

# CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA (CIE)

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

## Introducción

El Centro de Investigación en Energía (CIE), ubicado en la Ciudad de Temixco, en el Estado de Morelos, es el principal centro de investigación en energías renovables de México. El CIE forma parte del Campus Morelos de la UNAM, junto con los institutos de Biotecnología y de Ciencias Físicas, los centros de Ciencias Genómicas y Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, y la Unidad Cuernavaca del Instituto de Matemáticas.

Además de las labores de investigación, en el CIE se desarrolla una importante actividad docente en tres diferentes programas de posgrado de la UNAM: Ingeniería (Energía), Ciencias Físicas, y Ciencias e Ingeniería de Materiales. El CIE busca impactar a la sociedad a través de asesorías, estudios, patentes y desarrollos tecnológicos, en particular en el campo de las fuentes renovables de energía.

**Principales avances logrados en el año calendario.** a) A partir del 22 de agosto se pusieron en operación las instalaciones de los Edificios de Docencia y de Gestión Tecnológica. b) Se constituyó la comisión para realizar el proyecto de la conversión de Centro a Instituto. c) Se continuaron los trabajos de la comisión para la elaboración del proyecto de la licenciatura: Ingeniería en Energías Renovables. d) Se iniciaron los trabajos para realizar el Plan de Desarrollo Institucional a mediano y largo plazo. e) Se puso en operación la planta fotovoltaica de suministro eléctrico del Edificio “E”. f) Puesta en operación de la sala de videoconferencias a partir de febrero de 2007.

## Personal académico

En 2007 se incorporaron al CIE dos nuevas plazas de técnicos académicos, lo que significó un incremento del 11% en esa categoría.

Se contó con una nueva plaza de investigador asociado C, financiada por el Programa de Fortalecimiento Académico para las Mujeres Universitarias, y otra de investigador titular C, otorgada por el CTIC.

Se tiene una nueva plaza posdoctoral, con sueldo equivalente a investigador asociado C.

Dos investigadoras se promovieron a investigadoras titulares C y B. Un técnico se promovió a la categoría de técnico académico titular A.

## Investigación y sus productos

Se enuncian los principales avances alcanzados en el año, por coordinaciones:

**Recubrimientos Ópticos y Optoelectrónicos.** a) Se obtuvieron por depósito químico estructuras fotovoltaicas de películas delgadas con mejor desempeño optoelectrónico  $\square \approx 1\%$ .

b) Producción de más de 400 metros cuadrados de recubrimientos semiconductores para el control de la radiación solar en la planta piloto.

**Solar Hidrógeno-Celdas de Combustible.** a) Se diseñó y se puso en operación un sistema híbrido Fotovoltaica-Hidrógeno-Celda de Combustible de 10 kW de potencia para electrificar el edificio E del CIE. b) Se desarrollaron dispositivos fotovoltaicos basados en CdTe con eficiencias arriba de 10%.

**Superficies, Interfases y Materiales Compuestos.** a) Se diseñó y construyó un prototipo de reactor foto catalítico híbrido (solar-lámparas) tipo batch (100 Lts.) para la eliminación de contaminantes orgánicos de desecho de la industria. Durante el periodo se validó el prototipo de reactor tratando aguas de desecho de una industria textil, para eliminar colorantes.

**Concentración Solar.** a) Se concluyó el diseño óptico del concentrador primario y el heliostato del Horno Solar de Alto Flujo Radiativo, en colaboración con el INAOE, como parte del proyecto “Laboratorio Nacional de Concentración Solar y Química Solar”. b) Se desarrolló y probó un calorímetro de placa plana para medir radiación solar altamente concentrada mediante la técnica de calorimetría de agua fría, reduciendo incertidumbre. Se cuenta con una solicitud de patente.

**Geoenergía.** a) Se desarrolló un nuevo software especializado (SolGeo) para la estimación de temperaturas de fondo en sistemas geotérmicos usando 33 herramientas geotermométricas de solutos. b) Se desarrollaron nuevos geotermómetros mejorados de Na/K, usando técnicas estadísticas y redes neuronales artificiales, para su aplicación a la predicción de temperaturas de fondo de sistemas geotérmicos.

