



INVESTIGANDO

el material del futuro: GRAFENO

FUSIÓN NUCLEAR

VÍA LÁSER

CELIDAS

FOTOVOLTÁICAS ORGÁNICAS

POTABILIZACIÓN SOLAR

AGUA PARA TODOS

NO. 13 2017

[NC] NOTICIO

DI REC TO RIO

Loma del Bosque 115 Col. Lomas del Campestre
C.P. 37150 León, Guanajuato, México
Tel. (52) 477-441-42-00
www.cio.mx

DIRECTOR GENERAL
Dr. Elder de la Rosa Cruz
dirgral@cio.mx

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
Dr. Gabriel Ramos Ortiz
dirinv@cio.mx

DIRECTOR DE FORMACIÓN ACADÉMICA
Dr. Luis Armando Díaz Torres
dirac@cio.mx

DIRECTOR DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
Dr. Gonzalo Páez Padilla
dvydt@cio.mx

DIRECTOR ADMINISTRATIVO
Lic. Silvia Elizabeth Mendoza Camarena
diradmon@cio.mx

PERSONAL · NOTICIO

Editor Administrativo
Elder de La Rosa.

Editores Científicos
Vicente Aboites, Mauricio Flores, Alfredo Campos.

Reportajes y Entrevistas
Eleonor León.

Diseño Editorial
Lucero Alvarado.

Colaboraciones
José Luis Maldonado, Manuel I. Peña, Haggeo Desirena,
Carlos Pineda, Iván Salgado Transito, Oracio Barbosa García.

EDITO-

ELDER DE LA ROSA

El Centro de Investigaciones en Óptica (CIO) cumple este 18 de abril 37 años de su fundación. Como parte de las celebraciones, la comunidad CIO realiza actividades de esparcimiento, deporte y una tradicional caminata hacia el Cerro Gordo de León, Guanajuato, a donde suben empleados y estudiantes de este Centro, para disfrutar de un desayuno informal, realizar una fotografía grupal y fortalecer lazos fraternales.

El CIO fue fundado por el Dr. Daniel Malacara Hernández el 18 de abril de 1980, esta generación de conocimiento, contribuye al desarrollo de una cultura científica y tecnológica, además de la formación de capital humano en el campo de la óptica y fotónica.

Este Centro inició actividades con tan sólo cuatro investigadores en un local rentado. Desde entonces se ha fortalecido tanto en recursos humanos como en infraestructura. Actualmente cuenta con 11 edificios con más de 25,000 m² que albergan más de 40 laboratorios con equipamiento de punta. Los integran más de 200 empleados, de los cuales más de 150 es personal científico y tecnológico. Tiene una matrícula con más de 150 estudiantes de posgrado y atiende a más de 250 estudiantes por año en diferentes estancias. Se llevan a cabo anualmente más de 45 proyectos de investigación y más de 20 proyectos de desarrollo tecnológico, lo que muestra su impacto en el sector productivo. Cuenta con uno de los programas de divulgación de la ciencia más sólidos dentro del sistema de centros CONACYT.

A lo largo de estos años, el CIO ha dado muestras de su capacidad para la generación de nuevos conocimientos y desarrollo tecnológico. Es actualmente la institución líder a nivel nacional en el área de óptica y fotónica, que aspira a una posición de liderazgo a nivel internacional. Pero sobre todo, aspira a aportar soluciones a los grandes problemas nacionales.

Su aniversario número 37, representa para el CIO el motivo perfecto para celebrar y para multiplicar esfuerzos en el ámbito científico, académico, tecnológico y de divulgación de la ciencia; todo esto para dar a conocer los programas consolidados, iniciativas y laboratorios nuevos, así como las capacidades y oferta tecnológica con la que esta institución cuenta.

Todo ello significa en la historia del CIO un proceso para consolidar capacidades científico-tecnológicas de laboratorios, las áreas de investigación con las que inició, pero también para responder a las demandas de la región y del país. La investigación que se ha venido desarrollando a lo largo de estos años resuelve problemáticas ya no solo de ingeniería óptica, sino también para los sectores de salud, energía, manufactura y alimentos, temas relevantes a nivel nacional y global. Se ubica actualmente como la institución nacional líder en el campo de la óptica y fotónica, los recursos humanos que se han formado en ella, reflejan en gran medida la calidad académica con la que cuenta este Centro, al encontrarse insertados en el sector educativo y empresarial dentro y fuera del país.

Dr. Elder de la Rosa Cruz
Director General
Centro de Investigaciones en Óptica, A.C.

-RIAL

NOTICIO

En el CIO realizamos investigación básica, tecnológica y aplicada que incrementa nuestro conocimiento y nos permite resolver problemas tecnológicos y aplicados vinculados con la óptica. En particular en las áreas de: pruebas no destructivas, holografía y materiales fotosensibles, visión computacional e inteligencia artificial, óptica médica, instrumentación, infrarrojo, materiales fotónicos inorgánicos y orgánicos, nanomateriales, láseres y aplicaciones, espectroscopía, fibras ópticas, sensores, opto-electrónica, cristales fotónicos, comunicaciones y dinámica de sistemas complejos. Este trabajo se realiza por investigadores del CIO o en colaboración con empresas e instituciones académicas nacionales y extranjeras. NotiCIO es una publicación trimestral que tiene como objetivo dar a conocer a una audiencia amplia los logros científicos y tecnológicos del CIO para ayudar a que éstos sean comprendidos y apreciados por su valor para los ciudadanos, para nuestro país y para el mundo. El CIO pertenece al Sistema de Centros Públicos de Investigación Conacyt del Gobierno Federal. Mayor información sobre el CIO puede obtenerse en el sitio www.cio.mx



CIOmx



Centro de Investigaciones
en Óptica A.C.



@CIOmx

EDITORIAL

4 Dr. Elder de la Rosa.



10 Aprovechamiento de la energía solar, simulación y capacidades de la Unidad Aguascalientes

14 Fusión nuclear: Vía láser

20 Nuevos materiales: Tecnología emergente para el aprovechamiento de la energía solar

26 Investigando el material del futuro: Grafeno

30 Tecnología LED en México: ¿inorgánica, orgánica o híbrida?

34 Potabilización solar: Agua para todos

38 Centros mexicanos de innovación en energía

46 Celdas fotovoltaicas orgánicas

51 Materiales luminiscentes

54 Biomasa, biocombustibles y capacidades en el CIO

60 Lista de publicaciones de artículos



APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR

SIMULACIÓN Y CAPACIDADES DE LA UNIDAD AGUASCALIENTES EN ESTE TEMA

MANUEL I. PEÑA

Se puede afirmar, sin duda alguna, que el aprovechamiento de la energía solar ha sido fundamental para el desarrollo de la actividad humana en el planeta. La energía solar, base de aspectos elementales como la agricultura, iluminación y salud, hasta cuestiones modernas surgidas en décadas recientes como la generación de calor y electricidad, ha permitido que la especie prospere con cierto grado de comodidad en un mundo tradicionalmente hostil.

En términos tecnológicos, los sistemas de aprovechamiento de energía solar se pueden dividir en dos grandes rubros, entre los que se encuentran los llamados “sistemas fotovoltaicos”; un tanto más conocidos por la población en general, y los denominados “fototérmicos” o termosolares. Ambos sistemas utilizan la radiación solar como fuente primaria de combustible. Sin embargo, se diferencian en el fenómeno de conversión de ener-

gía. Los sistemas fotovoltaicos funcionan bajo el principio fotoeléctrico, en donde los fotones provenientes del sol excitan un material semiconductor para producir electrones/energía eléctrica. Los sistemas termosolares tienen un principio de funcionamiento distinto, pues utilizan la energía solar concentrada sobre un receptor para producir calor y transferirlo a un fluido (algo similar a cuando de niños utilizábamos una lupa para concentrar la luz del sol sobre un objeto para quemarlo), aunque los sistemas termosolares industriales típicamente utilizan espejos, aluminio especial o películas plásticas de alta reflectividad para concentrar la luz en lugar de lupas. De esta forma, se puede tener un sistema termosolar que, dependiendo su tamaño y características, es capaz de producir agua caliente para tomar un baño en casa (baja temperatura 40 - 90 °C), procesos en la industria que requieren de un fluido más caliente (mediana temperatura 100



- 250 °C) o el caso impresionante de la generación de vapor sobrecalentado para producir energía eléctrica mediante una turbina (alta temperatura 300 - 1000 °C) y de esta forma sustituir la quema de combustibles fósiles por energía renovable, permitiendo ahorros considerables a nuestro recibo de gas y logrando un mundo menos contaminado.

Para diseñar, construir y evaluar la tecnología necesaria para el aprovechamiento de la

energía solar se requiere un equipo técnico multidisciplinario e instrumentos científicos altamente sofisticados. Bajo esta premisa, el Centro de Investigaciones en Óptica - en su Unidad Aguascalientes, cuenta con personal técnico y científico altamente capacitado que realiza investigación, desarrollo e innovación (I+D+I) en áreas prioritarias para la penetración de la tecnología en el mercado mundial. Las áreas principales que se desa-

rrollan en el Grupo de Investigación e Ingeniería en Energía Solar (GIIE-Sol) involucra la Evaluación del recurso solar; mediante el desarrollo de sensores inteligentes para cuantificar la disponibilidad de la radiación solar, Diseño mecánico; para la manufactura de prototipos, Instrumentación y control; para desarrollar mejoras en los componentes eléctricos, Química solar; hablese de materiales fotosensibles que permitan la producción de com-

bustibles alternativos como el hidrógeno y la degradación de contaminantes y la Caracterización óptico-térmica; implementando metodologías que permitan certificar estos sistemas comerciales.

Actualmente en el CIO-Ags, se encuentra en la etapa de construcción un Simulador Solar de Alto Flujo Radiativo (SSAFR) para el desarrollo de aplicaciones de generación de calor y combustibles solares con una potencia nominal de 16 kW. Un SSAFR consiste en un arreglo de lámparas de arco de Xenón de alta potencia acopladas a un concentrador de alta calidad, el cual concentra la radiación de manera homogénea sobre un punto o "spot". Con ello, se consigue obtener la representación del espectro solar a nivel laboratorio de la mejor manera posible, con la ventaja añadida de tener altos niveles de energía de una manera controlada. Imaginemos una enorme lupa que nos permite tener al sol a nuestra disposición a cualquier momento del día en la dosis que queramos. Este equipo, único en el país, será un componente clave para posicionar al Centro de Investigaciones en Óptica a la par de otros centros de investigación en el mundo que actualmente realizan investigación de primer nivel en el área de energía solar concentrada con simuladores solares; como el Paul Scherrer Institute - ETH Zurich en Suiza, la Universidad Nacional Australiana y la Universidad de Minnesota en EUA. Este equipo, permitirá realizar investigación de frontera en áreas de gran impacto para la tecnología solar, contribuirá a la generación de conocimiento, formación de capital humano y al desarrollo de tecnología que apoyen la formación de un modelo de país más sustentable. ■

