

# CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA (CIE)

*Dr. Claudio A. Estrada Gasca – Director – diciembre de 2004*

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estructura académica | Departamento de Materiales Solares. Coordinaciones de:<br>Recubrimientos Ópticos y Optoelectrónicos (ROO);<br>Solar Hidrógeno-Celdas de Combustible (SHCC);<br>Superficies, Interfaces y Materiales Compuestos (SIMC).<br><br>Departamento de Sistemas Energéticos. Coordinaciones de:<br>Concentración Solar (CS); Geoenergía (GEO); Refrigeración y<br>Bombas de Calor (RBC); Planeación Energética (PE).<br><br>Departamento de Termociencias. Coordinaciones de:<br>Física Teórica (FT); Transferencia de Energía y Masa (TEyM). |
| Campus               | Morelos (Temixco)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Creación/ historia   | Laboratorio de Energía Solar, Instituto de Investigaciones<br>en Materiales, 1985.<br><br>Centro de Investigación en Energía, noviembre de 1996.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Sitio web            | <a href="http://www.cie.unam.mx/">http://www.cie.unam.mx/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Área                 | Ciencias Físico-Matemáticas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

## INTRODUCCIÓN

El Centro de Investigación en Energía, ubicado en la ciudad de Temixco, Morelos, es el principal centro de investigación en energías renovables de México. La misión del CIE es la de: realizar investigación básica y aplicada y desarrollo tecnológico en la generación, transmisión, conversión, almacenamiento, utilización e impactos de la energía, en particular de las fuentes renovables; llevar a cabo estudios, asesorías y capacitación a instituciones en el área de la energía; formar estudiantes, principalmente de posgrado, a través de cursos y tesis, y difundir los conocimientos adquiridos en el área, para alcanzar el desarrollo sustentable del país. Los programas de posgrado de la UNAM en los cuales participa incluyen a: Ingeniería (Energía), Ciencias Físicas y Ciencias e Ingeniería de Materiales. El CIE busca apoyar a la sociedad a través de asesorías, estudios, patentes y desarrollos tecnológicos, en particular en el campo de las fuentes renovables de energía.

### *Principales logros en el año*

Se continuó trabajando en la propuesta del proyecto Creación de la Licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables. Se espera que en el 2011 comience a impartirse en las instalaciones del CIE.

En el marco del proyecto Laboratorio nacional de sistemas de concentración solar y química solar (Conacyt, 2007-2013), cuyo responsable es el doctor Claudio A. Estrada Gasca, se concluyó la primera etapa con la puesta en operación de las tres instalaciones propuestas: Horno solar de alto flujo radiativo, Planta solar para el tratamiento fotocatalítico de aguas residuales y Campo de pruebas de helióstatos.

En la convocatoria de Conacyt-Secretaría de Energía-Sustentabilidad Energética se logró la aprobación de cuatro proyectos: Desarrollo de sistemas de aire acondicionado solar para zonas costeras de México; Desarrollo y validación de una metodología para estimar los impactos en el ahorro de energía por el uso de sistemas pasivo-constructivos en la edificación para diferentes climas de México; Evaluación económica y ambiental de escenarios al 2030 de la inserción de fuentes alternas de energía y medidas de eficiencia energética en el sistema energético mexicano en base a su potencial de reducción de gases efecto invernadero (GEI), y Procesamientos de módulos fotovoltaicos de CdTe/CdS de baja potencia para su transferencia tecnológica al sector industrial.

También se logró la aprobación de dos nuevos proyectos de laboratorios nacionales: Laboratorio de innovación fotovoltaica y caracterización de celdas solares, y Laboratorio nacional de sistemas de concentración solar y química solar, 2ª etapa.

En el proyecto Desarrollo de prototipos de celdas solares CdTe/CdS, con apoyo del Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal (ICyTDF), se obtuvieron los siguientes logros: el desarrollo de una planta piloto en colaboración con el sector privado, el desarrollo de prototipos de celda solar CdTe/CdS y el desarrollo de tecnologías escalables que permiten la producción en línea de módulos fotovoltaicos.

