



# REVISTA + CIENCIA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



Año 4, No. 14, mayo-agosto 2017

La historia del microscopio

Almacenamiento Óptico 5D

HACKATHON

Icircuit: herramienta para simular y diseñar circuitos eléctricos

LA PRUEBA DEL SUELO PROCTOR

Flash vs la ciencia

?Piemles de plata y oro?

LADRILLOS DE PLÁSTICO



# Programas de Posgrado de **la Facultad de Ingeniería**

## Semestrales

- Doctorado en Ingeniería Industrial
- Maestría en Ingeniería Industrial
- Maestría en Inteligencia Analítica
- Maestría en Logística
- Maestría en Tecnologías de Información-*Business Intelligence*
- Especialidad en Minería de Datos
- Especialidad en Planeación Estratégica
- Especialidad en Planeación Logística
- Especialidad en Gestión Informática

**Inicio: enero y agosto**

## Trimestrales

- Maestría en Ingeniería de Gestión Empresarial

**Inicio: enero, abril, julio y octubre**

- Maestría en Tecnologías para el Desarrollo Sustentable

**Inicio: enero y julio**

**20%**  
DE DESCUENTO  
A EGRESADOS

### Informes:

Centro de Atención de Posgrado y Extensión  
Tel.: (55) 5627.0210 exts. 7100 y 7190  
[posgrado@anahuac.mx](mailto:posgrado@anahuac.mx)  
[anahuac.mx](http://anahuac.mx)

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

Facultad de  
Ingeniería

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

Posgrados  
**Anáhuac**  
*Sober que hay más*

**Somos Anáhuac México • Líderes de Acción Positiva**

# + CIENCIA

## Revista de la Facultad de Ingeniería

Año 4 • No. 14 • mayo-agosto 2017

### UNIVERSIDAD ANÁHUAC MÉXICO

Rector

**Dr. Cipriano Sánchez García, L.C.**

Vicerrectora Académica

**Dra. Sonia Barnetche Frías**

Vicerrector Académico

**Mtro. Jorge Miguel Fabre Mendoza**

Director de la Facultad de Ingeniería

**Mtro. Pedro Guillermo Híjar Fernández**

Director de Comunicación Institucional

**Lic. Abelardo Somuano Rojas**

Coordinadora General de Publicaciones

**Mtra. Alma E. Cázares Ruiz**

### REVISTA +CIENCIA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Directora Editorial

**Dra. María Elena Sánchez Vergara**

Coordinación Editorial

**Diego Lanzagorta Zepeda, Pablo Vidal García  
y Daniel Porfirio Sarmiento Valle**

### COMITÉ EDITORIAL

Director de la Facultad de Ingeniería

**Mtro. Pedro Guillermo Híjar Fernández**

Coordinadora del Centro  
de Innovación Tecnológica

**Dra. María Elena Sánchez Vergara**

Alumnos de Ingeniería Mecatrónica

**Diego Lanzagorta Zepeda**

**Pablo Vidal García**

**Daniel Porfirio Sarmiento Valle**

Alumnos de Ingeniería Industrial

**Antivett Bellon Castro**

**Óscar Quiroz Pérez**

Alumna de Ingeniería Ambiental

**Raquel Carrera Téllez**

Asesor Técnico

**Dr. Jesús Heraclio Del Río Martínez**

Cuidado de edición

**Lucrecia Moreno Benavides**

Diseño

**VLA.Laboratorio Visual**

Fotografía e ilustración

**Ismael Villafranco**

Suscripciones

**masciencia@anahuac.mx**

*Revista +Ciencia de la Facultad de Ingeniería.* Año 4, No. 14, mayo-agosto de 2017, es una publicación cuatrimestral editada por Investigaciones y Estudios Superiores, S.C. (conocida como Universidad Anáhuac México), a través de la Facultad de Ingeniería. Av. Universidad Anáhuac 46, Col. Lomas Anáhuac, Huixquilucan, Estado de México, C.P. 52786. Tel. 5627.0210. Editor responsable: Ma. Elena Sánchez Vergara. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2013-061910443400-102, ISSN: 2007-6614. Título de Licitud y Contenido: 15965, otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. 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.

# La Coordinada (0,0)

**H**enos aquí frente a un nuevo número de la revista +Ciencia. En esta edición tenemos muchas sorpresas: como en cada una de ellas, déjate sorprender por los *¿Sabías que...?* Además, una egresada de Administración Turística, Paola Carrillo Delgado, nos platica en *Unos años después...* sobre la interrelación de los valores con los conocimientos adquiridos, y cómo estos la llevaron a descubrir su pasión por el servicio al tener un proyecto de emprendimiento. En *1 Idea = 1 Cambio*, Alejandra Planas Rego nos presenta Ladrillos de Plástico, un artículo que te hará reflexionar sobre la cantidad de plástico que se desecha y la forma de darle un uso permanente, mientras se piensa en el medio ambiente. Asimismo, aprenderás a hacer pennies de plata y oro, anímate y *¡Hazlo tú mismo!*

En *¡Ciencia a todo lo que da!* el maestro de nuestra Facultad, José Alberto Villalobos, nos habla acerca del interesante tema sobre el que trató el Premio Nobel de Química 2016, los enlaces mecánicos en las moléculas. Mientras que, en *Ciencia en las fronteras* aprenderemos sobre el proceso de difusión del boro en un acero AISI O1. Además, en *Integrando Ingeniería*, Santiago García Jiménez O'Farrill nos cuenta su experiencia al trabajar en equipo tras inscribirse en el Hackathon de Kimberly Clark México. Para la sección *Utilízalo*, Óscar Quiroz Pérez nos preparó un artículo sobre una avanzada plataforma de simulación capaz de manejar circuitos analógicos y digitales que ofrece un análisis en tiempo real de tu circuito y te da

algunos consejos de cómo mejorarlo. Sin duda, los ingenieros civiles nos sorprenden nuevamente, ya que en *¡Maquinízate!* nos hablan de la prueba de suelo Proctor. Para los amantes de la tecnología y el almacenamiento digital de datos, Andrea Zamora Kuri nos explica cómo, en la actualidad, científicos de la Universidad de Southampton en el Reino Unido han creado exitosamente una nueva manera de almacenar cantidades exageradas de información dentro de pequeñas nanoestructuras en vidrio, no te lo pierdas en *Estilo tecnológico*. Y, por supuesto, nuestra gustada sección *+geek*, donde Rodrigo Maya se encargará de hacerte saber que el mundo real es muy diferente al de los comics y, por obvias razones, Flash desafía la ciencia. Asimismo, en la sección *De la necesidad al invento*, David Valdez Rodríguez nos cuenta sobre la historia del microscopio y Eduardo González Pérez nos explica sobre el avión más rápido jamás construido en *Ciencia por alumnos*. No olvides responder el *Problema ConCiencia* "Fuga en la Cubeta" y la trivia que puedes contestar vía Facebook o Twitter, ¡recuerda que puedes ganar fabulosos premios!

Como se darán cuenta, en este número de +Ciencia hay mucho por aprender y descubrir; no se pueden perder ningún artículo, los hemos preparado con gran empeño. Agradecemos a nuestro equipo de trabajo por su entrega y apoyo, así como a todos los colaboradores y amigos que nos han aportado información valiosa.

Recuerda que **+Ciencia** es para ti. ¡Disfrútala!

# Contenido

- 4** En contacto con la Facultad
- 6** Correspondencia Científica
- 8** Unos años después...  
Emprendiendo en la servificación  
*Paola Carrillo Delgado*
- 10** Problema ConCiencia  
Fuga en la Cubeta
- 14** 1 Idea = 1 Cambio  
Ladrillos de Plástico  
*Alejandra Planas Rego*
- 16** Estilo Tecnológico  
Almacenamiento Óptico 5D  
*Andrea Zamora Kuri*
- 18** ¡Ciencia a todo lo que da!  
El enlace mecánico y la conectividad  
e isomerismo topológico moleculares  
*Jorge Alberto Villalobos*
- 26** ¡Maquinízate!  
La Prueba de Suelo Proctor  
*Yael Ulloa López*
- 28** La Ciencia en las fronteras  
Evaluación de la Cinética de Crecimiento  
del Boro en un Acero AISI 01 endurecido  
empleando el proceso borurización  
de empaquetamiento en caja  
*M. Elías-Espinosa y M. Ortiz-Domínguez*
- 36** De la necesidad al invento  
La Historia del Microscopio  
*David Valdez Rodríguez*
- 38** ¡Integrando Ingeniería  
Hackathon  
*Santiago García Jiménez O'Farrill*
- 40** ¡Hazlo tú mismo!  
¿Pennies de plata y oro?  
*Gonzalo Santisteban Ocejo*
- 42** Ciencia por alumnos  
¡El Avión más rápido jamás construido!  
El SR-71 Blackbird  
*Eduardo González Pérez*
- 44** Utilízalo  
iCircuit: La herramienta perfecta  
para simular y diseñar circuitos eléctricos  
*Óscar Quiroz Pérez*
- 46** +geek  
Flash vs ciencia  
*Rodrigo Maya Padilla*

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

Contáctanos en:

 +Ciencia

 @Mas\_CienciaMx

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

# En contacto con la Facultad

## *¿Qué quisieras saber?*

Esta sección busca responder las dudas de los temas relacionados con los artículos publicados en la revista y también aquellas relacionadas con la ciencia y tecnología en general. Envía tus preguntas al correo electrónico [masciencia@anahuac.mx](mailto:masciencia@anahuac.mx)

## *¿Sabías que...?*

### *Existe un extintor que apaga el fuego con sonido??*

Dos ingenieros de la Universidad de George Mason (EEUU) han conseguido crear un dispositivo portátil capaz de extinguir el fuego usando solo sonido. Aunque investigaciones previas ya habían demostrado que las ondas sonoras pueden impactar en los incendios, hasta ahora no se habían fabricado extintores basados en sonido potencialmente comercializables.

Puede sonar a ciencia ficción, pero los dos ingenieros han conseguido crear un dispositivo portátil capaz de extinguir el fuego de esta forma, y lo han hecho a partir de una idea simple: el que las ondas sonoras son también ondas de presión o mecánicas y, como tales, pueden ocasionar un impacto en los objetos. En este caso, las ondas impactan con el material que se



está quemando y con el oxígeno que lo rodea, separando ambos. Esta separación hace que la combustión se detenga, pues la combustión de cualquier objeto precisa de oxígeno.

**Enrique Altamirano**  
INGENIERÍA INDUSTRIAL

***En un futuro cercano podríamos llegar a Marte en tan solo 30 minutos?***

Un investigador del programa de Conceptos Innovadores Avanzados de la NASA presentó un artículo científico en el cual se desarrolla uno de los conceptos que hasta entonces había sido concebido únicamente en ciencia ficción: el viaje interestelar. En la publicación se habla de la propulsión fotónica, técnica que consiste en utilizar láser para impulsar naves. Aunque en la actualidad este proceso solo se utiliza en la propulsión de pequeñas sondas, en un futuro podría convertirse en la alternativa para propulsión basada en combustible. ¡De esta forma se podría llegar a Marte en tan sólo 30 minutos y a la estrella más cercana Alfa Centauri en alrededor de 20 años!

**Juan Carlos Purón Mijares**  
INGENIERÍA MECATRÓNICA

***Existe un material 50% más duro que el diamante?***

Su nombre es Lonsdaleita, es conocido popularmente como el diamante hexagonal y es bastante raro encontrarlo, ya que se forma cuando los meteoritos que contienen grafito golpean la Tierra. Es transparente, de color marrón-amarillo y en su forma más pura logra ser hasta un 50 por ciento más duro que el propio diamante.

**Víctor Manuel Cañedo Quintero**  
INGENIERÍA MECATRÓNICA



***Ya es posible ajustar la coloración de tus ventanas?***

Actualmente, existen ventanas capaces de ajustar la transparencia o grado de opacidad del cristal.

El nuevo desarrollo se trata de una tecnología que permite crear una coloración variable para las ventanas en las cuales el brillo, la temperatura, el color y el grado de opacidad son ajustables por el usuario.

El equipo de la investigadora Sayantika Mukherjee ha creado este sistema, donde las ventanas podrían cambiar su tonalidad para que nadie pudiese ver hacia el interior de la edificación y aún así, permitir

el paso del 90 por ciento de la luz disponible en el ambiente. Además, un cambio de configuración podría reducir la luz entrante o cambiar su color a lo largo del espectro, de una tonalidad azulada (fría) a una amarillenta (cálida).

**Martha Beatriz Pérez Romero**  
INGENIERÍA INDUSTRIAL





## Correspondencia Científica

### Competencia de Minibaja

El pasado mes de febrero, la Escudería Minibaja de la Universidad Anáhuac participó en el campeonato nacional BAJA SAE, en el que estudiantes de Ingeniería de diferentes Universidades del país construyen un vehículo todo terreno con el que compiten en diferentes pruebas, entre las que podemos mencionar: frenado, maniobrabilidad y resistencia. Felicitamos a toda la Escudería Anáhuac por su gran trabajo y entusiasmo en este interesante proyecto.

Síguenos en nuestras redes sociales:

Instagram: [bajasae\\_anahuac](#)

Facebook: [Baja SAE Universidad Anáhuac Norte](#)

Si quieres unirte y vivir esta gran experiencia Baja contacta a:

Nicolás Loboguerrero: 55 45 45 59 92



### Acelera tu talento...

Fue un evento organizado por la Coordinación de Ingeniería Mecatrónica, en donde la Escudería Renault Infiniti de la Fórmula 1 vino a dar una conferencia dirigida a estudiantes de la Facultad de Ingeniería. La conferencia celebrada el 8 de marzo contó con la participación de Phillip Heldt, director general

de INFINITI; del product planner de la Escudería Renault Fly, Alex Paleólogos, ganador mexicano del concurso Infiniti Engineering Academy 2016. El objetivo de la conferencia fue lanzar la convocatoria del concurso, en donde el ganador tendrá la oportunidad de trabajar un año en la escudería de la Fórmula 1.

### Visita Industrial

En el mes de febrero, estudiantes de Ingeniería Civil, Industrial, Mecatrónica y Ambiental, asistieron a la impresionante Fábrica de Jabón La Corona, donde conocieron interesantes procesos industriales como la fabricación de aceite de cocina, jabones de barra, detergentes y suavizantes de ropa. Se trata de una empresa 100% mexicana que, desde su fundación, se ha consolidado como una de las principales empresas en su ramo no solo en el país, sino a nivel internacional. Agradecemos a esta gran empresa el que nos haya recibido en sus instalaciones.



### Semana de Ingeniería

Como cada año, la Facultad de Ingeniería celebró su tradicional Semana de Ingeniería, en la que los alumnos pudieron disfrutar de excelentes conferencias y talleres impartidos por destacados miembros de las más importantes empresas del ramo ingenieril. En este magno evento también se llevó a cabo la exposición de los proyectos más importantes desarrollados por los estudiantes de la Facultad, además de visitas industriales y el concurso estudiantil que este año tuvo como tema la fabricación de cohetes. Felicitamos a toda la Facultad de Ingeniería por su participación en tan destacado evento.

¿Te interesaría escribir un artículo para la revista +Ciencia?

Consulta las instrucciones para autores en:  
<http://ingenieria.anahuac.mx/?q=node/528masciencia@anahuac.mx>

# UNOS AÑOS DESPUÉS

## EMPRENDIENDO EN LA SERVIFICACIÓN

**Paola Carrillo Delgado**

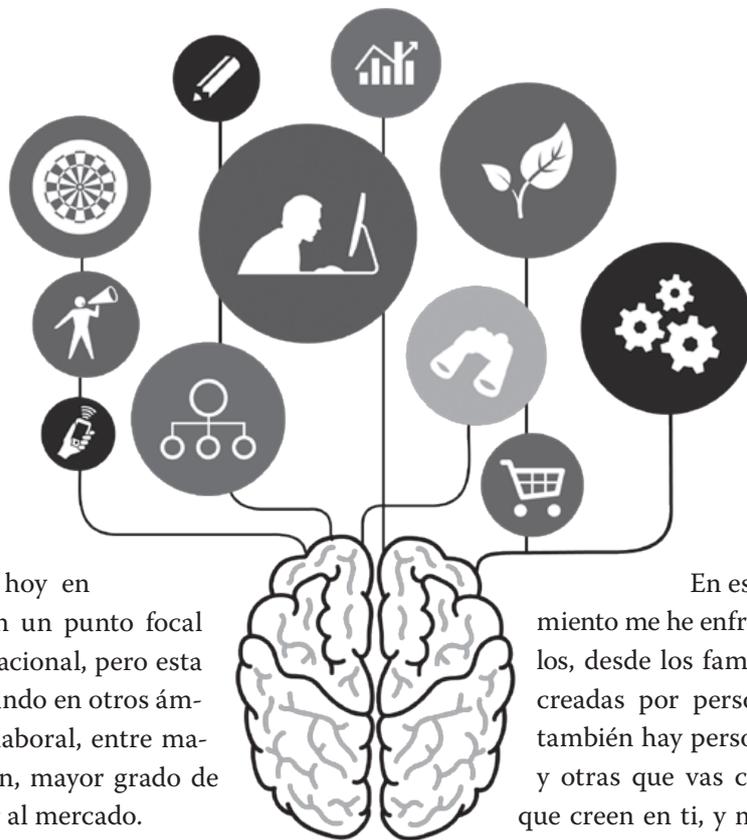
LIC. ADMINISTRACIÓN TURÍSTICA, GENERACIÓN 2000

ESTUDIÉ ADMINISTRACIÓN TURÍSTICA EN LA UNIVERSIDAD Anáhuac México Campus Sur e inicié mi Maestría en Economía y Negocios en el Campus Norte. Durante mi estancia en la Universidad, lo más importante para mí fue darme cuenta de la interrelación que existe entre los valores y los conocimientos adquiridos de la carrera, estos fueron tomando forma para dar paso a una vida profesional llena de retos y satisfacciones, tanto emocionales como profesionales, y darme cuenta de que, en efecto, la Universidad Anáhuac forma líderes de acción positiva.