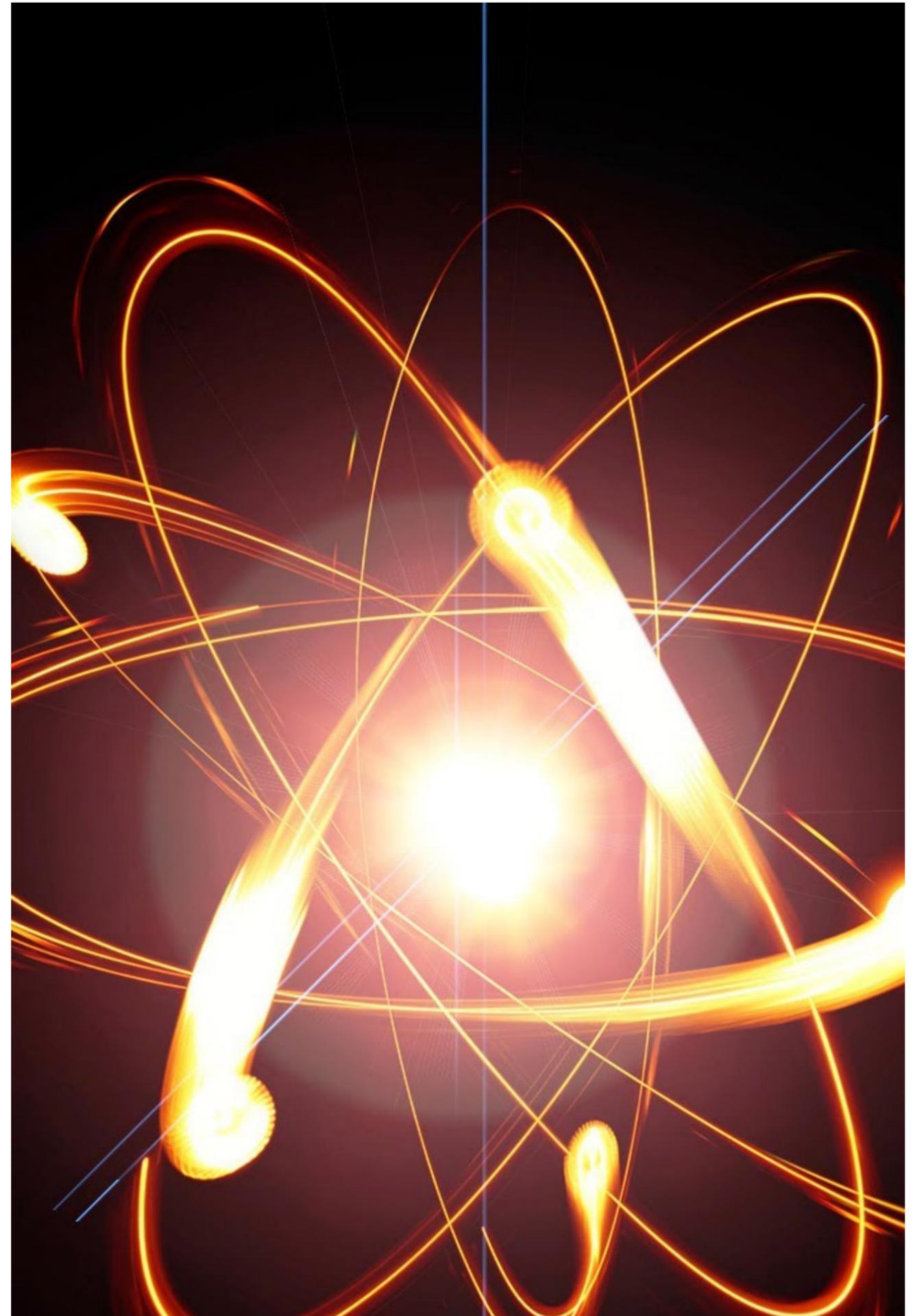


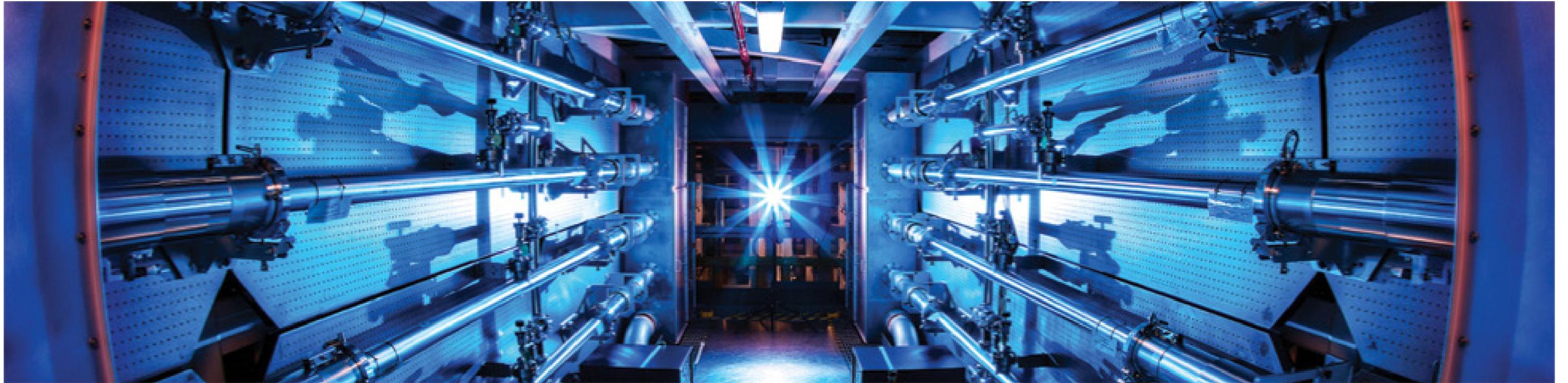
FUSIÓN NUCLEAR

VÍA LÁSER

VICENTE ABOITES

Una de las más importantes fuentes alternativas de energía es la fusión nuclear, se espera que a mediados de este siglo se construyan los primeros reactores de fusión para generación comercial de electricidad. Una planta para la generación de energía de fusión tiene muchas ventajas sobre otras fuentes alternativas. Por ejemplo, a diferencia de una planta termo-eléctrica que quema gas o petróleo, un reactor de fusión prácticamente no contamina el ambiente ni produce gases con efecto invernadero. A diferencia de la energía eólica o solar los reactores de fusión producen energía constante y abundante independientemente de las condiciones climáticas. También, a diferencia de la energía solar que requiere de grandes extensiones de terreno para producir energía significativa lo cual hace de una planta de energía solar una instalación muy poco ecológica, la eficiencia energética de un reactor de fusión por hectárea es inigualable. Finalmente a diferencia de un reactor nuclear de fisión convencional, un reactor de fusión no puede nunca quedar fuera de control y representar un problema de seguridad y contaminación radioactiva.





Se sabe que hay dos tipos de reacciones nucleares importantes para la generación de energía: La fisión nuclear y la fusión nuclear. La fisión nuclear es el proceso por medio del cual el núcleo de un átomo pesado como el Uranio o el Plutonio se rompe (se fisiona) dando como resultado átomos más ligeros y energía. Un ejemplo es la reacción: $U + n \rightarrow Kr + Ba + 3n$. En esta reacción un neutrón (n) fisiona a un átomo de Uranio (U) dando como resultado la liberación de energía, un átomo de Kriptón (Kr), uno de Bario (Ba) y tres neutrones (n). Procesos de este tipo son los que ocurren en el interior de un reactor nuclear de fisión (como el de Laguna Verde, en Veracruz) y en las primeras bombas atómicas (como las de Hiroshima y Nagasaki). Por otra parte la fusión

nuclear es el proceso por medio del cual los núcleos de átomos ligeros como el Hidrógeno, el Deuterio o el Tritio, se aglutinan (se fusionan) formando el núcleo de un nuevo átomo más pesado y la liberación de abundante energía. Un ejemplo es la reacción: $D + T \rightarrow He + n$. En esta reacción los núcleos del átomo de Deuterio (D) y del Tritio (T) se fusionan para producir un núcleo de Helio (He), un neutrón (n) y abundante energía. La fusión nuclear es la responsable de la energía generada en el Sol y en todas las estrellas. Actualmente esta energía solo puede ser liberada en la Tierra por medio de violentas explosiones termonucleares de fusión. Construir un reactor nuclear para fusión controlada es un gigantesco reto científico-tecnológico debido a que para

tener la fusión de dos núcleos estos se deben acercar y finalmente aglutinar (fusionar) superando la natural fuerza de repulsión electrostática entre los dos núcleos que es enorme. Para lograr fusión nuclear los átomos participantes deben previamente hallarse a temperaturas similares a las que se encuentra el núcleo del Sol (¡alrededor de 100 millones de grados!). Solo así los núcleos de los átomos participantes en las reacciones de fusión pueden superar la repulsión electrostática entre ellos. Esto debe darnos una idea de la inmensidad del reto científico ya que se debe de disponer de un reactor que contenga un gas (llamado "plasma") a esa altísima temperatura. Sin embargo no existe ningún material que pudiera resistir y contener gases a tem-

peraturas tan altas. Hay dos formas de resolver este problema conocidas como "confinamiento magnético" y "confinamiento inercial o láser". El primer método consiste en utilizar un dispositivo llamado Tokamak que tiene forma de "dona". Allí utilizando campos magnéticos muy intensos se logra que el plasma producido a 100 millones de grados quede localizado como un hilo flotando en el interior de la dona y separado de las paredes de metal del Tokamak. Solamente allí pueden ocurrir las reacciones de fusión nuclear y por tanto la liberación controlada de abundante energía. La segunda forma consiste en utilizar láseres para calentar el combustible nuclear a los 100 millones de grados requeridos. De este modo se logra una micro-explosión termo-

nuclear que libera cantidades controladas de energía. Así como de el motor de un automóvil se obtiene un flujo continuo de energía mecánica a partir de una serie de pequeñas explosiones que ocurren en el interior de un cilindro, así, análogamente, de una serie de micro-explisiones termonucleares se pretende obtener un flujo continuo de energía que permita la generación de electricidad.

Actualmente se construye en Cadarache, Francia, el reactor termonuclear "Iter" con la colaboración de Estados Unidos, Rusia, China, India, Japón, Corea y la Unión Europea. Como ya se mencionó, el combustible utilizado en un reactor de fusión es Deuterio y Tritio. El Deuterio se encuentra en el agua, es inofensivo y virtualmente inagotable;

cada litro de agua de mar contiene 33 miligramos de deuterio y éste se produce de modo rutinario para muchas aplicaciones industriales y científicas. Por otra parte el Tritio se encuentra de modo natural en muy pequeñas cantidades en la Tierra, sin embargo el Tritio puede generarse a partir del Litio mediante la siguiente reacción: $\text{Li} + \text{n} \rightarrow \text{T} + \text{He}$. Esto es, al reaccionar el Litio con un neutrón produce Tritio más Helio. Es interesante que nuestro país cuenta con enormes reservas de Litio el cual como se ha visto es importante no porque sirva para producir "pilas de larga duración" sino porque sirve para producir combustible termonuclear. El Litio es uno de los más importantes recursos energéticos estratégicos del futuro. ■



CLUB CIO DE ASTRONOMÍA

¿QUÉ SON LAS ESTRELLAS?



ÚLTIMO JUEVES DE CADA MES
MÁS INFORMACIÓN EN REDES SOCIALES

NUEVOS MATERIALES TECNOLOGÍA EMERGENTE PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR

ELDER DE LA ROSA

El interés en el aprovechamiento de la energía solar ha motivado el desarrollo de nuevos materiales que mejoren la eficiencia de conversión de la luz del sol en electricidad.

En los últimos años se han desarrollado nuevos materiales, a fin de mejorar la eficiencia de conversión y reducir costos de producción para que estos dispositivos lleguen al mercado. En general, este tipo de dispositivos pueden fabricarse a base de materiales llamados: semiconductores, que tienen la propiedad de absorber la luz del sol y producir electricidad.

La primera generación de estos dispositivos, y que se encuentran en el mercado, se fabrican a base de semiconductores en bulto (poco menos de un milímetro de espesor). Un ejemplo de estos son las celdas solares de silicio, con eficiencia de conversión mayor a 25% (es decir, solo un cuarto de la luz incidente es convertida a electricidad) y una participación de mercado del 90%. La se-



gunda generación de estos dispositivos, se construye a base de películas delgadas de solo unos cuantos micrómetros de espesor (un micrómetro es 0.001 de un milímetro). El ejemplo representativo de esta tecnología son las celdas a base del semiconductor llamado telurio de cadmio (CdTe) que presenta una eficiencia de conversión del 21% y tiene una participación del mercado del 5%. Esta última es una tecnología de fabricación más barata, pero es un material escaso lo que incrementa el costo.

La tercera generación de celdas solares, actualmente en desarrollo, utiliza tecnologías con el potencial para mejorar la eficiencia de conversión y desempeño y está basado en películas delgadas de nuevos materiales semiconductores, incluye celdas solares de colorantes o moléculas sintéticas (DSSC, por sus siglas en inglés) con eficiencias de conversión de luz a electricidad del 12%; orgánicas o compuestos a base de átomos de carbono (OPV) con eficiencias del 11.5%; de puntos cuánticos o materiales semiconductores del tamaño nanométrico (QD-PV, un nanómetro es 0.000001 de un milímetro) con eficiencias del 10%; y más recientemente las celdas solares de perovskitas, material híbrido o compuestos de material orgánico e inorgánico (P-PV) con efi-

ciencia récord del 22%. Las tres últimas tienen un gran potencial por su bajo costo de producción y porque se pueden aplicar en sustratos flexibles. Pero es la última, la que actualmente llama más la atención, pues la alta eficiencia se ha obtenido en apenas cinco años comparado con los más de 10 años que ha tomado desarrollar las OPVs.

¿Qué es una perovskita? Es un material cristalino que absorbe la luz del sol y la convierte a electricidad. Deriva su nombre del hecho de que los elementos que la integran se ordenan en forma similar al mineral cristalino llamado perovskita que está compuesto de átomos de calcio, titanio y oxígeno (titanato de calcio CaTiO_3) ordenados formando una estructura cúbica con una fórmula genérica ABX_3 .

En esta fórmula, A y B representan átomos con carga positiva (cationes) pero el primero, es mucho más grande que el segundo, mientras que X representa un átomo con carga negativa (anión) que enlaza a los dos cationes tal como se muestra en la figura 1.

En las celdas solares de perovskitas, A es una molécula orgánica con carga positiva (metilamonio, $(\text{CH}_3\text{NH}_3)^+$), B es un átomo (inorgánico) de plomo (Pb^+) con carga positiva, y X_3 es un átomo con carga negativa de Cloro (Cl^-), Bromo



(Br^-) o Yodo (I^-). Es decir, es un material híbrido orgánico-inorgánico cuyas propiedades ópticas y electrónicas dependen de la combinación de los materiales elegidos. Los elementos que forman este semiconductor son baratos y relativamente fáciles de producir. Tienen una alta capacidad de absorción de la luz que se convierte a electricidad, que lo hacen muy prometedor para celdas solares pero también para diodos emisores de luz (LED) y diodos láser (LD).

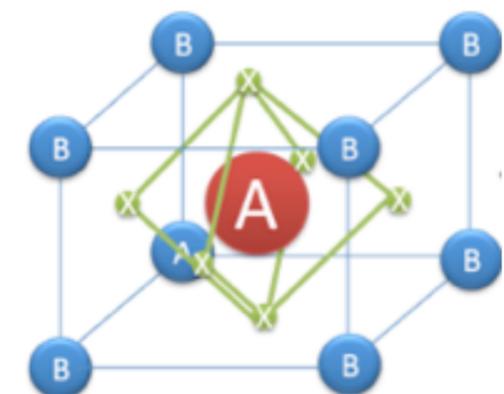


Figura 1



Las celdas solares de perovskitas han mostrado un sorprendente avance en los últimos años. El primer reporte fue presentado en 2006 por Miyasaka, con una eficiencia de conversión de luz a electricidad del 2.2%. Posteriormente, en 2012 Snaith y Murakami reportaron una eficiencia de conversión de 10.9% para el primer dispositivo totalmente sólido, que fue optimizado a 12% por el grupo de Soak y Gratzel en el mismo año. Estos últimos resultados motivaron un mayor interés en este tipo de dispositivos desde diferentes aproximaciones. Desde entonces, se ha avanzado en el desarrollo de ambas configuraciones hasta obtener 22% de eficiencia en 2016.

En los últimos dos años, en el CIO hemos venido trabajando en el desarrollo de este tipo de celdas solares, en dos configuraciones. La figura 2 muestra un diagrama esquemático de cada una de ellas, ambas estructuras han sido desarrolladas en nuestro laboratorio obteniendo una eficiencia de conversión del 18%.

La figura 3 muestra una imagen de microscopia electrónica de la sección transversal de una celda de perovskita desarrollada en nuestro laboratorio, con la cual hemos obtenido 18% de eficiencia de conversión, un voltaje de 1.07 V y 23.2 mA de corriente, como se muestra en el gráfico de la misma figura.

