
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA

Dr. Manuel Martínez Fernández
Director
(diciembre de 1996)

INTRODUCCIÓN

Los orígenes del CIE (fundado en 1996) se remontan al Laboratorio de Energía Solar (LES), que fue inaugurado en 1985, en la ciudad de Temixco, Morelos, como un laboratorio foráneo del Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM). A su vez, el LES surgió a partir de las actividades que se desarrollaban en el Departamento de Energía Solar del Centro de Investigación de Materiales (CIM), creado en 1979.

Misión

Realizar investigación básica y aplicada y desarrollo tecnológico en la generación, transmisión, conversión, almacenamiento, utilización e impacto 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 dirección de tesis, y difundir los conocimientos adquiridos en el área, para alcanzar el desarrollo sustentable del país.

Objetivos

➤ *Investigación*

Realizar investigación básica y aplicada sobre aquellos materiales, técnicas, procesos, dispositivos y sistemas que aprovechen las fuentes no convencionales de energía y conserven aquellas convencionales.

➤ *Desarrollo de Recursos Humanos*

Fomentar programas de enseñanza de alta calidad en ciencia y tecnología, para impulsar la formación de individuos conscientes del mejoramiento de la vida humana, a través del uso sustentable de la energía.

➤ *Desarrollo Tecnológico*

Identificar y fomentar aquellas tecnologías relacionadas con el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía y con el uso racional de los recursos energéticos, acordes con el estado de desarrollo del país.

CUERPOS COLEGIADOS

Los miembros del personal académico del CIE participaron en varias comisiones internas, contribuyendo así al mejor funcionamiento del CIE y apoyando al Consejo Interno y a la Dirección en la realización de sus funciones. Las comisiones internas del CIE son: de Seguridad, del Taller, de Cómputo, de Ecología y Entorno Físico, de Viajes, de Biblioteca, la Subcomisión de Superación Académica y el Colegio del Personal Académico.

PERSONAL ACADÉMICO

La labor del CIE está organizada en tres Departamentos y a Coordinaciones que se describen a continuación:

- **Departamento de Materiales Solares:** Se estudia el desarrollo de nuevos materiales relacionados al uso y generación de energía. En particular, se desarrollan y evalúan nuevos materiales fotovoltaicos y optoelectrónicos y se estudian fenómenos interfaciales en materiales. También se desarrollan y evalúan dispositivos ópticos, optoelectrónicos, sistemas fotovoltaicos y tecnologías solar-hidrógeno y celdas de combustible. Este Departamento está constituido por tres coordinaciones: Superficies, interfaces y materiales compuestos, Recubrimientos ópticos y optoelectrónicos, y Conversión y almacenamiento de energía: solar-hidrógeno-celdas de combustible.
- **Departamento de Sistemas Energéticos:** En este departamento, el interés radica en los estudios de sistemas energéticos avanzados. En particular, se realizan investigaciones básicas y aplicadas y desarrollos tecnológicos sobre refrigeración solar, las propiedades termodinámicas de nuevos refrigerantes, flujos radiactivos concentrados, bombas de calor y transformadores térmicos, análisis térmico de controladores ópticos. Así mismo, se realizan estudios básicos y aplicados en geoenergía y planeación energética. Este Departamento está constituido por cuatro coordinaciones: Refrigeración y Bombas de Calor, Geoenergía, Concentración Solar y Planeación Energética.
- **Departamento de Termociencias:** En este Departamento se realiza investigación básica y aplicada en transferencia de energía y masa. Los temas de mayor enfoque son: los procesos dinámicos en materiales, termodinámica de procesos irreversibles, transporte en materiales porosos, propiedades electrónicas del silicio poroso, efecto termoacústico, flujos oscilantes, flujos de fluidos conductores en campos magnéticos, convección natural y radiación térmica en cavidades. Este Departamento está constituido por dos coordinaciones: Física Teórica y Transferencia de Energía y Masa.
- **Personal Académico:** Todos los 37 investigadores cuentan con el grado de Doctor; de los 18 Técnicos Académicos cinco tienen el grado de Maestría, once el de Licenciatura y uno es pasante. A continuación se presenta la información del número de técnicos e investigadores por categoría y de posdoctorantes (PD), así como los niveles de estímulos (PRIDE y PAIPA) del personal académico.
- **Técnicos Académicos:** Nueve asociados y nueve titulares; Investigadores y PD: 30 titulares, ocho asociados y tres PD; Programa de Estímulos para la Iniciación a la Investigación (PEII): uno; Sistema Nacional de Investigadores: 19 Nivel I, diez Nivel II, ocho Nivel III y un Candidato; PRIDE: uno A, 16 B, 22 C y diez D; PAIPA: cuatro A y tres B; Investigadores Asociados C Posdoctorados: tres.
- **Personal de Apoyo:** El Centro cuenta con una plantilla de 50 trabajadores de base y diez de confianza y cuatro funcionarios, quienes apoyan la labor académica y docente de los investigadores y técnicos académicos.
- **Formación y Actualización del Personal:** Se realizó el 4º Congreso de Investigación en Energía, el Tercer Congreso Estudiantil del CIE y la 4ª Escuela de Investigación en Energía, con el objetivo de