Mi vida laboral comenzó en el 2000 en el Hotel JW Marriott en la Ciudad de México, este fue un parteaguas para mi carrera, ya que la interrelación de los valores que en casa me enseñaron, complementados con los de la universidad, fueron fundamentales para desarrollarme dentro de la industria hotelera, además coincidía muy bien con los valores propuestos por la empresa para la creación de líderes. Con estas bases y a través de mi paso por la industria hotelera, logré tener una excelente relación con cada uno de los clientes que atendí, además de lograr el cometido de completa satisfacción. Lo anterior me dio la oportunidad de desarrollarme en otras industrias y me fue acercando al mundo de la ingeniería: he trabajado en empresas que realizan desde la ingeniería en sistemas, hasta plantas de producción de retail. En estas empresas he descubierto que mi pasión por el servicio tiene un valor agregado para la ingeniería, ya que yo abordo las actividades laborales desde una perspectiva diferente. Estos años de experiencia me han dado al día de hoy un proyecto de Innovación Tecnológica sobre información de servicio disruptivo, aplicado

al servicio de las empresas mexicanas. Espero que este proyecto abra el paso a nuevas generaciones que se estén desarrollando en el sector de servicios, ya que podemos aportar mucho más de lo que en el día a día se conoce. Me llena de satisfacción el hecho de poder contribuir en el desarrollo sostenido de las empresas y poder dar el mensaje de que en México sabemos hacer las cosas





bien. La globalización hoy en día se ha convertido en un punto focal para el comercio internacional, pero esta también se ha venido dando en otros ámbitos como es la parte laboral, entre mayor sea la diversificación, mayor grado de aportación se puede dar al mercado.

En este momento mi pasión por el servicio, aplicada en el proyecto de emprendimiento que engloba toda mi experiencia laboral, ha sido fundamental ya que el poder generar empatía con los clientes es sumamente importante, con el fin de que se puedan satisfacer sus necesidades reales. Para lograr la empatía es necesario tener una base sólida de los valores, tanto personales como empresariales, pero existen otros complementos como: saber escuchar, la adaptación, la comunicación y la flexibilidad para saber negociar con el cliente.

La parte de liderazgo la he podido constatar muchas veces, pero el poder hacer una propuesta de innovación en este sector me ha impulsado a ser constante y ha acrecentado mi pasión por los servicios, ya que esta industria ha sido ignorada durante más de una década. Hoy, el servicio se ha convertido en una parte fundamental ya que, por la falta de atención y por la globalización, ha surgido un fenómeno llamado “servificación”, el cual implica el crecimiento del servicio en diferentes sectores y se va potencializando a través de las cadenas de valor. Al ser intangible durante los procesos se pierde de vista, y al final es como las finanzas, ya que se refleja directamente en diferentes parámetros numéricos que son sumamente importantes para la toma de decisiones.

En este camino del emprendimiento me he enfrentado a muchos obstáculos, desde los familiares hasta las barreras creadas por personas desconocidas, pero también hay personas dentro de tu familia y otras que vas conociendo en el camino que creen en ti, y me gustaría agradecerle a cada una de ellas que me hayan brindado su confianza y apoyo; me han impulsado a seguir y tienen un lugar especial en mi vida. Si haces lo que te apasiona y te diviertes haciéndolo, no existen límites para poderte mover hacia otros lugares, es importante ver más allá, conformarte no es una opción, la constancia y la perseverancia darán como resultado muchos éxitos, sin dejar por esto el agradecimiento con todas las personas.

Les quiero compartir lo siguiente:

*“No pretendamos que las cosas cambien, si siempre hacemos lo mismo. El problema de las personas y los países es la pereza para encontrar las salidas y soluciones. La verdadera crisis, es la crisis de la incompetencia. Hablar de crisis es promoverla, callar en la crisis es exaltar el conformismo. En vez de esto, trabajemos duro. Acabemos de una vez con la única crisis amenazadora, la tragedia de no querer luchar por superarla.”*

*Albert Einstein*

Twitter: @GPIServices

# Problema ConCIENCIA

¡La solución del problema pasado estaba muy fácil! Lo importante era armar bien las ecuaciones y utilizar correctamente los datos.

Siendo:

$$X = \text{primera clase}$$
$$Y = \text{clase turista}$$

A partir de esto, podemos deducir tres ecuaciones.

Dependiendo del espacio disponible

$$1.6x + 1y = 40 \dots (1)$$

Dependiendo del número de pasajeros

$$6x + 8y \geq 192 \dots (2)$$

Dependiendo del peso del equipaje

$$6x(20) + 8y(15) \leq 3840$$

Despejamos y de la ecuación (1) y la sustituimos en la ecuación (2)

$$y \leq 40 - 1.6x \dots (4)$$

$$6x + 8(40 - 1.6x) = 192 \dots (5)$$

Al despejar  $x$  de la ecuación (5) obtenemos que  $x = 18.8$ , es importante tomar el número entero ya que estamos hablando de asientos.

$$x = 18$$

*Nota: no se puede redondear a 19, ya que ese asiento nunca se completa.*

Sabiendo el valor de  $x$ , Podemos sustituirla en las ecuaciones (1), (2) y (3) para obtener los valores:

De (1)

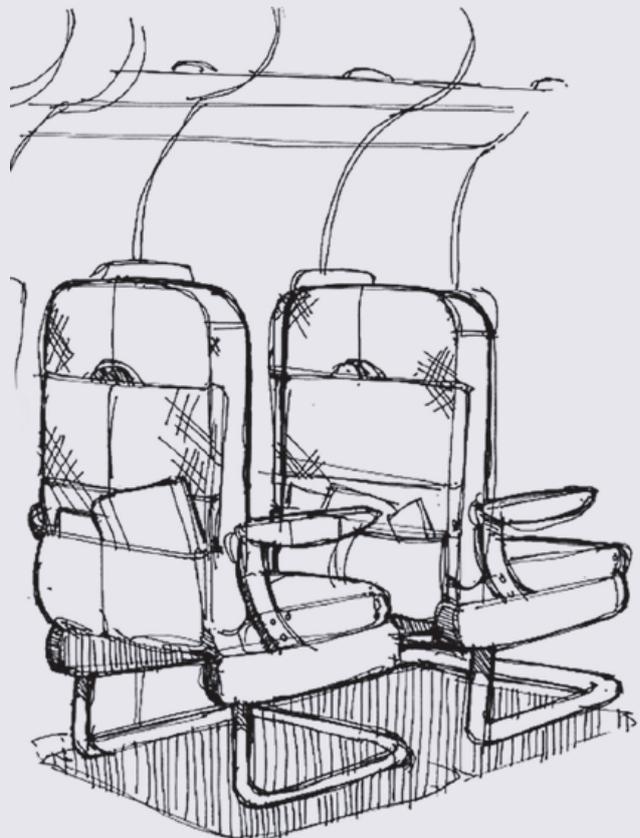
$$y = 11.2$$

De (2)

$$y \geq 10.5$$

De (3)

$$y \leq 14$$



Esto significa que  $10.5 \leq y \leq 14$  por lo tanto, para cumplir todas las restricciones, utilizamos el valor de 11.2 tomando en cuenta que está arriba de 10.5 y debajo de 14, de igual manera tenemos que utilizar el número entero.

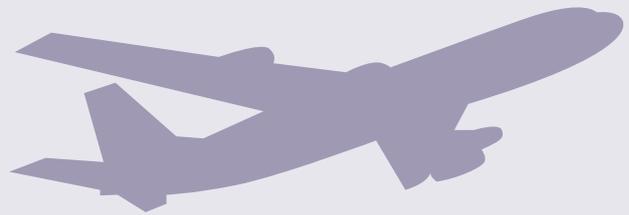
Entonces

$$y = 11$$

Finalmente, si 11 es el número total de filas completas mínimas que puede tener el avión.

$$\text{Asientos} = 11 * 8$$

La menor cantidad de asientos posibles para clase turista es de 88.



¡Ahora sí, buen viaje! A continuación te presentamos a los tres ganadores de la cobija espacial:



Jorge Bermúdez Roldan  
8º semestre de Ing. Mecatrónica



Juan Carlos Benjamín Luna Veronico  
4º semestre de Ing. Mecatrónica

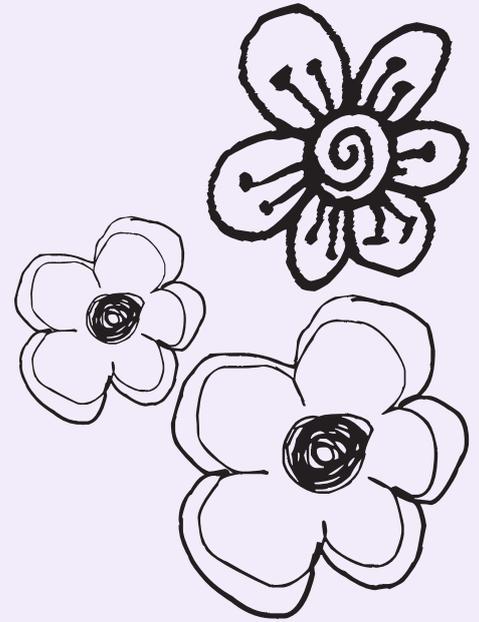


Mariela Isabel Medina Baeza  
4º semestre de Ing. Industrial

**Felicitamos a los inteligentes ganadores que lograron responder correctamente la pregunta que por cierto, fue una competencia muy reñida.**

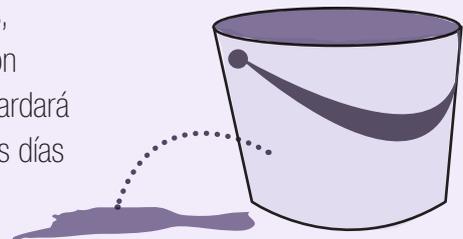
Ahora te presentamos el nuevo acertijo:

# FUGA en la cubeta

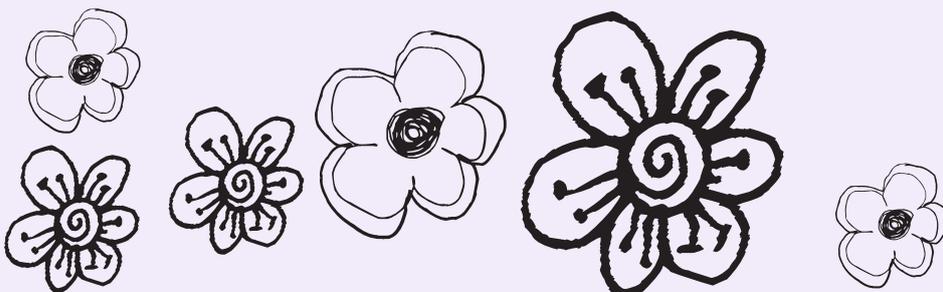


En el jardín de Elena, una destacada florista, hay una vieja cubeta con la que realiza el regado de sus plantas. Esta cubeta tiene las siguientes características: 20 centímetros en la base, 30 centímetros en el borde y 25 centímetros de altura.

Durante un chubasco que azotó los cultivos de Elena, se llenó la cubeta hasta el tope. Lamentablemente y aunque no lo creas, dicho aguacero perforó la cubeta y ahora el agua se sale a razón de un mililitro por segundo. Serías capaz de explicar: ¿Cuánto tardará la cubeta en vaciarse, suponiendo que no llueva en los próximos días y Elena no utilice la cubeta?



¡Es un acertijo hermoso! Si eres una de las primeras tres personas en responder correctamente el acertijo y enviar tu respuesta con procedimiento a: [masciencia@anahuac.mx](mailto:masciencia@anahuac.mx), serás el ganador de un práctico estuche de herramientas. ¡Esperamos tu respuesta!



# TRIVIA PARA FACEBOOK O TWITTER



Y ahora te presentamos nuestra facilísima trivia:

**1. ¿Qué famoso astrónomo danés usaba una nariz artificial?**

- a. Copérnico
- b. Tycho Brahe
- c. Galileo Galilei

**2. ¿Cuántos elementos químicos están presentes de forma natural en nuestra naturaleza?**

- a. 108
- b. 102
- c. 92

**3. Si tuvieras un hermano gemelo y viajaras durante un tiempo en una nave a la velocidad de la luz, al regresar, tu hermano gemelo...**

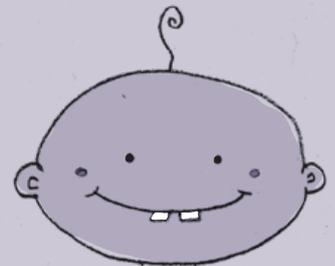
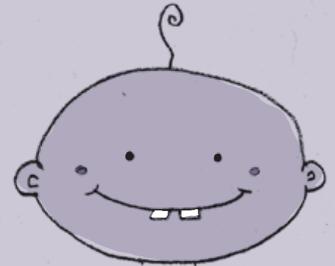
- a. No habría nacido, has viajado al pasado
- b. Habría envejecido
- c. Se encontraría igual que cuando te marchaste

**4. ¿Cuál es la mayor profundidad de la que se han extraído minerales? Referencia: nivel del mar**

- a. 2 km de profundidad
- b. 4 km de profundidad
- c. 12 km de profundidad

**5. ¿Cuántas veces sale el Sol en la Estación Espacial Internacional?**

- a. 0 veces
- b. 8 veces
- c. 16 veces



**Ganadores de la trivia anterior:**

- Esther Entzana, 6º trimestre de la Maestría en Tecnologías para el Desarrollo Sustentable
- Juan Carlos Benjamín Luna, 4º semestre Ingeniería Mecatrónica
- Mariana Marrón, 8º semestre Ingeniería Química
- Roberto García, 6º semestre Ingeniería Mecatrónica
- Oscar Sastre, 8º semestre Ingeniería Mecatrónica



+ciencia



@Mas\_CienciaMx

**Para ganar en la trivia solo tienes que seguir los siguientes pasos:**

- Dale "like" a la página de Facebook o "follow" al Twitter de +Ciencia
- Envía tus respuestas por Facebook o Twitter
- Llévate un bonito premio si eres de los cinco primeros participantes en contestar

# LADRILLOS DE PLÁSTICO

**Alejandra Planas Rego**  
INGENIERÍA INDUSTRIAL, 4º SEMESTRE

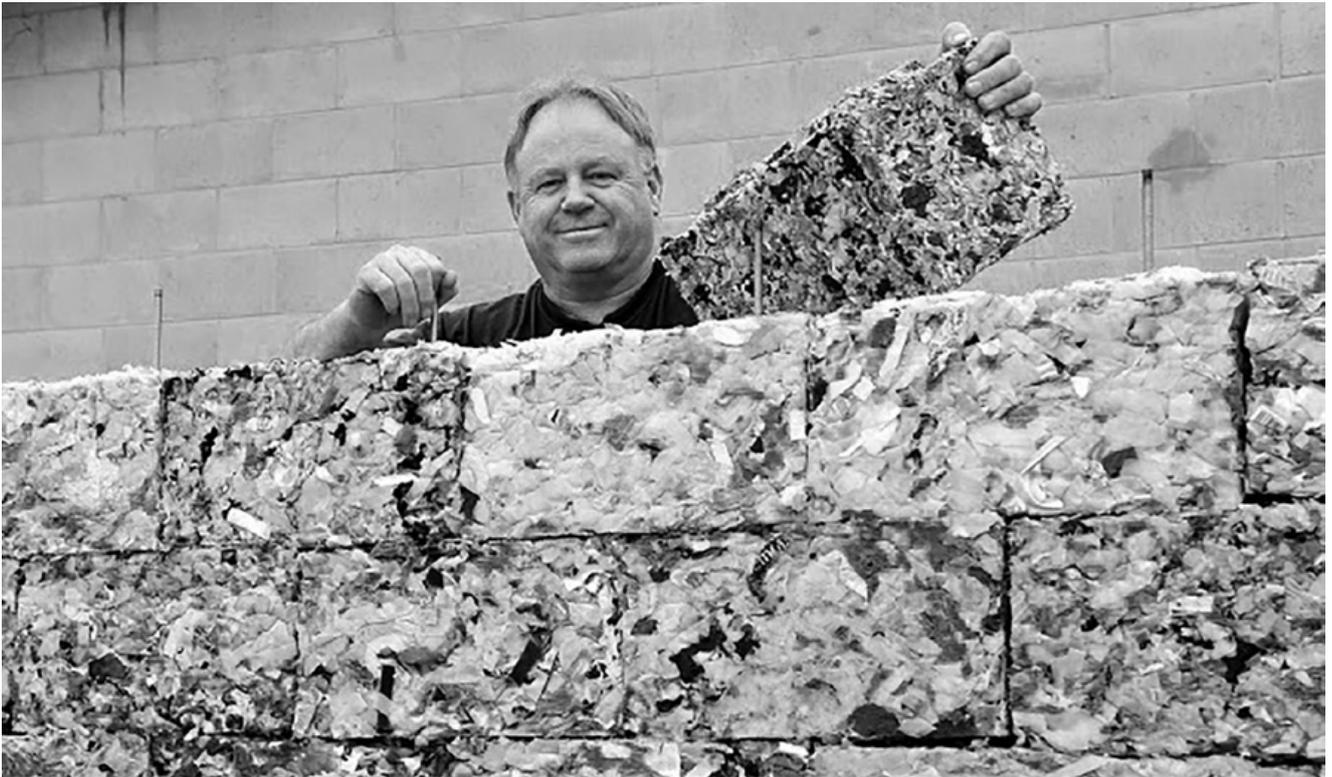
¿Alguna vez te has preguntado qué le pasa a todo el plástico que se desecha? En el mundo se producen 300 millones de toneladas de plástico al año, de los cuales 276 millones se queman o se dejan expuestas en vertederos, entre 12 y 15 millones son tirados a los océanos y menos del 8% de los desechos se reciclan.

El mayor problema del plástico es que tarda muchísimos años para desintegrarse completamente y si se quema, genera gases tóxicos muy dañinos para la salud y extremadamente contaminantes para el medioambiente. Según un estudio realizado por el World Economic Forum, para el 2050 habrá más botellas y contenedores de plástico que peces en los océanos. ¿Puedes imaginarte la cantidad de plástico que es eso?

Es por lo anterior que Peter Lewis, un ingeniero de Nueva Zelanda, al darse cuenta de este problema, de inmediato puso manos a la obra y decidió empezar a cambiar esas cifras. Lewis decidió crear una máquina que triturara el plástico y lo convirtiera en bloques para construcción; los bloques están bien compactados, por lo que no se usa ningún tipo de aglutinante ni reactivo, tampoco utiliza calor para el secado, simplemente salen los bloques listos para usarse y la cantidad de contaminantes que genera la máquina es 95% veces menos que la que se usa al hacer un ladrillo de barro normal.



Ladrillos de plástico reciclado



Muro de ladrillos Replast



Los ladrillos se llaman Replast y fueron creados por diferentes motivos, como: crear más empleos, darle un uso permanente al plástico que se desecha, hacer algo costeable y eficiente, y por último, maximizar los esfuerzos de las organizaciones que se preocupan por el medio ambiente. De los siete tipos de plástico más utilizados y desechados, normalmente solo tres tipos se pueden reciclar o reutilizar, ya que los otros cuatro son muy tóxicos. Sin embargo, en la fabricación este ladrillo se pueden usar los siete tipos de plástico, ya que el proceso solo consiste en triturar y compactar.

