geotérmica	Bagazo	Fotovoltaica	Biogás
GWh	17307	6093	2676	1365	1204	378

Tabla II. Expectativa de la participación de energías renovables en el sistema eléctrico nacional

Año	2019	2022	2026	2030	2033
%	26.6	32.7	35.9	38.2	39.9

### Carburos, boruros y sulfuros de renio

Los carburos, sulfuros y boruros de metales transición tienen propiedades como resistencia al desgaste, alto punto de fusión, resistencia a la oxidación, alta dureza, bajo coeficiente de fricción, resistencia al ataque químico y catalíticas que se aplican principalmente en componentes de máquinas de calor, componentes de desgaste, quemadores de alta temperatura, crisoles resistentes a la corrosión, procesamiento de semiconductores, conversión de energía, entre otras (Weimer, 2012).

#### Carburos de renio

Sobre el sistema Re-C han sido reportadas de dos fases cristalinas de carburo de renio:  $\text{Re}_2\text{C}$  hexagonal y ReC cúbica. La síntesis de  $\text{Re}_2\text{C}$  fue reportada por primera vez en 1971 por Popova y Boiko a través de métodos de alta temperatura alta presión (Popova *et al.*, 1971). A partir de ese año, varias metodologías han sido reportadas para síntesis de  $\text{Re}_2\text{C}$  (Juarez-Arellano *et al.*, 2008; Zhao *et al.*, 2010; Dyachkova *et al.*, 2014; Yasui *et al.*, 2015). También, varios trabajos sobre la síntesis de  $\text{Re}_2\text{C}$  en condiciones de baja temperatura y presión ambiental utilizando la versátil técnica de la mecano-síntesis han sido reportados (Granados-Fitch *et al.*, 2016). Con respecto a la síntesis de la fase ReC cúbica, esta se reportó una sola vez en 1972 a través del uso de alta temperatura y alta presión, aunque desde entonces no se ha reportado alguna metodología

que valide la existencia de esta fase cristalina de carburo de renio (Popova, 1972); aunque hay trabajos en los que se buscó la fase cúbica sin éxito (Juarez-Arellano *et al.*, 2008; 2009).

#### Boruros de renio

En el sistema Re-B se conocen tres boruros de renio: triboruro de heptarenio ( $\text{Re}_7\text{B}_3$ ), monoboruro de trirenio ( $\text{Re}_3\text{B}$ ) y diboruro de renio ( $\text{ReB}_2$ ) (Portnoi *et al.*, 1972). La fase  $\text{Re}_7\text{B}_3$  se reportó por primera vez en 1960 utilizando métodos de alta temperatura (Aronsson *et al.*, 1960). A partir de ahí varios autores han reportado la síntesis de  $\text{Re}_7\text{B}_3$  en condiciones de alta temperatura (Lue *et al.*, 2008; Juarez-Arellano *et al.*, 2013). También, la síntesis de  $\text{Re}_7\text{B}_3$  por mecano-síntesis ha sido reportada (Guo, 2014). Por otro lado, la fase  $\text{Re}_3\text{B}$  se sintetizó por primera vez en 1960 utilizándose métodos de alta temperatura (Aronsson *et al.*, 1960). Además, varias metodologías de alta temperatura alta presión para la síntesis de  $\text{Re}_3\text{B}$  han sido reportadas (Lue *et al.*, 2008; Tyutyunnik *et al.*, 2014). Finalmente, la síntesis de  $\text{ReB}_2$  se reportó por primera vez en 1962 vía métodos de alta temperatura alta presión (La Placa *et al.*, 1962). A partir de esta última metodología, diversas métodos de síntesis han sido utilizados para preparar  $\text{ReB}_2$ : reacción de propagación de alta temperatura (Otani *et al.*, 1997), sinterizado por descarga de plasma (Locci *et al.*, 2009), calentamiento directo de los elementos Re y B (Porres *et al.*, 2010), alta temperatura y alta



presión (Qin *et al.*, 2008), deposición química a partir de un precursor orgánico (Ivanov *et al.*, 2009), síntesis de haz de electrones (Latini *et al.*, 2008), reducción metalotérmica de precursores (Nishiyama *et al.*, 2009) y mecano-síntesis (Granados-Fitch *et al.*, 2018).