fomentar la difusión e intercambio de ideas en investigación entre el personal académico del CIE y estudiantes. Además, semanalmente en el CIE se llevan a cabo conferencias impartidas por investigadores adscritos, investigadores visitantes o conferencistas invitados.

DOCENCIA

El CIE fue sede de la Maestría en Energía Solar; ahora participa como entidad académica en los Posgrados de Ingeniería, Ciencias Físicas y Ciencia e Ingeniería de Materiales de la UNAM. Asimismo, varios investigadores del CIE colaboran como profesores en la Facultad de Ciencias de la UAEM, en el Instituto Tecnológico de Zacatepec y en otras universidades y escuelas preparatorias de la entidad.

Se impartieron 44 cursos en el Posgrado en Ingeniería Campo de Conocimiento Energía y dos en el Posgrado de Ciencias Físicas.

Una de las actividades fundamentales del CIE es la formación de recursos humanos a través de dirección de tesis a nivel licenciatura, maestría y doctorado, así como asesorías a estudiantes de servicio social, prácticas y residencias profesionales. Durante el año se tuvieron en total 60 estudiantes de doctorado, 64 de maestría, 31 de licenciatura y 20 de servicio social y prácticas profesionales. En el año se graduaron 19 estudiantes de licenciatura, cinco de maestría y seis de doctorado.

INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

En este año las nueve Coordinaciones realizaron las siguientes actividades:

Coordinación Recubrimientos Ópticos y Optoelectrónicos

- Crecimiento de películas delgadas de materiales solares por Baño Químico, Rocío Piroclítico y Vapor Químico-Físico; preparación de complejos y compuestos metálicos que contienen azufre, selenio, telurio, etc.; preparación de óxidos de metales, estudios de los complejos relacionados con las técnicas de depósito químico; materiales semiconductores de composición multinario por horneado de películas multicapas de compuestos binarios; modificación de materiales semiconductores por difusión de átomos de metales; Recubrimientos semiconductores por diversas técnicas usando semiconductores en polvo; Películas semiconductoras por la técnica de Successive Ion Layer Adsorption and Reaction - SILAR; Proceso de Depósito Químico Foto acelerado.
- Desarrollo de técnicas de depósito para la elaboración de recubrimientos semiconductores al nivel de planta piloto; desarrollo del proceso de laminado de los recubrimientos en vidrio y otras cubiertas, para la protección de los materiales semiconductores contra degradación ambiental.
- Desarrollo de tecnologías automatizadas para el crecimiento de materiales multicapas mediante depósito químico y caracterización in situ.
- Caracterización de propiedades estructurales, ópticas y eléctricas de materiales y sus correlaciones; evolución de dichas características debido a las condiciones de depósito, tratamiento posdepósito, envejecimiento, etc. utilizando análisis XPS, XRF, XRD, TEM, SEM, AFM, FTIR-Lejano, Láser-Raman, UV-VIS-NIR, TGA, DTA, etc.; caracterización optoelectrónica de dispositivos, celdas solares y sistemas fotovoltaicos.
- Desarrollo de detectores para aplicaciones de monitoreo y control del medio ambiente; desarrollo de filtros ópticos controladores de radiación solar, vidrios de seguridad y vidrios blindados; desarrollo de generadores termoeléctricos en estado sólido usando películas y recubrimientos semiconductoras; recubrimientos para colectores solares de tubo evacuado.