Uno de los mayores retos es mejorar la estabilidad de los dispositivos pues actualmente se degradan rápidamente. Una de las opciones para lograrlo, es el uso de puntos cuánticos de perovskitas, es decir, partículas de unos cuantos nanómetros de diámetro (1 nanómetro es 0.000001 de un milímetro), que también tienen un potencial de uso en aplicaciones biomédicas. En la misma figura se muestran fotografías de la luminiscencia de dichos puntos cuánticos obtenidos por nuestro laboratorio; en este caso la X de la fórmula se ha substituido por átomos de yodo, cloro y bromo. Estos resultados colocan al CIO como una de las instituciones líder en el desarrollo de este tipo de dispositivos. ■

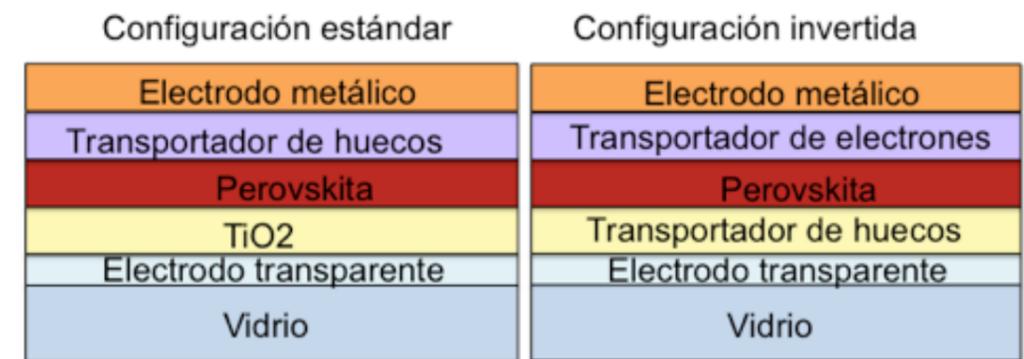


Figura 2

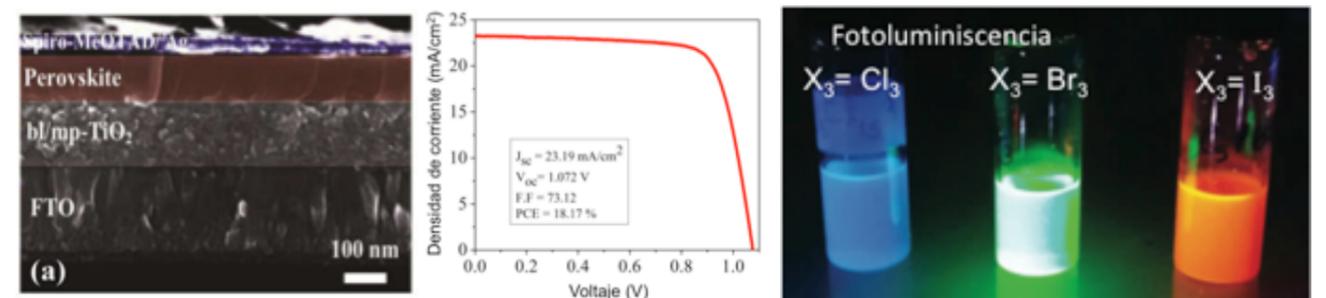


Figura 3



INVESTIGANDO EL MATERIAL DEL FUTURO: GRAFENO

JOSÉ LUIS MALDONADO

Laboratorio Nacional de Materiales Grafénicos (LNMG).

Recientemente el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) aprobó la Etapa de Consolidación del Laboratorio Nacional de Materiales Grafénicos (LNMG) con sede en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) ubicado en Saltillo, Coahuila. Como instituciones participantes y colaboradoras están: el Centro de

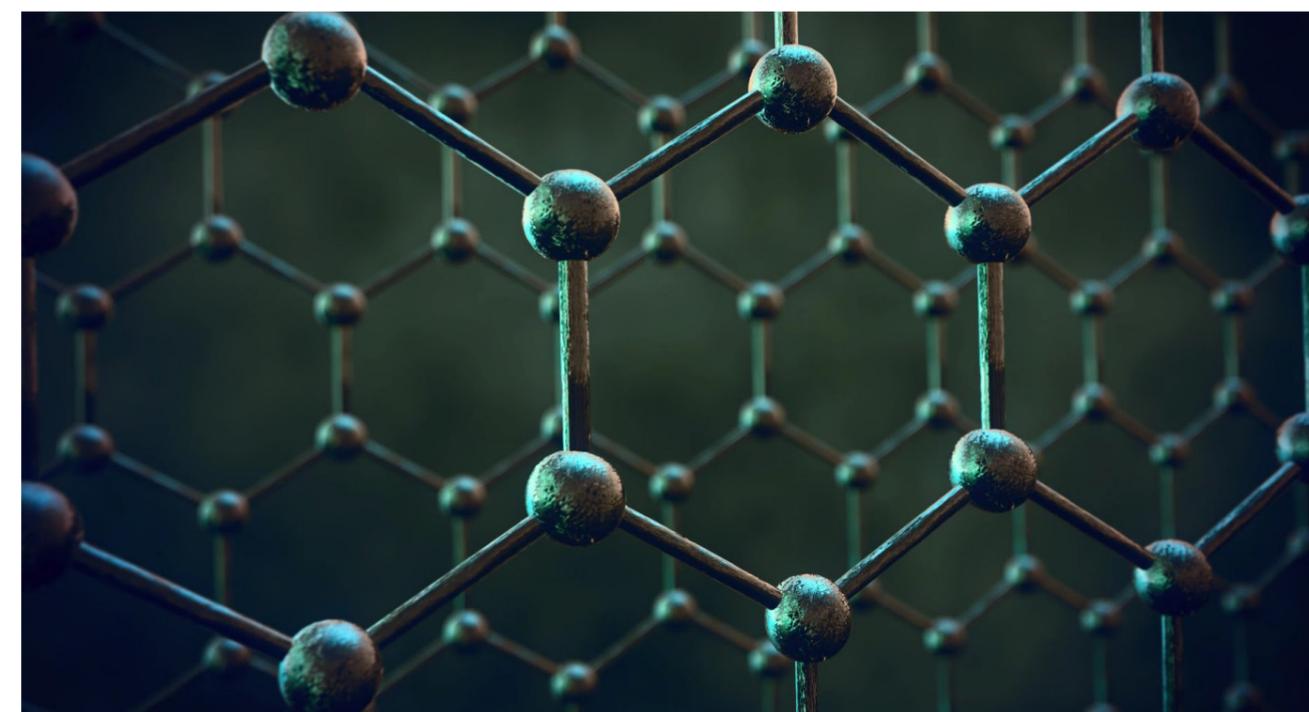
Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ), ubicado en Pedro Escobedo, Querétaro y el Centro de Investigaciones en Óptica (CIO). La finalidad de este Laboratorio Nacional es producir grafeno e híbridos (de TiO₂ y ZnO y otros metales con grafeno exfoliado, en sus diversas variantes), dicha producción estará a cargo principalmente del CIQA, institución del área de química con gran experiencia en síntesis de diversos ma-

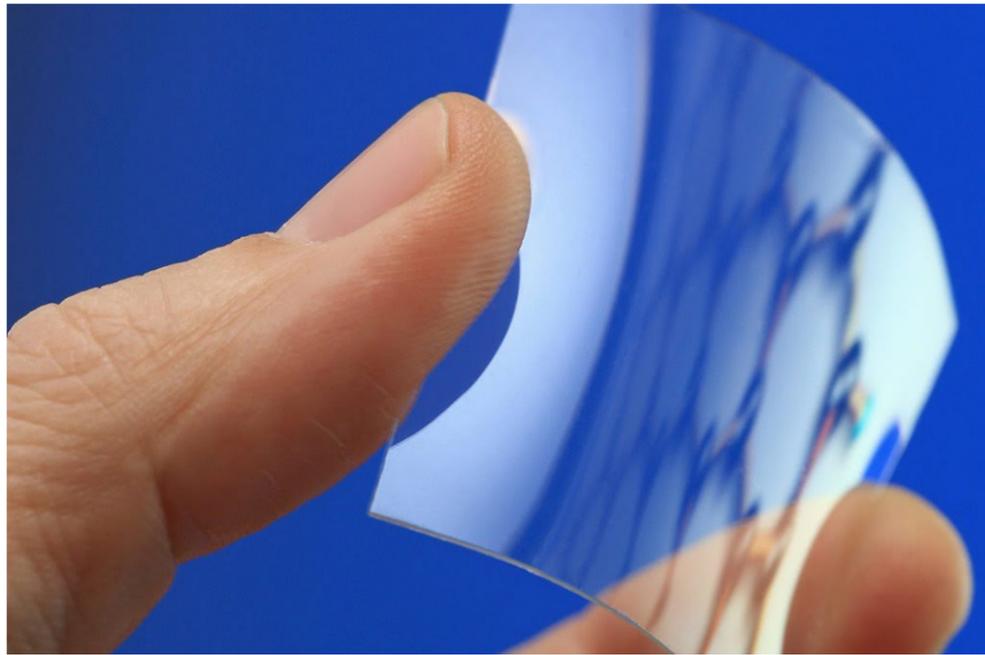
teriales. Por su parte, el CIDETEQ y el CIO, aprovechando su experiencia y capacidades en electroquímica y óptica, particularmente en el desarrollo de fuentes alternativas de energía limpia como lo son: las celdas foto-electroquímicas y orgánicas/híbridas, respectivamente, aplicarán estos derivados grafénicos en la fabricación de prototipos de celdas foto-electroquímicas y celdas solares orgánicas e híbridas, respectivamente.

Grafeno: características y aplicaciones

El grafeno es una sustancia compuesta por carbono puro, con átomos dispuestos en patrón regular hexagonal, similar al grafito, pero en una hoja tan delgada como el tamaño de un átomo (10-10 metros) y que puede ser 100 veces más fuerte que el acero, siendo aproximadamente 5 veces más ligero que el aluminio: una lámina de 1 metro cua-

drado pesaría tan sólo 0.8 miligramos. Después de intensas investigaciones científico/tecnológicas a nivel mundial, en el año 2004 se obtuvo este nuevo y asombroso material, llamado “el material del futuro”. El grafeno posee un conjunto de características como: alta flexibilidad, impermeabilidad, transparencia y resistencia y es además un excelente conductor de electricidad y calor. Los científicos Andre Geim y Konstantin Novoselov de la Universidad de Manchester (Reino Unido), recibieron en 2011 el Premio Nobel de Física “por sus experimentos fundamentales sobre el material bidimensional grafeno”. Referente a sus propiedades mecánicas, los ganadores del Nobel hicieron la siguiente comparación: una hamaca de grafeno de un metro cuadrado de superficie y un solo átomo de espesor, podría soportar hasta 4 kg antes de romperse (equivalente al peso de un gato). En





total esta hamaca pesaría lo mismo que uno de los pelos del bigote del gato, menos de un miligramo. Contrario a lo que se podría pensar, dicho material es considerablemente más económico que muchos materiales que no reúnen por completo las mismas características. No se clasifica como metal, sin embargo puede ser considerado como un metal transparente y altamente conductor. El sector que ha mostrado más interés en este particular material es el de la electrónica y pronto, el grafeno podría ser usado en la fabricación de teléfonos celulares, tabletas, pantallas y demás dispositivos electrónicos ultra delgados y mucho más ligeros que los actuales y con baterías mucho más duraderas que las presentes de litio. Estos dispositivos serían además mucho más resistentes a impactos e inclusive pudieran llegar a plegarse o enrollarse. Otro sector de gran interés en el uso del grafeno es el automotriz para la fabricación de baterías para sus automóviles eléctricos, ya que a diferencia de las baterías de litio, las baterías basadas en grafeno podrían ser más económicas, mucho más duraderas y con la posibilidad de recargarse en unos pocos minutos.

Asimismo, en el área de energía, particularmente de energías renovables, a diferencia de las celdas solares basadas en silicio, con el grafeno se podrían fabricar celdas fotovoltaicas más ligeras, eficientes, semitransparentes, flexibles y más económicas. En el CIO se está desarrollando, en colaboración con distintas instituciones nacionales, variantes de grafeno a partir de grafito por distintos métodos. Se ha estado utilizado para dopar la capa activa de las celdas solares orgánicas, que es la que recibe la radiación solar y la absorbe, para tener una mayor conversión de energía solar a energía eléctrica. Otra variante de grafeno se ha empleado en capas alternas de las celdas solares, por ejemplo, en la capa colectora de huecos para transporte de cargas positivas. Además se puede aplicar como capa colectora de electrones e incluso como electrodos en las celdas solares, electrodos transparentes o semitransparentes y flexibles. La idea es fabricar celdas solares basadas totalmente en materiales grafénicos. ■



5ta. ESTANCIA JÓVENES DE EXCELENCIA

3 al 28 de Julio · 2017





TECNOLOGÍA LED EN MÉXICO

¿INORGÁNICA, ORGÁNICA O HÍBRIDA?

ORACIO BARBOSA GARCÍA

El acrónimo LED corresponde a Light Emitting Diode (Device) y traduce como Diodo (Dispositivo) Emisor de Luz. Actualmente estos emisores de luz ya se observan como sustitutos de focos incandescentes y de lámparas fluorescentes (ahorradoras y normales), así como en diversos dispositivos que tienen testigos de luz para identificar su encendido. También se identifican en algunos televisores que sustituyen aquellos de plasma o bien de cristal líquido (LCD) o ya no se diga de rayos catódicos. Los LEDs se hacen cada vez más presentes en nuestra vida diaria debido a que tienen un bajo consumo de energía comparado con las fuentes de luz que sustituyen, son compactos y sobre todo generan una mejor iluminación y en su caso ofrecen colores más brillantes que son más agradables al ojo humano.