La forma de los ladrillos consiste en un tipo lego que hace que un ladrillo embone con otro, esto sirve para que al momento de construir, no se tenga que aplicar un cemento para unirlos. Por lo que la construcción es más eficiente y rápida.

Así como este proyecto, hay muchos proyectos que buscan soluciones para mejorar el mundo en donde vivimos. Te invito a que tú también hagas un cambio y les dejes un mejor planeta a tus hijos, nietos o conocidos. El cambio está en nosotros.

*Para conocer más sobre este proyecto puedes consultar:*

<http://www.byfusion.com/#byfusion>

# Estilo tecnológico

## ALMACENAMIENTO ÓPTICO 5D

**Andrea Zamora Kuri**

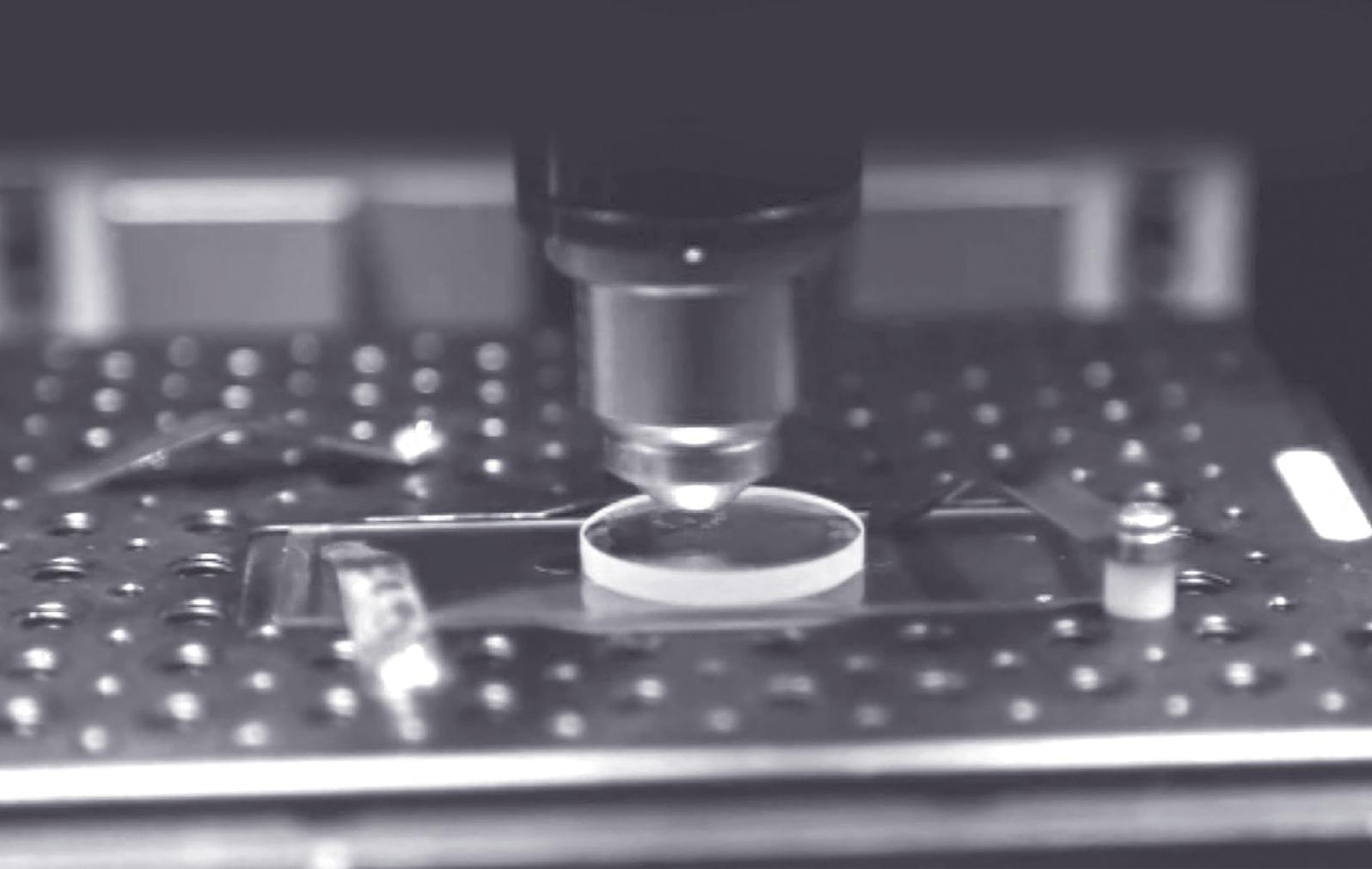
INGENIERÍA MECATRÓNICA, 4º SEMESTRE

Científicos de la Universidad de Southampton en el Reino Unido han logrado un gran salto en el desarrollo de almacenamiento digital de datos. Han creado exitosamente una nueva manera de almacenar cantidades exageradas de información dentro de pequeñas nanoestructuras en vidrio. Para lo anterior, se utilizan pequeños discos de vidrio que pueden almacenar alre-

dedor de 360 terabytes de información por un periodo de tiempo de hasta 13.8 billones de años y pueden soportar temperaturas de hasta 190°C. Esta nueva tecnología se conoce como “five-dimensional data storage” (almacenamiento de datos en cinco dimensiones), fue inventada en el año 2013 y desde entonces se ha ido perfeccionando.



Disco de vidrio para almacenamiento



Grabado de discos por medio de láser

Como se trata de una forma muy estable, segura y portátil de almacenamiento de información, esta tecnología podría resultar de gran utilidad para preservar información de corporaciones con grandes archivos como gobierno, museos y bibliotecas. Llevándolo a una escala aún mayor, documentos importantes de la historia de la humanidad pueden ser salvados como copias digitales y sobrevivir más tiempo que la humanidad misma. Recientemente, una copia de la Declaración de los Derechos Humanos Universales fue almacenada en uno de estos pequeños discos de vidrio y presentada ante la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés) en la ceremonia de clausura el Año Internacional de la Luz en México.

Los documentos son grabados utilizando láser ultra-rápido, produciendo pulsos de luz muy intensos y extremadamente cortos. El archivo se escribe en tres capas de puntos nanoestructurales separados por cinco micrómetros, los cuales modifican la manera en que la

luz viaja a través del vidrio. Esta información, después puede ser leída por un microscopio óptico y un polarizador. La codificación de la información se realiza en cinco dimensiones: tamaño y orientación, sumados a las tres dimensiones que ya conocemos en relación a la posición de estas nanoestructuras.

Es emocionante pensar que la ciencia ha logrado crear la tecnología para preservar documentos e información, y almacenarlos para las futuras generaciones. Esta tecnología podría asegurar que dejemos suficiente información registrada acerca de nuestra civilización como seres humanos, así todo lo que hemos aprendido no será olvidado ni destruido.

*Referencias:*

<http://technews.techfact.org/post/139753179660/5d-glass-disc-the-harddrive-of-the-future-can>

<https://www.youtube.com/watch?timecontinue=189&v=uVD1sXhqzTI>

# El enlace mecánico y la conectividad e isomerismo topológico moleculares

M. en C. Jorge Alberto Villalobos Montalvo  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD  
ANÁHUAC MÉXICO CAMPUS NORTE  
Coordinación de Ingeniería Química  
[javillalob@hotmail.com](mailto:javillalob@hotmail.com)

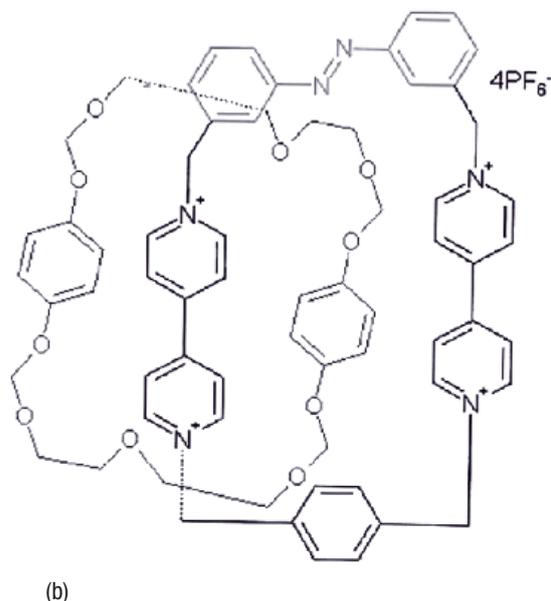
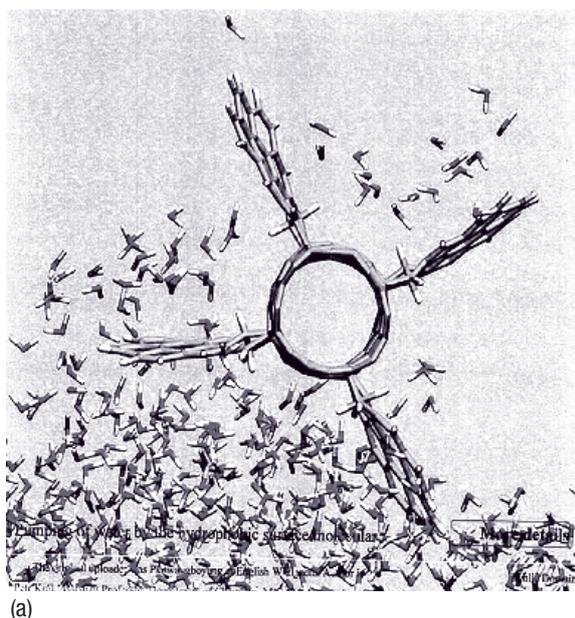


Fig. 1.- Moléculas con enlaces mecánicos: (a) propela molecular “bombeando” moléculas de agua y (b) catenano conmutador fotosensible (switch fotónico) [Fuente: Wikipedia “Molecular Machines” (marzo 6 de 2017)].

## Resumen

En adición a los enlaces químicos tradicionales: covalente, electrostáticos y metálico, ha entrado a la Química el *enlace mecánico*, que es la unión entre átomos, grupos de átomos, moléculas o grupos de moléculas y que no ocurre en razón de un enlace químico, sino a través de entrelazamientos meramente mecánicos de los componentes moleculares o atómicos, debido a las formas de los componentes. Es un tema importante de la Química Supramolecular y de la Nanoquímica, al grado que se ha propuesto que se denomine *Mecanoestereoquímica*, debido a que genera también un nuevo tipo de isomerismo. Hay muchas razones para estudiar este enlace: es estético, la síntesis de las moléculas es un reto, las estructuras tienen propiedades físico-químicas novedosas e interesantes que abren la puerta a un mundo completo de aplicaciones y diseños (máquinas moleculares y dispositivos electrónicos), y aparece con frecuencia en la naturaleza. Investigadores del tema fueron premiados con el Premio Nobel de Química 2016. El objetivo de este artículo es despertar el interés por su estudio y aplicaciones.

## Introducción: algunas historias sobre los enlaces químicos y mecánicos

Cuando el famoso físico Richard Feynman -Premio Nobel de Física por crear la Electrodinámica Cuántica- aprendió la Teoría de la Relatividad General de Einstein, exclamó: “¿Cómo es posible que se le ocurriera esto?”. Al estudiar Química Supramolecular y a su gemela, la Nanoquímica, uno también piensa: ¿Cómo se les ocurrió esto? Por ejemplo, las dos moléculas que se muestran en la Figura 1 son el tipo de moléculas que presentan enlaces mecánicos.

Linus Pauling, profesor en la Universidad de Stanford, USA, ganó el premio Nobel de Química y también el Premio Nobel de la Paz, es el único que ha tenido esos logros. Era adicto a la vitamina C -posiblemente por eso vivió hasta los 94 años-, pionero de las aplicaciones de la Mecánica Cuántica a la Química, descubrió la estructura de las proteínas, escribió uno de los mejores libros de Química (Figura 2) y se enfrascó en una carrera con Watson y Crick para entender la estructura del ADN. Ahí falló y se lamentaba, entonces su esposa le reprochó: “si eso era tan importante, ¿por qué no le dedicaste

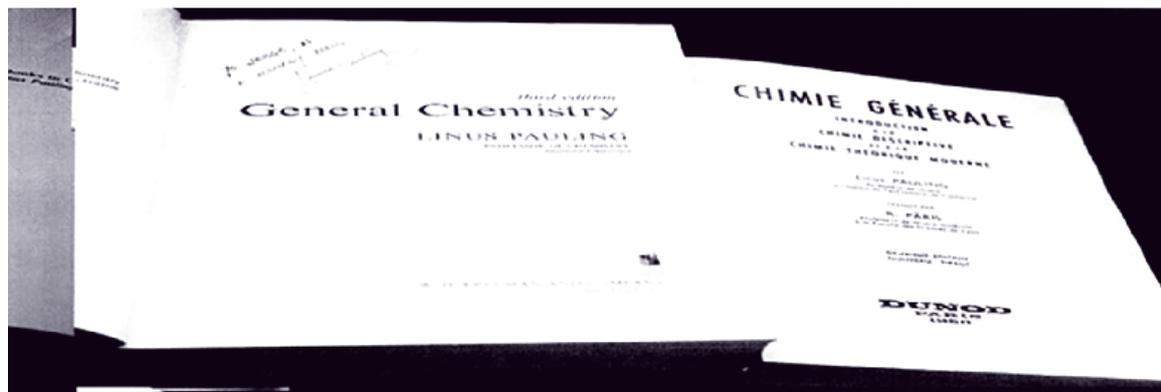


Fig. 2.- Mis libros de Linus Pauling, uno autografiado y el otro la edición francesa de 1958 [Foto del autor].

más tiempo?”. Equivocadamente, supuso que el ADN era una trenza y no una hélice. El ADN presenta enlaces mecánicos través de los puentes de hidrógeno.

Pauling -no confundir con otro genio: Wolfgang Pauli, el del principio de exclusión cuántico de quien decían sus colegas físicos que se le ocurrió porque lo excluían de los laboratorios, pues todo lo descomponía-; escribió el libro clásico: “The Nature of the Chemical Bond” [Ref. 1] en el cual define el *enlace químico* así: “Existe un enlace químico cuando un agregado de átomos o grupos de átomos entre los que actúan fuerzas que le dan suficiente estabilidad para hacer que un químico los considere como especies independientes”.

Sabemos que hay varios tipos de enlaces químicos, o sea, lo que convierte a los átomos en moléculas. Pauling distinguía tres tipos generales de enlaces: covalente, electrostáticos (entre los que están el iónico, el puente de hidrógeno, la interacción de Van der Waals-London, dipolo-dipolo, entre otros) y metálico, más híbridos de estos. La Química, sabemos, se basa en lo muy profundo en el estudio de los electrones de los átomos, la capa externa de ellos, con excepción de la Química Nuclear que se mete hasta los núcleos. En el enlace covalente se comparten pares de electrones entre elementos electro-negativos, lo que hace que se reduzca la energía de los componentes; la naturaleza de este enlace es cuántica (aumento del espacio cuántico en que se “mueven” los electrones y las fuerzas de canje). En los enlaces electrostáticos, los electrones van de un átomo a otro en razón de la diferencia en electronegatividades, o al menos se desplazan respecto del núcleo formando desbalances

de cargas eléctricas -por ejemplo dipolos-, lo que genera la fuerza atractiva. Finalmente, está el enlace metálico en el que los electrones están deslocalizados en la red cristalina del metal y los núcleos comparten en multitud capas electrónicas como si fueran gases (Ver Ref. 2). Esta libertad de los electrones permite la conducción eléctrica o superconductividad cuando deciden formar parejas.

El premio Nobel de Química 2016 se les otorgó a Jean-Pierre Sauvage (1944, París), Sir J. Francis Stoddart (1942, Edimburgo) y a Bernard Feringa (1951, Países Bajos), por sus estudios de Química Supramolecular (QS desde ahora) y Nanoquímica (Química de cosas muy pequeñas, ahora NQ), investigaciones que van desde el diseño y síntesis de supramoléculas, así como de máquinas y topología moleculares basadas en el enlace mecánico. Moléculas como cochecitos, rotores, cadenas de aros (como los Olímpicos), las que actúan como diodos, foto-receptores o foto-transmisores, otras que parecen polímeros pero no lo son, y muchas más. Casi todo lo que en el mundo macro es un mecanismo, ya existe o existirá pronto al nivel de moléculas. Lo que da vida a todas estas maravillas, para las cuales los límites de las aplicaciones hasta ahora nadie se atreve a imaginar, es precisamente el *enlace mecánico*. En inglés les llamaron *Mechanically Interlocked Molecules* (MIMs) o *mecanomoléculas*.

Si el lector está interesado en las cuestiones históricas relacionadas, las referencias 3 a 6 y Wikipedia tienen una buena y abundante información sobre el particular. Si bien hay trabajos pioneros desde 1912, se

**Cuadro 1. El enlace mecánico vs el enlace químico**

Sí lo es porque:	No lo es porque:
Se establece entre unidades enlazadas según la definición de Pauling y de la IUPAC	No solo existe entre átomos, sino entre objetos químicos de muy diversa naturaleza
El enlace es identificable en moléculas	No existe entre átomos individuales sino entre grandes agregados de ellos
Hay un “castigo” entrópico	No hay un “castigo” entálpico

considera que los estudios más formales se presentaron a principios de los años 60. Curiosamente, el tema se apagó hasta que fue revivido en los años 80 por diversos investigadores que avivaron su interés. Los ganadores del Premio Nobel de Química 2016 son, como es obvio, entre los más connotados y le han impreso un vigor e importancia inusitados al tema. En particular, el libro de Bruns y Stoddart es un tratado enciclopédico y monumental sobre el enlace mecánico (lo llamó como el libro de Pauling, con una pequeña variante: *The Nature of the Mechanical Bond*).