### Sulfuros de renio

El sistema Re-S consiste en dos sulfuros de renio reportados: disulfuro de renio ( $\text{ReS}_2$ ) y heptasulfuro de direnio ( $\text{Re}_2\text{S}_7$ ). El  $\text{ReS}_2$  es un semiconductor que ha sido sintetizado por diversas metodologías, tales como transporte químico de vapor (Leicht *et al.*, 1987), sulfuración de renio (Jacobsen *et al.*, 1999), deposición química de vapor (Yella *et al.*, 2008) y descomposición térmica de complejos moleculares (Chiang *et al.*, 1988). Por otro lado, el  $\text{Re}_2\text{S}_7$  ha sido preparado por sulfuración de renio (Briscoe *et al.*, 1931) y la reacción química de sus precursores (Seisenbaeva *et al.*, 2003). Con base en lo reportado en la literatura especializada, la mecano-síntesis tanto de  $\text{ReS}_2$  como de  $\text{Re}_2\text{S}_7$  no ha sido reportada todavía.

### Carburos, boruros y sulfuros de renio vía mecano-síntesis

#### Mecano-síntesis

La mecano-síntesis o mecano-química es la rama de la química que estudia los cambios químicos y fisicoquímicos de sustancias en todos los estados de agregación por efecto de la energía mecánica (Heinicke, 1984). La mecano-síntesis fue desarrollada en 1966 por John Benjamin y sus colegas en el laboratorio de investigación Paul D. Merica de la compañía internacional Nickel (INCO, por sus siglas en inglés), quienes buscaban producir superaleaciones a base de níquel para aplicaciones en turbinas de gas. Otros importantes acontecimientos en el desarrollo de la mecano-síntesis se mencionan en la Tabla III.

Tabla III. Importantes hitos en el desarrollo de la mecano-síntesis

Año	Acontecimiento
1966	Desarrollo de aleaciones fortalecidas de óxidos a base de níquel
1981	Amorización de compuestos intermetálicos
1983	Desordenamiento de compuestos cristalinos
1983	Amorización de mezclas de polvos elementales
1987/88	Síntesis de fases nanocristalinas
1989	Aparición de reacciones de desplazamiento

La mecano-síntesis es un proceso complejo que implica la optimización de muchas variables para obtener el producto deseado como lo son: tipo de molino, material del tazón de molienda, velocidad de molienda, tiempo de molienda, tipo y tamaño del medio de molienda, relación masa del medio de molienda masa de las materias primas, volumen de las materias primas y el medio de molienda en el tazón, atmósfera de molienda, agentes de control de proceso y la temperatura de molienda. Las aplicaciones más destacadas de la mecano-síntesis es la preparación de materiales avanzados (materiales magnéticos, superconductores, cerámicas funcionales), intermetálicos, nanocompósitos, materiales para almacenamiento de hidrógeno y catalizadores (Suryanarayana, 2001). Con respecto a la mecano-síntesis de carburos, sulfuros y boruros de renio, la Tabla IV muestra una perspectiva histórica, además, esta tabla nos indica los materiales sobre los que se centraran nues-



tras siguientes investigaciones en la síntesis de materiales.

Tabla IV. Perspectiva de la mecano-síntesis de carburos, sulfuros y boruros de renio

Carburos	Sulfuros	Boruros
$Re_2C$	$ReS_2$	$ReB_2$
$ReC$	$Re_2S_7$	$Re_3B$
-	-	$Re_7B_3$

En fondo verde los materiales que ya han sido sintetizados.

### Metodología para la síntesis de carburos, sulfuros y boruros de renio

La síntesis de los catalizadores a base de renio, se realizó utilizando una metodología previamente reportada (Granados-Fitch *et al.*, 2016). Las estequiometrias nominales utilizadas en la síntesis de los catalizadores es la siguiente: carburos de renio (Re:C 2:1), boruros de renio (Re:B 3:1 y 1:2) y sulfuros de renio (Re:S 1:2). Cada una de las mezclas estequiométricas fueron transferidas a un vial de carburo de tungsteno (WC) con una relación de masa de material de molienda (WC) masa de reactivos de 20:1. La mecano-síntesis se llevó a cabo en un molino de bolas 8000 M mixer/mill, SPEX SamplePrep. Las reacciones fueron monitoreadas por difracción de rayos X usando un difractómetro Rigaku Smartlab cada 100 min de tiempo de molienda.