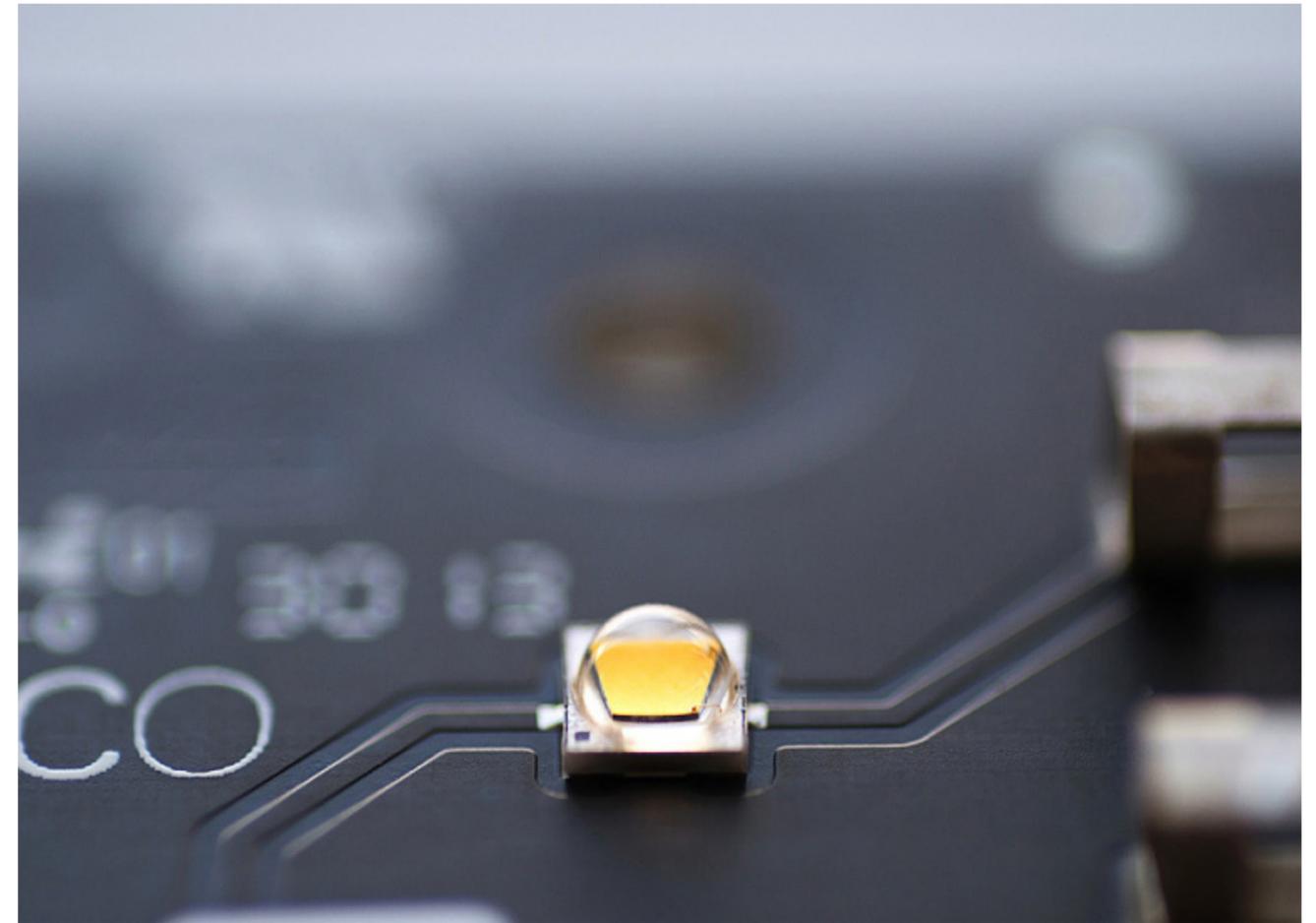
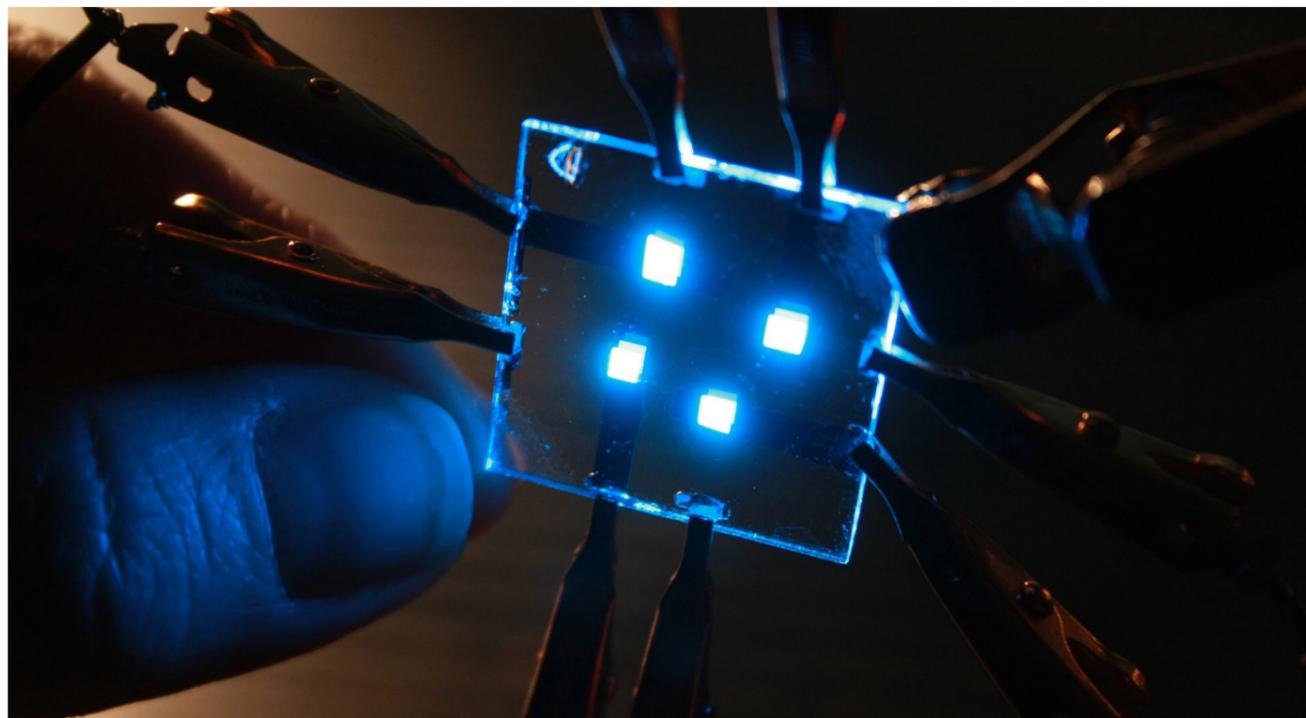
Esta tecnología se realiza con material semiconductor inorgánico y los LEDs se encuentran principalmente en colores rojo, amarillo y verde. Con un LED infra-rojo fue posible generar los reproductores de discos compactos y de video. En el año 2014 tres investigadores con raíces japonesas recibieron el premio nobel por desarrollar un LED de luz azul eficiente, y con ello se logró generar luz blanca. La luz blanca en este dispositivo está conformada por un LED azul que excita una mezcla de fósforos que emiten una coloración roja-amarilla y de forma conjunta generan la luz blanca; la luz blanca puede ser fría o cálida (esta clasificación ocurre, respectivamente, si el azul es más intenso que la coloración generada por los fósforos o cálida si se invierten las intensidades). El LED azul está cons-

tituido por una mezcla de elementos como InGaN, (indio, galio y nitrógeno) y los fósforos son mayormente elementos de tierras raras.

Una tecnología que aún está en desarrollo a nivel internacional son los LEDs orgánicos, llamados OLEDs con la O de organics, y que usan tanto polímeros como moléculas de bajo peso molecular de tipo conjugado. Las ventajas que ofrecen los OLEDs con respecto a los LEDs se basan en que son aún más económicos de fabricar puesto que no requieren de equipos sofisticados; además, mediante la ingeniería molecular se podrá lograr mejores colores y más brillantes; los OLEDs pueden ser flexibles para generar nuevos dispositivos como pantallas enrollables y sistemas de iluminación muy novedosos. Esta tecnología ya se encuentra en algunos teléfonos celulares, sobre todo de las

marcas Samsung y LG (se reporta que en 2017 el mercado de teléfonos con tecnología OLED alcanzó el 32%). Para identificar la diferencia entre pantallas basta tener un par de teléfonos uno de OLED y otra basada en la tecnología tradicional; los colores en pantallas OLEDs son más brillantes y las imágenes son de mayor calidad. La misma diferencia se observa en las pantallas de televisores que aparecieron en el mercado en el año 2014; consulte la siguiente página www.oled-a.org para los videos demo de Samsung sobre la tecnología OLED en teléfonos y pantallas de televisión.

También en desarrollo encontramos los LEDs híbridos. Estos bien pueden ser de dos tipos, en uno se sustituye la mezcla de fósforos por colorantes orgánicos (la mezcla de fósforos no es económica debido a que sus componentes no son



abundantes) pero utilizan el LED azul para generar luz blanca. Otro tipo son los LEDs que utilizan la perovskita como material activo. La perovskita es un material híbrido, una parte inorgánica y otra orgánica, y también ha sido utilizado como celda fotovoltaica para convertir radiación solar en energía eléctrica; esta aplicación se ha hecho con mucho éxito desde los años 90's.

Sin temor a equivocarnos la tecnología LED no se ha desarrollado en nuestro país; todos los LEDs que vemos y compramos son de importación. Son los cuerpos que alojan los LEDs los que posiblemente se hagan en nuestro país; esto es, se hace una manufactura equivalente a la de los automóviles: solamente se realiza el ensamble de piezas. Sin embargo existe la capacidad intelectual y de infraestructura para fabricar los LEDs en los laboratorios de investigación que existen en algunos

centros CONACyT y Universidades. Los LEDs orgánicos e híbridos también se estudian y se busca desarrollarlos como una nueva tecnología en esos laboratorios. Sin embargo se enfrentan grandes retos como el de generar y fortalecer grupos de investigación multidisciplinarios, además de contar con presupuestos mayores a los que se manejan puesto que es una carrera contra el tiempo por la competencia internacional. También es necesario que el empresario considere y apueste a esta nueva tecnología que seguramente está en puerta. De no tener estas condiciones para el desarrollo de LEDs orgánicos o híbridos el país continuará siendo un país de manufactura por su mano de obra barata y el científico mexicano continuará generando conocimiento para que las grandes compañías lo aprovechen al ser reportado en revistas internacionales como lo promueve CONACyT. ■

POTABILIZACIÓN SOLAR AGUA PARA TODOS

CARLOS PINEDA



Una de las principales problemáticas a las que se enfrenta la humanidad actualmente es el desabasto de agua potable, este problema se ve agravado en comunidades rurales. Una vez que el agua ha sido utilizada por los diferentes sectores de la sociedad (rural, municipal, agrícola e industrial), ésta se convierte en un objeto de desecho, lo cual representa una seria amenaza a la salud, dado que durante estos procesos el agua es contaminada con sustancias tóxicas de origen antropogénico; en México por ejemplo, el nivel de tratamiento de aguas residuales es de tan sólo del 36% para aguas municipales y del 15 % para aguas industriales. Estas malas prácticas han ocasionado la contaminación de los diferentes cuerpos receptores, lagos, lagunas, ríos, así como del agua proveniente de pozos poco profundos, gracias a lo que hoy en día un porcentaje mayor al 70% de las aguas superficiales contienen algún grado de

contaminación, esto, adicionado a los problemas de dureza ocasionados por las altas concentraciones de sales, hacen inapropiada gran parte del agua contenida en los efluentes para consumo humano. El CIO, preocupado por esta problemática, ha propuesto diseñar y construir un prototipo que permita llevar a cabo la potabilización de agua proveniente de fuentes inmediatas, como por ejemplo de pozos poco profundos o de ríos, especialmente de los Estados de Aguascalientes, Morelos y Yucatán. El Grupo de Investigación e Ingeniería en Energía Solar (GIIESol) del CIO en colaboración con Investigadores del CICY y de la UAEM, y gracias al apoyo del CONACYT a través de la convocatoria "Proyectos de Desarrollo Científico para Atender Problemas Nacionales", tienen el reto de diseñar y construir un equipo que con tan sólo el adecuado aprovechamiento de la energía solar sea capaz de desalinizar y potabilizar agua

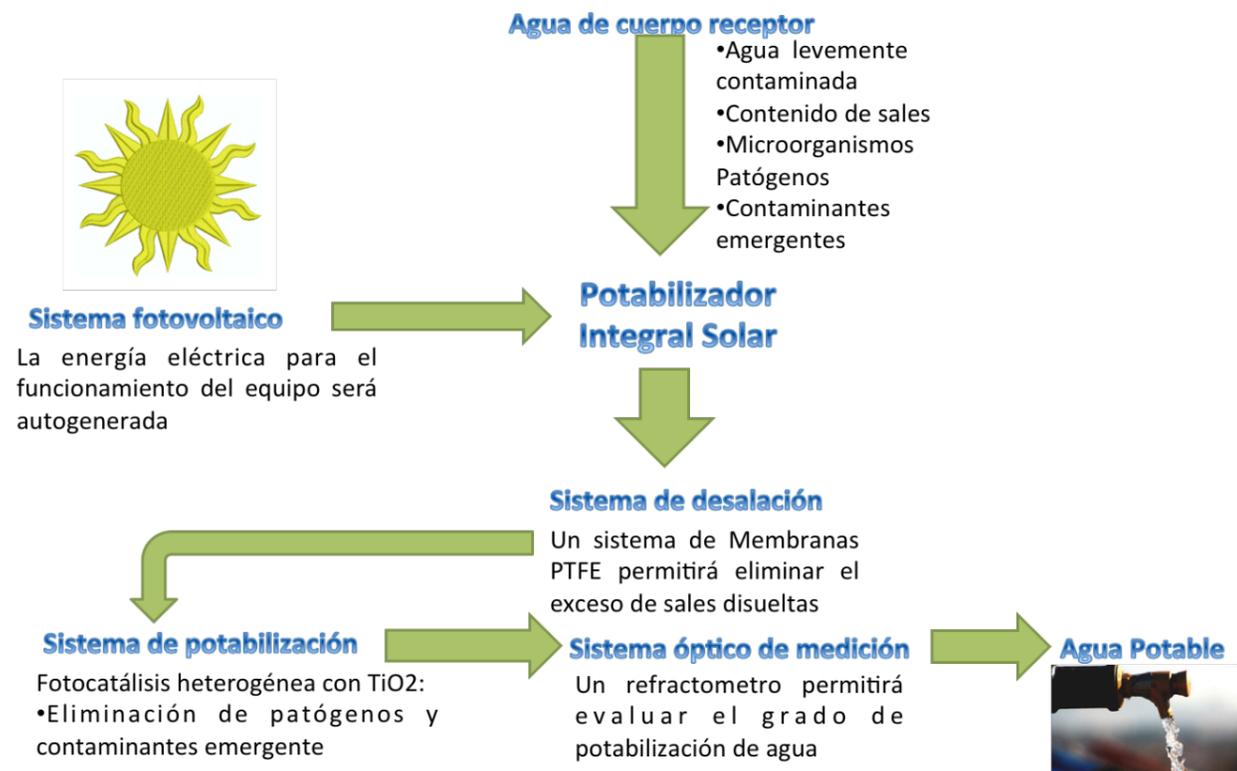


Fig. 1 Proceso de potabilización integral solar de agua para comunidades rurales.