Uno de mis profesores favoritos de Química Orgánica decía que también hay enlaces afectivos, pero por ahora interesa definir el enlace mecánico [Ref. 3]: “Es la unión de átomos o grupos de átomos, moléculas o grupos de moléculas, entre sí que no ocurre en razón de un enlace químico, sino a través de entrelazamientos meramente mecánicos debidos a las formas y topología de los componentes. Estas interacciones están normalmente soportadas por componentes que actúan a través de enlaces químicos (puentes de hidrógeno, enlaces dispersivos, efectos del disolvente, etc.). Es un enlace espacial entre dos o más moléculas -o entidades moleculares- que no pueden ser separadas sin romper los enlaces entre átomos o entre las mismas moléculas”. Exploremos qué es este enlace, del cual Stoddart [Ref. 3] dice que no es un enlace químico y a la vez sí lo es, veamos:

Para comparar esto último: las energías comunes de los enlaces covalentes van de 60 a 100 kcal/mol, el iónico de 250 a 400 kcal/mol, el dipolo-dipolo de 0.5 a

2 kcal/mol. El enlace mecánico es más débil que este último. El castigo entrópico se refiere al aumento del desorden al separar moléculas.

Hay varias razones para estudiar el enlace mecánico: es algo muy estético en el mundo de la Química, la síntesis de las moléculas es un reto, las estructuras tienen una serie de propiedades físico-químicas interesantes que abren un terreno completo de aplicaciones y diseños (máquinas moleculares y dispositivos electrónicos), y aparece con frecuencia en la naturaleza.

Se debe agregar algo sobre la síntesis -de la que más adelante presentamos lo básico- de supramoléculas: es bastante peligrosa y requiere medidas de seguridad y habilidad en el laboratorio, lo que se debe a que los componentes son inflamables o tóxicos (citotóxicos y neurotóxicos), y a veces todo lo anterior. El libro de Cragg [Ref.7] contiene las recetas paso a paso para sintetizar un gran número de supramoléculas y otras nanoestructuras. El autor advierte al principio del libro de los peligros y en cada práctica sobre las precauciones a tomar y los riesgos. Fuera de ello, es muy posible hacer síntesis de este tipo en laboratorios químicos convencionales, aunque hay que mencionar que el análisis estructural es muy complejo.

¿En dónde encontramos enlaces mecánicos? En la vida diaria en todos los mecanismos, también en la naturaleza, en el arte, en las matemáticas, se puede decir que en todos lados. El ADN y en ARN son moléculas con enlaces mecánicos, y estas se encuentran también en proteínas, tejidos y órganos de organismos vivos, entre muchas otras moléculas.

Química Supramolecular	Mecanoesteroquímica	Topología Química
Micelas	Seudorotaxanos	Nudos
Vesículas Membranas Huésped-anfitrión Supermoléculas Complejos	Rotaxanos Mecanomoléculas MIMs	Catenanos Banda de Moebius Redes
<b>Supramoléculas</b>	<b>Mecanomoléculas</b>	<b>Moléculas</b>

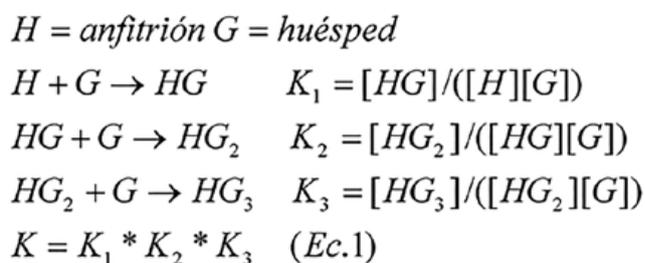
Fig. 3.- Materias primas de la Química Supramolecular, Mecanoesteroquímica y Topología Química. Se muestran los que pertenecen a intersecciones entre estas áreas.

### Química Supramolecular, Mecanoesteroquímica y Topología Química

Stoddart tiene en su libro un Diagrama de Venn que explica muy bien la distinción que hay entre estos temas. Es el siguiente:

La Química Supramolecular crea agregados de átomos a través de enlaces químicos convencionales, interacciones dispersivas y efectos solvo-fóbicos. Estas pueden ser micelas, vesículas, membranas, hélices, supermoléculas, complejos y moléculas “huésped-anfitrión”. Hay varios conceptos importantes para entender esto. En los cuatro primeros casos, la forma de los agregados les da los nombres. Las supermoléculas son agregados de muchos átomos, diversos autores difieren pero pueden ser moléculas de entre 50 y 100 átomos, pero no son polímeros. Los complejos son, lo cual es bien sabido por los Químicos, las moléculas formadas por enlaces covalentes coordinados, que contienen normalmente elementos metálicos o iones complejos. Mención aparte requieren las moléculas “anfitrión-huésped”. Son moléculas que entrelazan un huésped con un anfitrión a través de interacciones no covalentes (el símil es que lo acunan). Normalmente esto ocurre por auto ensamblaje y el sitio del huésped requiere que el anfitrión tenga el tamaño, la geometría y las funcionalidades química no covalentes adecuadas [Ref. 4]. Hemos usado el término interacciones de manera laxa: en QS son ión-ión, ión-dipolo, dipolo-dipolo, enlace de H<sub>2</sub>, enlace π-π (π se refiere al orbital molecular), catión-π, van der Waals o hidrofóbico.

Los bloques de construcción en la Química Supramolecular son muchos y extraños, inclusive su nomenclatura es rara (¿Qué es el “dibenzo [18] corona-6”?) [Ver Refs. 3 a 5]. La primera clasificación es que existen bloques que son flexibles y otros que son rígidos. Luego empiezan los nombre: sintones, trípodas, bases de Schiff, aniones hospedados, plataformas rígidas, éteres corona, canastas, cálices, macro ciclos, cajas, cápsulas directas, zeolitas, quelatos, clatratos, etc. Es un gran número de especies químicas, pero es posible imaginarse que los nombres se deben a las formas geométricas, luego se le pega a ella algo de la estructura química (por ejemplo: cáliz-arenos y oxo-cáliz-arenos). Algunos nombres sí son muy conocidos. La forma de estudiar estas estructuras es por métodos espectroscópicos, cristalografía de Rayos X y microscopía, que sería la parte costosa de un laboratorio si se quiere hacer investigación sobre el tema. Un concepto relevante en todo esto es el de las constantes de enlace, que es un poco diferente a la de la química convencional por el auto ensamblaje. Un ejemplo para un auto ensamblaje (llamado 1:3) funciona así:



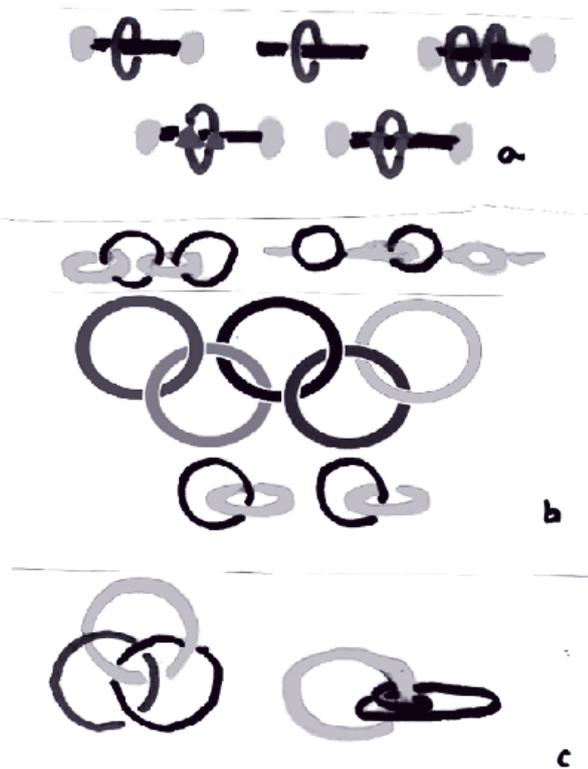


Figura 4.- Modelos triviales de los rotaxanos, los catenanos y los nudos. Sobresale el Olimpiadeno

### Los bloques de construcción de mecanomoléculas: los catenanos, rotaxanos y nudos

La quintaesencia de las moléculas que pueden formar enlaces mecánicos son las supramoléculas denominadas: catenanos, rotaxanos y nudos. Los primeros, como su nombre lo indica, son moléculas de anillos encadenados; los rotaxanos son anillos (aros o ciclos) y objetos que rotan y que normalmente contienen anillos y moléculas lineales (ejes) más algo que no permita que los anillos se salgan, y los nudos obedecen a la noción intuitiva de lo que son. Esto quiere decir que la Topología juega un papel importante en su estudio [Refs. 10 y 11]. Cabe señalar que hay seudorotaxanos en el que al menos uno de los ciclos no está enlazado mecánicamente. La Figura 4 ilustra en forma de dibujos triviales los rotaxanos, los catenanos y los nudos. En la Figura 5 aparecen ejemplos de moléculas reales.

Hay dos puntos importantes que aclarar. El primero es que es difícil tener una buena representación en el plano de moléculas tan complejas y por eso se usa el "Lego approach" (o de tecnoformas), que es el concepto más pedagógico. Muchas de las figuras de estas moléculas se elaboran con software especializado que crean las

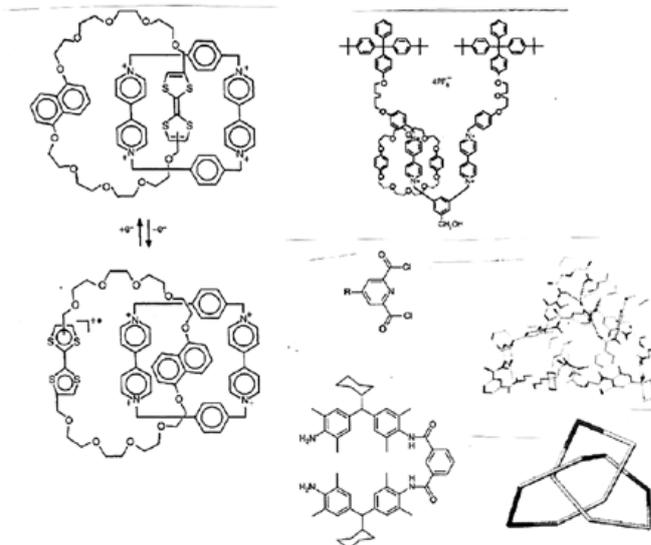


Fig. 5.- Moléculas reales de catenanos, rotaxanos y nudos. La de la izquierda es un conmutador (switch) fotónico mostrando los dos estados. La superior derecha muestra un aro giratorio. La inferior derecha muestra los componentes por separado de un nudo (Borromeano). [Fuentes: Refs. 4, 5 y 6].

moléculas en tres dimensiones y las proyectan en el plano. Esto funciona bien para los rotaxanos y catenanos, pero los nudos son confusos en el plano; en este caso, se adopta generalmente la convención de que se dejan pequeños huecos para mostrar la parte inferior de una molécula. La otra opción es usar modelos espaciales del tipo "bolas y palos" (molecular structure models), pero no solo es muy laborioso hacer las supramoléculas con ellos, sino que se requerirían muchas cajas de modelos (y no son baratos). Más importante aún es que el enlace mecánico está caracterizado por requerir una conexión topológica. Para que dos entidades químicas se unan sin requerir enlaces químicos debe existir un mecanismo de cierre entre los componentes. Por ejemplo, las llantas en el eje de un coche se saldrían sin el rin y sus tornillos (en QS se llaman "stoppers"). Esto da lugar a un tema interesante de las mecanomoléculas: la existencia de isómeros topológicos. Pero antes de entrar a este tema se requiere hacer una digresión.

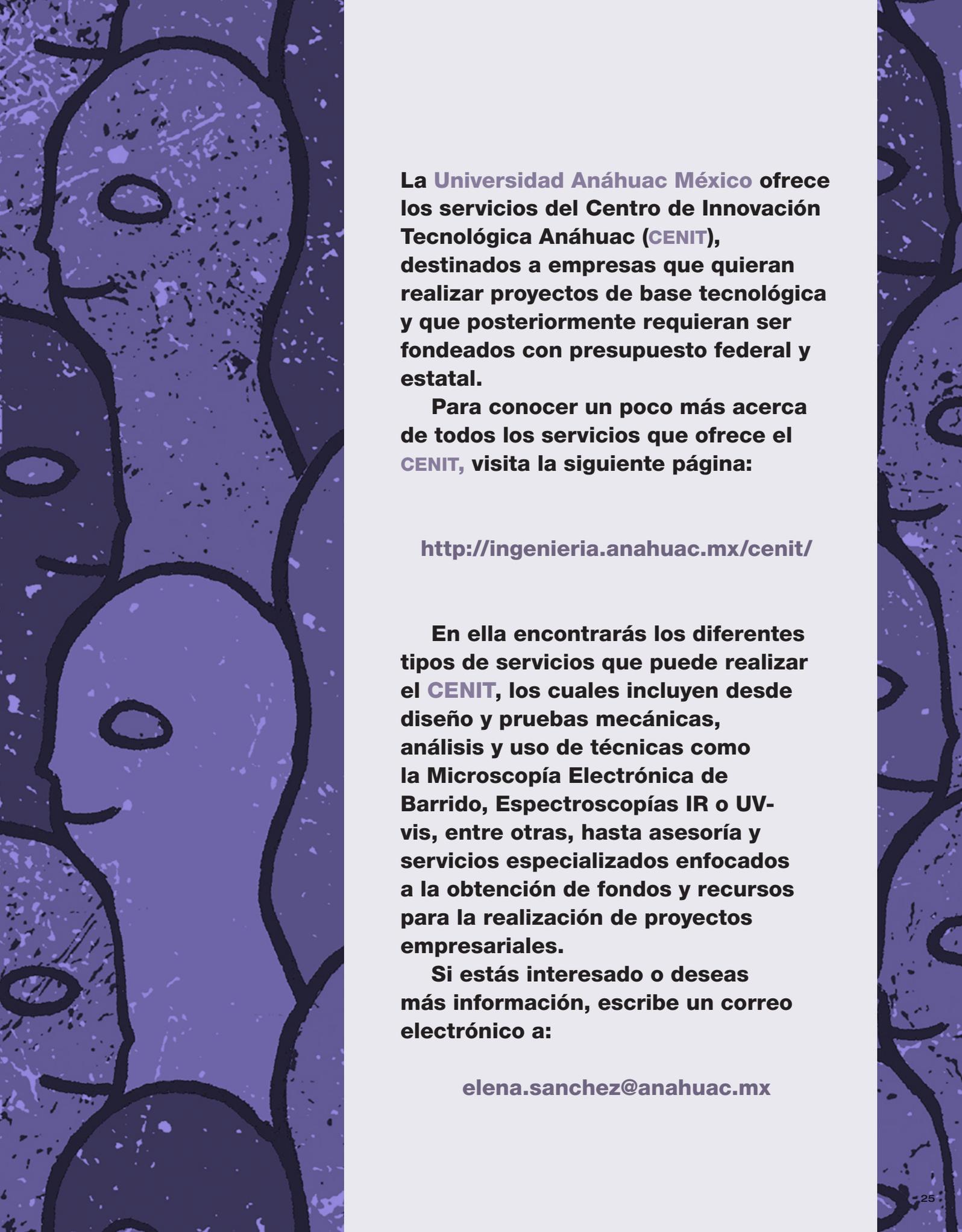
... CONTINUARÁ EN +CIENCIA 15

**¿Eres empresario,  
tienes en mente  
un proyecto de  
base tecnológica  
y no cuentas con  
suficientes recursos  
para desarrollarlo?**



**Cenit**

Centro de Innovación Tecnológica  
Universidad Anáhuac



**La Universidad Anáhuac México 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 diseño y pruebas mecánicas, análisis y uso de técnicas como la Microscopía Electrónica de Barrido, Espectroscopías IR o UV-vis, entre otras, hasta asesoría y servicios especializados enfocados a la obtención de fondos y recursos para la realización de proyectos empresariales.**

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

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

# LA PRUEBA DE SUELO PROCTOR

Yael Ulloa López

INGENIERÍA CIVIL, 6º SEMESTRE

## ¿QUÉ ES UNA PRUEBA DE SUELO PROCTOR?

La prueba de suelo Proctor determina la densidad o compactación máxima que puede alcanzar una muestra de suelo. La prueba está diseñada para imitar las condiciones del campo en el cual el suelo es compactado mediante el manejo de equipo de construcción pesado, sobre capas de suelo durante múltiples veces antes de agregar otra capa y repetir el proceso. Esta prueba fue desarrollada en 1933 por Ralph Proctor.

## FUNCIONAMIENTO Y PASOS PARA LA PRUEBA PROCTOR

La prueba se realiza mediante una serie de etapas que se describen a continuación:

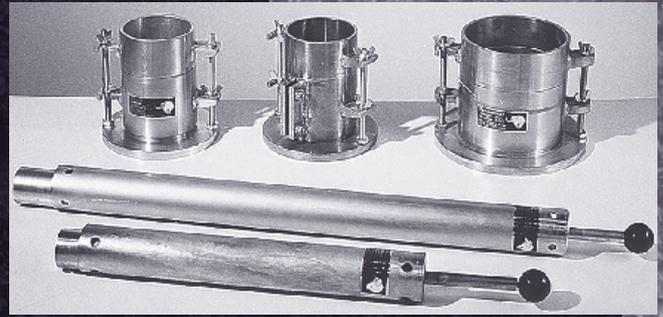
### RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:

Se necesitan casi 10 libras (4.53 kg) de suelo del sitio de trabajo para realizar la prueba de suelo Proctor. De acuerdo al Departamento de Ingeniería de la Universidad de Connecticut EU, el suelo debería ser filtrado por medio de un colador de suelo no. 4 para remover rocas grandes y terrones.



### ENSAMBLANDO EL EQUIPO

La prueba de suelo Proctor se realiza utilizando un molde y una extensión que hace que se cree un espacio o un volumen de suelo para la prueba de una trigésima de un pie cúbico (0.02 metros cúbicos). Las extensiones permiten que el molde sea levantado sobre la capa de suelo que es compactada en cada uno de los tres pasos. El peso del molde y la extensión se restan del peso del ensamble lleno de tierra compactada al final de la prueba.



### REALIZANDO LA PRUEBA

El suelo se agrega al molde y se compacta con 25 golpes de un peso de 5.5 libras (2.49 kg) suspendido de una altura de 12 pulgadas (30.4 cm). Los pesos se encuentran a la venta con los moldes y generalmente vienen sobre un ensamble corredizo de modo que el peso pueda caer sobre el suelo. Al final de este paso, el suelo compactado debe llenar casi una mitad del molde. Si el suelo está muy por fuera de esa marca, la muestra se regresa al cubo y la prueba se realiza otra vez, con una cantidad ajustada de suelo en el molde. Si la muestra llena alrededor de una tercera parte del molde, se agrega otra vez una cantidad casi igual de tierra floja y se compacta, siguiendo el mismo procedimiento. Este relleno y proceso de compactación se realiza una tercera vez. Idealmente, el molde debe estar casi sobre el nivel lleno. Se utiliza un cuchillo para recortar el suelo compactado para nivelarlo con la parte superior del molde.