La Figura 1 muestra la caracterización morfológica por microscopía electrónica de barrido (SEM) de los catalizadores sintetizados por mecano-síntesis. La Figura 1(a) muestra nanopartículas poliédricas de  $Re_2C$ , este tipo de crecimiento es típico de este material como lo hemos documentado en una publicación anterior (Granados-Fitch *et al.* 2016). Las Figuras 1(b) y 1(c) también muestran crecimiento del tipo poliedral para los catalizadores  $Re_3B$

y  $ReB_2$ , respectivamente. De la misma manera que con el material  $Re_2C$ , estos catalizadores también muestran un crecimiento tipo poliedral pero con partículas de tamaño micrométrico (Granados-Fitch *et al.*, 2018). Finalmente, en el catalizador  $ReS_2$  se observan (Figura 1d) los cúmulos de nanopartículas y la morfología superficial de este catalizador.

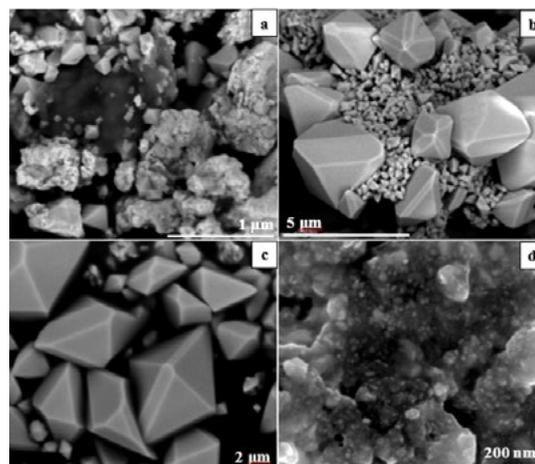


Figura 1. Imagen por SEM de electrones retrodispersados de nanopartículas poliédricas del catalizador  $Re_2C$  (a). Imágenes SEM de electrones secundarios de los catalizadores: partículas poliédricas  $Re_3B$  (b) y  $ReB_2$  (c), y cúmulos de nanopartículas de  $ReS_2$  (d).

### Producción de $H_2$ usando carburos, boruros y sulfuros de renio

#### Hidrógeno como una fuente de energía

El hidrógeno molecular ( $H_2$ ) es una materia prima muy importante para las industrias química, petrolera, farmacéutica y alimentaria. La síntesis de amoníaco con 51%, refinado de petróleo con 31% y la producción de metanol con 10% son los más grandes consumidores de  $H_2$  en el mundo (Arregi *et al.*, 2018). El  $H_2$  es un transportador de energía que es utilizado en transportación, producción de calor y puede reemplazar a los combustibles fósiles (Gupta, 2009). El  $H_2$  tiene un calor de combustión más grande que cualquier combustible fósil, como podemos apreciar en la Tabla V (Saratele *et al.*, 2008). Actualmente, se producen unas  $5 \times 10^7$  t de  $H_2$  con cerca de 10% de incremento cada



año y se espera que en 2025 contribuya con el 8 a 10% del mercado mundial de energía (Armor, 1999).

Tabla V. Calor de combustión de H<sub>2</sub> y los combustibles fósiles

Combustible	Calor de combustión (MJkg-1)
Hidrógeno	120
Gas natural	35-50
Gasolina	42-45
Diésel	42.8
Biodiésel	37
Etanol	21
Antracita	15-19

Existen procesos como el reformado de metano por vapor, craqueo de petróleo y la gasificación de carbón que representan el 96% de la producción mundial de H<sub>2</sub>. También existe la producción de H<sub>2</sub> a partir de gasificación y la pirólisis de biomasa como una nueva ruta para mitigar los efectos del calentamiento global que produce el uso indiscriminado de fuentes fósiles. El H<sub>2</sub> tiene diversas aplicaciones en la generación de energía en turbinas y celdas de combustible, generación de calor, en cocina y aire acondicionado, máquinas de combustión interna, en la industria de la defensa donde se usan máquinas a propulsión, cohetes y antimisiles, en máquinas de barcos para almacenamiento de energía y control de la contaminación, y aplicaciones industriales como síntesis de amoníaco, producción de

fertilizantes, refinación de petróleo, metalurgia, soldadura, producción de semiconductores, producción de vidrio y fibra y en reactores nucleares (Midilli *et al.* 2005).

