

# En el Instituto de Energías Renovables de la UNAM se Fomenta la Vinculación entre Científicos e Industriales

*Pruebas para medir la calidad de colectores solares, desarrollo de software y diseños propios que permiten conocer el desempeño térmico de sistemas constructivos de la envolvente arquitectónica; son algunos de los servicios del IER-UNAM*



*La sólida preparación de la licenciatura, maestrías y doctorados del IER-UNAM genera aptitudes sobresalientes para la industria energética y el desarrollo sostenible.*

El doctor Jesús Antonio del Río Portilla, director del Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México (IER-UNAM), mencionó —en uno de los bloques sobre energía renovable durante *The Green Expo 2018*— que para lograr que la innovación basada en ciencia llegue a los usuarios finales, en este caso con relación a energías renovables, el contacto entre la academia y las empresas resulta fundamental.

“Una verdadera innovación es aquella que se crea en conjunto. Es decir, de parte de los investigadores cuando éstos desarrollan trabajo muy detallado o profundo, experimental, de ciencia básica, escudriñamiento, etcétera y del lado de los empresarios; mediante su conocimiento sobre la práctica cotidiana. Al proponer conjuntamente, científicos y empresarios, dispositivos o bien sistemas solares o constructivos, se genera conocimiento o desarrollo tecnológico. Empero, la innovación estriba en que los productos o servicios lleguen al usuario o consumidor final, o sea al mercado. No obstante, un académico no tiene esa capacidad,



pero los empresarios e industriales sí y la única forma para crear productos y servicios con alto valor agregado es la colaboración entre academia e industria. Por lo tanto, las políticas públicas deben apoyar este tipo de colaboraciones, mismas que, aunque sean a largo plazo tienen un gran valor agregado”.

### **Laboratorio de Pruebas de Equipos de Calentamiento Solar (Lapecas)**

“Si bien lo primero que llega a la mente cuando se habla de energía solar es la producción de electricidad; en el Laboratorio de Refrigeración y Bombas de calor, la energía solar se aprovecha para incrementar la temperatura del agua, aunque también es posible hacerlo en aceites y otros fluidos cuando se requiere superar los 100 grados Celsius”, afirma el doctor Amilcar Fuentes Toledo, responsable del área de calidad del Lapecas.

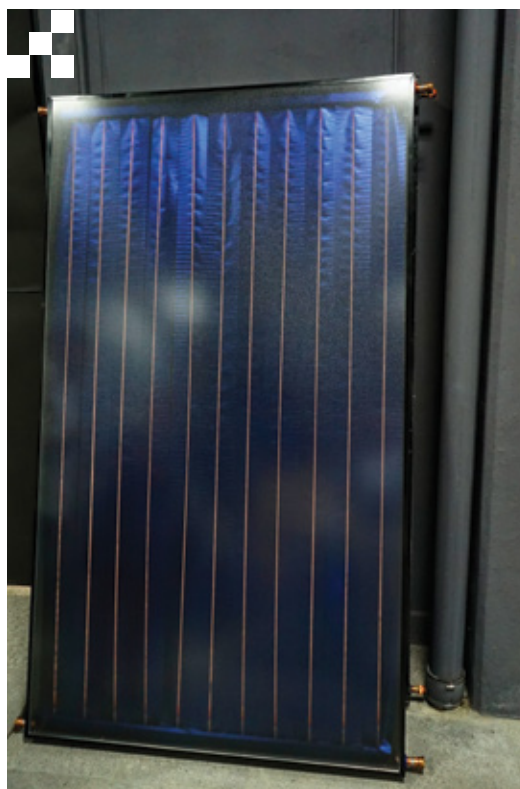
Este laboratorio, con sede en el IER-UNAM, proporciona servicios a la industria para la evaluación del desempeño térmico e integridad de colectores solares y sistemas de calentamiento de agua solar. Los colectores solares se evalúan específicamente mediante la Norma Mexicana NMX-ES-001-Normex-2005, los sistemas de calentamiento solar con la norma NMX-ES-004-Normex-2010 y en días próximos, bajo la reciente NOM-027-ENER/SCFI-2018.

Adicionalmente al servicio de evaluación, bajo las referidas normas mexicanas, si alguna empresa comercializadora desarrolla un sistema de calentamiento solar y desea analizar o mejorar sus prototipos, en el IER-UNAM existe la experiencia en investigación y el desarrollo tecnológico para ello.