**Planeación Energética.** a) Se logró la modelación de escenarios factibles del uso de bioenergía y de su contribución para reducir las emisiones de GEI en los sectores de transformación y de uso final de la energía de México. b) Se desarrollaron y simulaban escenarios de biodiesel a partir de aceite de palma para satisfacer la demanda de diesel en el sector de transporte mexicano.

**Refrigeración y Bombas de Calor.** a) Se evaluó un prototipo de secador solar que opera con energía solar térmica y solar fotovoltaica, con buenos resultados. g) Se evaluó un prototipo de tanque-captador solar, que opera con un fluido de cambio de fase para calentar agua, con buenos resultados.

**Física Teórica.** a) En la línea de física estadística, se efectuaron cálculos analíticos de los diagramas de fase del fluido de Yukawa y se desarrolló un programa de simulación para sistemas de esferas e hiperesferas duras mediante dinámica molecular y dinámica Browniana. b) Se obtuvo el registro de solicitud de patente de un horno solar para la cocción de alimentos para la región intertropical.

**Transferencia de Energía y Masa.** a) Se desarrolló una metodología experimental para la detección del paso de vórtices en flujos turbulentos. b) Se diseñó y construyó un equipo de laboratorio para el estudio de la ventilación y la transferencia de calor en edificios. c) Se estudió el flujo oscilatorio de una gota de agua en un capilar, para su empleo en un convertidor termoacústico-MHD para la conversión de energía térmica en energía eléctrica.

**Proyecto especial.** Proyecto Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar, con los siguientes subproyectos: a) Horno Solar de Alto Flujo Radiativo; b) Planta Solar para el Tratamiento Fotocatalítico de Aguas Residuales, y c) Campo de Pruebas para Helióstatos.

### *Proyectos de investigación*

En 2007 se tuvieron 37 proyectos vigentes con financiamiento. De esos proyectos, el 49% fueron de DGAPA, el 40% de CONACYT, el 3% es de FOMIX y el 3% de CONACYT/SEMARNAT. De estos 37 proyectos, el 38% fueron nuevos, el 38% fueron concluidos y el 24% quedaron en proceso.

Desde la creación del CIE, en 1997, la producción promedio es de 1.69 artículos por investigador. La mayoría de los artículos reportados por los académicos se publican en revistas indizadas por el ISI (JCR). El número de artículos arbitrados producidos en 2007 fue de 66.

### *El CIE obtuvo en este año las siguientes patentes:*

a) Capa de mojado (Reducción dinámica de la capa de mojado durante el desplazamiento de un fluido visco elástico por un fluido de menor viscosidad), de los inventores: Dra. Eugenia Corvera Poiré, Dr. Mariano López de Haro y Dr. J. Antonio del Río Portilla. Título de patente concedida en EUA: US 7,201,224 B2 *apr* 10, 2007.

b) Ciclo solar GAX. (Sistema térmico de refrigeración por absorción avanzado, operado con energía solar y gas natural, para uso en acondicionamiento térmico de espacios), de los inventores: Dr. Nicolás Velásquez Limón y Dr. Roberto Best y Brown. Los trámites ya se concluyeron.

Actualmente existen 4 solicitudes de patentes en trámite. Además, se obtuvo el registro de propiedad intelectual de dos sistemas de cómputo realizados en el CIE.

### *Citas*

Una búsqueda en el sitio del SCI-Thomson aportó un total de 639 artículos publicados en el periodo 1995-2008; estos artículos recibieron en los años 2006 y 2007, 682 y 697 citas, respectivamente (<http://www.cie.unam.mx/Reportes/>).