ligeramente contaminado, esto se logrará mediante la integración de cuatro tecnologías principalmente: 1) la desalinización solar (membranas PTFE), 2) la fotocatalisis heterogénea, 3) la tecnología fotovoltaica y 4) la instrumentación óptica. Por un lado, la energía necesaria para mantener en operación el sistema eléctrico del prototipo será suministrada mediante la instalación de paneles fotovoltaicos debidamente dimensionados, las bombas, sensores, el sistema de control depende de este sistema. El proceso iniciará con agua ligeramente contaminada, proveniente de fuentes inmediatas, la cual se depositará en un

tanque de 500 L, y pasará a un sistema de filtros basados en membranas PTFE para desalinizarla hasta límites permisibles. Posteriormente el agua entrará a un reactor solar fotocatalítico, en la que por medio del semiconductor TiO₂ soportado sobre sustratos de anillos Pall y usando la luz solar concentrada como fuente de energía, será llevado a cabo el proceso de fotocatalisis heterogénea, es en este proceso es en el que será destruida la materia orgánica contenida en el agua, incluyendo bacterias, virus y contaminantes emergentes, tales como plaguicidas, herbicidas y fármacos. Un sensor basado en refracción de luz evaluará la ca-

lidad del agua y una vez alcanzados los parámetros para considerar al agua apta para consumo humano, el sistema permitirá la salida del valioso recurso hacia un recipiente final para disposición al usuario. De esta manera el proyecto incorporará desde síntesis, caracterización y soporte de materiales fotocatalíticos, hasta un sistema de monitoreo y control avanzado para llevar a cabo la medición de la calidad del agua, pasando por el diseño mecánico y construcción del sistema integral, dando como resultado un prototipo adecuado para potabilización de agua, autónomo, integral y de fácil o nulo mantenimiento. Cabe mencionar que al finalizar el proyecto se espera establecer vinculación con organismos públicos,

privados y gubernamentales con el propósito de comercializar esta tecnología y ponerla a disposición del sector rural, quienes, se busca, sea el sector más beneficiado.

Se agradece al CIO y al CICY por impulsar la investigación interinstitucional y multidisciplinaria en proyectos de importancia científica y de soluciones tecnológicas a problemas regionales y nacionales a través de la convocatoria de capital semilla CICY- CIO 2016. Se agradece al CONACYT por financiar el proyecto de Problemas Nacionales 2015-01-1651: "Diseño y Construcción de Potabilizador Integral Solar de Agua para Comunidades Rurales". Así como a los Estudiantes e Investigadores involucrados en este proyecto. ■

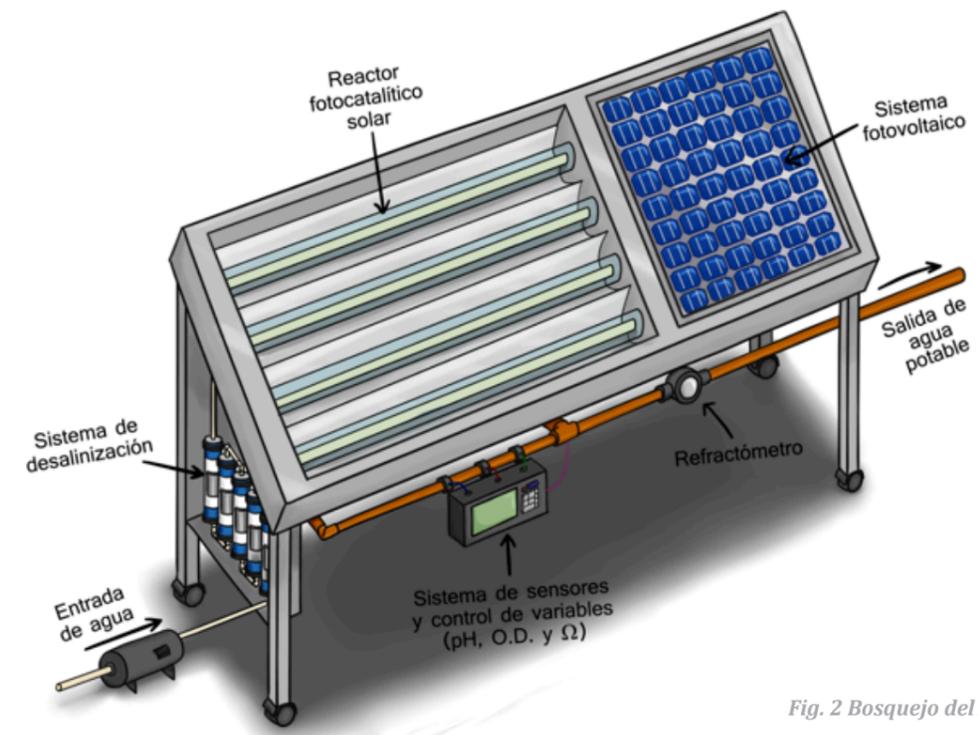


Fig. 2 Bosquejo del Potabilizador Solar de Agua

CENTROS MEXICANOS DE INNOVACIÓN EN ENERGÍA

ELDER DE LA ROSA

Para el año 2024, la participación de las fuentes no fósiles o renovables en la generación de electricidad deberá ser del 35%, así lo establece la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE). Para alcanzar esta meta es necesario desarrollar tecnologías que permitan el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía más importantes del país, que garanticen la seguridad energética y la sustentabilidad ambiental.

Actualmente en el país contamos con capacidades para la producción de energía eléctrica aprovechando la geotermia (calor de la tierra), energía solar (luz del sol), bioenergía (biomasa), energía eólica (corrientes de aire) y en menor escala energía del océano (oleaje, mareas, corrientes marinas). Con el propósito de fortalecer estas capacidades, la Secretaría de Energía (SE) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) lanzaron la iniciativa para la formación de los Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIE) a través del Fondo de Sustentabilidad Energética (FSE) (<http://sustentabilidad.energia.gob.mx/>), con el propósito de fortalecer, consolidar y vincular las capacidades científicas y tecnológicas existentes, y la formación de recursos humanos especializados en las áreas descritas.

Los CEMIE son consorcios o centros virtuales, ya que no tienen una sede o espacio físico determinado, que agrupan centros de investigación públicos y privados, instituciones de educación superior, empresas y entidades gubernamentales que conjuntan y alinean las capacidades nacionales existentes. Agrupan los mejores y más especializados departamentos para trabajar en conjunto investigación aplicada, desarrollo tecnológico y servicios en el área de energías renovables. Tienen la función de la planeación de mediano y largo plazo para el aprovechamiento de las energías renovables, el desarrollo de un portafolio de proyectos y el desarrollo de acciones estratégicas que generen valor para el sector energético del país. Entre estas acciones se encuentran, la formación de recursos humanos especializados, el fortalecimiento a la infraestructura de investigación científica y tecnológica, la medición y difusión del potencial de las energías renovables en el país, difundir información sobre el

uso y aprovechamiento de las energías renovables y contribuir a la mejora del marco legal y normativo para este tipo de fuentes de energía.

En 2014 se conformaron los Centros Mexicanos de Innovación en energía geotérmica (CEMIE-Geo), el de Energía solar (CEMIE-Solar) y el de energía eólica (CEMIE-Eólico), mientras que en 2015 se conformaron los de Bioenergía (CEMIE-Bio) y el de energía del océano (CEMIE-Oceano). Estos cinco consorcios representan la mayor inversión en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en materia de energías renovables en México. En total, estos centros conjuntan a más de 100 instituciones de educación superior, centros de investigación, empresas y entidades gubernamentales y expertos en distintas ramas de las energías renovables, coordinados cada uno por un Grupo Directivo propio y diversos Comités de evaluación, monitoreo y seguimiento, tanto técnico como administrativo.





CEMIE	INSTITUCIÓN LÍDER	Recursos asignados por el FSE
 CEMIE-Geo	Centro de Investigación y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)	\$ 958,573,485.84 M.N.
 CEMIE-Solar	Instituto de Energías Renovables (IER-UNAM)	\$ 452,893,843.97 M.N.
 CEMIE-Eólico	Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)	\$ 216,309,776.72 M.N.
 CEMIE-Bio	Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT)	\$ 702,638,766.00 M.N.
 CEMIE-Oceánico	Instituto de Ingeniería de la UNAM	\$ 348,000,000.00
TOTAL		\$ 2 678,415,872.53

CEMIE-Solar

El CEMIE-Solar agrupa a instituciones y empresas de todo el país para generar sinergias a favor del aprovechamiento de la energía solar. Es coordinado por el Instituto de Energías Renovables (IER-UNAM) y agrupa a 47 instituciones de investigación y/o educación superior y 10 empresas. El inicio formal de actividades fue el 26 de marzo del 2014 con un monto aprobado de 452.89 millones de pesos, más una inversión concurrente esperada de al menos 9.817 millones de pesos para cuatro años distribuida en 8 etapas semestrales. Entre los objetivos del Centro destacan la formación de capital humano altamente especializado, el desarrollo de celdas solares fotovoltaicas para la generación de energía eléctrica, el desarrollo de concentradores solares para el aprovechamiento de la energía solar como calor para procesos industriales y/o para la producción de energía eléctrica, la generación de conocimiento que le de liderazgo al País en esta área tecnológica, la promoción del uso estratégico de la tecnología solar y el aprovechamiento social de este recurso energético, entre otros. El CEMIE-Solar apoya a 22 proyectos, uno de los cuales (Nanotecnología aplicada en el desarrollo

de películas delgadas y prototipo de celdas solares, P28) es liderado por el Grupo de Nanofotónica y Materiales Avanzados (GNAFOMA) del CIO, quienes a la fecha han obtenido eficiencias de conversión del 7.5 % en celdas a base de puntos cuánticos y 18.5% en celdas solares a base de perovskitas. En otro de los proyectos apoyados (Desarrollo y manufactura de módulos de celdas solares de TiO2 sensibilizadas con colorantes y puntos cuánticos, y Celdas solares orgánicas, P27) participan dos grupos de investigación, uno de ellos trabajando en celdas solares orgánicas (Grupo de propiedades Ópticas de la materia, GPOM), quienes a la fecha han obtenido eficiencias de conversión del 8.5%, y otro en celdas solares sensibilizadas con punto cuánticos (GNAFOMA). Por la participación de ambos grupos se recibirán apoyos mayores a los \$ 13.00 millones de pesos a lo largo de los cuatro años de duración del proyecto. La participación del CIO en este consorcio permitirá consolidar esta área de investigación que consideramos estratégica para nuestra institución.

Para saber mas:

NOTICIO No 4 2015xxxxxxx, www.cemiesol.mx



CEMIE-Eólico

El CEMIE-Eólico esta liderado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas que tiene más de 35 años de investigación en el tema. Es un consorcio formado por un total de 32 instituciones participantes, 6 son centros públicos de investigación, 14 son instituciones de educación superior, un centro de investigación extranjero, 10 empresas privadas y una dependencia del gobierno estatal. Se encuentra en operación desde febrero de 2014 cuando se firmó el convenio de asignación de recursos por un monto de \$ 216.309 millones de pesos para apoyar la ejecución de 13 proyectos estratégicos liderados por siete instituciones miembros del consorcio con la aportación adicional de fon-

dos concurrentes por \$ 134.58 millones de pesos. Los proyectos están enfocados a aerogeneradores de pequeña y mediana potencia e incluyen la construcción de equipos, evaluación, seguridad y confiabilidad, inteligencia artificial aplicada al mercado y formación de recursos humanos. La misión de este consorcio es contar con conocimiento unificado en materia de energía eólica y generar sinergias que permitan orientar las actividades de innovación, investigación y desarrollo tecnológico a fin de fortalecer la industria eólica del país.

Para saber más:

<http://www.cemieeolico.org.mx>

<http://www.amdee.org>

CEMIE-Geo

El CEMIE-Geo esta liderado por CICESE y cuenta con 22 instituciones participantes de los cuales 11 son empresas públicas y privadas. Este consorcio concentra la mayor experiencia geotérmica del país. Su misión es desarrollar conocimiento de frontera en esta área, logrando sinergias que permitan orientar las actividades de innovación, investigación científica y desarrollo tecnológico, así como promover la formación de recursos humanos, con el fin de contribuir a la generación de valor económico y al fortalecimiento de la industria geotérmica del país. Se apoyan un total de 30 proyectos, 4 de ellos enfocados a la evaluación del recurso geotérmico del país, 9 enfocados en el desarrollo de técnicas de exploración, 12 enfocados al desarrollo de tecnologías para la explotación y 5 proyectos para el uso directo de calor geotérmico. Se han establecido 7 laboratorios con unidades en diferentes partes del país y con equipamiento de

última generación, con lo que se fortalece las capacidades de investigación y desarrollo de nuevas tecnologías en esta área de conocimiento. Nuestro país ocupa el quinto lugar a nivel mundial en la explotación de la energía geotérmica. La capacidad instalada es de 1017 MW de los cuales operan 869 MW con lo que se genera el 1.5% de la electricidad producida en el país. Se espera que para el 2020 nuestra capacidad aumente a 1395 MW, lo equivalente a un incremento del 37%. Las zonas más importantes para la producción de electricidad aprovechando la energía geotérmica son Cerro Prieto en Baja California Norte, Los Azufres en Michoacan, Los Humeros en Puebla y Tres Virgenes en Baja California Norte.