### **Normas Mexicanas**

En México existe la NMX-ES-001-Normex-2005<sup>1</sup> que evalúa los colectores solares y la NMX-ES-004-Normex-2010<sup>2</sup> que evalúa los sistemas de calentamiento solar. La primera es muy parecida a la norma internacional y la segunda es diferente en su metodología.

Recientemente, en agosto de 2018, también se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la Norma Oficial Mexicana sobre eficiencia energética y seguridad para calen-



tadores de agua solares: NOM-027-ENER/SCFI-2018<sup>3</sup>, cuyo objetivo es establecer las especificaciones de rendimiento térmico de los calentadores de agua solares para uso doméstico y comercial tipo termosifón, que cuenten con un tanque térmico con capacidad máxima de 500 litros; el ahorro de gas de los calentadores de agua solares con respaldo de un calentador de agua que utiliza como combustible gas licuado de petróleo (LP) o natural; así como los requisitos de seguridad, etiquetado y los métodos de prueba.

La NOM-027-ENER/SCFI-2018 incluye pruebas de integridad y desempeño, donde por ejemplo se determina la curva de rendimiento térmico del sistema de calentamiento de agua solar. Para ello, deben realizarse pruebas diurnas y nocturnas, a fin de conocer cuánta energía adquiere el sistema en el día y cuánta pierde por la tarde-noche. Los termotanques tienen aislamientos y disipan muy poca ener-

---

*Un aspecto crítico para que los sistemas solares funcionen es su instalación, porque un producto calificado se complementa solo si la instalación es correcta*

---

*El IER-UNAM está reconocido como Laboratorio de Pruebas por Normex, Ance y Onncee, instancias que certifican que las tecnologías solares cumplan con los criterios de buen desempeño, durabilidad y confiabilidad*

gía, considerando la que obtienen durante el día. La prueba se realiza durante 10 días y se genera un modelo para conocer cómo se comporta el sistema en alguna ciudad o localidad; explicó el doctor Amilcar Fuentes.

“Otra prueba de desempeño a la cual se someten los sistemas de calentamiento solar en el Lapecas del IER-UNAM es la de ahorro de gas, la cual consiste en medir el consumo de gas LP del calentador solar de agua con respaldo que se desea evaluar y compararlo con el consumo de gas LP, ambos operados simultáneamente y bajo las mismas condiciones ambientales y de trabajo”.

Por otra parte, las pruebas de integridad buscan replicar condiciones a las que se enfrentarán los sistemas solares en el mundo real: granizo, presión, penetración de lluvia, resis-

tencia a los vientos, etcétera y el sistema debe conservarse en óptimas condiciones ante cualquier tipo de inclemencia.

En cuanto a los colectores solares, la norma NMX-ES-001-Normex-2005 establece los métodos de prueba para determinar el rendimiento térmico y las características de funcionalidad de los colectores solares comercializados en México que utilizan como fluido de trabajo, agua. Bajo esta norma, la prueba de rendimiento térmico de los colectores solares determina la eficiencia instantánea del colector solar. Su comportamiento, bajo un amplio rango de temperaturas de operación, básicamente se evalúa ingresando agua al colector a diferentes temperaturas y flujo constante y para cada temperatura se determina la eficiencia que presenta el colector. Durante estas pruebas se registran diversas magnitudes tales como la radiación solar, velocidad de viento y temperatura ambiente.

Ahora bien, como parte de la evaluación de los colectores solares se traza una gráfica que mediante un modelo establece el rendimiento del colector solar, a diferentes ángulos de incidencia de la radiación solar directa. Es decir, se evalúa el comportamiento del colector a diferentes ángulos con respecto al sol porque es claro que a las 6:00 hrs. no tendrá el mismo comportamiento que cuando el sol le dé de lleno al medio día. Esta prueba se denomina: prueba de obtención del factor modificador por efectos del ángulo de incidencia; informó Fuentes Toledo.

