




CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA

Dr. Claudio A. Estrada Gasca
Director
(diciembre de 2004)

El Centro de Investigación en Energía (CIE), ubicado en Temixco, Morelos es el principal centro de investigación en energías renovables de México. Fue creado por el H. Consejo Universitario en diciembre de 1996, teniendo como antecedente el Laboratorio de Energía Solar, que era un laboratorio foráneo del Instituto de Investigaciones en Materiales. El CIE forma parte del *campus* Morelos de la UNAM, junto con los Centros de Ciencias Físicas, de Ciencias Genómicas, el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, la Unidad de Matemáticas del Instituto de Matemáticas y el Instituto de Biotecnología.

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. En el año se reforzaron las acciones para la vinculación con los sectores público, privado y social, para llevar a cabo una mejor aplicación y divulgación de los resultados de las investigaciones. 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.

ESTRUCTURA ACADÉMICA

El CIE está organizado en tres departamentos de investigación: Materiales Solares, Sistemas Energéticos y Termociencias. Éstos a su vez, están divididos en coordinaciones, siendo un total de nueve. El Centro cuenta con cuatro secretarías de apoyo: Académica, de Gestión Tecnológica y Vinculación, Administrativa y Técnica, además de la Coordinación de Docencia y las unidades de Información y de Cómputo. Son tres los principales órganos colegiados

propios que rigen y determinan la calidad del quehacer académico del CIE, el Consejo Interno, la Comisión Dictaminadora y la Comisión Evaluadora para el Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico (PRIDE).

El CIE contó con una plantilla de 55 académicos (37 investigadores y 18 técnicos académicos) y 66 administrativos. De los investigadores, 10 son titulares "C", todos ellos tienen el nivel máximo en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y en el Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico (PRIDE), lo que muestra la madurez que ha ido alcanzando el CIE. Durante el año se promovieron a titulares un investigador y un técnico académico y un técnico académico se promovió de asociado "B" a asociado "C", el número total de personal se mantuvo igual.

INVESTIGACIÓN

El CIE tiene como fin realizar investigación básica, aplicada y desarrollo tecnológico en la generación, transmisión, conversión, almacenamiento, utilización e impacto de la energía, en particular de las fuentes renovables. A continuación se presentan los tres departamentos y sus coordinaciones y se describen los logros de investigación más importantes del año.

Departamento de Materiales Solares: organizado en tres coordinaciones, se investigan y desarrollan materiales fotovoltaicos, dispositivos ópticos y optoelectrónicos, celdas de combustible, también se estudia sobre la producción y el aprovechamiento del hidrógeno como vector energético y se evalúan sistemas fotovoltaicos. El Jefe del Departamento es el Dr. Antonio Jiménez.

Coordinación de Recubrimientos Ópticos y Optoelectrónicos (ROO): desarrolla e implementa tecnologías útiles en el aprovechamiento de la energía solar y en la conservación de fuentes convencionales de energía, así como el desarrollo de dispositivos elaborados a través de conocimientos adquiridos sobre las técnicas de preparación y los comportamientos de recubrimientos ópticos y optoelectrónicos. La responsable de esta coordinación es la Dra. Shantamma Nair Maileppallil. Los integrantes son: los doctores Karunakaran Nair y Aarón Sánchez, el Mtro. José Campos, el C. Oscar Gómez Daza y el Ing. José Ortega. Algunos de los logros obtenidos en 2005 son: La producción de películas fotoconductoras delgadas de compuestos de selenio con una adecuada fotosensibilidad para estructuras fotovoltaicas. La identificación del proceso para obtener películas delgadas policristalinas de selenio por depósito químico. La determinación de que películas delgadas de sulfuro de indio pueden utilizarse como capa ventana en celdas solares y de los parámetros óptimos para depositar películas delgadas de calcogenuros metálicos. La elaboración de estructuras semiconductoras basadas en calcogenuros de metal que mostraron efecto fotovoltaico. La fabricación de 18 m² de vidrios laminados con recubrimientos de sulfuros y selenuros metálicos en piezas de hasta 1 m² en área para control solar.