- Desarrollo de heterouniones entre recubrimientos inorgánicos de CdS, CdSe, SnS, SnS₂, Bi₂S₃, CuS, CuInS₂, CuSbS₂ de distintos tipo y magnitud de conductividades para celdas solares.
- Desarrollo de óxidos de metales para su aplicación en celdas solares y en sensores de gases, en especial SnO₂.
- Monitoreo, estudio y caracterización de sistemas energéticos para la generación de electricidad, mediante el uso de fuentes alternas fotovoltaico y eólico.
- Fomento y formación de recursos humanos sobre el estado del arte en la tecnología fotovoltaica y sus aplicaciones.

Coordinación Solar-Hidrógeno-Celdas de Combustible

- Celdas solares de CdTe, CIGS, TiO₂
- Celda de Combustible
- Producción de Hidrógeno
- Almacenamiento y Distribución de Hidrógeno
- Baterías Modernas y Supercapacitores
- Nano materiales para Celdas solares y Celdas de combustibles

Coordinación Superficies, Interfaces y Materiales Compuestos

- Evaluación y caracterización electroquímica de materiales de carbón para uso en capacitores y pseudocapacitores electroquímicos como almacenadores de energía.
- Evaluación de la capacidad de almacenamiento de hidrógeno en el material activo (nanotubo), en matrices de negro de carbón.
- Preparación de nanopartículas de óxido de hierro y su aplicación en la fotodegradación de sustancias orgánicas contaminantes, tales como residuos de colorantes en aguas de desecho, de la industria textil y de fenol y sus derivados.
- Desarrollo de materiales catalizadores en forma de película delgada sobre sustratos de vidrio, metálicos y cerámicos para ser utilizados en procesos de degradación fotocatalítica, catalizadores aprovechando la radiación solar como fuente de excitación.
- Desarrollo de sensores optoquímicos para determinación de gases nocivos.
- Desarrollo de materiales poliméricos para aplicaciones en celdas solares plásticas.
- Tecnología de vacío y Física de Superficies en Materiales Semiconductores.
- Diseño, síntesis y caracterización de materiales híbridos, basados en nanotubos de carbón en aplicaciones de fotocatalisis y almacenamiento electroquímico de energía.

Coordinación Concentración Solar

- Se llevaron a cabo estudios experimentales y teóricos de la degradación fotocatalítica de un colorante azoico en un reactor solar de tipo CPC.
- Estudios de transporte de radiación en un reactor fotocatalítico de tubos empacados con catalizador fijo.

- Estudios de transferencia de calor en calorímetros para la medición de flujo radiativo concentrado.
- Continuación del desarrollo de sistema de seguimiento ecuatorial, para un concentrador parabolooidal (COSPA-90) y experimentación con el receptor de flujo cónico de dicho concentrador.
- Estudios teóricos y experimentales de la transferencia de calor en el calorímetro de placa plana en el DEFAC.
- Desarrollo de sistemas de control para la torreta de seguimiento azimutal.
- Participación del Dr. C. Estrada como editor asociado de la revista *Solar Energy*.

Coordinación Geoenergía

- Geoquímica de lantánidos y elementos traza y su implicación con procesos de interacción roca-fluido en sistemas hidrotermales.
- Generación de programas de cómputo especializados en el cálculo de modelos geoquímicos y su aplicación en el estudio, origen y evolución de rocas volcánicas del centro de México.