Las pruebas de integridad para los colectores solares son diversas, tales como la prueba de exposición a la radiación solar, alta temperatura, choques térmicos, etc. La resistencia a impactos es otro de los aspectos a evaluar en colectores solares. Con una bola de acero o de hielo se simula lo que le pasaría al colector ante una granizada. En las pruebas de presión, se presuriza el sistema para verificar que no presente daños ante una presión hidrostática 1.5 veces mayor que la presión de trabajo. Adicionalmente, se efectúan pruebas de choques térmicos externos e internos colocando los equipos sin agua y al sol durante cierto tiempo; una vez que se calientan, se les rocía agua a baja temperatura para ver si el cristal se quiebra, botan los sellos o si alguna parte del equipo presenta daños.



*En el Laboratorio de Refrigeración y Bombas de calor, la energía solar se aprovecha para incrementar la temperatura del agua.*



# ENERGY MEXICO 2019

OIL GAS POWER  
EXPO & CONGRESS

**29 al 31 de enero**

CENTRO CITIBANAMEX  
CIUDAD DE MÉXICO



**¡ASISTA Y RESERVE SU AGENDA!**

**EL PRINCIPAL EVENTO  
DEL NUEVO SECTOR DE  
ENERGÍA EN MÉXICO**

### ¿POR QUÉ PARTICIPAR?

- Evento B2B con presencia de los CEOs de las empresas líderes
- Networking del más alto nivel en piso de exposición
- Todos los sectores de la industria energética reunidos: petróleo, gas, electricidad y renovables.
- Único Congreso Internacional con una agenda de clase mundial nunca antes vista en México
- El evento líder del sector en México con el panorama actualizado del sector nacional e internacional

**¡REGÍSTRESE HOY  
EN LÍNEA!**

Contactos:

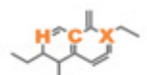
**Laura Barrera**  
Directora de Evento  
Tel. +52 (55) 1087 - 1850 Ext. 1185  
laura.barrera@ejkrausetarsus.mx

**Edna Villegas Rojas**  
ST EnergeA  
Tel. +52 (55) 5550 - 8995  
Cel. +521 (55) 5419 - 7686  
evr@mbd.estructura.com.mx

**Rocío Castillo**  
Dirección de Información  
Tel. +52 (55) 5280 - 2023  
rcastillo@hcx.mx

**Conferencias**  
Tel. +52 (55) 1087 - 1850 Ext. 1109  
conferencias@ejkrausetarsus.mx

Organizado por:



**[www.energymexico.mx](http://www.energymexico.mx)**



Energy Mexico



@Energy\_Mex



Energy Mexico



*Dr. Amílcar Fuentes Toledo. El Lapecas proporciona servicios para evaluación del desempeño térmico, integridad de colectores solares y sistemas de calentamiento de agua.*

La Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación, Normex S.C., así como la Asociación de Normalización y Certificación (Ance) A.C. y el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (Onncce) S.C. son las instancias con la facultad para emitir certificados de acreditación que prueban la calidad y buen funcionamiento de cualquier colector o sistema solar. El Lapecas está reconocido por dichos organismos certificadores.

Cuando un equipo acredita la certificación, se le distingue con una etiqueta para que el usuario conozca cuánta energía o kilogramos de gas ahorra. La mayoría de los colectores están garantizados por 10 años.

### **Instalación**

Otra particularidad muy importante de los sistemas solares es la instalación, ya que aun cuando el producto sea el mejor del mercado,



de poco sirve si la instalación no se realiza correctamente. En México, los equipos deben colocarse orientados hacia el sur. Por lo tanto, un aspecto crítico de los sistemas solares, fotovoltaicos o fototérmicos, es la instalación y, así como existen estándares para certificar los sistemas y colectores solares, también los instaladores deben certificarse porque con ello se logra una buena combinación entre un producto calificado y una instalación adecuada; concluyó el ingeniero Fuentes Toledo.

### **Laboratorio de Edificaciones Sustentables para el desarrollo y evaluación de sistemas solares pasivos (LES)**

Este laboratorio, también ubicado en el IER-UNAM, permite conocer el desempeño térmico de los sistemas constructivos de la envolvente de las edificaciones y lo preside el doctor en ingeniería mecánica Jorge Rojas Menéndez. “La idea nació a partir de un proyecto con la Secretaría de Energía (Sener) para identificar las características bioclimáticas en viviendas de interés social en diferentes zonas del país. Como parte de ese estudio, más reuniones de trabajo con la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee) sobre las normas para edificaciones en México, se vislumbró la importancia de analizar el desempeño térmico de la envolvente de las edificaciones de acuerdo con las condiciones climáticas de México”.