## **Vinculación con la sociedad, cooperación, colaboración y servicios**

El CIE tiene los siguientes convenios firmados en el periodo:

**Con instituciones académicas.** a) Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET). Establece bases de cooperación para realizar proyectos de docencia, investigación científica y tecnológica además de difundir el conocimiento en el área de la tecnología, tendiente a desarrollar un polo regional de excelencia en el Estado de Morelos. b) Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT-España). Se propone realizar un proyecto de investigación para la desalinización de agua de mar por medio de

sistemas innovadores de destilación a base de membranas solares. c) Universidad de Sonora. Busca colaborar para la ejecución presupuestaria y administración de los recursos asignados al proyecto “Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar”.

**Con industrias.** a) MABE, Centro de Tecnología y Proyectos. Trabajo conjunto en el proyecto de investigación “Estudio de transferencia de calor a través del sello magnético de refrigeradores magnéticos”, además de brindar asesoría al Centro de Tecnología y Proyectos de MABE en el cálculo de coeficientes convectivos de transferencia de calor en los alrededores del sello y conductividad de materiales.

**Gubernamentales.** a) Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos (CCyTEM) y Centro Morelense de Innovación y Transferencia Tecnológica (CEMITI). Colaborar entre las partes en los campos de la investigación, innovación y transferencia tecnológica. b) Secretaría de Cultura de San Luis Potosí. Se firmó el finiquito del convenio de colaboración y entrega del informe final del proyecto “Estudio energético para el Centro de las Artes de San Luis Potosí”. c) Municipio de Temixco. Realizar estudios de planeación regional y energética que proporcionen los criterios necesarios para la implementación de acciones que permitan sentar las bases para consolidar el proyecto de Temixco, Ciudad Solar: >Proyectos que vayan encaminados al uso eficiente y ahorro de energía. >Estudios y cuantificación de los recursos solares e hidráulicos de la localidad. >Proponer sistemas tecnológicos que aprovechen los recursos de energía renovable locales para la generación de electricidad. >Extracción, tratamiento y destilación de agua.

## Organización y participación en eventos académicos (dirigidos a pares)

El personal académico participó en la organización de los siguientes eventos: a) XIII Congreso de la División de Fluidos y Plasmas de la Sociedad Mexicana de Física. b) XIV Seminario Enzo Levi de la División de Fluidos y Plasmas de la Sociedad Mexicana de Física. c) International Symposium on Solar-Hydrogen-Fuel Cells 2007. d) International Materials Research Congress 2007. e) Tercer Curso Taller de Tecnologías Solares. f) Fourth San Luis Summer School and Conference on Surfaces, Interfaces and Catalysis.

## Premios y distinciones

Los investigadores del CIE recibieron los siguientes premios y distinciones: Premio Nacional de Ahorro de Energía y Energía Renovable 2007: Promoción de Eficiencia Energética y Energías Renovables; tercer lugar en el Concurso Mujeres Mexicanas Inventoras e Innovadoras: Emisión Julieta Fierro 2007, en la categoría de Innovación, ámbito académico y/o de investigación; Reconocimiento Sor Juana Inés de la Cruz; Premio al Merito Universitario.

## Intercambio académico

Las principales instituciones en las que el personal académico realizó estancias de investigación son: Universidad de Toledo, OH, EUA; Universidad de Sheffield, UK; Universi-

dad de California en LA; Center for Fluid Dynamics, Universidad Técnica de Dinamarca; Lab. de Geología Planetaria del Centro de Astrobiología (CSIC-INTA); Universidad de Extremadura, España; Universidad Complutense de Madrid, España; Institute of Chemical Technology and Center for Biomolecules and Complex Molecular Systems, Praga; Laboratoire Maitrise de Technologies Agro-industrielles, Université de La Rochelle, Francia; Universidad de Badajoz, España; Dipartimento di Energetica, Facoltà di Ingegneria, Università di Firenze, Italia; Centro de Ciencias de la Materia Condensada-UNAM, Museo Nacional de Ciencias Naturales (Dpto. Vulcanología).