### FINALIZANDO LA PRUEBA

El peso del molde se resta para determinar el peso de 1/30 de un pie cúbico (0.0008 metros cúbicos) de suelo compactado. Para determinar el contenido de agua, se pesa una muestra del suelo compactado, colocado en un horno para secado de laboratorio toda una noche y después pesarlo de nuevo.



# EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DE CRECIMIENTO DEL BORO EN UN ACERO AISI O1 ENDURECIDO EMPLEANDO EL PROCESO BORURIZACIÓN DE EMPAQUETAMIENTO EN CAJA

**M. Elías-Espinosa y M. Ortiz-Domínguez B.C.**

A) INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY-ITESM CAMPUS SANTA FE, AV. CARLOS LAZO NO. 100, DEL. ÁLVARO OBREGÓN, CP. 01389, D. F., MÉXICO.

B) UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO, ESCUELA SUPERIOR DE CIUDAD SAHAGÚN-INGENIERÍA MECÁNICA, CARRETERA Cd. SAHAGÚN-OTUMBA S/N, ZONA INDUSTRIAL CP. 43990, HIDALGO, MÉXICO.

C) UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO-AACTyM, CARRETERA PACHUCA TULANCINGO KM. 4.5, MINERAL DE LA REFORMA. CP. 42184. HIDALGO, MÉXICO.

## RESUMEN

En el presente estudio, se evalúa la cinética de difusión del boro en un acero AISI O1 durante el proceso de borurización base polvo. Esta técnica de endurecimiento superficial produce en el material la formación de una base característica,  $\text{Fe}_2\text{B}$ . El tratamiento termoquímico se realizó a las temperaturas de 1123, 1173, 1223 y 1273 K con tiempos de 2, 4, 6 y 8 h. Empleando la ecuación de balance de masa en la interface de crecimiento  $\text{Fe}_2\text{B}$ /substrato  $\Delta C(dx/dt)_{x=v-2\epsilon D^{1/2}t^{1/2}} = J_{in}(x)_{x=v} - J_{out}(x)_{x=v+d\epsilon}$  y sin la consideración de un perfil de concentración de boro a lo largo de la fase  $\text{Fe}_2\text{B}$ , se determinó la movilidad del boro en la superficie del substrato  $D_{\text{Fe}_2\text{B}}$  con la influencia del tiempo de incubación ( $t_0^{\text{Fe}_2\text{B}}$ ). La morfología de la capa  $\text{Fe}_2\text{B}$  fue observada a través de Microscopía Óptica. Los estudios metalográficos mostraron que la capa borurada presenta una morfología aserrada en la interface de crecimiento para todas las muestras endurecidas. Los espesores de las capas fueron medidos con ayuda del software MSQ PLUS. La fase  $\text{Fe}_2\text{B}$  fue identificada a través de la técnica difracción de rayos X (XRD). Finalmente, el valor estimado de la energía de activación del boro fue comparado con la literatura.

**Palabras Clave:** Energía de activación, Adherencia, Borurización, Modelo de difusión, Cinética de crecimiento.

## ABSTRACT

In this study, the growth kinetics of boron on AISI O1 steel by powder-pack boriding process was carried out. This superficial hardening technique produce the formation of a single-phase ( $\text{Fe}_2\text{B}$ ). Thermochemical treatment for gray iron was made in the temperature range of 1123-1273 K for treatment times ranging from 2 to 8 h. The boron diffusion coefficient in the  $\text{Fe}_2\text{B}$  layers was estimated by solving the mass balance equation ( $\Delta C(dx/dt)_{x=v-2\epsilon D_{\text{Fe}_2\text{B}}^{1/2}t^{1/2}} = J_{in}^{\text{Fe}_2\text{B}}(x)_{x=v} - J_{out}^{\text{Fe}_2\text{B}}(x)_{x=v+d\epsilon}$ ) at the ( $\text{Fe}_2\text{B}$ /substrate) interface with an inclusion of boride incubation time. The morphology of  $\text{Fe}_2\text{B}$  layers was observed by Optical Microscopy. Metallographic studies showed that the boride layer has a saw-tooth morphology in all the samples. The layer thickness measurements were done with the help of MSQ PLUS software. The  $\text{Fe}_2\text{B}$  phase was identified by X-ray diffraction method. Finally, the estimated value or boron activation energy was compared to the literature data.

**Keywords:** Activation energy, Adherence, Boriding, Diffusion model, Growth kinetic.

## 1. INTRODUCCIÓN

La borurización es un tratamiento termoquímico empleado para el endurecimiento de superficies de aleaciones ferrosas y no ferrosas [1]. En el tratamiento de borurización, los átomos de boro<sup>1</sup> debido a su tamaño es más pequeño en comparación con los átomos de hierro<sup>2</sup> se difunden con relativa facilidad en la superficie de la pieza para formar boruros de hierro en el rango de temperatura de 973-1323 K [1-2]. Después de aplicar el proceso de borurización, la capa formada en los medios sólidos. Dependiendo de la temperatura del proceso, la composición superficie del acero incrementa la dureza superficial, disminuye el desgaste y la corrosión [2-3]. El proceso de borurización se puede realizar en forma líquida, gaseosa o en química del sustrato, el potencial del medio borurante y tiempo de tratamiento, es posible formar una monocapa ( $\text{Fe}_2\text{B}$ ) o una bicapa ( $\text{FeB} + \text{Fe}_2\text{B}$ ) [4]. La fase  $\text{FeB}$  con una estructura cristalina ortorrómbica con un contenido de boro de  $100.5 \times 10^3 \text{ mol m}^{-3}$ , mientras que la fase  $\text{Fe}_2\text{B}$  tiene una estructura cristalina tetragonal centrada en el cuerpo con un contenido de boro de  $59.2 \times 10^3 \text{ mol m}^{-3}$  [5].

1 El radio atómico de un átomo de boro es de  $87 \times 10^{-12} \text{ m}$ .

2 El radio atómico de un átomo de hierro es de  $155.8 \times 10^{-12} \text{ m}$ .

La formación de una doble capa ( $\text{FeB} + \text{Fe}_2\text{B}$ ) se puede obtener ajustando el potencial químico del boro en el medio borurante [6]. El crecimiento y morfología de las fases boruradas puede verse afectada por los elementos de aleación en el material base [7]. En aplicaciones prácticas, la selección de los parámetros del proceso es muy importante para alcanzar el espesor deseado de capa borurada [8]. Una estimación de la cinética de crecimiento de las capas boruradas es una herramienta conveniente para la optimización y automatización del proceso de borurización [9]. Con este fin, diferentes modelos han sido reportados en la literatura para simular la cinética de crecimiento de las capas boruradas en función de los parámetros del proceso, pero sin la consideración del periodo de incubación ( $t_0^{\text{Fe}_2\text{B}}$ ) [10]. En estos modelos se asume que los boruros de hierro crecen de manera instantánea ( $t = 0$ ). En el presente estudio se determina una nueva ecuación que permite estimar los espesores de capa de la fase  $\text{Fe}_2\text{B}$  a través de un modelo de difusión de transferencia de masa para la simulación de la cinética de crecimiento de los boruros de hierro formados en la superficie del acero AISI O1, en el rango de temperaturas de 1123-1273 K empleando la técnica de borurización de polvo [11]. En este modelo de difusión se propone una ecuación de balance de masa en la interfase de crecimiento  $\text{Fe}_2\text{B}$ /substrato sin considerar un perfil de concentración de boro a lo largo de la fase borurada. Asimismo, se asume que los boruros de hierro obedecen la ley de crecimiento parabólico ( $v = 2\varepsilon D_{\text{Fe}_2\text{B}}^{1/2} t^{1/2}$ ) para estimar el coeficiente de difusión del boro en la fase  $\text{Fe}_2\text{B}$  ( $D_{\text{Fe}_2\text{B}}$ ). Combinando el coeficiente de difusión y la ley de crecimiento parabólico es posible estimar el espesor de capa en la fase  $\text{Fe}_2\text{B}$  en función de la temperatura y tiempo de tratamiento.

## 1. MODELO DE DIFUSIÓN

En la propuesta del modelo de difusión, se ha partido de la suposición de que las capas no comienzan a formarse instantáneamente ( $t = 0$ ), sino a partir de un cierto periodo de incubación,  $t_0^{\text{Fe}_2\text{B}}$  en el cual ya se tiene un perfil inicial no nulo  $f(x(t))$  de boro disociado en la capa superficial del metal (ver Figura 1), cuando comienza la formación de capas.

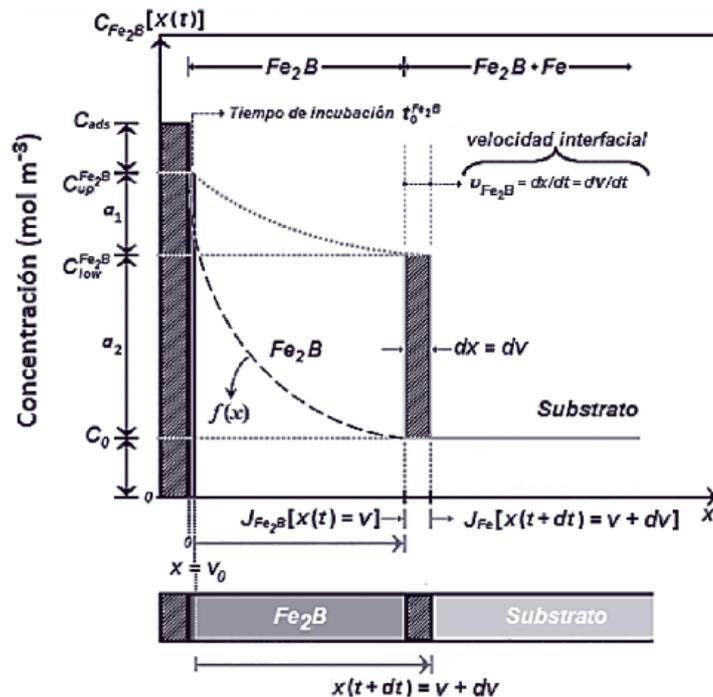


Figura 1. Perfil de concentración del boro en la capa  $\text{Fe}_2\text{B}$ .

$C_{up}^{Fe_2B}$  representa el límite superior de concentración de boro en la capa  $Fe_2B$ ,  $C_{low}^{Fe_2B}$  es el límite inferior de concentración de boro en la capa  $Fe_2B$ ,  $t$  representa el tiempo de tratamiento (s),  $v$  es la profundidad de la capa (m) y  $v_0$  representa una película base en la etapa de nucleación de unos nanómetros de espesor ( $\approx 5$  nm), la cual puede ser considerada cero ( $v_0 \approx 0$ ) en comparación con el espesor de la capa borurada ( $v$ ). El término  $C_{ads}^{Fe_2B}$  representa la concentración de boro adsorbido en la superficie del material. Si el área unitaria de la interfase plana  $Fe_2B/Fe$ , se mueve una distancia  $dv$  en un tiempo  $dt$ , (donde  $t$  representa el tiempo efectivo de formación de la fase) en el volumen ( $dv \cdot 1 \cdot 1$ ), como se puede apreciar en la Figura 1, es decir, el incremento  $dv$  del espesor de capa  $Fe_2B$  en un tiempo  $dt$  ocurre bajo el consumo simultáneo de la capa de espesor  $dv$  del sustrato. Por lo que, la acumulación de átomos de boro en el incremento  $dv$  se puede expresar de la siguiente manera:

$$\left( \frac{C_{low}^{Fe_2B} - 2C_0 + C_{up}^{Fe_2B}}{2} \right) (1 \text{ } dx) \Big|_{x=v} \hat{i} = J_{in}^{Fe_2B}(x=v)(1 \text{ } dt) - J_{out}^{Fe_2B}(x=v+dv)(1 \text{ } dt). \quad (1)$$

Por otro lado, hay un flujo de átomos de boro hacia la interfase de la fase  $Fe_2B$  igual a  $J_{in}^{Fe_2B}(x=v) = - \{ D_{Fe_2B} \cdot dC_{Fe_2B}[x(t)] / dx \} \Big|_{x=v} \hat{i}$  y un flujo saliente de la interfase en la fase Fe igual a  $J_{out}^{Fe}(x=v+dv) = - \{ D_{Fe} \cdot dC_{Fe}[x(t)] / dx \} \Big|_{x=v+dv} \hat{i}$ , en un tiempo  $dt$ . La Ecuación (4), representa la conservación de la masa. Las concentraciones  $C_{up}^{Fe_2B}$ ,  $C_{low}^{Fe_2B}$  y  $C_0$  de la Ecuación (4) son expresadas en porcentaje en ( $\text{mol m}^3$ ). Con  $C_0 \approx 0$ ,  $C_{up}^{Fe_2B} = 100.5 \times 10^3 \text{ mol m}^{-3}$  y  $C_{low}^{Fe_2B} = 59.2 \times 10^3 \text{ mol m}^{-3}$ . La relación usual entre el flujo y el gradiente de concentración están dados por la primera ley de Fick y si se asume que el perfil de concentración de boro en la fase  $Fe_2B$  y en el sustrato Fe sólo depende de la posición  $x(t)$ , por lo que se tiene:

$$J_{in}^{Fe_2B}(x=v) = - D_{Fe_2B} \frac{dC_{Fe_2B}[x(t)]}{dx} \Big|_{x=v} \hat{i}; J_{out}^{Fe}(x=v+dv) = - D_{Fe} \frac{dC_{Fe}[x(t)]}{dx} \Big|_{x=v+dv} \hat{i} = 0, \quad (2)$$

donde  $D_{Fe_2B}$  es el coeficiente de difusión del boro a través de la fase  $Fe_2B$  y  $D_{Fe}$  es el coeficiente de difusión del boro en el sustrato. La suposición de que  $J_{out}^{Fe}(x=v+dv) = 0$ , tiene que ver con que la solubilidad<sup>3</sup> del boro en la fase Fe (sustrato) es muy baja ( $C_0 \approx 0$ ). Combinando las ecuaciones (1) y (2) se produce lo siguiente:

$$\left( \frac{C_{low}^{Fe_2B} - 2C_0 + C_{up}^{Fe_2B}}{2} \right) \left( \frac{dx(t)}{dt} \right) \Big|_{x(t)=v} \hat{i} = - D_{Fe_2B} \frac{dC_{Fe_2B}[x(t)]}{dx} \Big|_{x(t)=v} \hat{i}. \quad (3)$$

En cuanto al término  $dx(t) / dt$ , la posición depende del tiempo desde que se asume que el crecimiento de las capas boruradas obedecen la ley de crecimiento parabólico:

$$v = 2\varepsilon D_{Fe_2B}^{1/2} t^{1/2} = 2\varepsilon D_{Fe_2B}^{1/2} (t_v + t_0^{Fe_2B})^{1/2}. \quad (4)$$

El término  $t_v$  en la Ecuación (4) representa el tiempo efectivo de formación de la capa  $Fe_2B$  y  $\varepsilon$  determina el parámetro de normalización de crecimiento de la fase  $Fe_2B$ . Reescribiendo la Ecuación (3), se tiene:

3 La solubilidad es una medida de la capacidad de disolverse una determinada sustancia (átomos de boro) en un determinado solvente (sustrato).

$$\left( \frac{C_{low}^{Fe_2B} - 2C_0 + C_{up}^{Fe_2B}}{2} \right) \left( \frac{dx}{dt} \right)^2 dt \Big|_{x(t)=v} = -D_{Fe_2B} dC_{Fe_2B}[x(t)] \Big|_{x(t)=v}. \quad (5)$$

Evaluando el lado izquierdo de la Ecuación (5) en  $v = 2\varepsilon D_{Fe_2B}^{1/2} t^{1/2} = 2\varepsilon D_{Fe_2B}^{1/2} (t_v + t_0^{Fe_2B})^{1/2}$ , integrando ambos lados, correspondiendo ambos límites de integración, obteniéndose lo siguiente:

$$\left( \frac{C_{low}^{Fe_2B} - 2C_0 + C_{up}^{Fe_2B}}{2} \right) 4\varepsilon^2 D_{Fe_2B} \int_{t_0^{Fe_2B}}^t \frac{dt}{t} = -D_{Fe_2B} \int_{C_{up}^{Fe_2B}}^{C_{low}^{Fe_2B}} dC_{Fe_2B}[x(t)] \Big|_{x(t)=v}. \quad (6)$$

Finalmente se tiene:

$$\varepsilon^2 = 2 \left( C_{up}^{Fe_2B} - C_{low}^{Fe_2B} / C_{up}^{Fe_2B} - 2C_0 + C_{low}^{Fe_2B} \right) / \ln \left( t / t_0^{Fe_2B} \right). \quad (7)$$

## 2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se empleó un acero AISI O1 con una composición química de 1.40–1.60% C, 0.30–0.60% Si, 0.30–0.60% Mn, 11.00–13.00% Cr, 0.70–1.20% Mo, 0.80–1.10% V, 0.030 %P and 0.030% S. Las probetas fueron cortadas en un torno de control numérico (CNC) HASS, para eliminar los esfuerzos residuales en las muestras creados por el endurecimiento por deformación, fueron recristalizadas a 923 K. Como consecuencia del corte de las probetas, las superficies tienen un acabado rugoso y generalmente desigual. En la Figura 2, se presenta la microestructura del acero AISI O1 antes de aplicar el tratamiento.

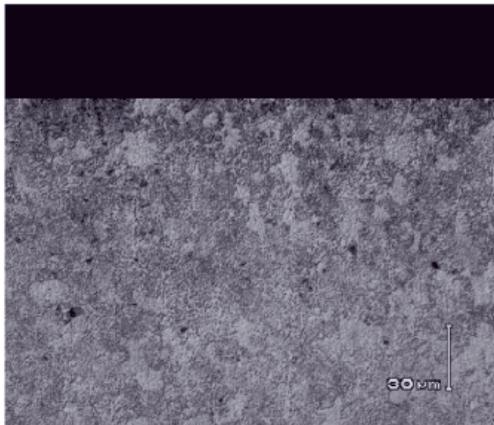


Figura 2. Microestructura de un acero AISI O1 antes del tratamiento.