Se continuó con las actividades de investigación del proyecto internacional: Investigación, desarrollo y aplicación de sistemas de refrigeración solar para congelación y climatización (2009-2012), proyecto del Fondo de Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología (FONCICYT 4256), con la Unión Europea-México.

## PERSONAL ACADÉMICO

En 2010 se integraron al personal académico 2 investigadores asociados C y 1 técnico académico asociado C. En total el CIE cuenta con una planta académica de 40 investigadores y 21 técnicos académicos; además tiene 2 plazas del Programa de Fortalecimiento Académico para las Mujeres Universitarias (PFAMU) de la UNAM. Se promovieron 2 académicas a investigadoras titulares A. Es importante señalar que el CIE tiene 16 plazas posdoctorales, con nivel equivalente a investigador asociado C; son 7 plazas apoyadas por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), además de 7 plazas apoyadas por el Conacyt y 2 plazas apoyadas por el ICyTDF.

## INVESTIGACIÓN Y SUS RESULTADOS

En el año, el CIE tuvo 72 proyectos con financiamiento: 26 del Conacyt, 22 de la DGAPA y 24 de ingresos extraordinarios. Además de esto, existen 60 proyectos o líneas de investigación en los cuales trabajan los investigadores del CIE.

### *Productos de investigación*

En 2010 se publicaron 78 artículos de investigación en revistas indizadas y no indizadas. El indicador de artículos indizados/investigador fue de 1.8; además, se publicaron 52 trabajos en memorias de congresos, 6 libros, 20 capítulos en libros y 12 reportes de proyectos o reportes técnicos.

En el mismo periodo se otorgaron las patentes: "Reducción dinámica de la capa de mojado durante el desplazamiento de un fluido viscoelástico por un fluido de menor viscosidad", otorgada en Canadá (M. López de Haro, A. del Río y E. Corvera, PA/a/2001/007424, Patente en Canadá No. PCT/MX02/00068, título de Patente No. 277592) y "Dynamic reduction of the moisture layer during the displacement of a viscoelastic fluid using a fluid with lower viscosity" (E. Corvera Poiré, M. López de Haro y J. A. del Río; Patente Nacional, Oficina Canadiense de la Propiedad Intelectual, Canadá, no. 2, 455,667. Concedida el 24 de agosto de 2010).

También en materia de patentes, se encuentran en trámite: "Sistema y método de obtención de temperaturas estabilizadas de formación en pozos geotérmicos y petroleros" (J. A. Wong, J.A. Andaverde y E. Santoyo, MX-a-2010-001495), "Calorímetro de placa plana para la medición de energía radiativa concentrada" (C.A. Estrada, O.A. Jaramillo, C.A. Pérez-Rábago, C.A. Arancibia-Bulnes, J.J. Quiñones Aguilar. MX/a/2007/007909), "Método para producir estructuras fotónicas luminiscentes de silicio poroso" (A. del Río y R. Nava, MX/a/2010/002875), "Sistema portátil para depositar películas delgadas de semiconductor por método sublimación en espacio cercano" (X. Mathew, MX/a/2010/002876) y "Método para cuantificar el uso eficiente de la energía en equipos, sistemas y procesos industriales por medio de indicadores exérgicos" (P. Burgos Madrigal, V.H. Gómez Espinoza, R. Best y Brown, 172562-09A).

En cuanto a registro de propiedad industrial, se obtuvo el Registro de logo del Centro de Investigación en Energía UNAM (y diseño) (Clase 42 y con número de registro 1151884), y del Paquete computacional para el Análisis y Optimización Exergoeconómica de Calderas, Evaporadores, Generadores de Calor y Turbogeneradores (W. Rivera, 03-2010-061712124000-01). En trámite está el Software de control y monitoreo para el proceso de depósito por sublimación en espacio cercano (X. Mathew).