Coordinación de Solar Hidrógeno-Celdas de Combustible (SHCC): esta coordinación tiene como misión la implementación de sistemas de producción, almacenamiento y uso eficiente de energía basados en celdas solares, celdas de combustible y producción y almacenamiento de hidrógeno. El coordinador es el Dr. Arturo Fernández y está integrada por los doctores Sebastian Pathiyammathom, Xavier Mathew, Sergio Gamboa y el Mtro. Gildardo Casarrubias. Algunos de los principales logros de esta coordinación en 2005 son: La fabricación de una celda solar de sulfuro y telurio de cadmio con una eficiencia aproximada del 8%, la técnica utilizada es de bajo costo, con lo que la relativa

baja eficiencia puede compensarse con mayor área. La construcción de una batería de hidruros metálicos, a nivel experimental, utilizando catalizadores nanoestructurados de paladio - níquel con eficiencias similares a las baterías comerciales de este tipo. El depósito de recubrimientos metálicos basados en níquel-paladio-politiofeno con buenas características anticorrosivas y de buen transporte eléctrico para aplicaciones en platos bipolares de celdas de combustible tipo membrana intercambiadora de protones.

Coordinación de Superficies, Interfaces y Materiales Compuestos (SIMC): se dedica a investigar las propiedades fisicoquímicas y electroquímicas de sistemas formados por diferentes fases o materiales, a correlacionar dichas propiedades con los métodos de elaboración del material y a validar la aplicación de materiales en procesos de concentración solar, fotovoltaicos, fotocatalíticos, fotoelectroquímicos, electrocrómicos, sensores de gases y optoelectrónicos, entre otros. El responsable es el Dr. Antonio Jiménez y está integrada por los doctores Marina Rincón, Margarita Miranda, Hailin Zhao, Raúl Suárez y el Ing. Rogelio Morán. Algunos de sus logros en 2005 son: El desarrollo de compuestos que han demostrado su efectividad en procesos de descontaminación, desinfección de agua o en degradación de compuestos orgánicos derivados del fenol, colorantes textiles, plaguicidas o detergentes. La síntesis y caracterización de compositos poliméricos de fullerenos C60 y nanotubos de carbón para conversión y almacenamiento de energía (hidrógeno). La síntesis y caracterización de materiales híbridos basados en polioxometalatos, para su posible uso como electrodos en supercapacitores electroquímicos. El desarrollo de matrices orgánicas para preparación de conductores transparentes y conversión fotovoltaica.

Departamento de Sistemas Energéticos: con cuatro coordinaciones, el Departamento de Sistemas Energéticos tiene como misión realizar investigación y desarrollo tecnológico para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía; contribuir a la apropiación de tecnología avanzada por instituciones nacionales y conocer los impactos presentes y futuros de la energía en la sociedad. Actualmente el Jefe del Departamento es el Dr. Camilo Arancibia.

Coordinación de Concentración Solar (CS): tiene como objetivo realizar investigación aplicada y desarrollo tecnológico para la utilización de la energía solar concentrada con el objeto de obtener otras formas de energía o materia útiles para el ser humano. El coordinador es el Dr. Camilo A. Arancibia Bulnes y está integrada por los doctores Claudio Estrada y Oscar Jaramillo y el Ing. Jesús Quiñones. En 2005, unos de los logros alcanzados son: El diseño y la construcción de un sensor novedoso para la medición de flujos radiativos altamente concentrados, de forma tanto calorimétrica como radiométrica. La construcción de la estructura de seguimiento ecuatorial para el concentrador solar COSPAA-90 II y obtención de la curva de eficiencia de este concentrador. Elaboración de reportes sobre el estado del arte, uno sobre las tecnologías termosolares para generación de potencia y calor de procesos y otro sobre la evaluación del recurso solar en México. Modelación de la degradación de un colorante en un reactor fotocatalítico tipo CPC, reproduciendo satisfactoriamente los resultados experimentales obtenidos el año anterior.