### Producción catalítica de H<sub>2</sub> a partir de endocarpo de coco

Como se mencionó anteriormente, la biomasa es una fuente renovable para la producción de H<sub>2</sub>, con una producción anual de 2.2x10<sup>14</sup> t equivalente a 4.5x10<sup>21</sup> J (9.5x10<sup>11</sup> t de gasolina), es una gran fuente de energía (Torres *et al.*, 2007). El endocarpo de coco (EC) es un desperdicio generado por la industria de la palmera *Cocos nucifera L* (ver Figura 2). De acuerdo con estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en 2017, a nivel mundial se produjeron 54 732 250 t de fruto (10 primeros productores), de las cuales México (el octavo productor a nivel mundial de coco) produjo 2 855 595 t, que representan unas 60 468.4 t de EC disponibles (FAOSTAT, 2017).



Figura 2. Vista externa del endocarpo de coco de la palmera *Cocos nucifera L*.

Para llevar a cabo la producción de H<sub>2</sub> a partir de la pirólisis de EC, el EC se obtuvo del fruto de la palma *Cocos Nucifera L*, fue limpiado, secado y pulverizado con una lima metálica



plana. Para evaluar la producción de  $H_2$ , el EC junto con los catalizadores ( $Re_2C$ ,  $Re_3B$ ,  $ReB_2$  y  $ReS_2$ ) se colocan en una canoa de porcelana en un horno eléctrico. El  $H_2$  producido es colectado en una bolsa para gases. Una pequeña muestra es obtenida con una jeringa de la bolsa y es inyectada en un cromatógrafo de gases con detector de conductividad térmica para monitorear la producción de  $H_2$  evaluando la temperatura de pirólisis y el porcentaje en peso de los catalizadores. Para la cuantificación de  $H_2$  utilizamos el método de estándar externo con una mezcla estándar de gases.

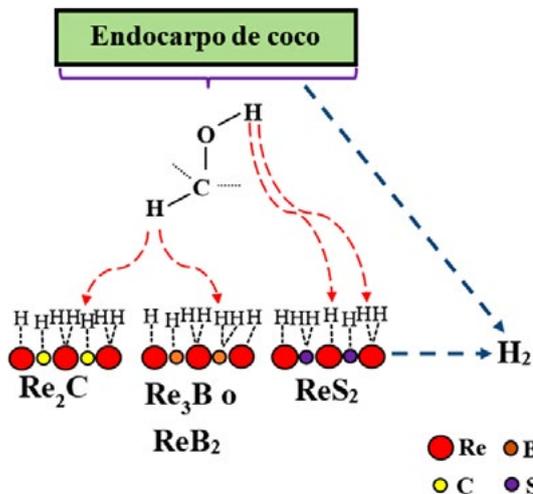


Figura 3. Diagrama esquemático de la producción de  $H_2$  usando carburos, boruros y sulfuros de renio.

Los resultados de producción de  $H_2$  a partir de la pirólisis de EC fueron de 57% usando el catalizador  $Re_2C$ , lo que demuestra que la producción de  $H_2$  incrementa con el uso de catalizadores de renio. A partir de los resultados de producción de  $H_2$ , nosotros propusimos un esquema de reacción para explicar la formación de  $H_2$  en la superficie de carburo, boruros y sulfuros de renio, el mecanismo se muestra en la Figura 3. De manera general podemos establecer que la pirólisis de EC en condiciones de alta temperatura incrementa la producción de  $H_2$ , aunque una fracción de la máxima producción de  $H_2$  es de hecho por un proceso puramente térmico, por lo que pode-

mos concluir que la producción de  $H_2$  a partir de la pirólisis de EC es un proceso termocatalítico. Ahora vamos a denotar la contribución de carbono, boro y azufre en el proceso catalítico para la producción de  $H_2$ ; podemos establecer que la presencia de carbono y boro junto con renio en los catalizadores  $Re_2C$ ,  $Re_3B$ ,  $ReB_2$  incrementa dramáticamente la producción de  $H_2$ . Finalmente, podemos establecer varias conclusiones generales acerca de la producción de  $H_2$  a partir de la biomasa: (1) el uso de catalizador tiene un efecto positivo en el incremento de la producción de  $H_2$ ; (2) otros factores importantes en el mecanismo de formación de  $H_2$  son el área superficial de los catalizadores y la temperatura de pirólisis; (3) el contenido de hidrógeno en la biomasa es un factor muy importante para el diseño de los catalizadores (la biomasa tiene un contenido promedio de 6% m/m de hidrógeno) y (4) las fracciones de celulosa, hemicelulosa y lignina en la biomasa afecta la producción de  $H_2$  (Granados-Fitch *et al.*, 2019).