Coordinación Planeación Energética

- Se identificaron y evaluaron, desde el punto de vista económico, las mejores prácticas y opciones tecnológicas para mitigar emisiones de precursores de lluvias ácidas, partículas y óxidos de nitrógeno en el Parque Mexicano de Generación Eléctrica. Se obtuvo y aplicó un modelo para calcular y obtener la mejor ruta técnico-económica para mitigar esas emisiones.
- Se obtuvo un modelo para evaluar la sustentabilidad de proyectos energéticos a partir de indicadores ambientales, sociales, económicos e institucionales. Se aplicó este modelo a la evaluación de la sustentabilidad del proyecto hidroeléctrico La Parota de la CFE.
- Se diseñó un proceso para evaluar cuantitativamente la sustentabilidad de plantas generadoras de electricidad en su fase de generación, basado en métodos de impacto ambiental y de multicriterio para la toma de decisión. Se aplicó este proceso al análisis de tres plantas de la CFE: eólica, hidroeléctrica y carboeléctrica.
- Se avanzó en el análisis del Sistema Mexicano de Refinerías al 2025 con el Modelo LEAP. Se pueden simular diferentes trayectorias tecnológicas, para la incorporación de petrolíferos y su impacto ambiental en el aire.
- Se desarrollaron Bases de Datos de: eficiencias futuras de centrales eléctricas convencionales y de fuentes renovables de energía para los años 2005, 2010, 2015, 2020, 2025; información tecnológica y ambiental del Sistema Eléctrico Nacional al 2002. (no. de unidades, eficiencia, capacidad, disponibilidad, consumo de combustible, emisiones, etc.); referencias bibliográficas, actualización, costos de diversas tecnologías de mitigación.

Coordinación Refrigeración y Bombas de Calor

- Se continuó con el estudio teórico-experimental del ciclo avanzado de absorción, GAX, con todos los componentes del sistema de refrigeración.
- Se continuó en el desarrollo de los módulos computacionales para el diseño y optimización de intercambiadores de calor de doble y triple tubo y de la generación de amoníaco en el absorbedor de un CPC.

- Se inició el montaje y la instrumentación del refrigerador continuo de nitrato de litio-amoniaco, dentro del convenio con la Industria Laj Internacional S.A. de C.V.
- Se continúa con la instalación de la plataforma del banco de pruebas, para las pruebas de eficiencia de componentes y sistemas solares de la empresa Modulo Solar S.A. de C.V.
- Se continúa con la ampliación e instrumentación del campo de colectores solares evacuados, para la operación de los sistemas de enfriamiento ubicados en la plataforma poniente.
- Se ha iniciado la instalación de los CPC en la plataforma solar, para la operación del sistema de generación de vapores de amoniaco en soluciones acuosas y en el de soluciones de nitrato de litio para los refrigeradores intermitentes.
- Se continúa con la instalación de los componentes del refrigerador termoquímico intermitente de cloruro de bario y amoniaco, (condensador, evaporador, recipiente de condensador) y se ha diseñado para su construcción, la cámara para el enfriamiento de la salmuera.
- Se está completando la instalación hidráulica del sistema de calentamiento solar (colectores solares planos y colectores solares CPC), para la operación de procesos industriales a baja y mediana temperatura, como es el caso del secado de granos y la operación del refrigerador termoquímico antes mencionado.
- Se diseñó y está en construcción el nuevo túnel de viento para el secador solar termohidrónico, al cual se le integrará un modulo fotovoltaico y batería, para la operación del ventilador y poder controlar la velocidad del aire al interior de la cámara.
- Se ha iniciado la instalación y prueba de los equipos (estufa, desecadores, balanzas, medidor de humedad en granos, etc.), para la integración del laboratorio de secado en la plataforma solar. Con este equipo se podrán realizar estudios de cinética de secado, para el diseño de los sistemas de secado solar.
- Se continúa con la simulación del comportamiento termodinámico del sistema híbrido de refrigeración solar por eyecto-compresor, así como en la ingeniería de detalle de una planta de enfriamiento solar, para la fabricación de 100 kg de hielo por día, operada bajo este principio.
- Se continúa con la construcción e instalación del refrigerador solar intermitente que opera con la mezcla nitrato de litio-amoniaco.
- Se obtuvieron ecuaciones de estado a partir de resultados experimentales, para la determinación de presiones de vapor y entalpia de mezclas de monometilamina-agua, para su aplicación en el diseño de instalaciones frigoríficas.