Coordinación de Geoenergía (GEO): La misión de la coordinación es lograr un nivel de excelencia con reconocimiento internacional en la creación y aplicación de nuevas metodologías para el estudio de los recursos geoenergéticos, y de esta manera, contribuir a un mejor aprovechamiento de la geoenergía como una importante fuente alterna de energía. El Coordinador es

el Dr. Edgar Santoyo y los integrantes son los doctores Surendra Pal Verma, Ignacio Torres y Pandarinath Kailasa junto con la Mtra. Mirna Guevara García. Entre los logros de esta coordinación están: La evaluación de tres de los métodos analíticos más comúnmente usados para la estimación de temperaturas estabilizadas de la formación en sistemas geotérmicos y petroleros. Con la aplicación de esta nueva metodología se aseguró descifrar tanto la temperatura estabilizada como su incertidumbre, lo cual será de inmenso valor para conocer las condiciones térmicas de los yacimientos y obtener una estimación más realista de la energía disponible en estos sistemas para su futura explotación.

Coordinación de Planeación Energética (PE): la coordinación desarrolla modelos para investigar la relación presente y futura de los aspectos ambientales, tecnológicos, sociales y políticos de la energía en México y el mundo. En particular, genera conocimiento de la modelación de la planeación energética (políticas e impactos), a través de diagnósticos, análisis y estudios prospectivos. El coordinador es el Dr. Jorge Islas y sus integrantes son los doctores Manuel Martínez y Fabio Manzini, además de la Lic. María de Jesús Pérez. Algunos de los logros obtenidos en 2005 son: Elaboración, a solicitud de la Secretaría de Energía y el World Resources Institute, de una metodología para modelos y rutas técnico-económicas de menor costo para reducir emisiones de contaminantes en el parque de generación existente en el sector eléctrico mexicano. Elaboración de la Prospectiva Energética de la región México, América Central y el Caribe, por encargo de la Organización Latinoamericana de Energía. Elaboración, por solicitud del Senado de la República, del estudio sobre las experiencias internacionales de la difusión de las fuentes renovables de energía y la formulación de una propuesta para difundirlas en México.

Coordinación de Refrigeración y Bombas de Calor (RBC): La misión de la Coordinación es realizar investigación y desarrollo tecnológico en el área de refrigeración, bombas de calor, transformadores térmicos y secado utilizando, en forma prioritaria, las fuentes renovables de energía y contribuir a la apropiación de tecnología avanzada por instituciones nacionales. El responsable de esta coordinación es el Dr. Roberto Best y los integrantes son los doctores Octavio García, Wilfrido Rivera y Jorge Hernández y el D.I. Adrián Oskam. Entre los logros del 2005 se encuentran: Construcción e instalación en la plataforma solar de un refrigerador solar intermitente para la producción de hielo y de un sistema a base de concentradores parabólicos compuestos (CPC) para la generación de vapor de amoníaco en forma directa para sistemas de refrigeración por absorción con operación continua. Participación en el estudio térmico de la Alberca de Ciudad Universitaria donde se propusieron medidas de ahorro energético para su calentamiento.

Departamento de Termociencias: está integrado por las coordinaciones de Física Teórica y Transferencia de Energía y Masa dedicadas a la investigación de problemas fundamentales de la mecánica de fluidos, de la interacción radiación materia y de la física de sistemas complejos. El jefe de departamento es el Dr. Raúl Rechtman.

Coordinación de Física Teórica (FT): la Coordinación genera conocimiento básico para la investigación en energía. El coordinador es el Dr. Antonio del Río y los integrantes son los doctores Julia Tagüeña, Mariano López de Haro, Sergio Cuevas, Yuriy Rubo y Miguel Robles. Algunos de sus logros en 2005 son: Contribución a la teoría de líquidos al proponerse nuevas expresiones para los valores de contacto partícula-partícula y partícula pared, obteniendo buen acuerdo con resultados recientes

de simulación para este tipo de sistemas. Cálculo de la producción de entropía de flujos oscilatorios de un fluido de Maxwell en un tubo, encontrándose que el régimen oscilante permite la optimización del proceso de transferencia de calor, útil en dispositivos térmicos solares. Desarrollo de métodos numéricos y analíticos para el análisis de flujos magneto hidrodinámicos en campos magnéticos no homogéneos. Desarrollo de una teoría para describir la dispersión de Rayleigh en microcavidades de silicio poroso. Formulación de una ecuación de Gross-Pitaevskii, que toma en cuenta la polarización de partículas, para la descripción de la dinámica de un condensado de polaritones.