## Conclusiones

En este artículo de divulgación se muestra que la producción de  $H_2$  a partir de fuentes renovables es un campo de investigación muy activo hoy en día por la comunidad científica internacional. Aquí presentamos una pequeña introducción al mundo de la producción catalítica de  $H_2$ . Como parte de la investigación se muestra cómo funciona la mecano-síntesis y proponemos una metodología original para la preparación de carburos, boruros y sulfuros de renio para ser usados como catalizadores. Finalmente, se mencionan los resultados más destacados obtenidos por nuestro grupo de investigación en el campo de la producción catalítica de  $H_2$  a partir de biomasa.

## Agradecimientos

Los autores agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) el soporte financiero de nuestras investigaciones a través de los proyectos LINAN-0260860,



INFRA-2014-01-224220, LINAN-0271911, FC-2015-2-947 y del convenio I1200/220/2020 MOD.ORD. /33/2020. También, se agradece al CONACYT por la beca de maestría y doctorado para M.G.G.F. Los autores también agradecen a los técnicos de LINAN, la Universidad del Papaloapan campus Tuxtepec y la Universidad Autónoma de Baja California campus Tijuana por todo el apoyo en la síntesis y caracterización de catalizadores y la medición de actividad catalítica.

### Referencias

- Armor, J. N. (1999). The multiple roles for catalysis in the production of  $H_2$ . *Applied Catalysis A: General*, 176, 159-176.
- Aronsson, B., Stenberg, E., Aselius, J. (1960). Borides of rhenium and the platinum metals, the crystal structure of  $Re_7B_3$ ,  $ReB_3$ ,  $Rh_7B_3$ ,  $RhB_{1,1}$ ,  $IrB_{1,1}$  and  $PtB$ . *Acta Chemica Scandinavica*, 14, 733-741.
- Arregi, A., Amutio, M., Lopez, G., Bilbao, J., Olazar, M. (2018). Evaluation of thermochemical routes for hydrogen production from biomass: a review. *Energy Conversion and Management*, 165, 696-719.
- Boletín Energías Limpias, Secretaría de Energía, Subsecretaría de Planeación y Transición Energética, 4(42).
- Briscoe, H.V.A., Robinson, P.L., Stoddart, E.M. (1931). The sulphides and selenides of rhenium. *Journal of the Chemical Society*, 1439-1443.
- Chiang, L.Y., Swirczewski, J.W., Chianelli, R.R., Stiefel, E.I. (1988). Soluble catalyst precursors for dehydrogenative polymerization reaction. *Catalysis Letters*, 1, 177-182.
- Dyachkova, T.V., Tyutyunnik, A.P., Zainulin, Y.G., Gromilov, S.A. (2014). Rhenium carbides prepared by thermobaric treatment of nanosized precursors. *Nanosystems: physics, chemistry, mathematics*, 5, 574-578.
- FAOSTAT, Producción de cocos, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2017).
- Granados-Fitch, M.G., Quintana-Melgoza, J.M., Juarez-Arellano, E.A., Avalos-Borja, M. (2019). Mechanism to  $H_2$  production on rhenium carbide from pyrolysis of coconut Shell. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44, 2784-2796.
- Granados-Fitch, M.G., Juarez-Arellano, E.A., Quintana-Melgoza, J.M., Avalos-Borja, M. (2016). Mechanosynthesis of rhenium carbide at ambient pressure and temperature. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 55, 11-15.
- Granados-Fitch, M.G., Quintana-Melgoza, J.M., Juarez-Arellano, E.A., Avalos-Borja, M. (2018). Chemical stability of superhard rhenium diboride at oxygen and moisture ambient environmental conditions prepared by mechanical milling. *Journal of American Ceramic Society*, 101, 3148-3155.
- Guo, S. (2014). Formation of rhenium diboride via mechanochemical-annealing processing of Re and B. *Journal of European Ceramic Society*, 34, 4443-4449.
- Gupta, R. (2009). *Hydrogen Fuel, Production, Transport, and Storage*. CRC Press.
- Heinicke, G. (1984). *Tribochemistry*. Akademie-Verlag.
- Huber, G.W., Iborra, S., Corma, A. (2006). Synthesis of transportation fuels from biomass: chemistry, catalysts, and engineering. *Chemical Reviews*, 106, 4044-4098.
- Ivanov, B.L., Wellons, M.S., Lukehart, C.M. (2009). Confined-plume chemical deposition: rapid synthesis of crystalline coatings of known hard or superhard materials on inorganic or organic supports by resonant IR decomposition of molecular precursors. *Journal of American Chemical Society*, 131, 11744-11750.
- Jacobsen, C.J.H., Tornqvist, E., Topsoe, H. (1999). HDS, HDN and HYD activities and temperature-programmed reduction of unsupported transition metal sulfides. *Catalysis Letters*, 63, 179-183.
- Juarez, E.A., Winkler, B., Friedrich, A., Wilson, D., Muller, M., et al. (2008). Reaction of rhenium and carbon at high pressures and temperatures. *Zeitschrift für Kristallographie*, 223, 492-501.
- Juarez-Arellano E.A., Winkler, B., Friedrich, A., Bayarjargal, L., Milman, V., et al. (2009). Stability field of the high-(P,T)  $Re_2C$  phase and properties of an analogous osmium carbide phase. *Journal of Alloys and Compounds*, 248, 577-581.
- Juarez-Arellano E.A., Winkler, B., Friedrich, A., Bayarjargal, L., Morgenroth, W., et al. (2013). In situ study of the formation of rhenium borides from the elements at high-(p, T) conditions: extreme incompressibility of  $Re_7B_3$  and formation of new phases. *Solid State Sciences*, 25, 85-92.
- La Placa, S., Post, B. (1962). The crystal structure of rhenium diboride. *Acta crystallographica*, 15, 97-99.
- Latini, A., Rau, J.V., Ferro, D., Teghil, R., Albertini, V.R. et al. (2008). Superhard rhenium diboride films: preparation and characterization. *Chemistry of Materials*, 20, 4507-4511.
- Leicht, G., Berger, H., Levy, F. (1987). The growth of n- and p-type  $ReS_2$  and  $ReSe_2$  single crystals and their electrical properties. *Solid State Communications*, 61, 531-537.