El Science Citation Index del Institute for Scientific Information (ISI), muestra que los 1 073 artículos publicados en los periodos 1997-2010 recibieron 1 370 citas en el 2010, y que las citas acumuladas son 7 606. El factor de impacto promedio de las revistas indizadas en las que se publicó fue de 2.25.

### **INTERCAMBIO ACADÉMICO**

Como parte de las actividades de superación académica, durante el 2010, dos académicos del CIE realizaron estancias sabáticas, uno en la Universidad de Sonora y otro en la Universidad Autónoma Metropolitana en la Ciudad de México; asimismo, el CIE recibió un académico en estancia sabática del Instituto Tecnológico de Zacatepec.

Algunos investigadores del CIE realizaron estancias de investigación en las siguientes instituciones nacionales e internacionales: Centro de Tecnología y Proyectos Mabe en Querétaro, Universidad de Sonora, Universidad Politécnica de Nantes (Francia), National Renewable Laboratory (Estados Unidos), Universidad de Extremadura (España), Universidad de Florencia (Italia), Instituto Art Radio (Ucrania), Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC, España) y University of Rajasthan (India).

Dentro de este mismo contexto, se recibieron académicos de las siguientes instituciones nacionales e internacionales: universidades de Nuevo León, de Querétaro, Veracruzana, de Sonora, Politécnica de Chiapas y de Ciencias y Artes de Chiapas; Instituto Tecnológico de Ciudad Hidalgo y de Zacatepec, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Universidad de Florencia (Italia), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), Universidad Técnica de Dinamarca (Dinamarca), National Renewable Laboratory (Estados Unidos) y University of Rajasthan (India).

## ORGANIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS ACADÉMICOS

Se participó en la organización de los siguientes eventos: *Simposio Internacional en Energías Renovables y Sustentabilidad*; XX Congreso Nacional de Geoquímica; Taller de Proyectos para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Ahorro y Uso Eficiente de la Energía en Temixco; evento de Puertas Abiertas del Centro de Investigación en Energía a la Comunidad Morelense; 6º Taller de Tecnologías Solares; Escuela de Investigación en Energía; *Dynamical Behaviour of Complex Systems: Symposium in honour of Rafael Barrio's 60th birthday*; *International Conference on Physics of Light-Matter Coupling in Nanostructures*; *Primer Encuentro Iberoamericano de Comunicación Universitaria y Divulgación de la Ciencia*; NANOMEX 2010; Congreso Microscopía Electrónica, 4ª Reunión del grupo UNAM-Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV); *Simposio Photovoltaics, Solar Energy Materials and Technologies*; *SPIE Solar Energy + Technologies*; *Water-rock interaction 13*; seminarios de los departamentos, del Posgrado y de la Dirección.

De estos eventos organizados por académicos del CIE, 16 fueron dirigidos a pares y 4 a público no experto.

## DOCENCIA

El CIE colabora en los siguientes posgrados de la UNAM: de Ingeniería (Energía), en Ciencias Físicas y, en Ciencia e Ingeniería de Materiales. Existe colaboración también con los posgrados en Ingeniería y Ciencias de la Tierra (UNAM); de Materiales, del Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV); de Ingeniería, del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET); de Ingeniería, del Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAp, UAEM), y del Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ).

En el nivel licenciatura, los académicos del CIE también participan en algunas facultades de la UNAM (por ejemplo en la FES-Aragón, Ciencias, Ciencias Genómicas, Ingeniería y Química), así como en la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería (FCQel) de la Universidad Autónoma del estado de Morelos (UAEM); la Facultad de Ingeniería de la Universidad Au-

tónoma de Baja California (UABC); las universidades Veracruzana (campus Cd. Mendoza), de la Ciudad de México, Autónoma Juárez de Tabasco, Autónoma Metropolitana (UAM), La Salle (campus Morelos), Politécnica de Chiapas, Tecnológica de Emiliano Zapata, y los institutos tecnológicos de Iguala, Orizaba y Zacatepec. Igualmente, los académicos del CIE han realizado actividades docentes en algunas escuelas preparatorias de la entidad.