Coordinación de Transferencia de Energía y Masa (TEyM): está dedicada a la investigación de la mecánica de fluidos, de transferencia de calor y de la física de sistemas complejos. Esta coordinación está integrada por la Dra. Guadalupe Huelsz, quién es la coordinadora, los doctores Raúl Rechtman, Eduardo Ramos, Ramón Tovar y el Ing. Guillermo Hernández. Algunos de los logros obtenidos en el año son: Determinación de la validez de la aproximación de Boussinesq en sistemas de convección natural en rotación, de los valores críticos para la generación de oscilaciones por efecto termoacústico cuando el fluido de trabajo es un líquido conductor de la electricidad y el sistema se encuentra en presencia de un campo magnético. Determinación de la relación entre la estabilidad dinámica de una red de mapeos acoplados y la clase de universalidad de la transición de sincronización de la misma. Determinación experimental de los patrones de flujo y de la eficiencia de la ventilación de dos habitaciones conectadas entre sí. Participación en el estudio térmico de la Sala de Conciertos Nezahualcóyotl de Ciudad Universitaria.

Proyectos Patrocinados

El Personal académico del CIE participa activamente en proyectos de investigación patrocinados por dependencias universitarias y gubernamentales. Se tuvieron once proyectos patrocinados por el CONACyT, tres por el Fondo Mixto CONACyT-MORELOS, 18 por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica de la UNAM y uno por el Fideicomiso del Fondo de Riesgo Compartido de la SAGARPA.

Producción Científica

La actividad científica del personal académico se refleja en la publicación y difusión de los resultados de sus investigaciones. Se publicaron sesenta y un artículos de investigación en revistas con arbitraje y factor de impacto en el Science Citation Index (SCI), lo que representa 1.65 artículos por investigador, cifra similar a la del año anterior. Asimismo, se reportaron setenta y tres artículos publicados en memorias de congresos, un informe técnico al Senado de la República, once reportes de proyectos CONACyT y PAPIIT, siete reportes de proyectos de ingreso extraordinario, cuatro artículos de divulgación arbitrados en revistas internacionales y dos en revistas nacionales sin arbitraje. Se publicaron cuatro libros y cuatro capítulos en libros.

GESTIÓN TECNOLÓGICA, VINCULACIÓN Y DIVULGACIÓN

Como producto de las actividades intelectuales del personal académico del CIE, se han generado productos que ameritan la protección a su intelecto. Durante 2005 se obtuvo la patente en México, Estados Unidos y Canadá de la invención “Reducción dinámica de la capa de mojado durante el desplazamiento de un fluido viscoelástico por un fluido de menor viscosidad” y la patente en México de un “Sistema de enfriamiento solar avanzado (ciclo solar-GAX)”.

Se establecieron o mantuvieron convenios para la elaboración de proyectos, entre otros, con la Comisión Nacional Forestal, el Fideicomiso de Riesgo Compartido de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (FIRCO-SAGARPA), Thermo Ecología S.A. de C.V., Organización de Estados Americanos (OEA), y World Resources Institute (WRI). Además el CIE tuvo convenios de colaboración académica con siete instituciones educativas o de investigación.