- Locci, A.M., Licheri, R. Orru, R., Cao, G. (2009). Reactive spark plasma sintering of rhenium diboride. *Ceramics International*, 35, 397-400.
- Lue, C.S., Tao, Y.F., Su, T.H. (2008). Comparative NMR investigation of the Re-based borides. *Physical Review B*, 78, 033107.
- Midilli, A., Ay, M., Dincer, I., Rosen, M.A. (2005). On hydrogen and hydrogen energy strategies I: current status and needs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9, 255-271.
- Nishiyama, K., Nakamura, T., Utsumi, S., Sakai, H., Abe, M. (2009). Preparation of ultrafine boride powders by metallothermic reduction method. *Journal of Physics: Conference Series*, 176, 012043.
- Otani, S., Aizawa, T., Ishizawa, Y. (1997). Preparation of ReB<sub>2</sub> single crystals by the floating zone method. *Journal of Alloys and Compounds*, 252, L19-L21.
- Popova, S.V., Boiko, L.G. (1971). A new rhenium carbide formed by high-pressure treatment. *High Temperatures-High Pressures*, 3, 237-238.
- Popova, S.V., Fomicheva, L.N., Khvostantsev, L.G. (1972). Synthesis and superconducting properties of cubic rhenium monocarbide. *JETP Letters*, 16, 609-610.
- Porres, J.P., Segura, A., Muñoz, A., Polian, A., Congeduti, A., (2010). Bond length compressibility in hard ReB<sub>2</sub> investigated by x-ray absorption under high pressure. *Journal of Physics Condensed Matter*, 22, 045701.
- Portnoi, K.I., Romashov, V.M. (1972). Binary constitution diagrams of systems composed of various elements and boron-a review. *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, 11, 378-384.
- Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019-2033. (2019).
- Qin, J., He, D., Wang, J., Fang, L., Lei, L., et al. (2008). Is rhenium diboride a superhard material? *Advanced Materials*, 20, 4780-4783.
- Reforma Energética. Diario Oficial de la Federación. 20 de diciembre de 2013.
- Reporte CESOP 51, Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, Cámara de Diputados LXI Legislatura. (2012).
- Rojas, E., Roura, J.R.C., Guell, J.M.F. (2005). *Gobernar las metrópolis*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Saratele, G.D., Chen, S.D., Lo, Y.C., Saratele, R.G., Chang, J.S. (2008). Outlook of biohydrogen production from lignocellulosic feedstock using dark fermentation-a review. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 67, 962-979.
- Seisenbaeva, G.A., Gohil, S., Jansson, K., Herbst, K., Brorson, M. et al. (2003). Solution interaction of O-donor ligand metal complexes with thiocarbonyl compounds-a new general route to metal sulfide materials. *New Journal of Chemistry*, 27, 1059-1064.
- Suryanarayana, C. (2001). Mechanical alloying and milling. *Progress in Materials Science*, 46, 1-184.
- Torres, W., Pansare, S.S., Goodwin, Jr J.G. (2007). Hot gas removal of tars, ammonia, and hydrogen sulfide from biomass gasification gas. *Catalysis Reviews*, 49, 407-456.
- Tyutyunnik, A.P., Dyachkova, T.V., Zaynulin, Y.G., Gromilov, S.A. (2014). Structure of the monoclinic modification of Re<sub>3</sub>B. *Journal of Structural Chemistry*, 55, 84-88.
- Weimer, A.W. (2012). *Carbide, Nitride and Boride Materials, Synthesis and Processing*. Chapman Hall.
- Yasui, N., Sougawa, M., Hiral, M., Yamamoto, K., Okada, T., et al. (2015). High-pressure and high-temperature synthesis of rhenium carbide using rhenium and nanoscale amorphous two-dimensional carbon nitride. *Cogent Physics*, 2, 1076702.
- Yella, A., Therese, H.A., Zink, N., Panthofer, M., Tremel, W. (2008). Large scale MOCVD synthesis of hollow ReS<sub>2</sub> nanoparticles with nested fullerene-like structure. *Chemistry of Materials*, 20, 3587-3593.
- Zakzeski, J., Bruijninx, P.C.A., Jongerius, A.L., Weckhuysen, B.M. (2010). The catalytic valorization of lignin for the production renewable chemicals. *Chemical Reviews*, 110, 3552-3559.
- Zhao, Z., Cui, L., Wang, L.M., Xu, B., Liu, Z., et al. (2010). Bulk Re<sub>2</sub>C: crystal structure, hardness, and ultra-incompressibility. *Crystal Growth and Design*, 10, 5024-5026.
- Zúñiga, F.B. (1999). *Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán.