Gran parte de las evaluaciones que se hacen a partir de Normas Mexicanas o extranjeras, no tienen en cuenta la variación de la temperatura a lo largo de un día; así que consideran que la temperatura se mantiene constante al exterior y también proponen que la temperatura al interior de la edificación sea constante. Para esto, sería necesario tener aire acondicionado y que además estuviera encendido todo el tiempo, lo que normalmente no sucede y en México tampoco es conveniente.

A fin de mejorar las condiciones de confort o bienestar térmico al interior de las edificaciones, sin el uso de aire acondicionado o para reducir el consumo de energía por el uso de equipos de aire acondicionado, es fundamental analizar la transferencia de calor dependiente del tiempo a través de los elementos de la envolvente de una edificación. Para lo cual, es preciso resolver una ecuación diferen-

*Los estudios del IER-UNAM contribuyen a elegir los sistemas constructivos y los colores de la envolvente de las edificaciones según el clima*

cial que bajo algunas condiciones resulta muy complicada y, por lo tanto, es poco práctico para los constructores tener que utilizarla cada vez que hacen un proyecto. Esto se resolvió con un programa informático<sup>4</sup> que tiene una base de datos con las condiciones del clima de 80 ciudades de México y las propiedades físicas de algunos materiales que se usan en los sistemas constructivos de las edificaciones; explicó el entrevistado Jorge Rojas.

### **Ener-Habitat**

Es un *software* o programa informático abierto que cuando existen elementos homogéneos —como ladrillos sin huecos o un buen aplanado— en la envolvente arquitectónica, puede resolver la referida ecuación diferencial dependiente del tiempo. Ante esa condición de homogeneidad, se pueden hacer ciertas simplificaciones en las ecuaciones, como considerar que la transferencia de calor es en



*Dr. Jorge Rojas Menéndez. Determinar el desempeño térmico de sistemas constructivos, permite elegir materiales y colores adecuados.*



El LES se creó para el desarrollo y evaluación de sistemas solares pasivos y se pueden analizar sistemas constructivos complejos.

una dimensión y con *Ener-Habitat* resolverlas fácilmente. No obstante, los materiales para la construcción son cada vez más complicados, porque se requiere que sean más ligeros y en algunos casos tienen huecos de aire; por ello, la simplificación de las ecuaciones ya no resulta tan sencilla. En este caso, el sistema constructivo tendrá al menos una capa no homogénea y la transferencia de calor se debe considerar al menos en dos dimensiones.

El programa o *software* tarda hasta un día para resolver un solo sistema constructivo y eso ya no es práctico para los constructores. Motivo por el cual el Grupo de Energía en Edificaciones del IER-UNAM está buscando modelos de transferencia de calor que tengan en cuenta variaciones de dos o tres dimensiones que permitan simplificar el problema y reducir el tiempo de cómputo.

De acuerdo con información del sitio en internet<sup>4</sup>, la herramienta de simulación numérica

*Ener-Habitat* —útil para comparar el desempeño térmico de sistemas constructivos de techos y muros de la envolvente de una edificación, bajo las condiciones climáticas de las principales ciudades de la República Mexicana— es de acceso gratuito, previo registro y, entre sus características está: realizar simulaciones numéricas de transferencia de calor dependiente del tiempo, lo que permite tener en cuenta el efecto de la masa térmica y no sólo de la resistencia térmica de materiales constructivos. Hecho que resulta muy importante en lugares con alta radiación solar o con variaciones de temperatura significativas a lo largo del día, como ocurre en la mayor parte del país.

Asimismo, el programa evalúa el desempeño térmico de sistemas constructivos formados, ya sea por capas homogéneas o por una capa no homogénea. Ejemplos de capa no homogénea son: el bloque hueco de concreto, la vigueta y bovedilla hueca de concreto o la vigueta y bovedilla de concreto rellena de poliestireno.



*Ener-Habitat* también analiza los sistemas constructivos para edificaciones que en su interior cuentan o no con aire acondicionado. Con aire acondicionado, el parámetro principal de comparación es la carga térmica por unidad de área, debido a la transferencia de calor por el sistema constructivo. Sin aire acondicionado, el parámetro es la energía térmica que entra a la edificación por unidad de área del sistema constructivo. Es de fácil uso y no requiere de una capacitación especial.