Para el tratamiento de borurización en polvo con la técnica de empaquetamiento en caja utilizando carburo de boro ( $B_4C$ ) (Durborid-mezcla de polvo fresco), fluoroborato de potasio ( $KBF_4$ ) como activador principal, carburo de silicio ( $SiC$ ) como principal diluyente y oxígeno del medio circundante en la atmósfera ( $O_2$ ) induciendo la reacción de boro con la superficie del sustrato y se emplean contenedores de acero inoxidable AISI 316L grado médico, debido a que son menos propensos al efecto del calor y la descarburización. El contenedor se coloca en una mufla convencional en el rango de temperaturas de  $1123 \leq$

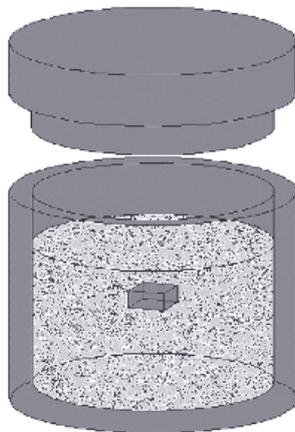


Figura 3. Esquema de colocación de la probeta dentro del contenedor de acero inoxidable AISI 316L con la mezcla de polvos.

$T \leq 1273$  K a los tiempos de tratamiento de 2 h, 4 h, 6 h y 8 h. Continuando con el proceso de borurización de empaquetamiento en caja. Se introducen las piezas a borurar en el contenedor, en su interior debe contener una mezcla de carburo de boro (Durborid-mezcla de polvo fresco), posteriormente se debe sellar. El esquema de colocación de la probeta se presenta en la Figura 3.

El estudio de la cinética de crecimiento, requiere de fotomicrografías de los cortes transversales de las probetas. Las probetas fueron cortadas transversalmente, utilizando un disco de diamante serie 15HC con diámetro de 127 mm y un espesor de 0.5 mm; posteriormente, las muestras se encapsularon en bake-

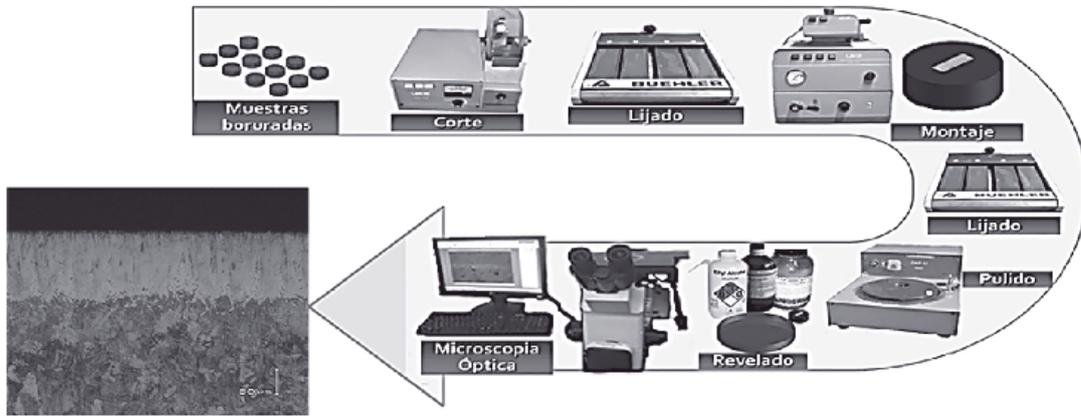


Figura 4. Representación esquemática del proceso metalográfico para determinar la microestructura y la estimación del tamaño de la capa borurada formada en la superficie del acero AISI 01.

lita (polvo fenólico) o lucita, con una altura máxima de 25 mm, como lo establece la norma de Preparación Metalográfica de Especímenes ASTM-E3, con esto se asegura el adecuado desbaste de las mismas. El ataque químico se realizó con nital con una concentración de 2% de  $\text{HNO}_3$  diluido con 98 % de etanol o metanol de alta pureza con tiempo de exposición de aproximado de 5 s. Una sobre exposición al reactivo puede quemar la superficie de la muestra, imposibilitando la visualización de su microestructura. Asimismo, para evitar la oxidación de los especímenes se sumergieron en alcohol, agua y posteriormente se secaron con aire comprimido (libre de partículas húmedas). Utilizando un microscopio óptico de sistema invertido Olympus GX51, utilizando diferentes magnificaciones de acuerdo al tamaño de la capa borurada formada en la superficie del sustrato. En la Figura 4, se presentan los pasos del proceso metalográfico para revelar la capa borurada.

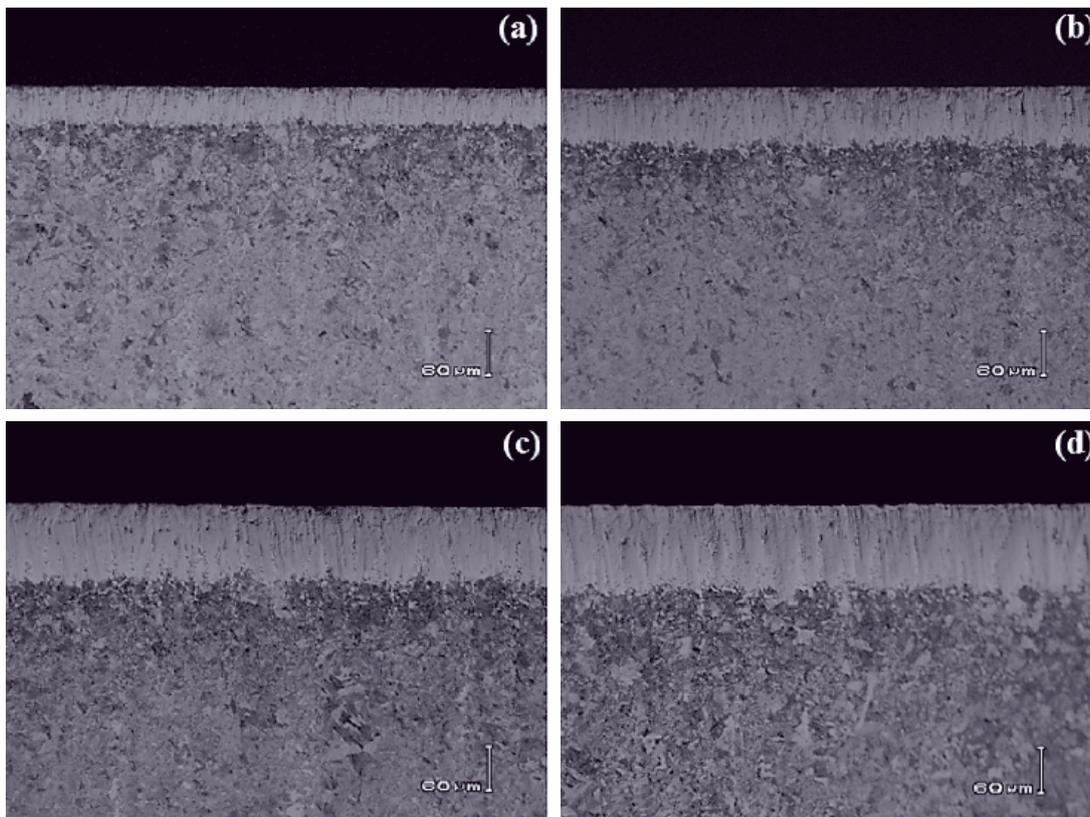


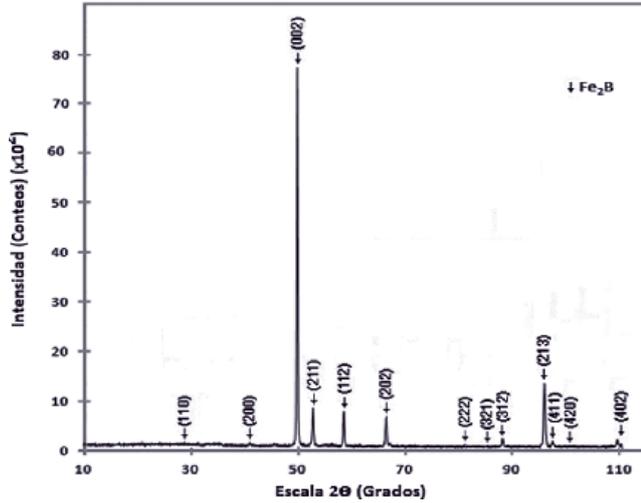
Figura 5. Morfología aserrada de la capa  $\text{Fe}_2\text{B}$  formada en la superficie del acero AISI 01 con la técnica de borurización en polvo con: (a) 2 h, (b) 4 h, (c) 6 h y (d) 8 h de tiempo de tratamiento a la temperatura de 1173 K.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 5, se presentan las micrografías del acero AISI O1 borurado con la técnica de borurización de polvo, para diferentes temperaturas y tiempos de tratamiento.

Para verificar la presencia de la fase  $Fe_2B$  sobre la superficie de los aceros, se realizó un análisis por difracción de rayos X, aplicando sobre la superficie de la pieza borurada radiación  $CoK_\alpha$  con una longitud de onda de 1.7889 Å. En la Figura 6, se comprueba la presencia de la fase  $Fe_2B$ .

Figura 6. Patrón de difracción de rayos X originado durante la detección de la fase  $Fe_2B$  en la superficie del acero AISI O1 con la temperatura de tratamiento de 1273 K y 8 h de tiempo de tratamiento.



Continuando con el análisis de los resultados, en la Figura 7 se presentan los resultados de los espesores obtenidos de la medición de las capas boruradas en la fase  $Fe_2B$  para el proceso de borurización en polvo para el acero AISI O1. De acuerdo con la Ecuación (4) ( $v = 2\varepsilon D_{Fe_2B}^{1/2} t^{1/2} = 2\varepsilon D_{Fe_2B}^{1/2} (t_v + t_0^{Fe_2B})^{1/2}$ ), se graficó  $v^2$  vs.  $t$  como se puede apreciar en la Figura 7.

Las pendientes de las líneas rectas de la Figura 7, representan las constantes de crecimiento parabólico ( $4\varepsilon^2 D_{Fe_2B}$ ) de la Ecuación (4).

La nucleación del boruro de hierro en la interfase gas/sólido solo toma lugar después de que la concentración de boro en esta interfase excede un valor crítico  $C_{ads} > C_{up}^{Fe_2B}$ . La acumulación de boro en la interfase gas/sólido tiene que ver con la adsorción natural de los átomos de boro, en el interior del material, todos los enlaces químicos (metálicos) de los átomos de hierro están satisfechos. En cambio, por definición la superficie representa una discontinuidad de esos

enlaces. Para esos enlaces incompletos, es energicamente favorable el reaccionar con lo que se encuentra disponible, y por ello se produce de forma espontánea. En el periodo de incubación del boruro de hierro ( $t_0^{Fe_2B} = 33 \text{ min}$ ), se forma una película base ( $v_0$ ), la cual termina con la aparición de los primeros boruros de hierro y justamente es en la intercepción con el eje de las abscisas en el gráfico de  $v^2$  vs.  $t$ . En la Tabla 1 se

Temperatura (K)	Tipo de capa	$\varepsilon^2$ (Adimensional)	$4\varepsilon^2 D_{Fe_2B}$ ( $\mu m^2 s^{-1}$ )
1123	$Fe_2B$	$1.747141 \times 10^{-3}$	$1.30 \times 10^{-1}$
1173			$4.00 \times 10^{-1}$
1223			$8.00 \times 10^{-1}$
1273			$16.25 \times 10^{-1}$

Tabla 1. Parámetro de normalización de crecimiento y constantes de crecimiento como una función de la temperatura de tratamiento.

presentan las constantes de crecimiento parabólico respecto a cada temperatura obtenidas de la Figura 7. Asimismo, se menciona el valor del parámetro de normalización de crecimiento de la fase  $Fe_2B$  obtenido de la Ecuación (7).

Asumiendo un comportamiento Arrhenius de los coeficientes de difusión presentados en la Tabla 1, la energía de activación  $Q_{Fe_2B}$  es obtenida de la pendiente del gráfico que se presenta en la Figura 8.

A partir de la ecuación del ajuste de la Figura 8, se expresa el coeficiente de difusión ( $Fe_2B$ ) vía la relación de Arrhenius ( $D_{Fe_2B} = D_0 \exp(-Q/RT)$ ) para los procesos de borurización en el rango de temperaturas de tratamiento de  $1123 \leq T \leq 1273 \text{ K}$  en el acero AISI O1 como:

$$D_{Fe_2B} = 3.0 \times 10^{-2} \exp\left(-\frac{197.2 \text{ kJmol}^{-1}}{RT}\right). \quad (8)$$

De la Ecuación (8),  $R$  es la constante universal de los gases (= 8.314 J/mol K), y  $T$  representa la temperatura absoluta (K). El valor de la energía de activación  $Q_{Fe_2B}$  indica la energía necesaria para estimular la difusión de boro a lo largo de la dirección cristalográfica [001] en la fase  $Fe_2B$ . Considerando la expresión para el coeficiente de difusión del boro en la Ecuación (8), es posible expresar la ley de crecimiento parabólico (ver Ecuación (8)) como sigue:

$$v = 2\varepsilon D_0^{1/2} \exp\left(-\frac{Q_{Fe_2B}}{2RT}\right) t^{1/2}. \quad (9)$$

## CONCLUSIONES

La cinética de crecimiento de las capas  $Fe_2B$  formadas en la superficie del acero AISI O1 fue estimada para el proceso de borurización en polvo usando un modelo de difusión. El modelo considera la influencia del tiempo de incubación, tiempo y temperatura de tratamiento. Se asumió que las capas obedecen la ley de crecimiento parabólico. Finalmente, el modelo de difusión desarrollado, puede ser utilizado para estimar los espesores de las capas boruradas en diferentes aleaciones ferrosas y no ferrosas para un conjunto de condiciones experimentales, lo que permitirá facilitar la optimización y automatización de los procesos de borurización.

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo descrito en el presente artículo fue financiado por la beca otorgada por PRODEP y CONACyT.

## BIBLIOGRAFÍA

- Matuschka, A. G. (1980). Boronizing. Wemding, Germany. Carl Hanser Verlag.
- Fichtl, W. (2004). Boronizing and its Practical Applications. *Materials in Engineering*, 2, 276-286.
- Singhal, S. C. (1977). A hard diffusion boride coating for ferrous materials. *Thin Solid Films*, 45, 321-329.
- González Fernández de Castro, M. (1999). Boración de aceros. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Massalski, T. B. (1990). Binary Alloys Phase diagrams: ASM International (pp. 211-213) USA.
- Martini, C., Palombarini, G. & Carbuicchio, M. (2004). Mechanism of thermochemical growth of iron borides on iron. *Journal of Materials Science*, 39, 933-937.
- Goeriot, P., Thevenot, F., & Driver, J. H. (1981). Surface treatment of steels: Borudif, a new boriding process. *Thin Solid Films*, 78, 67-76.
- Campos, I., Ortiz, M., Bravo, O., Doño, M. A., Bravo, D., Tapia, C. & Jiménez, M. Y. (2010). Formation and kinetics of  $FeB/Fe_2B$  layers and diffusion zone at the surface of AISI 316 borided steels. *Surface and Coatings Technology*, 205, 403-412.
- Campos, I., Ortiz, M., Cimenoglu, H., Escobar, R., Keddám, M., Elias, M., López, N. (2011). A diffusion model for the growth of the  $Fe_2B$  layer in pure iron. *Surface Engineering*, 27, 189-195.
- Ortiz, M., Hernández, E., Martínez, J., Keddám, M., Campos, I. (2010). A kinetic model for analyzing the growth kinetics of  $Fe_2B$  layers in AISI 4140 steel. *Kovove Materialy*, 48, 1-6.
- Campos, I., Ortiz, M., Keddám, M., López, N., Carmona, A., Elias, M. (2009). Kinetics of the formation of  $Fe_2B$  layers in gray cast iron: Effects of boron concentration and boride incubation time. *Applied Surface Science*, 255, 9290-9295.

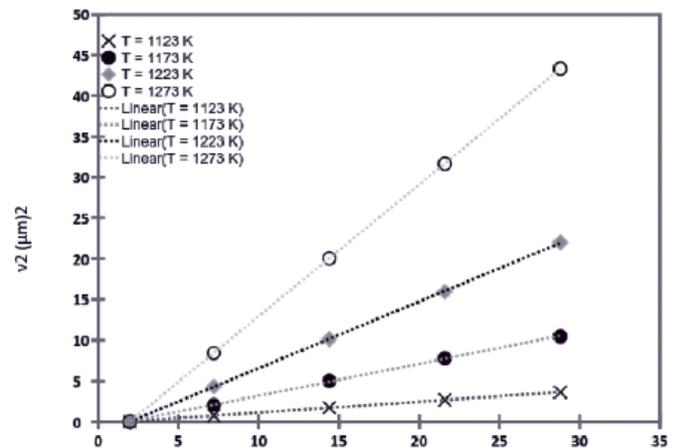


Figura 7. El cuadrado de los espesores de las capas boruradas ( $v^2$ ) como función del tiempo de tratamiento ( $t$ ) (ver Ecuación (4)) con la técnica de borurización de empaquetamiento en caja.

# La Historia del Microscopio

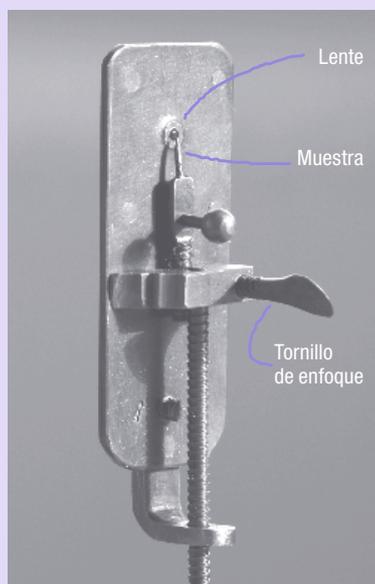
David Valdez Rodríguez

INGENIERÍA MECATRÓNICA, 4º SEMESTRE

**E**l microscopio es la herramienta que nos ha permitido visualizar un mundo que nos resultaba invisible a simple vista. Gracias a él se pudieron extender los estudios en medicina, ingeniería y química. Se han erradicado enfermedades, entendido propiedades de materiales y se ha descubierto hasta la partícula más pequeña.

Sabemos que en la civilización asiria se utilizó un tipo de cristales convexos como lupas hallados en ruinas. Los romanos poseían esferas llenas de agua, probablemente, para ver de cerca alguna herida en el cuerpo o con mayor detalle un material. Hay un relato de Séneca sobre el emperador romano Nerón que, a causa de su miopía, empleaba una esmeralda tallada para ver a través de ella los combates de los gladiadores. En el siglo XI se menciona en los libros árabes las lentes convexas. Hasta el siglo XIII, el científico inglés Roger Bacon escribió acerca de las características de las lentes biconvexas. Georges Haefnagel realizó estudios de insectos gracias a un concurso de lentes. Durante el siglo XVI, Leonardo Da Vinci realizó estudios de anatomía utilizando lentes para observar de cerca las características del cuerpo humano, mientras Giovanni Battista della Porta los usaba para sus estudios con pequeños insectos.