La Dirección del CIE ha tenido interés particular en fomentar una política de vinculación con el sector productivo, con el objeto de buscar nichos de colaboración que puedan contribuir a la formulación de convenios para licenciamiento de tecnología, asesorías, y desarrollo tecnológico, acordes a las necesidades empresariales. Para ello, el CIE ha participado en reuniones con cámaras y grupos de industriales y con algunos organismos públicos. Como primeros resultados concretos, se firmó un convenio con la empresa Calderas de Cuernavaca para transferir la tecnología de concentradores solares parabólico para generación de vapor y se estableció un Acuerdo de Intención de Colaboración con la compañía San Govain y Sekisui para realizar el proceso de laminado del recubrimiento semiconductor para el control de la radiación solar desarrollado en el CIE. Dentro de la vinculación con el sector gubernamental, en 2005, destaca la participación del CIE en la elaboración del Anteproyecto de Iniciativa de Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos a solicitud de la Comisión de Agricultura y Ganadería de la H. Cámara de Diputados.

El CIE junto con la Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia (CUAED-UNAM), emitió el Diplomado en Línea: “Sistemas Fotovoltaicos para el Desarrollo Rural”. Con este curso se pretende llevar de una manera masiva, al público interesado, los conocimientos sobre la tecnología fotovoltaica aplicada a proyectos de baja potencia, con el objeto de crear recursos humanos en dicha área de conocimiento. Además, el CIE continuó con cursos de capacitación presencial, entre los que destacan los de Sistemas de Bombeo Fotovoltaico y Tecnologías Fotovoltaicas Aplicadas al Desarrollo Rural. El CIE tuvo una participación importante en diferentes eventos de divulgación y difusión tanto a nivel estatal como nacional, organizó una Comida Solar para aproximadamente 250 comensales, evento con asistencia de los medios nacionales, en donde se demostró la tecnología actual de estufas y hornos solares. El CIE mantuvo su programa de visitas guiadas a grupos, en total se contabilizaron 720 visitantes en 2005. Académicos del CIE ofrecieron más de 60 conferencias de divulgación en diversas escuelas, universidades, institutos y centros del país, destacando su participación en el Año Internacional de la Física, organizado por la UNAM. Además, en las instalaciones del CIE se impartieron 72 conferencias.

DOCENCIA Y FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

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. También el CIE recibe estudiantes que realizan prácticas profesionales, tesis y estancias de investigación de otros programas de la UNAM y de otras universidades e instituciones de educación superior del país, principalmente del Estado de Morelos. Se registro un total de 144 estudiantes realizando tesis: 21 de licenciatura, 61 de maestría y 62 de doctorado. Además se asesoró a siete estudiantes de servicio social, 16 de residencia profesional y dos de prácticas profesionales. Ingresaron un total de 29 estu-

diantes a posgrado, 15 al doctorado y 14 a maestría. Se graduaron cinco estudiantes de doctorado, 18 de maestría y 16 de licenciatura. Investigadores y técnicos académicos del CIE impartieron un total de 68 cursos en programas docentes oficiales.

Con el objeto de promover los posgrados en los que participa y las líneas de investigación, el CIE organizó la Escuela de Investigación en Energía 2005, con una asistencia de 48 estudiantes de últimos semestres de licenciatura procedentes de diferentes universidades del país. Como parte de las actividades educativas que se fomentan en el CIE, los estudiantes de posgrado del CIE organizaron, el Cuarto Congreso de Estudiantes del CIE.

UNIDADES DE INFORMACIÓN Y DE CÓMPUTO

La Unidad de Información o biblioteca coadyuva en el cumplimiento de las tareas de investigación, docencia y formación de posgrado, mediante el ofrecimiento de servicios documentales especializados, su Coordinadora Académica es la Bib. Angélica María Rosas. El acervo de la biblioteca del CIE ascendió a 9,733 volúmenes y contó con suscripción a 75 revistas científicas y técnicas que cubren las actuales líneas de investigación del CIE. Se estima que la biblioteca ofreció más de doce mil servicios tanto a la comunidad académica del Centro como a los usuarios externos. Para automatizar los procesos, en 2005 se inició el uso del Módulo de Circulación del Sistema Integral Aleph. Se integró al acervo general una parte del donativo del PUE-UNAM recibido en el año 2004, y se gestionó el traslado de la segunda parte del donativo que comprende títulos de revistas y libros.