A su vez, el CIE recibió personal académico de las siguientes instituciones: Universidad Politécnica de Chiapas; Universidad de Sonora; Universidad de Querétaro; University of Southampton, UK; Universidad de la Habana, Cuba; Laboratorio de Geología Planetaria, Centro de Astrobiología (CSIC-INTA), España; Universidad de California Los Angeles, EUA; Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina; Universidad de Extremadura, España; Universidad de Tartu, Estonia; Instituto de Energía y Termodinámica, Colombia; Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia; CIEMAT, España; Universidad de Wisconsin-Madison, EUA.

Algunos académicos realizaron estancias académicas en las siguientes instituciones: Escuela de Física y Astronomía, Universidad de Southampton, Inglaterra; Universidad de California Irving; Universidad de Wisconsin-Madison, EUA; National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO.

### Docencia

Una de las actividades relevantes en el área docente fueron los trabajos de la comisión para la elaboración del proyecto de la licenciatura: Ingeniería en Energías Renovables. En el Centro realizaron labores de formación académica 75 becarios (26 de maestría y 49 de doctorado). Para apoyo de las actividades docentes, los académicos elaboran el material didáctico apropiado, como notas de cursos, diapositivas y carteles.

### Divulgación científica

Se realizaron los siguientes eventos: a) V Congreso de estudiantes (30 y 31 de mayo y el 1º de junio). b) Conferencias de la Dirección. c) Seminarios del Departamento de Termociencias. d) Videoconferencias. e) Curso de Estadística Básica para el Manejo de Datos Experimentales (en dos ocasiones). f) Curso Taller de Tecnologías Solares (22 al 25 de mayo). g) 7ª Escuela de Investigación en Energía (9 al 13 de abril).

Se participó en los siguientes eventos: a) La Feria de Ciencia y Tecnología, que se llevó a cabo en la H. Cámara de Diputados (septiembre). b) Primer Foro de Refrigeración y Climatización, en el World Trade Center (octubre).

Se diseñaron y elaboraron 17 carteles y 4 volantes para apoyar las actividades de divulgación anteriores.

**Visitas guiadas.** Este año se realizaron 18 vistas guiadas al CIE, dando atención a más de 326 personas.

**Presencia en medios.** El CIE tuvo participación en el canal 11 de TV (Canal del Instituto Politécnico Nacional) y en el Canal 3, en la Sección “Energía en el Medio Rural”. También participó en los periódicos de circulación nacional *La Jornada*, *La Crónica*, y *Milenio*, así como en los periódicos locales *La Jornada*, *Diario de Morelos*, *Diario de Yucatán*, además en la *Gaceta* de la UNAM. En la radio participó en Radio Zacatecas y Radio UNAM.

**Videoconferencias.** La sala de videoconferencias se encuentra registrada en el sistema de video conferencias de DGSCA. Hasta la fecha se han coordinado 37 videoconferencias.

## Descentralización institucional

En relación con las actividades con impacto regional, cabe mencionar que el CIE impulsó y firmó un convenio general a través del cual el Municipio de Temixco fue declarado Municipio Solar. Se tiene contemplado, según este convenio, que el CIE participe particularmente con el uso de tecnologías solares en la implementación de sistemas tecnológicos que aprovechen los recursos de energía renovables locales para un desarrollo económico local y sustentable.

## Infraestructura

El 22 de agosto del 2007 se inauguraron las nuevas instalaciones del CIE:

**Edificio de Docencia.** Las nuevas instalaciones de docencia cuentan con espacios físicos suficientes para albergar a la Coordinación de Docencia, a estudiantes posdoctorantes y a estudiantes de posgrado que realizan sus estudios en esta entidad.

**Edificio de Gestión Tecnológica y Vinculación.** Las nuevas instalaciones albergan a la Secretaría de Gestión Tecnológica y Vinculación, a la Unidad de Ingeniería y al Taller de Desarrollo y Ensamble de Sistemas Energéticos.

Con estas nuevas instalaciones, el CIE crece un 63% en sus áreas construidas, llegando a un gran total de 9 120 metros cuadrados.

Fue instalada en el Edificio ‘E’ una planta fotovoltaica de suministro eléctrico.

\*\*\*