El primer microscopio registrado se remonta al año 1590 en Holanda, cuando los fabricantes de lentes, Zacharias Janssen y su hijo Hans, construyeron un aparato que consistía en un tubo delgado dentro de otro más ancho que tenía lentes en sus extremos y se podían deslizar entre ellos. Fue capaz de alcanzar un aumento de 10 veces del tamaño normal, no lo suficiente para visualizar el diminuto mundo que nos es invisible. En 1624,



Microscopio de Leeuwenhoek

el miembro de La Academia de los Lincei, Jean Faber ocupó por primera vez el término microscopio para referirse a este invento.

En Francia e Inglaterra se tallaron piedras preciosas como el diamante, zafiro y topacio que por sus excelentes propiedades lograban alcanzar grandes ampliaciones en el aumento. Desafortunadamente se suspendieron estas prácticas ya que costaba demasiado darles la forma de lentes.

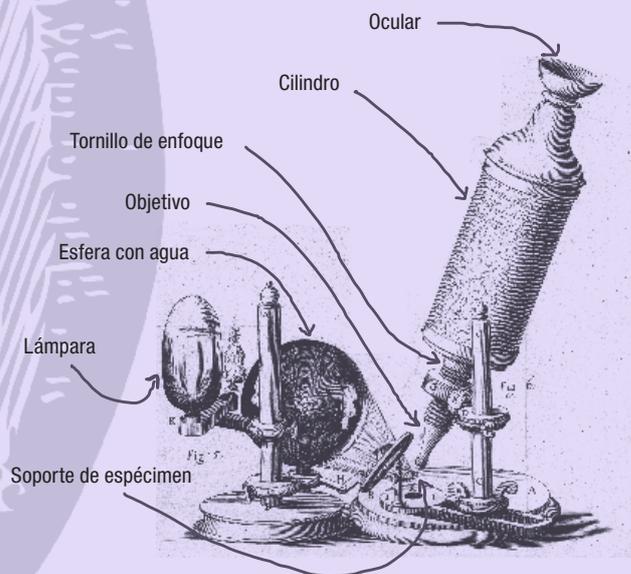
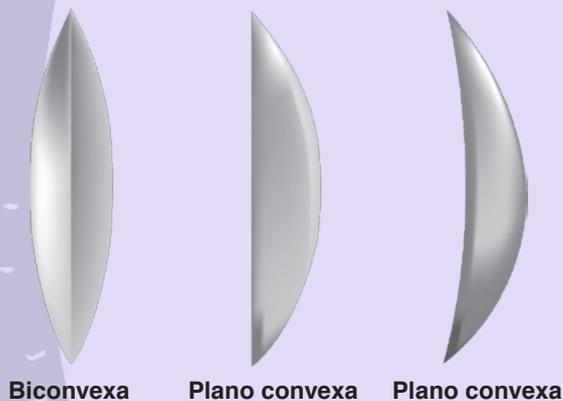
El microscopio fue impulsado por las aportaciones sobre su funcionamiento y la publicación del científico inglés Robert Hooke, "Micrographia", que ilustró las características de la célula en 1665. Asimismo, Marcello Malpighi estudió los glóbulos rojos de la sangre. El matemático y físico Nicolaas Hartsoeker construyó un microscopio un poco más potente. Definitivamente, el comerciante y científico holandés Anton van Leeuwenhoek es considerado el mayor contribuyente al microscopio porque pulió sus propias lentes convexas y construyó un microscopio en 1664.

Este alcanzó un aumento de 480x y le sirvió para completar los estudios de Harvey acerca del sistema circulatorio y ser el primero en observar e ilustrar protozoarios en sus trabajos en 1674. En los años 1702 y 1716 se registraron otros diferentes microscopios que eran atravesados por una luz. El microscopio de Cuff-Baker, en 1744, concentraba la luz en un espejo para iluminar al objeto. En 1877 Ernst Abbe y Carl Zeiss incorporan aceite en vez de agua para lograr una mayor ampliación. Hasta 1910 se hicieron pocas aportaciones que dieron precisión y una mejor visualización.

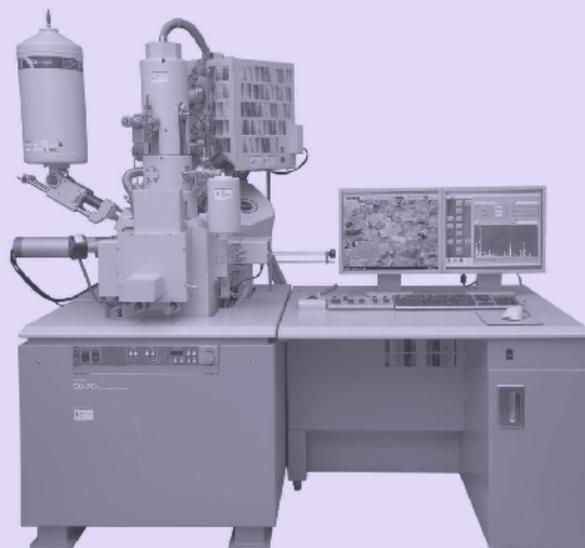
En 1931, se desarrolló en Alemania por Knoll y Ruska el microscopio electrónico de transmisión que fue el primero en sustituir la luz por electrones para apuntar al objeto y conseguir acercamientos hasta de 100,000x. Así, en 1942 se construye el microscopio electrónico de barrido capaz de enfocar hasta 200,000 diámetros.

### Referencias

- Mateu, F.J.B (1986). Atlas de Microscopía. España, Barcelona: Ediciones Jover.
- Cobos Murcia, J.A. (2012). La historia del microscopio. Recuperado de: <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol25num1/articulos/historia/>
- Ford, B.J. (2002). El nacimiento del microscopio. Cardiff University, recuperado de: <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n45ne/microsco.pdf>



Microscopio de Hooke



Microscopio electrónico de barrido

# Integrando ingeniería

# Hackathon

Santiago García Jiménez O'Farrill  
INGENIERÍA CIVIL, 9º SEMESTRE

**Aún** no me queda muy claro cómo llegue. Solo sé que puse a prueba toda mi creatividad, durante dos días a un nivel que nunca había vivido. A pesar de estar dos días generando, innovando y descartando ideas, la satisfacción de haber participado fue muy grande y mayor aún al saber que el primer lugar lo había ganado nuestro equipo. La participación en grupo y la comunicación al aplicar diferentes pensamientos de diversas carreras enriqueció la innovación y el trabajo en equipo. Pues como dijo Einstein, “La suerte acompaña a las mentes preparadas”.

Soy Santiago García Jiménez O'Farrill, estudio Ingeniería Civil en la Universidad Anáhuac y nunca me voy a arrepentir de haber tenido una formación como Ingeniero. Todo comenzó cuando vi la convocatoria abierta para un Hackathon de Kimberly Clark México. A mí me gusta mucho la innovación, pero ¿qué haría un ingeniero civil en un “Marathon de Hackedo”? No sabía a lo que iba y las instrucciones no eran claras, así que el sábado por la mañana tomé las cosas que usualmente llevo a la escuela y mi lap, y me dirigí a las oficinas RedBox, una agencia de innovación. El Hackathon se

dividió en tres partes. Generación de ideas, descarte de ideas hasta quedar con una y desarrollar la última idea a su máximo nivel posible.

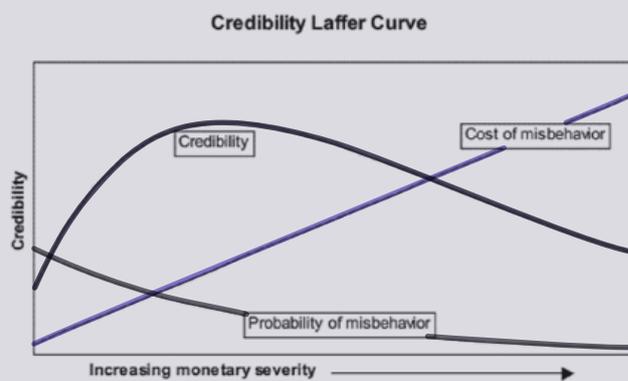
El tema consistía en un producto innovador o tecnológico para un bebé.

Es extraño empezar a platicar con personas sobre las ideas que tienes cuando no sabes absolutamente nada de ellas. Solo puedes confiar en que ellas tienen la misma capacidad que tú o incluso más. Pues si piensas lo contrario, te vas a limitar en darle confianza a tu equipo y el trabajo de este va a ser más difícil. Al no tener conocimiento pasado de cada persona de tu grupo y dejando al lado la pena, la motivación que das y que recibes de los integrantes va creciendo de manera exponencial. Y empiezas a ignorar las reglas de la gráfica de credibilidad por simplemente creer que todo era viable. Entonces todo se vuelve emocionante y la generación de ideas crece al mismo tiempo que la confianza en tu equipo.

Para trabajar en grupo es esencial confiar en lo que tus compañeros van a hacer. Esta es una virtud que afortunadamente todos en el equipo tuvimos. Otra ventaja que teníamos era que todos éramos de diferentes carreras, diferentes ingenierías y un diseñador. Al tener distintos antecedentes, cada quien veía la viabilidad de una forma distinta la cual compartía con el resto del equipo para dar a entender que la idea era buena. Esto fue algo que todos notamos al platicar con los demás equipos y ver las dificultades que tenían.

Al final, juntamos unas 48 ideas muy buenas y era tiempo de descartar 47. Para este proceso realmente descartamos unas 42, pues tuvimos la capacidad de reunir varias ideas. Una de las primeras ideas que descartamos fue una con la que yo tenía mucha ilusión (drones que cambien el pañal de un bebé, para mí esta era y será la mejor idea de todas, solo imaginemos a un drone levantando al infante, otros dos le quitan el pañal, lo enjuagan y le ponen uno nuevo) simplemente maravilloso.

Descartar ideas fue difícil, pero no podíamos estancarnos con ideas que no eran tan viables y nos teníamos que apegar al protocolo de la marca de KC. Para este momento seguíamos en “flow” y nos costó mucho quedarnos con la idea ganadora del Hackathon. El segundo día llegamos frescos y con una mentalidad más seria para explotar nuestra idea (¿Qué hacía un ingeniero civil innovando productos para pañales de bebé?). El desarrollo de esta idea y la forma de presentarla te-



nía que ser muy concreta, precisa y tenía que estar muy bien detallada, aparte la presentación tenía que ser en inglés y durar menos de 3 minutos. Así como yo sentí que tomé liderazgo en la generación y descarte de ideas, tuve que ceder para la parte técnica y la presentación del producto final. Estando en un equipo, hay gente que es buena para una cosa y no para otras. Es importante saber para qué eres bueno y no siempre tratar de tomar el liderazgo cuando sabes que ese campo no es lo tuyo. Lo mismo aplica para las personas introvertidas, si están en un equipo y saben que son buenos para una tarea en específico, deben pensar en el grupo y resaltar con cierto liderazgo para hacerle un bien al equipo, pues uno es parte de él.

Antes de entrar al Hackathon se firmó una carta de cesión de derechos, entonces ninguna de nuestras ideas se podía comercializar por nuestra cuenta. La presentación quedó de maravilla y quienes expusieron hablaron muy bien, yo no hablé.

El producto fue un dispositivo que se le pone al pañal del bebé para registrar temperatura, presión y aire dentro del estómago. Además, grababa las risas del bebé y se las mandaba a los padres por mensaje de voz cada vez que el pequeño se reía. El trabajo en equipo es muy importante para sacar productos e ideas adelante, además de generar muy buenas amistades.

Para finalizar les dejo una frase de un emprendedor de Malawi, África:

*“For as long as you aren’t yet profitable, time is the only resource you have as a startup. Every other apparent resource is just a factor of how you spend that time”*

**Wiza Jalakazi**

# Hazlo tú mismo

## ¿Pennies de plata y oro?

Gonzalo Santisteban Ocejo  
INGENIERÍA INDUSTRIAL, 4º SEMESTRE

Para hacer esto, todo lo que se necesita son un par de sustancias químicas comunes para convertir tus monedas de un centavo del color cobre, que normalmente tienes, a color plata y luego a color oro. Lógicamente las monedas no serán realmente de plata o de oro, pero tendrán esa apariencia. El metal real implicado es el zinc. Este proyecto es fácil de realizar y se puede hacer en casa solo consiguiendo un par de materiales.

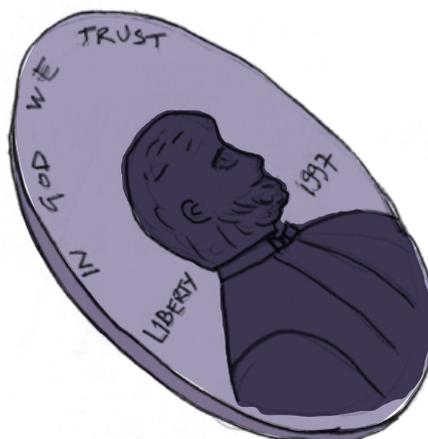
Los materiales que necesitas para hacer el experimento son:

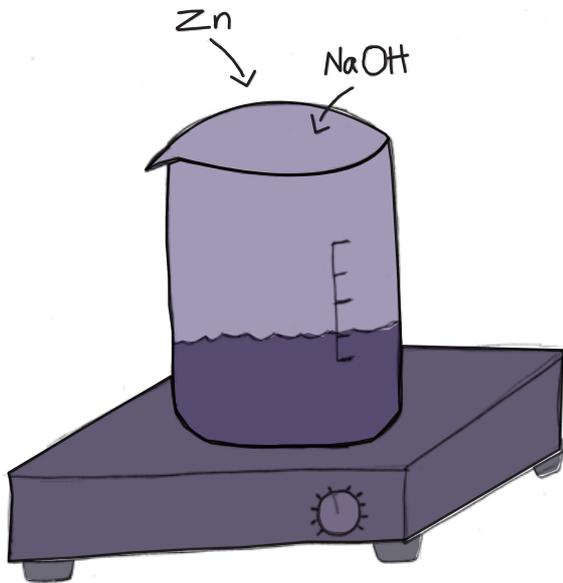
- Monedas de 1 centavo (pennies) lo más limpios posibles.
- 2-4 g de zinc (de preferencia en polvo).
- Hidróxido de sodio o solución de hidróxido sódico.
- Pinzas.
- Recipiente de agua.
- Fuente de calor, ya sea un soplete, un mechero o hasta una placa calefactora.



### Información de seguridad

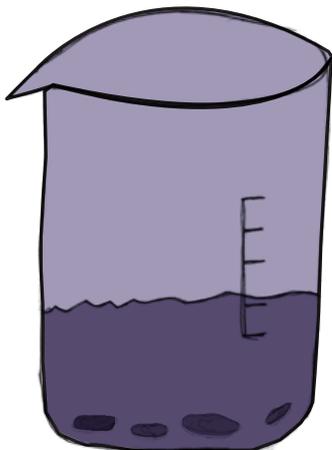
Al realizar el experimento se deben usar las precauciones de seguridad adecuadas. El hidróxido de sodio es cáustico, por lo que se recomienda la realización de este proyecto bajo una campana de extracción o al aire libre. Use guantes y gafas de protección para evitar que se salpique por la solución de hidróxido de sodio.





### ¿Cómo hacer las monedas color plata?

1. Vierte una cucharada de zinc (1-2 gramos) en un vaso pequeño o cápsula de evaporación que contiene agua y añadir una pequeña cantidad de hidróxido de sodio.
2. Calienta la mezcla cerca de la ebullición, luego retíralo del calor.
3. Introduce las monedas a la solución, asegúrate de que no se toquen entre sí, ya que, si se tocan, no cambiará el color en esa parte de la moneda.
4. Espera de 5-10 minutos para que se vuelvan color plata. Usa las pinzas para retirar las monedas de la solución.
5. Enjuaga las monedas en el agua y después sécalas.
6. Puedes examinar las monedas de un centavo una vez que las hayas enjuagado.



Al hacer esto, lo que pasa es lo siguiente; la reacción química hace placas del cobre en la moneda con el zinc, esto se denomina galvanización. El zinc reacciona con la solución de hidróxido de sodio en caliente para formar zincato de sodio soluble,  $\text{Na}_2\text{ZnO}_2$ , que se convierte en metálico de zinc cuando toca la superficie de la moneda.

### ¿Cómo hacer que las monedas color plata se conviertan en color oro?

1. Agarre la moneda de plata con unas pinzas.
2. Caliente suavemente la moneda en la parte exterior de la llama de un mechero o con un soplete o incluso colocándola sobre una placa calefactora.
3. Retire el centavo del calor tan pronto como cambia de color.
4. Enjuague la moneda de oro bajo el agua para enfriarla.

En esta parte del experimento lo que pasa es que el calentamiento del centavo fusiona el zinc y el cobre para formar una aleación llamada latón. El latón es un metal homogéneo que varía desde 60 hasta 82% de Cu y de 18 a 40% de Zn. El latón tiene un punto de fusión relativamente bajo, por lo que el recubrimiento puede ser destruido por el calentamiento de la moneda durante demasiado tiempo.

Nota: en caso de que no funcione de manera correcta alguna parte del proceso, se puede volver a usar la moneda para repetir el proceso de manera correcta.

### Bibliografía

About.com Education. (2016). *Here's A Fun Experiment that Turns Pennies into Gold*. [online] Available at: <http://chemistry.about.com/od/chemistryhowto/guide/a/goldsilverpenny.htm>

# ¡EL AVIÓN MÁS RÁPIDO! JAMÁS CONSTRUIDO EL SR-71 BLACKBIRD

Eduardo González Pérez  
INGENIERÍA MECATRÓNICA, 4º SEMESTRE

**AUNQUE** el Sr-71 parezca el avión de fin de semana de Batman, lo cierto es que este avión es completamente real, fabricado por Lockheed Martin; realizó su primer vuelo en 1994 y es capaz de alcanzar Mach 3.2 (3580 km/h) “sin despeinarse”.

Todo comenzó el 1 de mayo de 1960, Estados Unidos se encontraba en plena guerra fría, uno de sus aviones espía, el mítico U-2, había sido derribado. La CIA, preocupada por su programa de vigilancia, le encargó al contratista Lockheed Martin desarrollar un avión que pudiera volar más rápido que cualquier otro, a una gran altitud y con una mínima visibilidad en el radar.