Durante el año 2010, el CIE tuvo registrado un número total de 271 estudiantes realizando trabajos de tesis: 77 de maestría, 94 de doctorado y 17 de licenciatura. Asimismo, se tuvo un registro de 32 estudiantes de servicio social, 49 de residencia profesional, prácticas profesionales y estancias cortas de investigación.

En los procesos de admisión del 2010 (semestres 2010-2 y 2011-1 de la UNAM), de los diferentes programas de posgrado en los que participa el CIE, se tuvo un registro total de 30 estudiantes, de los cuales 10 ingresaron a programas de doctorado y 20 a la maestría.

En relación con las estadísticas de graduación, en este año se graduaron 10 estudiantes de doctorado, 20 de maestría y 13 de licenciatura. Asimismo, se impartieron cursos en programas docentes oficiales: a nivel posgrado (cursos frente a grupo y relacionados con asignaturas de proyectos de investigación I y II) y en licenciatura.

## COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN

Dada la temática de investigación del CIE, sus académicos participaron activamente en diversos medios de comunicación electrónica e impresos difundiendo e impulsando el estudio y el desarrollo tecnológico de las energías renovables para el desarrollo sustentable del país, la solución de los problemas energéticos y la contaminación ambiental.

## ACTIVIDADES DE VINCULACIÓN, COOPERACIÓN Y COLABORACIÓN

Como una forma de vinculación con la sociedad, el Centro ofrece visitas guiadas a grupos de estudiantes, académicos y público en general. Este año el CIE tuvo 24 visitas guiadas, dando atención a más de 719 personas.

## PREMIOS Y DISTINCIONES

El doctor Octavio García Valladares recibió la Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos en el área Innovación Tecnológica y Diseño Industrial; la invención "Calorímetro y Radiómetro de Cavidad Cónica para la Medición de Energía Radiante", de los doctores Claudio Estrada, Carlos Pérez Rábago, J. Ballestrín y Oscar Jaramillo S., obtuvo el primer lugar en el concurso del Programa para el Fomento al Patentamiento y la Innovación (PROFOPI) 2010, de la Coordinación de Innovación y Desarrollo de la UNAM; cuatro académicos ingresaron a la Academia Mexicana de Ciencias y uno a la Academia de Ciencias de Morelos; el doctor Edgar R. Rolando Gutiérrez fue designado Presidente del Instituto Nacional de Geoquímica (INAGEQ) para el periodo 2010-2012, en tanto que el doctor Antonio del Río Portilla lo fue como Presidente de la Academia de Ciencias de Morelos para el mismo periodo; los doctores Eduardo Ramos Mora, Manuel Martínez Fernández y Claudio

A. Estrada Gasca recibieron la Medalla Tonatiuh, otorgada por el CIE a los académicos fundadores; la doctora Margarita Miranda Hernández fue distinguida con el Reconocimiento Sor Juana Inés de la Cruz; finalmente, el premio a la Mejor Contribución Científica Estudiantil en la modalidad de Póster del congreso internacional *Water-rock interaction* (Guanajuato, Gto.) fue para el alumno M.I. Daniel Pérez Zárate.

Los siguientes académicos del CIE fungieron como editores de revistas: doctor Claudio A. Estrada Gasca (*Solar Energy*), doctor Roberto Best y Brown (*Applied Thermal Engineering*), doctor Sebastian Pathiyamattom (*International Journal of Energy Research*), doctor Xavier Mathew (*International Journal of Solar Materials*), doctores Surendra Pal Verma y Edgar R. Santoyo Gutiérrez (*Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*).

## INFRAESTRUCTURA

Se concluyó la planta de fotocatalisis. Se avanzó en los trabajos del Horno Solar. Se construyó el Banco de pruebas para determinar la eficiencia térmica de colectores solares planos y pruebas de integridad. La sala TV UNAM se adaptó para una Videoteca y se instaló la antena de televisión para recibir la señal de TV UNAM (EDUSAT).