Para saber más:

www.cemiegeo.org

http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_REmap_Mexico_report_2015.pdf



CEMIE-Bio

El CEMIE-Bio recibió apoyo económico por un monto total de \$ 702, 638,766.00 MN a través del FSE, además de \$ 681,181,041 MN proveniente de aportaciones concurrentes para una inversión total mayor a \$ 1,380 millones de pesos. Este consorcio inicio operaciones en 2016 y el financiamiento se distribuye a lo largo de cuatro años. Esta formado por cinco clústers, cada uno de ellos esta enfocado al aprovechamiento de materia orgánica para la obtención de combustibles. Los cinco clústers son: 1) biocombustibles sólidos, 2) bioalcoholes, 3) biodisel, 4) biogás, y 5) bioturbosina. Agrupa a 34 universidades y centros de investigación, 6 universidades del extranjero y 22 empresas. Las instituciones líderes son: Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (UNAM), CINVESTAV unidad Guadalajara, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT) en los dos últimos, respectivamente.

Cada clúster tiene su propio plan de trabajo con líneas de investigación pertinentes que les permita cumplir con el objetivo general del consorcio que es el desarrollo de nuevas tecnologías

e innovación que permitan el aprovechamiento de la biomasa para la generación de biocombustibles y contribuyan a la transición energética de México hacia un mayor uso de las energías renovables. En particular, el clúster de biocombustibles gaseosos agrupa a 12 instituciones de educación superior y centros públicos de investigación, y 5 empresas del sector privado. Se espera que al término del proyecto se desarrollen las tecnologías necesarias para que el 5% de la energía eléctrica generada a partir de metano e hidrogeno provenga de residuos orgánicos. Este clúster más el de bioturbosina, los dos liderados por IPICYT, son lo que reciben la mayor cantidad de fondos concurrentes. El de bioturbosina recibe del FSE poco más de \$ 380 millones de pesos y de fondos concurrentes más de 600 millones de pesos. Este es el clúster más amplio y se espera el desarrollo de biocombustibles para la aviación. Involucra a 17 instituciones entre ellas Aeroméxico, ASA, Boeing y PEMEX, nueve centros públicos de investigación, entre otros.

Para saber más:

<http://misaaf.com/es/cemie-bio/>

<http://proyectoofse.mx/2016/02/03/cemie-bio-los-frutos-la-biomasa/>

**CEMIE-Oceano**

El CEMIE-Oceano entró en operaciones a partir del 2016 y esta liderado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Este consorcio tiene como misión la generación de tecnologías que permitan el aprovechamiento de los recursos energéticos oceánicos, que aporten a la demanda energética del país. Agrupa a mas de treinta instituciones de educación superior y centros públicos de investigación además de cuatro empresas privadas. Las actividades de este consorcio se agrupan en cuatro ejes temáticos: energía por gradiente térmico, energía por gradiente salino, energía de oleaje, y energía por corrientes y mareomotriz. Los socios parti-

cipantes de este consorcio están distribuidos en todo el país y tienen como fin aprovechar los más de 11 000 km de litoral, que lo sitúa el segundo en américa solo por debajo de Canadá. El potencial energético del océano es enorme, como ejemplo podemos citar que el potencial energético a nivel mundial de la energía obtenida por las olas es de 2 TW considerando que una ola de 1 m de altura contiene en promedio de 20-30 kW.

Para saber más:

<http://proyectoofse.mx/2016/04/06/cemie-oceano-y-la-energia-del-mar/>

<http://cemioceano.mx/index.html>



CELDA FOTOVOLTAICAS ORGÁNICAS

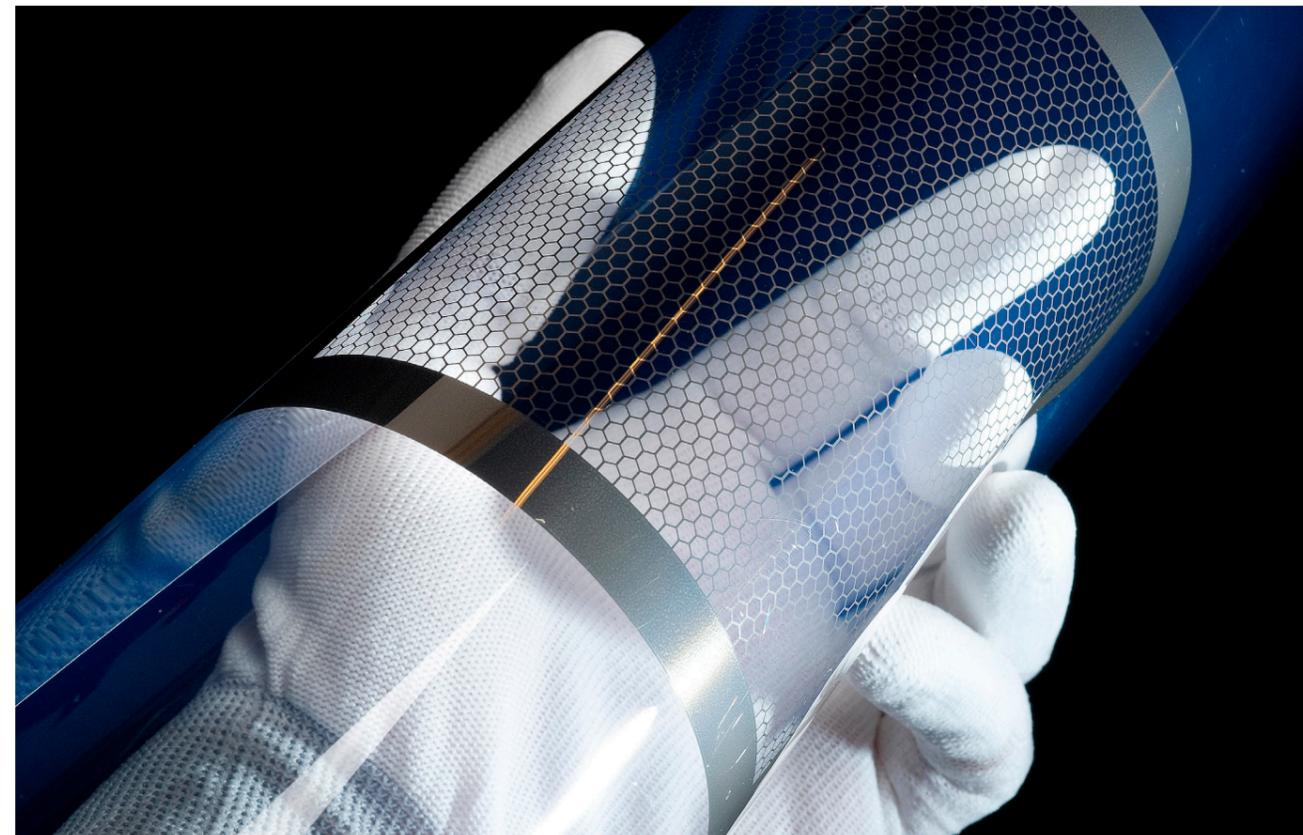
JOSÉ LUIS MALDONADO

Resumen

Debido a la reducción de las reservas de petróleo, la búsqueda de fuentes alternativas de energía, que sean renovables, económicas y limpias es de gran importancia mundial. Dentro de estas energías alternativas están las celdas solares (o fotovoltaicas); las basadas en materiales inorgánicos han mostrado un gran desarrollo, sin embargo el alto costo aún de producción ha imposibilitado su uso masivo. Por otro lado, el empleo de materiales orgánicos, aquellos que contienen átomos de carbono en sus estructuras, es una alternativa actualmente considerada por diversos grupos de investigación y compañías. Los retos principales para las celdas orgánicas son el incremento de la eficiencia de conversión de energía solar en eléctrica, la reducción en sus costos de fabricación y tener un mayor tiempo de vida.

Antecedentes, estado del arte y perspectivas

Algunas fuentes alternativas de energía son la eólica (viento), la hidroeléctrica y la solar. El Plan Nacional de Desarrollo (México) contempla seriamente el desarrollo de energías alternativas y particularmente de la fotovoltaica. El método más familiar usa celdas solares basadas en silicio donde la transformación directa de la luz del sol en electricidad se realiza a través del efecto fotovoltaico (efecto PV por sus siglas en inglés). Esta industria inició en 1953 cuando científicos de los laboratorios Bell desarrollaron una celda que convertía 5 % de la energía del Sol en 5 mW de potencia eléctrica. Las celdas han sido optimizadas y



actualmente pueden operar con eficiencias de conversión eléctrica mayores al 20 % y con un tiempo de vida de 20 años. La aplicación de esta tecnología la encontramos en, por ejemplo, una calculadora, en la alimentación de teléfonos de emergencia en las carreteras, en lámparas decorativas de jardín, etc.

Una alternativa a la tecnología inorgánica es el uso de semiconductores orgánicos, inventados en la década de los 70's. Actualmente se ha demostrado el uso de ellos en diversos dispositivos, como los diodos emisores de luz orgánicos u OLEDs. En los últimos 20 años se han dedicado grandes esfuerzos en el desarrollo de los OLEDs (ya comercializados) los cuales tienen aplicaciones en pantallas (displays) e incluso en iluminación. La maduración de los OLEDs ha impulsado a otras tecnologías basadas en materiales orgánicos. Un ejemplo es precisamente una celda solar orgánica o celda OPV (Organic Photovoltaics). Es de interés mencionar que en los OLEDs se aplica electricidad y se genera luz, mientras que en las celdas

OPVs se absorbe luz y se genera electricidad. Las celdas OPVs presentan actualmente una eficiencia de alrededor de 13 % (a nivel laboratorio) y un tiempo de vida de semanas a meses, aproximándose cada vez más a años. También es muy recomendable el tener acumuladores eléctricos para el almacenaje de esta energía eléctrica foto-generada. Por ejemplo, las pequeñas lamparillas de decoración en jardines no se encienden directamente con la conversión fotovoltaica sino que durante el día esta energía eléctrica está siendo almacenada en una pequeña batería recargable. Bastaría tener una celda solar orgánica con una relativa baja eficiencia de conversión, por ejemplo, 5 %, y un buen sistema de almacenaje para que esta conversión fotovoltaica de energía eléctrica pudiera ser de utilidad para ciertos usos. Otra dificultad que se observa en la producción de celdas inorgánicas, en particular con silicio cristalino, es su rigidez, la nula transparencia óptica y su gran peso. Por el contrario, las celdas OPVs van a poder ser ligeras, transparentes y flexibles, lo anterior posibilitará

que puedan usarse en ropa y mochilas, carpas para fiestas, en ventanas de edificios, etc.; ver Fig. 1.

GPOM-CIO, colaboradores y financiamiento

El GPOM-CIO es un grupo mexicano, que en conjunto con sus diversos colaboradores, a nivel nacional se ha consolidado en el área de la fotónica y opto-electrónica orgánicas. Es líder nacional en el desarrollo de celdas OPVs cuyas eficiencias de conversión energética son superiores al 8.3 %;

actualmente también realiza investigaciones en el campo de las celdas solares de perovskitas (celdas orgánico-inorgánicas) obteniendo hasta ahora una eficiencia de alrededor de 13 %. Con estas celdas orgánicas ya se han fabricado paneles que alimentan pequeños LEDs y smartphones como lo ilustra la Fig. 2. El GPOM-CIO agradece el soporte económico de los Proyectos CONACyT-SENER 153094, CeMie-Sol/27-207450, 245754 y CONACyT 270878, México. ■

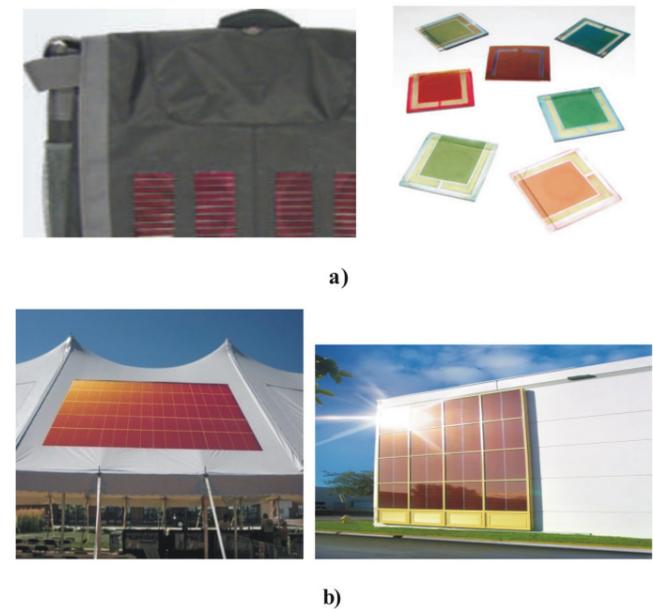


Figura 1. a) Prototipo de mochila desarrollado por la compañía SOLARMER donde están integradas celdas OPVs para dar energía a productos personales (celular, cargadores varios, pequeñas lámparas, etc.). A la derecha se observan celdas OPVs transparentes y de colores (para cuidados de estética y gustos del cliente) para su posible uso en, por ejemplo, ventanas de edificios y casas; imágenes de www.solarmer.com. b) Potenciales usos de celdas solares orgánicas flexibles y transparentes (celdas OPVs); imágenes tomadas de www.konarka.com.