La Unidad de Cómputo se encarga de administrar y mantener el equipo y el software de uso común en el CIE para que el personal académico y los estudiantes realicen sus actividades de investigación. El responsable actual es el Dr. Miguel Robles Pérez y los integrantes son: Héctor Cortés, Esther O. García, Carmen Huerta y Alfredo Quiróz. El logro más importante en 2005 es haber mantenido la red de cómputo del CIE con un mínimo de incidentes y mantener una atención continua, dando soporte técnico a los usuarios del CIE. El sistema de Control de Servicios de Cómputo reporta un total de 331 servicios atendidos durante 2005. Este año la unidad de cómputo desarrolló cinco programas de cómputo que cuentan con registro de propiedad intelectual.

ACONTECIMIENTOS RELEVANTES

El Dr. Manuel Martínez Fernández obtuvo el Premio Nacional de Energía Renovable 2005, Primer Lugar en la Categoría de Promoción, otorgado por la Secretaría de Energía y por la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.

* * *

RESUMEN ESTADÍSTICO

1. DOCENCIA

Concepto	2003	2004	2005
Alumnos de posgrado.	-	124	123
Alumnos de licenciatura.	-	31	21
Cursos impartidos de licenciatura (grupo-asignatura).	4	2	6
Tesis dirigidas en posgrado.	22	11	23
Alumnos que realizaron servicio social.	9	20	7
Tesis dirigidas en licenciatura.	6	19	16
Cursos impartidos en posgrado (grupo-asignatura o proyecto).	44	46	61

2. INVESTIGACIÓN

Concepto	2003	2004	2005
Proyectos de investigación desarrollados.	-	-	33
Proyectos de investigación en proceso.	25	34	33
Artículos en revistas arbitradas.	-	-	66
Artículos en revistas no arbitradas.	-	-	1
Artículos en memorias.	-	-	73
Proyectos financiados con recursos de la UNAM.	12	19	-
Proyectos financiados con recursos externos.	13	15	-
Capítulos en libros.	-	6	4
Libros publicados.	-	3	4
Libros.	-	-	-
Artículos publicados por Investigadores en revistas Internacionales.	-	61	65
Artículos publicados por Investigadores en revistas Nacionales.	-	4	2

3. PLANTA ACADÉMICA

Concepto	2003	2004	2005
Investigadores.	38	37	37
Investigadores con estudios de doctorado.	38	37	37
Técnicos Académicos.	17	18	18
Académicos en el SNI.	38	38	39
Académicos con PRIDE.	50	48	55
Académicos con PAIPA.	5	7	-
Académicos con FOMDOC.	-	29	28

4. DIVULGACIÓN

Concepto	2003	2004	2005
Número de <i>simposia</i> .	1	-	-
Asistencia a <i>simposia</i> .	-	-	-
Número de congresos.	2	-	4
Asistencia a congresos.	-	-	-
Número de conferencias.	-	-	66
Asistencia a conferencias.	-	-	-
Número de seminarios.	1	-	66
Asistencia a seminarios.	-	-	-
Número de encuentros.	2	-	-
Asistencia a encuentros.	-	-	-
Número de cursos.	1	-	-
Asistencia a cursos.	-	-	-
Número de visitas guiadas.	26	42	25
Asistencia a visitas guiadas.	700	897	720
Número de Diplomados.	1	-	1

5. EDUCACIÓN CONTINUA

Concepto	2003	2004	2005
Número de Diplomados.	-	-	1
Asistencia a Diplomados.	-	-	-

6. PREMIOS Y DISTINCIONES

Concepto	2003	2004	2005
Premios otorgados por la dependencia.	1	3	-
Premios recibidos.	-	-	1
Distinciones otorgadas por la dependencia.	2	2	-

7. INTERCAMBIO ACADÉMICO

Concepto	2003	2004	2005
Investigadores que salieron de intercambio (total).	76	37	37
Investigadores que se recibieron de intercambio (total).	38	-	23
Investigadores que se recibieron de intercambio (nacional).	13	-	10
Investigadores que se recibieron de intercambio (del extranjero).	25	-	13