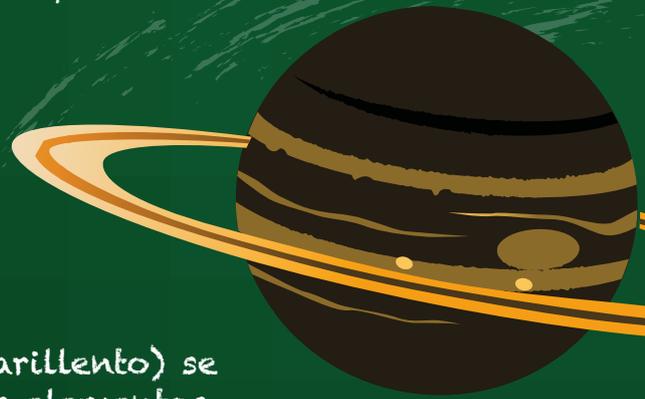


## Trivia

¡Ha llegado el momento de repasar la teoría! En esta ocasión te traemos una edición enfocada en el planeta Saturno, lleno de maravillosos datos curiosos. ¿Sabes las maravillas que ocurren en este increíble planeta de muchos anillos? Las respuestas son de opción múltiple.

1) ¿Cuál fue la primera nave espacial que visitó Saturno?

- a. Voyager 1
- b. Voyager 2
- c. Pioneer 1
- d. Cassini-Huygens



2) ¿El color de Saturno (marrón amarillento) se debe a que está compuesto de cuáles elementos principalmente?

- a. Dióxido de carbono, ácido sulfhídrico y nitrógeno
- b. Metales y silicatos
- c. Dióxido de carbono, nitrógeno y argón
- d. Hidrógeno, helio, amoníaco, fosfina e hidrocarburos

3) Verdadero o falso: Saturno es el único planeta del sistema solar cuya densidad promedio es menor que la del agua.