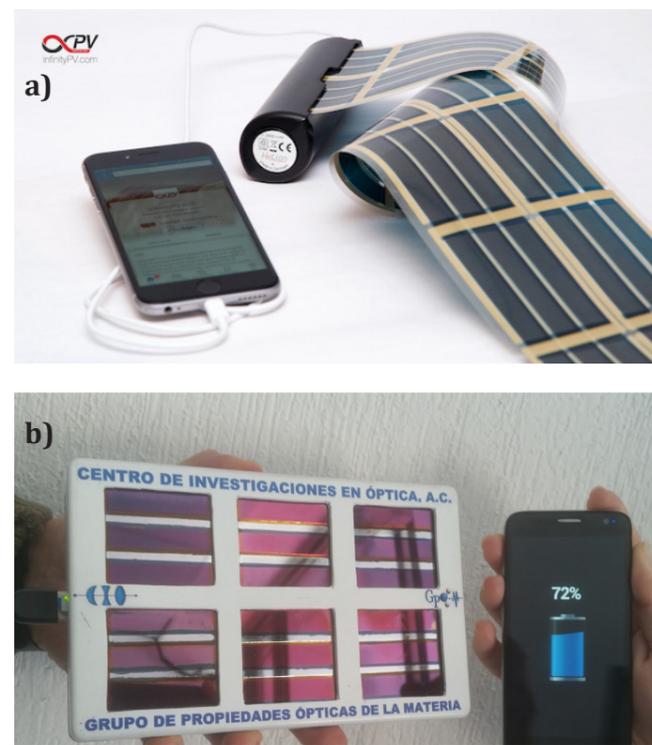


Figura 2. a) Prototipo de panel solar basado en celdas OPVs (orgánicas y flexibles), imagen tomada de He-LioN. b) Prototipo de panel solar orgánico desarrollado en el GPOM-CIO-CO-NACYT.



37 ANIVERSARIO CIO





MATERIALES LUMINISCENTES

HAGGEO DESIRENA

Los materiales luminiscentes son aquellos materiales que absorben energía de una fuente externa y reemiten luz típicamente en el espectro visible. Cuando un material absorbe luz ultravioleta y la emisión es generada en el espectro visible, se denomina como conversión hacia abajo (Downconversion). Sin embargo, cuando la absorción se presenta por radiación infrarroja se denomina como conversión hacia arriba (Upconversion). Dichos materiales son muy comunes en la vida cotidiana y se encuentran presentes en televisiones, celulares, iluminación de casas y hasta en documentos de seguridad. Estos materiales permiten que el ser humano pueda desarrollar sus actividades ya sea de trabajo o entretenimiento con mayor comodidad. Ejemplo de ellos son las pantallas de las televisiones más nuevas fabricadas a base de materiales luminiscentes denominados puntos cuánticos. Estos fueron desarrollados las empresas por Samsung y LG. Donde los colores emitidos por las imágenes son más puros, precisos y con un tiempo de respuesta mayor hasta por un orden magnitud que las televisiones anteriores.

Otra aplicación frecuente de materiales luminiscentes son los utilizados en los focos de luz basados en LEDs. Estos básicamente combinan la emisión azul proveniente de LED y sobre la superficie es depositado un material con emisión amarilla, la proporción correcta de ambos colores genera luz blanca. Estos dispositivos son muy eficientes, consumen menos energía, más compactos y con mayor tiempo de vida útil que los focos incandescentes y las lámparas fluorescentes. Un hecho particular es que soy muy amigable con el ambiente, ya que a diferencia de las lámparas fluorescentes estos carecen de vapor de mercurio que es muy

tóxico para el ser humano. Sin embargo, en LEDs de alta potencia tales como lo de los espectaculares se genera mucho calor. Como consecuencia la luminiscencia de material disminuye considerablemente. En el CIO actualmente se están desarrollando nuevos materiales para generar luz blanca con alta reproducción de color (CRI) y enfocados a focos LEDs de alta potencia. Dichos materiales son denominados fósforos inmersos en vidrio. Esto por sus características disipa mejor el calor, lo que evita la disminución de la luminiscencia. En la Figura 2 se puede observar un foco LED de 1 W que ilumina un cuarto.

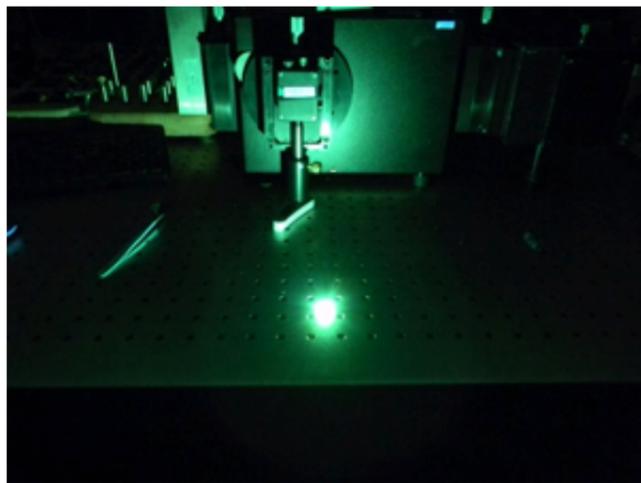


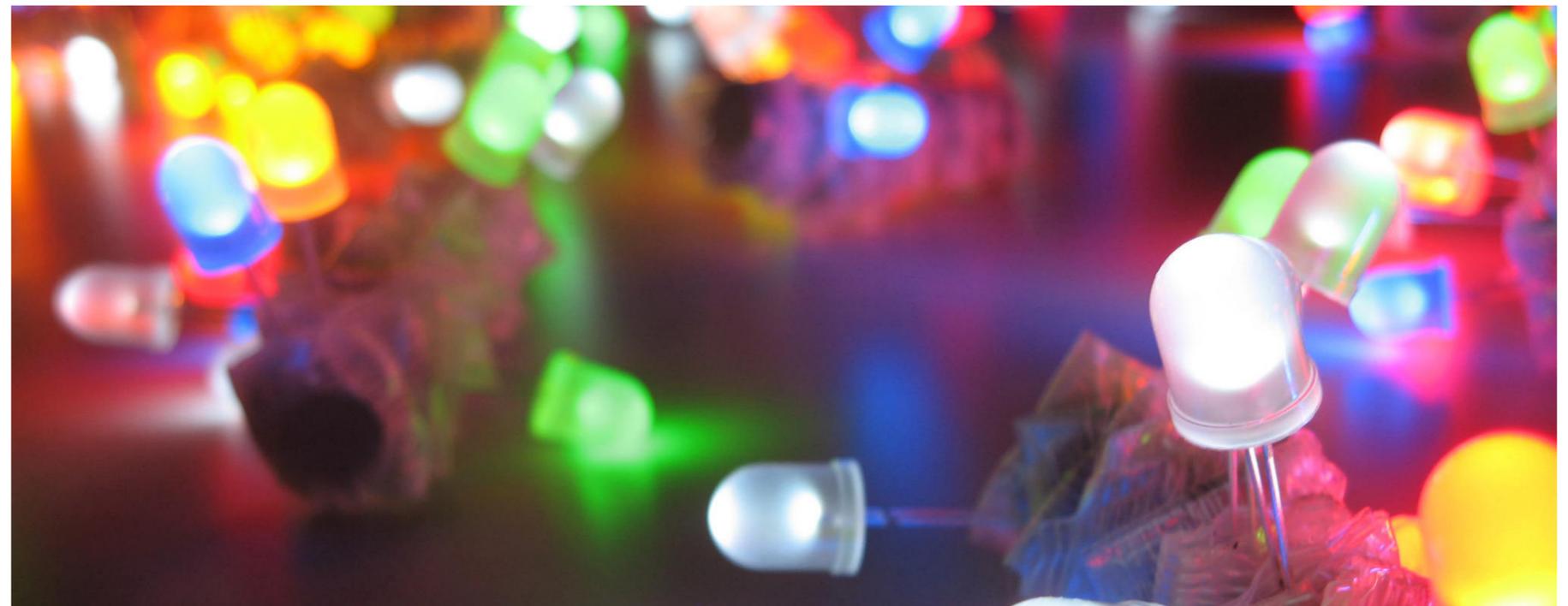
Figura 1. Emisión de luz verde un material luminiscente bajo excitación ultravioleta.



Figura 2. Iluminación de un foco LED de 1 W desarrollado en el CIO.

Por otra parte, el CIO también se encuentran desarrollando materiales luminiscentes por conversión hacia arriba. Estos materiales no son tan comunes en la vida diaria, sin embargo, presenta un potencial enorme en aplicaciones biomédicas, puesto que son excitados en la región infrarroja del espectro electromagnético. Desde la perspectiva óptica esta característica es sobresaliente, ya que esta longitud de onda presente alta profundidad de penetración en el cuerpo humano. A diferencia de la luz ultravioleta y visible que son fácilmente absorbidos en la superficie de tejido humano.

En el CIO, se continúa desarrollando materiales luminiscentes con propiedades y aplicaciones específicas. Se busca generar recursos humanos y conocimiento de alto nivel, de esta manera evitar dependencia extranjera y promover la economía del país. ■





BIOMASA

BIOCOMBUSTIBLES Y CAPACIDADES EN EL CIO

IVÁN SALGADO TRANSITO

El sistema energético mundial está basado principalmente en la utilización de fuentes de energía fósil, sin embargo el riesgo asociado por la emisión de gases de efecto invernadero durante su combustión y los efectos en el Cambio Climático han impulsado en la última década la implementación de sistemas de energía renovable, principalmente en energía eólica, geotermia, solar y biomasa. No obstante, este significativo avance de las energías

renovables no ha permeado en todos los sectores del sistema energético, concentrándose primordialmente en el sector de generación de electricidad. Su penetración en sectores clave como el industrial y el de transportes es mínimo debido a lo excepcional de las propiedades, calidad y densidad energética de los combustibles fósiles como la gasolina, el diésel o el gas natural. Por poner un ejemplo la cantidad de energía contenida en un li-

tro de gasolina es equivalente a la radiación solar que incide a medio día sobre una superficie de 9 metros cuadrados durante 1 hora entera. En esto consiste el enorme desafío por encontrar nuevos métodos de síntesis de combustibles alternativos, con propiedades equivalentes a los fósiles, de bajo o nulo impacto ambiental y a un costo competitivo.

El uso de la biomasa (materia orgánica que puede emplearse para producir energía) como fuente de energía data desde la antigüedad con la quema de la madera. Sin embargo en la actualidad se han desarrollado nuevos métodos para su aprovechamiento por las ventajas de ser un material orgánico abundante, ampliamente disponible, fuente neutral de emisiones de CO₂ y a la facti-

bilidad de poder sintetizar a partir de ella combustibles y productos químicos de alto valor. En la Figura 1 se ilustra un diagrama con las principales rutas y tecnologías disponibles para el aprovechamiento energético de la Biomasa: generación de calor, electricidad y producción de combustibles alternativos. En lo que respecta a la producción de combustibles a partir de biomasa, a menudo se suelen identificar con mayor facilidad el biodiesel, el etanol y el biogás, sin embargo también existe otro biocombustible menos conocido pero de igual importancia llamado gas de síntesis. Las diferencias en sus propiedades físicas y químicas entre cada uno de ellos es originada por el método de síntesis y el tipo de materia prima utilizados.

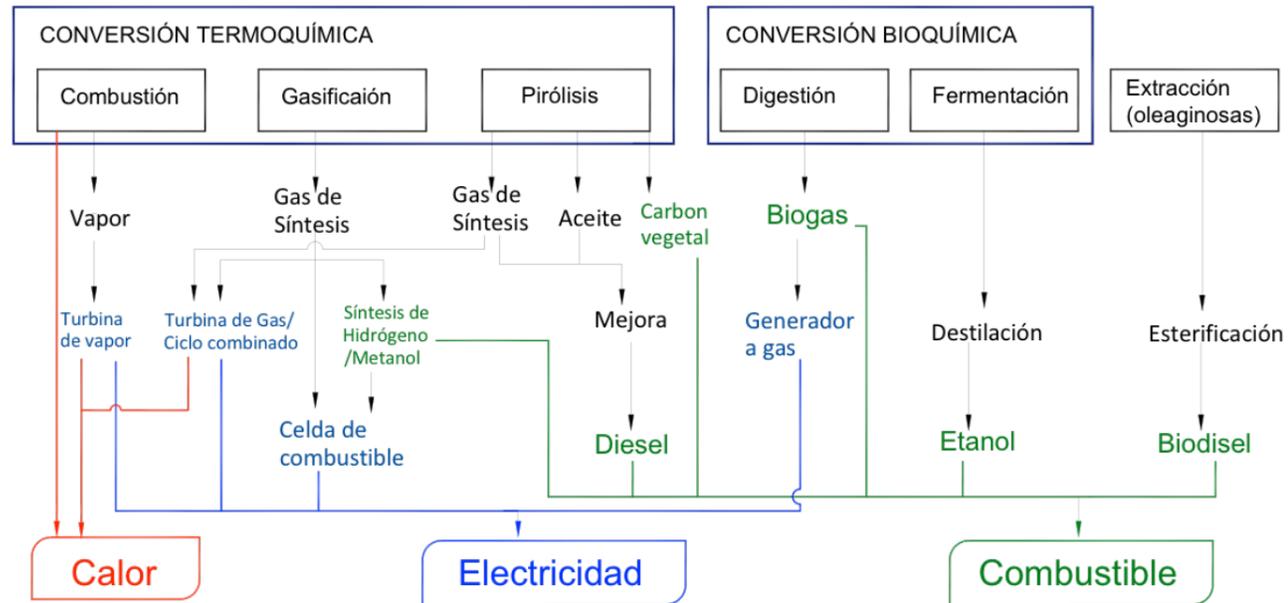


Figura 1. Principales rutas de conversión de energía de la biomasa.

Dentro de las tecnologías existentes en la producción de biocombustible, la gasificación es una de las más prometedoras por la posibilidad de obtener altas eficiencias de conversión y por su versatilidad para operar con diferentes fuentes de biomasa. La gasificación es un proceso termoquímico de oxidación a alta temperatura, que transforma la energía almacenada en los enlaces químicos de la biomasa sólida en un gas combustible conocido como gas de síntesis junto a otros subproductos, principalmente carbón vegetal, cenizas y varios compuestos condensados (alquitranes y aceites). El gas de síntesis o syngas por sus siglas en inglés, está compuesto por hidrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, nitrógeno, me-

tano y otros componentes menores, es altamente apreciado debido a que puede ser utilizado directamente como combustible en la generación de calor o en una turbina para la generación de electricidad, así como también puede ser empleado como un precursor para la obtención de hidrógeno o incluso combustibles líquidos (gasolina, keroseno, gasoil y lubricantes) mediante el método de síntesis de Fischer-Tropsch.