Coordinación Física Teórica

- Se desarrollaron labores de investigación en las líneas de Termodinámica de Procesos Irreversibles, la Física Estadística y la Física del Estado Sólido.
- Se trabajaron aspectos teóricos analíticos y de simulación numérica, tanto como investigación experimental, en las líneas de investigación mencionadas.

Coordinación Transferencia de Energía y Masa

- Convección natural en cavidades.
- Transporte de sedimento en canales.

- Flujos oscilatorios.
- Estudios térmicos en hornos solares.
- Flujos electrohidrodinámicos.
- Convección natural en sistemas rotatorios.
- Sistemas complejos.
- Ecuación de Boltzmann en redes.
- Infraestructura
- Productos del trabajo académico.

La actividad académica se ve reflejada en los siguientes productos: 65 artículos en revistas con arbitraje; 41 artículos en memorias internacionales y nacionales; seis capítulos de libros; tres libros; dos artículos de divulgación; 14 informes técnicos y reportes y 30 tesis concluidas.

DIVULGACIÓN Y EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

En el año, el CIE participó en la organización de los siguientes eventos: Congreso de la División de Dinámica de Fluidos, International Materials Research Congress, International Symposium on Solar-Hydrogen-Fuel Cells-8, XIX Congreso de la Sociedad Mexicana de Electroquímica, Proyecto NANO-UNAM, International symposium on SOLAR CELLS & SOLAR ENERGY MATERIALS, Cuarto Congreso de Investigación, 4ª Escuela de Investigación en Energía, 11ª Semana Nacional de Ciencia y Tecnología con PREFECO "José María Morelos y Pavón", Congreso Mundial de Energía Renovable, Congreso de posgrados (UNINTER), Visitas guiadas al CIE (42 grupos - 897 personas).

INTERCAMBIO ACADEMICO

En este año, algunos miembros del personal académico del CIE realizaron estancias de investigación en las siguientes instituciones: CIICAP de la UAEMor; Universidad Rovira y Virgili, CIEMAT España; Département Energie et Politiques de l'Environnement-Universidad Pierre Mendès France, Grenoble, Francia; OSTC, Mangalore University, Mangalore, India; Universidad Complutense de Madrid; Universidad de Texas A & M; Universidad de Kentucky; Instituto Mexicano del Petróleo; Laboratorio de Control de Tecnologías Agro-industriales; Universidad de Florencia, Italia; Universidad de Zaragoza; Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC, España); Oxford University; Universidad de Oaxaca; Universidad de Chiapas; Instituto de Geoinformática de la Universidad de Muenster, Alemania; Universidad de California, San Diego.

Visitaron nuestro Centro, académicos de las siguientes instituciones: Instituto Mexicano del Petróleo; UAM-I; Universidad de Sonora; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; Universidad Autónoma de Zacatecas; Instituto Politécnico Nacional, ESFM; Centro de Investigación Científica de Yucatán; Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla; CINEVESTAV, D.F; Boise State University, EUA; Loughborough University, Uk; Centro de Energías Renovables, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú; Centro de Automatización Robótica y Tecnologías de la Información y la Fabricación de Valladolid, España; Instituto Superior Politécnico de La Habana, Cuba; Universidad Técnica de Lisboa; Universidad Tecnológica Nacional de Argentina; Universidad Nacional de Salta, Argentina; Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia; Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela; Laboratorio de Energía Solar, en Joao Pessoa, Brasil; Universidad de los Andes en Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, Perú; Centro de Estudios de Refrigeración en Cuba; Instituto Nacional de Energía y Tecnología Industrial de Lisboa, Portugal; Universidad Tecnológica Nacional de Resistencia en Argentina; Universidad de La Habana, Cuba;

Centro Tecnológico de Transferencia de Calor de Cataluña, España, Universidad de Florencia, Italia; Universidad de Oriente en Santiago de Cuba, Cuba; Centro de Investigaciones en Energía Solar, Cuba; CARTIF, Valladolid, España; CIEMAT, España; Universidad de Colorado, EUA.

VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD

El CIE tiene convenios académicos con las siguientes instituciones: Universidad La Salle Cuernavaca, Instituto Tecnológico de Zacatepec, Universidad Morelos de Cuernavaca y con la Universidad Autónoma de Baja California. Además, en una fase intermedia están los proyectos de asesoría, en colaboración con CIEMAT en España. Existen los convenios o contratos de investigación aplicada y de servicios con el World Resources Institute, Sandia National Laboratories, Berumen Asociados S.A. de C.V. y la Organización de los Estados Americanos; además se gestionó un convenio específico con el Gobierno del Distrito Federal y otro con CONAFOR (Comisión Nacional Forestal).

Por otra parte, el CIE participa activamente en los Acuerdos de Implementación de la Agencia Internacional de Energía, en particular en los programas de Calentamiento y Enfriamiento con Energía Solar y en el de Implementación de Bombas de Calor. También participó en labores de coordinación de la Red Iberoamericana de Refrigeración y Aire Acondicionado Solar (RIRAAS), del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

Con la intención de fomentar las vocaciones hacia el área científico técnica, contribuir a la superación académica de la plantilla docente, adecuar la infraestructura de laboratorios y también mostrar los impactos benéficos de la investigación y desarrollo en instituciones públicas, el CIE participó en programas universitarios como "Jóvenes hacia la investigación"; además se han establecido programas de impacto local con la Preparatoria Federal Cooperativa de Temixco "José Ma. Morelos y Pavón".

PREMIOS Y DISTINCIONES

Algunos miembros del personal académico fueron merecedores de diversas distinciones entre las que sobresalen las siguientes:

1. Primer lugar en el Premio Nacional de Energía Renovable, en la categoría de Innovación, otorgado por la Secretaría de Energía y la Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía.
2. Segundo lugar en el Premio Nacional de Energía Renovable, en la categoría de Promoción, otorgado por la Secretaría de Energía y la Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía.
3. Reconocimiento "Sor Juana Inés de la Cruz", otorgado por la UNAM a la Dra. M. T. S. Nair, el día 8 de marzo.
4. Medalla "Alfonso Caso" UNAM, al Dr. Oscar Alfredo Jaramillo Salgado, el día 8 de julio.
5. Distinción "Día Internacional de la Mujer", otorgada por el Gobierno del Estado de Morelos, a la Dra. Julia Tagüeña Parga, el 8 de marzo.

ACONTECIMIENTOS RELEVANTES

- Convenios para elaboración de Diagnósticos y Proyectos de Desarrollo Tecnológico.
- Se terminó la elaboración de la segunda y última fase del estudio "Actualización y desarrollo metodológico del balance de energía de la Zona Metropolitana del Valle de México", por encargo del Gobierno del Distrito Federal, ejecutado en colaboración con el PUE.

- Se inició una participación en estudios de prospectiva científica tecnológica, a través de un apoyo del recién establecido Fondo Mixto CONACyT-Gobierno de Morelos, para hacer una evaluación del impacto de la actividad científico técnica de estado, a través de metodologías informáticas (minería de citas) y de campo (cuestionarios y entrevistas).
- El CIE gestionó, como sede de la presidencia de la Coordinación Regional Morelos de la Academia de Ingeniería, A.C., y en co-patrocinio con el gobierno estatal (Coordinación General de Modernización y Desarrollo Científico Tecnológico, [Modecyt] y la Secretaría de Desarrollo Económico [Sedeco]), con apoyos de la administración federal (Secretaría de Economía) para el establecimiento de un proyecto de vinculación productiva Universidad-Industria, llamado "Centro Morelense de Innovación y Transferencia de Tecnología" (CeMITT). Esta instancia fue ideada para generar un espacio de interacción de los núcleos de investigación científica, desarrollo tecnológico y educativo (NICDeTEs) y las organizaciones productivas asentadas en el estado.
- Se realizó un informe técnico para la Cámara de Senadores de la República Mexicana de diagnóstico y de lineamientos de política energética para la formulación de una ley de fomento de las fuentes renovables de energía.