*“Todo tenía que ser inventado”*  
Clarence “Kelly” Johnson

El nuevo proyecto estaba en una categoría diferente de cualquier aeronave desarrollada hasta la fecha, en palabras de su diseñador, Kelly Johnson, “Todo tenía que ser inventado”, ya que hasta ese entonces no existía suficiente tecnología ya desarrollada capaz de lograr tal hazaña y menos en el plazo de 20 meses prometido a EUA.

El resultado de este proyecto fue el aclamado Sr-71 conocido como “Blackbird”, el cual alcanzaba Mach 3.2 (3580 km/h) y unas altitudes de hasta 26000 m. Aunque algunos de sus contemporáneos ya alcanzaban velocidades similares, llevaba un gran riesgo ya que en el proceso quemaban completamente su motor (se realizaba solamente durante maniobras de emergencia). El logro del Blackbird fue mantener esta velocidad en modo crucero. El secreto para lograrlo estaba en sus motores, combustible, aerodinámica y su construcción completamente de titanio, material problemático por su escasez y difícil manejo, pero necesario para soportar las extremas temperaturas generadas por la fricción del aire (los bordes del avión podían calentarse a 600°C.). Como dato curioso, la pieza más grande fabricada de titanio hasta hoy es... ¡su tren de aterrizaje!

## MOTORES:

El SR-71 lleva dos motores Pratt & Whitney J58-1 Turboramjet que ofrecen un empuje de 30.000 kg. Eran únicos en su clase, porque estaban pensados para operar siempre en el estado de postcombustión. Se trataba de un motor a reacción híbrido: un turborreactor convencional, dentro de un estatorreactor. A bajas velocidades, el turborreactor y el estatorreactor funcionaban juntos, pero a altas velocidades, específicamente a velocidades superiores, al Mach 2, el turborreactor se cerraba y permanecía en el medio, con el aire pasando a su alrededor hasta el estatorreactor.

## AERODINÁMICA:

En un principio, el avión no iba a ser equipado con el borde aerodinámico, pero los ingenieros de radar convencieron a los diseñadores de añadir ese borde para las pruebas de túnel de viento, ya que se reduciría la detección de la señal en los radares. Los diseñadores descubrieron que este borde generaba vórtices a su alrededor, aumentando la sustentación del avión permitiendo su estabilidad sin necesidad de alas de cola, siendo el mayor aporte de este avión a la industria aeronáutica. Gracias a esto, el SR-71 podía realizar grandes giros a alta aceleración, hasta el punto de dejar el motor del avión sin absorber aire.

## COMBUSTIBLE:

Para el correcto funcionamiento del avión se desarrolló un nuevo combustible, ya que los que se basaban en carbono dañaban los motores. El combustible tenía un alto punto de inflamabilidad, por lo que a su vez era utilizado como refrigerante y fluido hidráulico en el avión antes de ser quemado. Contenía contaminantes fluorocarbonos para aumentar su poder lubricante, un agente oxidante para poder arder en los motores y un compuesto de Cesio, el A-50, para reducir la señal de radar de la salida de gases. El combustible era muy caro y contaminante.

Construir esta maravilla de la ingeniería fue tarea titánica, los cálculos se hicieron en una época donde no existían los sistemas CAE ni CAD, todo se realizó mediante reglas de cálculo. El titanio necesario para la fabricación era tan escaso que no había suficiente en EUA. Se tuvo que comprar a la Unión Soviética en plena guerra fría. Para cortar las piezas se tuvieron que crear herramientas nuevas y el proceso de ensamblaje era casi artesanal, esto, entre otros factores hacen al Blackbird uno de los aviones más avanzados y especiales hasta nuestros días y aunque actualmente se encuentre fuera de servicio (salvo el que tiene la NASA) por su elevado coste de mantenimiento, ha dejado un legado ingenieril difícil de superar.



# iCircuit

## La herramienta perfecta para simular y diseñar circuitos eléctricos

Óscar Quiroz Pérez

INGENIERÍA INDUSTRIAL, 4º SEMESTRE

**¿Estás estudiando mecatrónica, sistemas, bio-médica o telecomunicaciones?** No importa si te vas a dedicar a esto toda tu vida o solo vas a llevar clase de circuitos, iCircuit puede ayudarte a facilitar cualquier tarea que tenga que ver con circuitos eléctricos.

iCircuit es una avanzada plataforma de simulación capaz de manejar circuitos analógicos y digitales. Además, ofrece un análisis en tiempo real de tu circuito y te da algunos consejos de cómo mejorarlo. Es el compañero perfecto para estudiantes, aficionados e ingenieros.

Su forma de uso es muy sencilla, lo usas como lo harías con cualquier programa CAD: agregas elementos, los conectas y defines sus propiedades. Esta plataforma es un poco diferente a cualquier otro programa de CAD porque siempre está simulando. Es como trabajar con el circuito real. Existen más de 30 elementos que puede utilizar para construir sus circuitos. La aplicación tiene de todo, desde simples resistencias y conmutadores, hasta MOSFETs y puertas digitales.

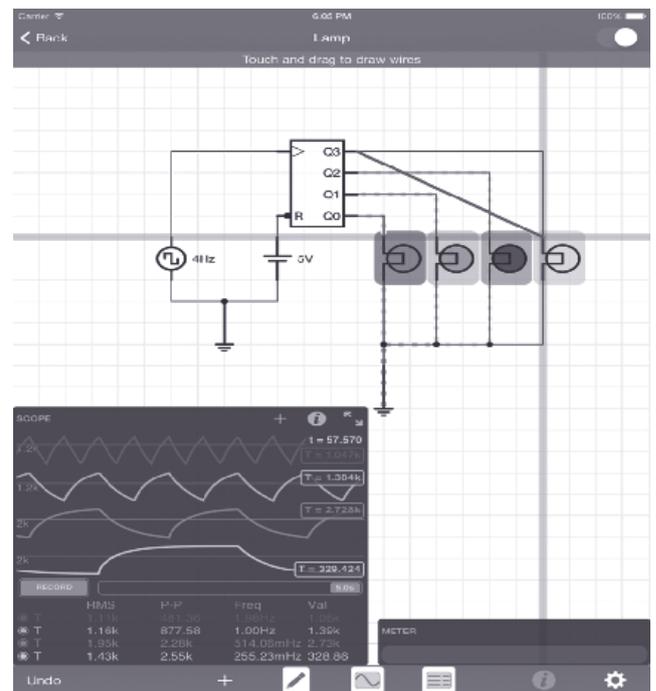
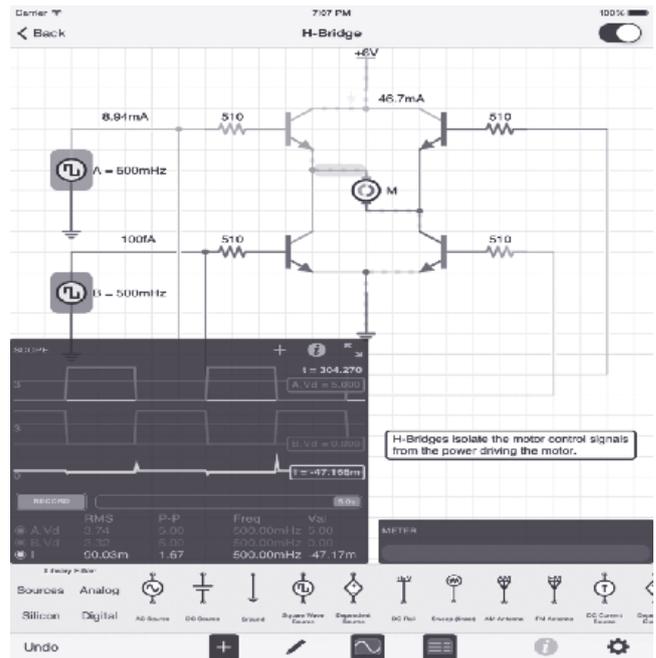
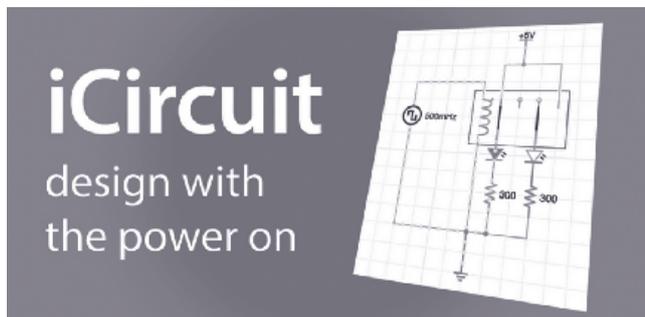
La aplicación cuenta con un multímetro que se utiliza para medir la sonda alrededor del circuito y leer instantáneamente tensiones y corrientes. Si deseas ver cómo cambia un valor con el tiempo, puedes agregar valores al osciloscopio incorporado. El alcance puede rastrear simultáneamente muchas señales a lo largo del tiempo y cuenta con una interfaz táctil para controlar el tiempo total visualizado y los modos apilados y no apilados para comparar fácilmente las señales.

Los elementos que la aplicación puede utilizar incluyen:

- Generadores de señales, fuentes de tensión, fuentes de corriente y fuentes dependientes
- Altavoces, micrófonos, zumbadores, motores de corriente continua y LED
- ADCs y DACs
- Puertas lógicas: Y, O, NAND, NOR, XOR
- JK y D Flip-flops
- 38 piezas digitales de la serie 7400
- Pantalla y controlador de 7 segmentos
- Antena con señales simuladas de AM y FM

Con esta plataforma también tienes la capacidad de crear subcircuitos para introducir nuevos elementos y elaborar tus diseños. No importa tu habilidad, es como estar jugando con los circuitos.

Está disponible para Windows, Mac, AppStore y PlayStore.



# FLASH

VS

# ciencia

Rodrigo Maya Padilla

INGENIERÍA MECATRÓNICA, 10° SEMESTRE

**T**odo el mundo sabe que el súper poder de Flash es su velocidad, pero ¿qué implica esto?, ¿es sólo rápido y ya o conlleva mucho más cosas este súper poder?. De hecho, es posible que sea el mejor de todos y a la vez sea imposible tenerlo.



El mundo real es muy diferente al mundo de los comics, por obvias razones, pero eso no evita que se tengan teorías o suposiciones basadas en la ciencia, veamos cómo Flash desafía la ciencia. El cuerpo de Flash puede ejercer la fuerza necesaria para moverse a una gran velocidad y, a su vez, su cuerpo soporta fuerzas de esa magnitud, también tiene la capacidad de pensar cosas muy rápido, reaccionar a estímulos externos a una gran velocidad, robar energía, curarse muy rápido, vencer la gravedad, atravesar objetos físicos por la vibración de moléculas e inclusive alcanzar la velocidad de la luz y así superar la barrera del tiempo y el espacio. Con todos los aspectos que conllevan el ser veloz, también existen algunos que Flash necesitaría para poder inclusive sobrevivir o que simplemente contradice a todo el personaje.



Para empezar, los objetos hechos de materia no pueden alcanzar la velocidad de la luz porque las leyes de la relatividad indican que ganarán masa infinita y requerirían energía infinita para moverlos. Flash necesitaría ojos sobrehumanos para ver todos los obstáculos que se le acercan a extremas velocidades, él se ve como un desenfoque porque el cerebro no puede procesar la señal óptica tan rápido. El tipo de aceleración y desaceleración que sufre Flash también corta la circulación a los globos oculares. Un ejemplo son los pilotos de prueba de carreras espaciales cuando se someten a pruebas de fuerzas G, esto los puede ir cegando temporalmente. Otra implicación de moverse a grandes velocidades es la fricción que producen los movimientos, esta fricción produce a su vez calor, por lo que Flash y su traje tendrían que ser muy resistentes al calor, estamos hablando de ser tan resistente como el material de los transbordadores espaciales.

Flash produce una gran carga eléctrica mientras corre, la fricción entre el suelo y nuestros pies es fundamental para caminar y correr, pero también puede generar una carga estática, y si se genera una generosa cantidad, se descarga en un pequeño choque estático, una sacudida sorprendente, pero no es letal. Las cantidades masivas de fricción entre el suelo y los pies de Flash generarían “una tonelada” de electricidad. A su vez, esa electricidad que fluye a través de su cuerpo creará un campo magnético, Flash se convertiría en un imán enorme, arrastrando automóviles, arrancando postes de luz y convirtiendo pequeños objetos metálicos en balas disparadas tras él. Inclusive, por ejemplo, si insectos lo golpearan a la velocidad que corre, estos deberían de tener la capacidad de sentirse como balas, pero no lo hacen. Una vez que Flash alcanza la velocidad del sonido, debería ser capaz de generar un auge sónico y una estela de la presión capaz de tirar a gente.

Basándonos en todo esto, ¿podría Flash salvar a gente de verdad y llevarla cargando tal y como lo hace siempre? No, realmente no podría ya que para llevar gente consigo y moverse a una velocidad muy rápida, es necesario acelerar y hay un límite de aceleración que el cuerpo humano puede soportar; ya que nuestro cuerpo no es enteramente sólido, nuestro cerebro podría ser aplastado en nuestro cráneo y los fluidos internos se condensarían en la dirección opuesta a la del movimiento ejercido, entonces esto quiere decir que Flash también podría ser el superhéroe más fuerte de todos. Los movimientos rápidos que hace requieren mucha aceleración y esto a su vez requiere una mayor fuerza.

Es curioso e interesante saber cómo funcionan estas cosas y que tienen una base en la ciencia, esto hace más interesante este tipo de historias.

Como podemos ver, es prácticamente imposible que un alguien como Flash exista y que tenga todas esas habilidades, la respuesta estándar a la mayoría de las cosas sobre Flash es su relación con la “Fuerza de la Velocidad”, un enigmático súper conjunto de energía cósmica en el universo de los comics de DC que permite a Flash desempeñar habilidades más allá de las leyes de la física, y protegerse a sí mismo de los riesgos que conlleva esa velocidad a la que corre y aunque estas historias sean ficticias, siempre podremos aprender algo de ellas a nivel científico.

Kakalios James, *The Physics of superhéroes*, 2006  
Scaliter Juan, *La ciencia de los superhéroes*, Ma Non Troppo 2011.

¿Te interesaría escribir  
un artículo para la revista  
+Ciencia?

Consulta las instrucciones para autores en:  
<http://ingenieria.anahuac.mx/?q=node/528>  
[masciencia@anahuac.mx](mailto:masciencia@anahuac.mx)

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

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

Contáctanos:

<http://ingenieria.anahuac.mx>  
[masciencia@anahuac.mx](mailto:masciencia@anahuac.mx)

 +ciencia

 @Mas\_CienciaMx



**Anáhuac**  
México

# EXÁMENES DE ADMISIÓN CADA 15 DÍAS

**PARA INGRESO  
EN AGOSTO  
DE 2017**

## CAMPUS NORTE

11 Y 12 DE MAYO

25 Y 26 DE MAYO

## CAMPUS SUR

16 Y 17 DE MAYO

6 Y 7 DE JUNIO

# 50

PROGRAMAS DE  
LICENCIATURA

La fecha límite para  
entregar tus documentos  
es **una semana antes**  
del examen.

### Campus Norte

Tel.: (55) 53 28 80 12

LADA sin costo: 01 800 U ANAHUAC  
(8 2 6 2 4 8 2 2)

[preuniversitarios.norte@anahuac.mx](mailto:preuniversitarios.norte@anahuac.mx)

### Campus Sur

Tel.: (55) 56 28 88 00

LADA sin costo: 01 800 U ANAHUAC  
(8 2 6 2 4 8 2 2)

[preuniversitarios.sur@anahuac.mx](mailto:preuniversitarios.sur@anahuac.mx)

[anahuac.mx/mexico](http://anahuac.mx/mexico)



# GRANDES LÍDERES Y MEJORES PERSONAS

## LICENCIATURAS

- ◆ Actuaría
- ◆ Administración Pública y Gobierno
- ◆ Administración Turística
- ◆ Arquitectura
- ◆ Artes Visuales
- ◆ Biotecnología
- ◆ Cirujano Dentista
- ◆ Comunicación
- ◆ Derecho
- ◆ Dirección de Empresas
- ◆ Dirección de Empresas de Entretenimiento
- ◆ Dirección en Responsabilidad Social y Desarrollo Sustentable
- ◆ Dirección Financiera
- ◆ Dirección Internacional de Hoteles
- ◆ Dirección de Restaurantes
- ◆ Dirección y Administración del Deporte
- ◆ Dirección y Administración de Instituciones de Salud
- ◆ Diseño Gráfico
- ◆ Diseño Industrial
- ◆ Diseño Multimedia
- ◆ Economía
- ◆ Finanzas y Contaduría Pública
- ◆ Historia
- ◆ Gastronomía
- ◆ Ingeniería Ambiental
- ◆ Ingeniería Biomédica
- ◆ Ingeniería Civil
- ◆ Ingeniería de Alimentos
- ◆ Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de Información
- ◆ Ingeniería Financiera
- ◆ Ingeniería Industrial para la Dirección
- ◆ Ingeniería Mecatrónica
- ◆ Ingeniería Química
- ◆ Inteligencia Estratégica
- ◆ Lenguas Modernas y Gestión Cultural
- ◆ Médico Cirujano
- ◆ Mercadotecnia Estratégica
- ◆ Moda, Innovación y Tendencia
- ◆ Música Contemporánea
- ◆ Negocios Internacionales
- ◆ Nutrición
- ◆ Pedagogía Organizacional y Educativa
- ◆ Psicología
- ◆ Relaciones Internacionales
- ◆ Teatro y Actuación
- ◆ Terapia Física y Rehabilitación
- ◆ Turismo Cultural y Gastronómico

## LICENCIATURAS EMPRESARIALES

- ◆ Administración de Negocios
- ◆ Ingeniería de Negocios
- ◆ Dirección de Comunicación Mercadológica y Corporativa

# 50

## PROGRAMAS DE LICENCIATURA



### Campus Norte

Tel.: (55) 53 28 80 12

LADA sin costo: 01 800 U ANAHUAC  
(8 2 6 2 4 8 2 2)

[preuniversitarios.norte@anahuac.mx](mailto:preuniversitarios.norte@anahuac.mx)

### Campus Sur

Tel.: (55) 56 28 88 00

LADA sin costo: 01 800 U ANAHUAC  
(8 2 6 2 4 8 2 2)

[preuniversitarios.sur@anahuac.mx](mailto:preuniversitarios.sur@anahuac.mx)

[anahuac.mx/mexico](http://anahuac.mx/mexico)

## GRANDES LÍDERES

## Y MEJORES PERSONAS