La tecnología de gasificación de biomasa todavía debe vencer grandes retos. Las impurezas indeseables como NH_3 , H_2S , HCl , SO_2 , y el alquitrán (una mezcla de compuestos aromáticos más pesados que el benceno) se producen inevitablemente durante la gasificación y permanecen pre-



sentes en el gas efluente. Entre las impurezas, el alquitrán es el más relevante debido a que por su propiedad de ser altamente pegajoso se condensa en zonas de baja temperatura y bloquea los sistemas de admisión. Pero su principal desventaja es que para que ocurra el proceso de Fischer-Tropsch la concentración de alquitrán debe ser muy baja ($<0.1 \text{ mg/m}^3$). Durante la gasificación, debido al nitrógeno contenido en la biomasa se generan compuestos tóxicos como NH_3 , N_2 , HCN , HNC y óxidos de nitrógeno, NO_x . La concentración de Alquitrán y NH_3 producidos son función de dos parámetros operacionales del gasificador: la relación aire-combustible y la temperatura de operación. Mientras mayor sea la temperatura las im-

purezas disminuyen. Sin embargo, la gasificación de biomasa a alta temperatura consume grandes cantidades del biocombustible, mermando la rentabilidad del proceso. Por el otro lado una relación aire-combustible demasiado alta diluye en el producto la composición de compuesto químicos de alto valor energético como el H_2 o el CO .

Aquí un pequeño paréntesis, pero para todo esto, ¿Qué tiene que ver un Centro de investigación en Óptica, con la producción de combustibles a partir de la Biomasa? Una de las posibles soluciones para reducir la merma de biocombustible y mantener la reacción endotérmica de la gasificación es la utilización de energía solar concentrada como fuente de energía. Los sistemas de



concentración solar utilizan espejos o lentes ópticos para concentrar la radiación solar en una zona focal, similar al efecto ocasionado por una lupa, haciendo posible alcanzar altas temperaturas de operación (>800 °C) en un gasificador de biomasa. Las ventajas obtenidas son: aumento en la eficiencia de conversión de energía, disminución de impurezas, mejor calidad del gas de síntesis y además se logra almacenar energía solar de manera eficiente en forma de energía química.

Es por ello que el Laboratorio de Energía Termosolar del CIO en Aguascalientes, tiene como uno de sus objetivos realizar investigación aplicada para el Desarrollo de sistema de gasificación de biomasa asistidos con energía solar concentrada. Por ello actualmente se está fortaleciendo su capacidad en infraestructura y equipamiento mediante la instalación de equipo especializado como un Simulador Solar de Alto flujo Concentrado y un Espectrómetro de masas acoplado a un cromatógrafo de gases y a un analizador térmico simultaneo. Con dicho equipamiento será posible reproducir en un ambiente controlado el comportamiento de un sistema de concentración solar acoplado a un gasificador de biomasa, capturar en tiempo real el estado químico de los productos e impurezas, y así poder optimizar el proceso de gasificación para maximizar la producción y calidad del gas de síntesis. ■

SPIE. OSA

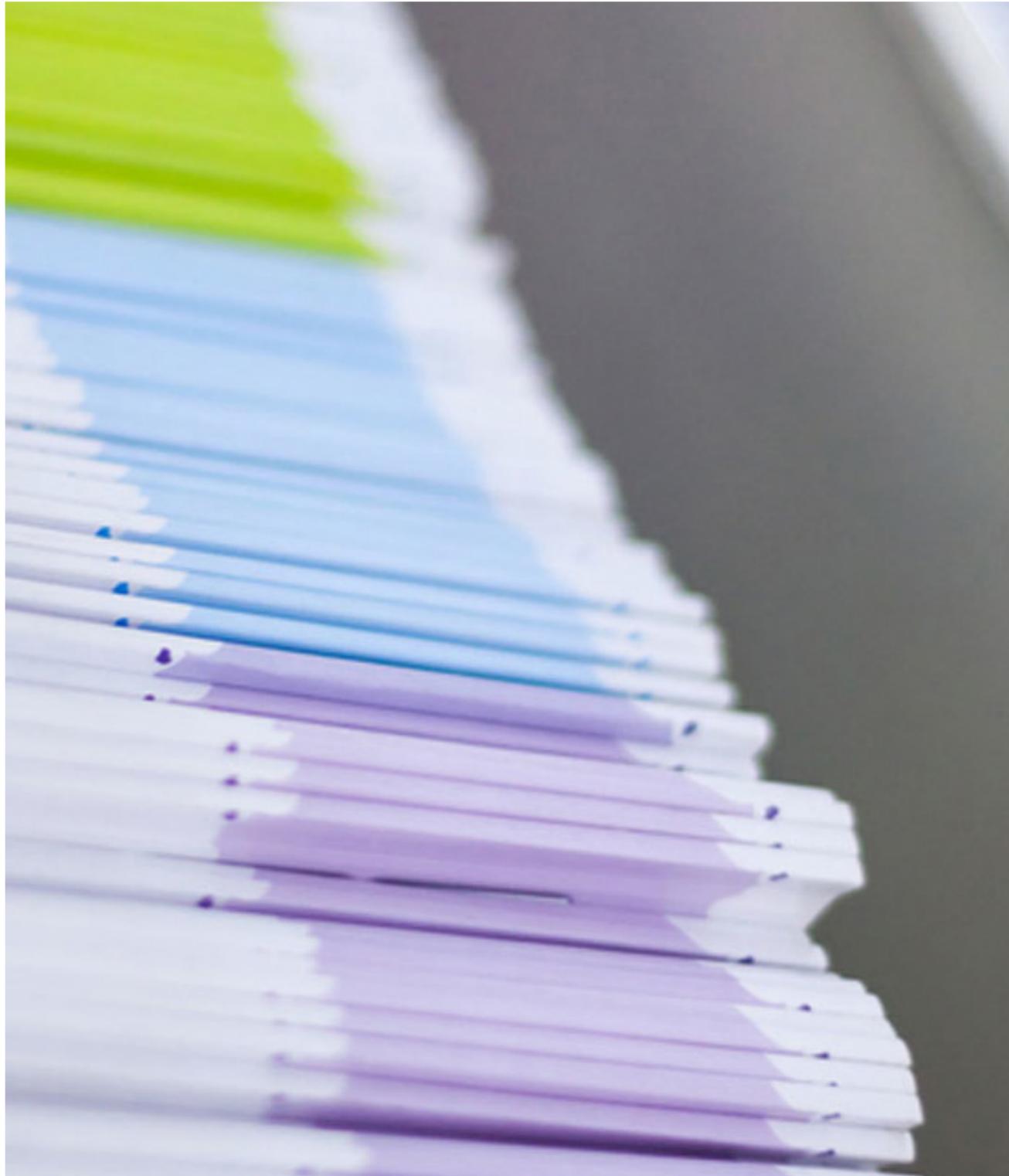
CINE CLUB

El Centro de Investigaciones en Óptica (CIO) te invita a su Cine club "Paraxial" donde proyectaremos películas relacionadas con ciencia y al finalizar tendremos un breve debate al respecto.

Informes y sugerencias: osa_chapeter@cio.mx comunicacion@cio.mx

www.cio.mx

PUBLICACIONES RECIENTES



1. S. Sidhik, D. Esparza, T. López-Luke and E. De la Rosa, "Study of ethoxyethane deposition time and Co (III) complex doping on the performance of mesoscopic perovskite based solar cells," **Solar Energy Materials and Solar Cells**, **163**, 224-230 (2017).
2. E. Pérez-Gutiérrez, J. Lozano, J. Gaspar-Tánori, J. L. Maldonado, B. Gómez, L. López, L. F. Amores-Tapia and O. Barbosa-García, "Organic solar cells all made by blade and slot-die coating techniques," **Solar Energy**, **146**, 79-84 (2017).
3. P. J. Valadés-Pelayo, C. A. Arancibia-Bulnes, I. Salgado-Tránsito, H. I. Villafán-Vidales, M. I. Peña-Cruz, and A. E. Jiménez-González, "Effect of photocatalyst film geometry on radiation absorption in a solar reactor, a multiscale approach," **Chemical Engineering Science**, **161** (6), 24-35 (2017).
4. C. Basilio, J. Oliva, T. Lopez-Luke, Y. Pu, J. Z. Zhang, C. E. Rodriguez, and E. de la Rosa, "Luminance enhancement in quantum dot light-emitting diodes fabricated with field's metal as the cathode," **Journal of Physics D**, **50** (9), (2017).
5. C. A. Arancibia-Bulnes, M. I. Peña-Cruz, A. Mutuberría, R. Diaz-Urbe and M. Sanchez-Gonzalez, "A survey of methods for the evaluation of reflective solar concentrator optics," **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, **69**, 673-684, (2017).
6. J. A. Muñoz R., "Three-dimensional microscope vision system based on micro laser line scanning and adaptive genetic algorithms," **Optics Communications**, **385** (15), 1-8, (2017).
7. J. Velázquez-González, D. Monzón-Hernández, D. Moreno-Hernández, and F. Martínez-Piñón, "Simultaneous measurement of refractive index and temperature using a SPR-based fiber optic sensor," **Sensors and Actuators B**, **242**, 912-920, (2017).
8. S. Calixto, M. Rosete-Aguilar and I. Torres-Gómez, "Liquid temperature measurements using two different tunable hollow prisms," **Sensors**, **17** (2), 266 (2017).
9. F. J. Gantes-Nuñez, Z. Malacara-Hernandez, D. Malacara-Doblado, and D. Malacara-Hernandez, "Zonal processing of Hartmann or Shack-Hartmann patterns," **Applied Optics**, **56** (7), 1898-1907 (2017).
10. C. Frausto-Reyes, R. Casillas-Peñuelas, J. L. Quintanar-Stephano, E. Macias-Lopez, J. M. Bujdud-Perez, and I. Medina-Ramirez, "Spectroscopic study of honey from *Apis mellifera* from different regions in Mexico," **Spectrochemical Acta part A**, **178**, 212-217 (2017).

CAPACITACIÓN CONTINUA

www.cio.mx



OFRECEMOS CURSOS A LA MEDIDA, ADECUADOS A LAS NECESIDADES DE SU EMPRESA

CURSOS	FECHA	EQUIPO REQUERIDO	DURACIÓN
RADIACIÓN UV	23 Febrero	Calculadora	8 hrs
TALLER DE CALIBRACIÓN EN METROLOGÍA DIMENSIONAL	7, 8 y 9 Marzo	Instrumentos de medición	24 hrs
ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD (MSA 4ª. EDICIÓN)	26 y 27 Abril	Laptop y calculadora	16 hrs
TALLER DE CALIBRACIÓN EN METROLOGÍA DIMENSIONAL	23, 24 y 25 Mayo	Instrumentos de medición	24 hrs
BÁSICO DE ILUMINACIÓN	15 Junio		8 hrs
COLORIMETRÍA BÁSICO	28 y 29 Junio		16 hrs
FORMULACIÓN DE COLOR TEXTIL A NIVEL LABORATORIO	12 y 13 Julio		16 hrs
MICROSCOPIA ÓPTICA	29, 30 y 31 Agosto	Obligatorio traer Equipos de Microscopios	24 hrs
SISTEMAS LÁSER EN LA INDUSTRIA	21 Septiembre		5 hrs
TALLER DE CALIBRACIÓN EN METROLOGÍA DIMENSIONAL	26, 27 y 28 Septiembre	Instrumentos de medición	24 hrs
TECNOLOGÍA EN FIBRAS ÓPTICAS	24, 25 y 26 Octubre		24 hrs
ADMINISTRACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN CUBRIENDO EL REQUERIMIENTO 7.6 DE LAS NORMAS ISO 9001-ISO/TS16949	30 y 31 Octubre		16 hrs
COLORIMETRÍA BÁSICO	8 y 9 Noviembre		16 hrs
TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS Y DIMENSIONALES BASADAS EN LA NORMA ASEMA	5, 6 y 7 Diciembre	Laptop y calculadora	24 hrs

*Cursos registrados ante la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS)

TAMBIÉN CONTAMOS CON CURSOS Y ASESORÍAS EN:

- ✓ HOLOGRAFÍA DIGITAL (MAPAS DE VIBRACIÓN)
- ✓ TALLER DE FABRICACIÓN ÓPTICA
- ✓ ÓPTICA BÁSICA
- ✓ PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES
- ✓ TECNOLOGÍA EN INFRARROJO
- ✓ TECNOLOGÍA LÁSER
- ✓ METROLOGÍA ÓPTICA



INFORMES
capacitacion@cio.mx

Loma del Bosque 115 · Col. Lomas del Campestre · León, Guanajuato, México · Tel. (477) 441 42 00 Ext. 157

COMITÉ DE ÉTICA



La Norma Mexicana NMX-R-025-SCFI-2015 en Igualdad Laboral y No Discriminación es un mecanismo de adopción voluntaria para reconocer a los centros de trabajo que cuentan con prácticas en materia de igualdad laboral y no discriminación, para favorecer el desarrollo integral de las y los trabajadores.



Si reconoces alguna conducta de hostigamiento, acoso sexual o discriminación dentro del CIO.

¡NO TE CALLES!

Realiza la denuncia acudiendo al Comité de Ética, OIC o bien consulta en el INMUJERES sin costo: 01 800 0911 466 o al correo: contacto@inmujeres.gob.mx

Problemas psicológicos: duda, depresión, ansiedad, fatiga, falta de motivación, dificultad en la concentración, baja autoestima y relaciones personales restringidas



Si reconoces alguna conducta de hostigamiento, acoso sexual o discriminación dentro del CIO.

¡NO TE CALLES!

Realiza la denuncia acudiendo al Comité de Ética, OIC o bien consulta en el INMUJERES sin costo: 01 800 0911 466 o al correo: contacto@inmujeres.gob.mx



CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ÓPTICA, A.C.