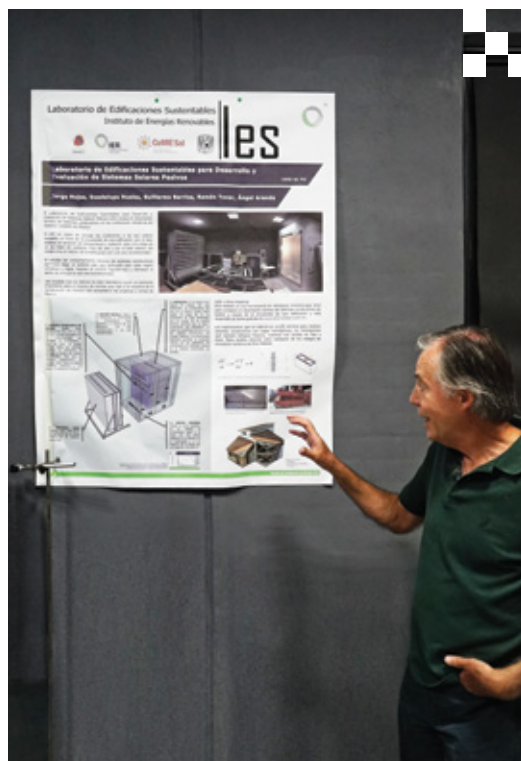
Es importante tener en cuenta que con *Ener-Habitat*, la transferencia de calor sólo evalúa el sistema constructivo de un muro o del techo de la envolvente por simulación, por lo que únicamente se puede usar para seleccionar el mejor sistema constructivo de muros o techos para el clima de interés y no para el análisis térmico de una edificación. Esto se debe a que no se tienen en cuenta otros factores de la transferencia de calor de una edificación. Por ejemplo: ventanas, ventilación, personas o equipos. Para el caso en donde se considera aire acondicionado al interior, los resultados no se pueden usar para dimensionar sistemas de aire acondicionado.

*Ener-Habitat* se actualiza constantemente por académicos del IER-UNAM, a fin de colaborar en el diseño y uso de sistemas constructivos de muros y techos de la envolvente, acordes al clima y a la condición de operación de cualquier edificación.

### **Alternativa ante materiales modernos**

Dada la limitación actual del *software Ener-Habitat*, se creó el Laboratorio de Edificaciones Sustentables (LES) para el desarrollo y evaluación de sistemas solares pasivos, en donde se tiene la capacidad de analizar sistemas constructivos más complejos (por ejemplo, varias capas no-homogéneas). De manera que el LES sirve para validar los modelos de transferencia de calor que se proponen en el Grupo de Energía en Edificaciones y para caracterizar el desempeño térmico de los sistemas constructivos de compañías dedicadas a la construcción que lo contraten.

Este laboratorio cuenta con cuatro elementos principales y varios secundarios. Los elementos principales son una cámara climática,



*Dr. Jorge Rojas. Se pretende entregar guías útiles para construir en concordancia con el clima y obtener mejores condiciones al interior de las edificaciones, sin necesidad de aire acondicionado, siempre que sea posible.*

una cámara habitable, una guarda térmica y el sistema constructivo a evaluar. En la cámara climática, mediante unos equipos de aire acondicionado, se genera una variación de la temperatura del aire correspondiente a un día típico de un mes de cualquier ciudad. Si, por ejemplo, se requiere un análisis para Acapulco, Guerrero; se programa en la computadora la variación de la temperatura, del día típico del mes crítico, y por medio de controles se va inyectando aire en la cámara climática, de tal manera que se va recreando la temperatura del aire exterior bajo esas condiciones.

La cámara habitable es el espacio donde se cuantifica el efecto de la transferencia de calor a través de un sistema constructivo. La guarda térmica se usa para asegurar que el techo, el piso y las paredes de la cámara habitable, que no contienen el sistema constructivo de interés, no participen en el

---

*Los investigadores del IER-UNAM hacen guías de utilidad para construir edificaciones según el clima, a fin de que las condiciones térmicas en interiores sean adecuadas, sin necesidad de aire acondicionado*

---



análisis de transferencia de calor. Entre la cámara climática y la cámara habitable se coloca el sistema constructivo de interés. Para la evaluación, se utilizan medidores de temperatura del aire en la cámara climática y en la cámara habitable y medidores de temperatura superficial colocados en el exterior e interior del sistema constructivo. También se puede considerar el efecto de la radiación solar en las envolventes de las edificaciones utilizando un simulador solar.