- a. Verdadero
- b. Falso





## Trivia

4) Alrededor de la oposición, los anillos de Saturno parecen excepcionalmente brillantes, este fenómeno se conoce como:

- a. Efecto de posición
- b. Efecto Seelinger
- c. Efecto fotoeléctrico
- d. Efecto de reflexión

5) Los vientos en Saturno rondan alrededor de:

- a. 2000 km/h
- b. 1500 km/h
- c. 396 km/h
- d. 1800 km/h

Manda tus respuestas al Facebook o al Instagram de +Ciencia:



masciencianahuac



@mas.ciencia

### Referencias

All About Saturn | NASA Space Place – NASA Science for Kids. (2021). NASA Science. Consultado el 11 de agosto de 2022. <https://spaceplace.nasa.gov/all-about-saturn/en/>

Saturn. (2022). NASA Solar System Exploration. Consultado el 11 de agosto de 2022. <https://solarsystem.nasa.gov/planets/saturn/overview/>

### RESPUESTAS

de la Trivia pasada:

Pregunta 1: "b" Un grupo de moscas

Pregunta 2: "d" Tecnecio

Pregunta 3: "a" 1957

Pregunta 4: "b" El teléfono

Pregunta 5: "d" 50 toneladas



# ¿Te interesa escribir un artículo para la revista **+Ciencia**?

Consulta las instrucciones para los autores en:  
<http://revistas.anahuac.mx/masciencia>  
Email: [masciencia@anahuac.mx](mailto:masciencia@anahuac.mx)



¿Tienes alguna empresa o actividad en el ramo ingenieril y te interesa anunciarte?

¿Quieres suscribirte a la revista **+Ciencia** por un año?

**Contáctanos en:**

 [masciencia@anahuac.mx](mailto:masciencia@anahuac.mx)

 [@mas.ciencia](https://www.instagram.com/mas.ciencia)

Programas de Posgrado de la  
**FACULTAD DE  
INGENIERÍA**

**TRIMESTRALES**

Inicio: enero, abril, julio y octubre

- MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE GESTIÓN EMPRESARIAL
- MAESTRÍA EN LOGÍSTICA
- MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN E INTELIGENCIA ANALÍTICA
- MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

**SEMESTRAL**

Inicio anual: agosto

- DOCTORADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

@PosgradosAnahuac

Posgrados Anáhuac

@Anahuac\_P

DESCUENTO A EGRESADOS  
**20%**

Facultad de  
Ingeniería

**CADIT**  
CENTRO DE ALTA DIRECCIÓN EN  
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

**GRANDES LÍDERES**

**Y MEJORES PERSONAS**

**Informes:**  
Centro de Atención de Posgrado y Educación Continua

55 54 61 61 77  
55 79 18 21 59

posgrado@anahuac.mx

anahuac.amx/mexico/posgrados

Campus Norte

# Conoce Proyecta Trasciende

Tenemos 44 opciones  
para respaldar tus sueños.

¡Inicia tu proceso en línea desde casa  
escaneando este código!



## LICENCIATURAS

Actuaría  
Administración Pública y Gobierno  
Administración Turística  
Administración y Dirección de Empresas  
Arquitectura  
Artes Visuales  
Biotecnología  
Comunicación  
Derecho  
Dirección de Empresas de Entretenimiento  
Dirección de Restaurantes  
Dirección del Deporte  
Dirección Financiera  
Dirección Internacional de Hoteles  
Diseño de Moda e Innovación  
Diseño Gráfico  
Diseño Industrial  
Diseño Multimedia  
Economía  
Finanzas y Contaduría Pública  
Gastronomía  
Historia  
Inteligencia Estratégica  
Lenguas Modernas y Gestión Cultural  
Médico Cirujano  
Médico Cirujano Dentista  
Mercadotecnia Estratégica  
Música Contemporánea  
Negocios Internacionales  
Nutrición  
Pedagogía Organizacional y Educativa  
Psicología  
Relaciones Internacionales  
Responsabilidad Social y Sustentabilidad  
Teatro y Actuación  
Terapia Física y Rehabilitación

## INGENIERÍAS

*Engineering Management*  
Ingeniería Ambiental  
Ingeniería Biomédica  
Ingeniería Civil  
Ingeniería Industrial para la Dirección  
Ingeniería Mecatrónica  
Ingeniería Química  
Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de Información

## LICENCIATURA EMPRESARIAL

Administración de Negocios

### CAMPUS NORTE

+52 (55) 56270210 ext. 8214 o 8635

### CAMPUS SUR

+52 (55) 56288800 ext. 227 o 801

@vidanahuac

Preuniversitario Vida Anáhuac

Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios de la Secretaría de Educación Pública por Decreto Presidencial publicado en el D.O.F. el 26 de noviembre de 1982.

Grandes líderes y mejores personas

ANÁHUAC