Con todos los equipos se hacen las mediciones y se determina el desempeño térmico del sistema constructivo y se compara con los resultados obtenidos con otros sistemas constructivos. Esta es una concepción del IER-UNAM que está en proceso de ser patentada.

Los estudios de esta índole, contribuyen a elegir los materiales y colores de los sistemas

constructivos de la envolvente de las edificaciones; según el clima o efecto de la radiación solar. El propósito es entregar guías útiles para construir en concordancia con el clima y así obtener mejores condiciones al interior de las edificaciones, sin necesidad de aire acondicionado, siempre que esto sea posible. Si se requiere usar aire acondicionado, se buscará el sistema constructivo adecuado para esta condición, ya que hay sistemas constructivos adecuados para uso de aire acondicionado. Es importante enfatizar que estos materiales adecuados para aire acondicionado no son adecuados para construcciones donde no se usa aire acondicionado. Por lo tanto, es preciso saber si en la edificación se está considerando el uso de aire acondicionado, o no, y hacer la recomendación del sistema constructivo para la envolvente de la edificación de acuerdo a las condiciones del clima, finalizó el doctor Rojas Menéndez.

#### Referencias

1. NMX-001-Energía solar, rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua, métodos de prueba y etiquetado. <http://www.sitiosolar.com/NMX-ES-001-NORMEX%20-%202005.pdf>
2. NMX-004-Energía solar, evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua método de prueba. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5138268&fecha=12/04/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5138268&fecha=12/04/2010)
3. Norma Oficial Mexicana de eficiencia energética y seguridad para calentadores de agua solares [http://dof.gob.mx/nota\\_to\\_imagen\\_fs.php?cod\\_dia rio=281323&pagina=46&seccion=2](http://dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?cod_dia rio=281323&pagina=46&seccion=2)
4. Evaluación térmica de la envolvente arquitectónica Ener-Habitat <http://www.enerhabitat.unam.mx/Cie2/regitrarse.jsp>

#### Academia

Otros servicios adicionales del IER-UNAM, es la impartición de la licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables, así como estudios de posgrado, cuya sólida preparación genera talento para la industria energética renovable capaz de contribuir al desarrollo sostenible.

“El perfil que se forma en el IER-UNAM tiene tres pilares: la parte académica y de investigación, la posibilidad de participación en la industria, además de la facultad para ser parte de la toma de decisiones (política energética)”; señaló el doctor Miguel Robles Pérez, coordinador académico de la licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables del IER-UNAM.

La titulación de los estudiantes de licenciatura es a través de diferentes mecanismos: por tesis, por tra-

bajo de investigación aceptado para su publicación en alguna revista internacional, sea individual o en equipo; por servicio social, mediante un examen general de conocimientos o cursando un semestre de maestría. También desempeñándose profesionalmente seis meses en una empresa relacionada con energías renovables; por seminario de titulación, o bien estudiando un diplomado.

Adicionalmente, los alumnos del IER-UNAM pueden integrarse a proyectos del instituto durante los últimos semestres, sea a partir de su servicio social o tesis. Sin embargo, hay quienes desde el cuarto o quinto semestre deciden formar parte de los proyectos de investigación para posteriormente estar en posibilidad de participar en los programas de movilidad internacional que tiene la UNAM durante el séptimo u octavo semestre. “En el IER-UNAM existe una probabilidad muy alta de conseguir la movilidad semestral tanto para estancias de investigación como para el extranjero, dado lo reducido de nuestros grupos, lo cual es una gran motivación para el alumnado, pues más de la mitad ha logrado un intercambio a países como Chile, España, Francia, Alemania, Japón, República Checa, Inglaterra y otros destinos”.

De manera que el IER-UNAM está formando a los futuros líderes del sector energético, cuyo perfil les permitirá insertarse en la academia o industria, así como emprender su propio negocio al culminar sus estudios.

Se agradece la colaboración de la licenciada Daniela Paulina Juárez Bahena, jefa de la Unidad de Comunicación de la Ciencia del IER-UNAM; así como de los doctores Jesús Antonio del Río Portilla, Amílcar Fuentes Toledo, Jorge Rojas Menéndez y Miguel Robles Pérez, para la realización de este artículo.