APOYO ADMINISTRATIVO

La Secretaría Administrativa del CIE tiene como objetivo administrar eficientemente los recursos humanos, financieros y materiales asignados a la dependencia, así como proporcionar los servicios de compras, administración de proyectos y coordinación de personal, de acuerdo con las políticas establecidas por la Administración Universitaria. Cuenta con tres departamentos: Contabilidad, Compras y Personal. El Departamento de Contabilidad ejerció en el 2004 el presupuesto asignado al CIE y administró 34 proyectos apoyados por CONACyT, DGAPA-UNAM e ingresos extraordinarios.

PRINCIPALES LOGROS Y RETOS

Algunos de los logros por Coordinaciones fueron:

Superficies, Interfaces y Materiales Compuestos

- a) Avances importantes en conductores transparentes, materiales híbridos y polímeros semiconductores para celdas solares plásticas.
- b) Películas electrocrómicas inorgánicas y poliméricas para ventanas inteligentes.
- c) Construcción de sistema de ultra vacío para análisis de superficies por diversas técnicas.
- d) Estudios de fotocatalisis para degradación de diversos contaminantes.

Recubrimientos Ópticos y Optoelectrónicos

- a) Recubrimientos en vidrios laminados, que cumplen normas y ahorran 30% en acondicionamiento.
- b) Celdas solares de CdS-SnS-CuS con voltajes a circuito abierto mayores de 500 mV.
- c) Estudio de componentes en sistemas fotovoltaicos para bombeo e iluminación.
- d) Proyecto FIRCO con capacitación a más de 200 profesionistas.

Conversión y Almacenamiento de Energía: Solar-Hidrogeno-Celdas de Combustible

- a) Celdas Solares de CIGS - 10% (NREL), CdTe - 8% y TiO - 7%.
- b) Prototipos de celdas tipo PEM y platos bipolares de Al y acero inoxidable.
- c) Conversión fotoelectroquímica de energía solar a hidrógeno y a electricidad.
- d) Desarrollo de materiales para baterías de hidruros metálicos basados en Ni y de nanoestructurados para electrodos en Li-ion.

Refrigeración y Bombas de Calor

- a) Primer transformador térmico en América Latina para uso de calor residual (carrol - agua).
- b) Aire acondicionado GAX enfriado con aire.
- c) Refrigerador solar cloruro de calcio y monometilamina para conservación de medicamentos.
- d) Bomba de calor por compresión asistida con energía solar para secado de arroz (COP de 4.3 y 1/3 consumo de energía).

Geoenergía

- a) Geotermómetro basado en equilibrio fisicoquímico de sistemas gaseosos.
- b) 191 sitios geotérmicos promisorios en el Cinturón Volcánico Mexicano.
- c) Nueva explicación de rompimiento cortical (no a la Tectónica de Placas).
- d) Descubrimiento de un patrón sistemático en el "Límite de Detección".

Concentración Solar

- a) Dispositivo para estudiar flujos radiativos concentrados, DEFRAC, 4000 soles y 2000°K.
- b) Dispositivo concentrador de foco lineal para estudios de fotocatalisis, DICEF 2, detoxificación.
- c) Concentradores de espejos planos para desinfección de agua en zonas rurales.
- d) Desarrollo de calorímetro de cavidad cónica.

Planeación Energética

- a) Análisis de futuras trayectorias tecnológicas de sistemas energéticos y sus implicaciones ambientales y económicas.
- b) Evaluación económica de tecnologías para mitigar lluvias ácidas, partículas y óxidos de nitrógeno para generación eléctrica en México.
- c) Bases de Datos para Sistema Eléctrico Mexicano al 2025.
- d) Estudios y asesorías nacionales e internacionales.

Física Teórica

- a) Metodología teórica para la optimización de procesos de transporte por minimización de la producción de entropía.
- b) Desarrollos teóricos sobre propiedades ópticas y luminiscentes de silicio poroso, y validación experimental de la supresión de la luminiscencia en campo eléctrico.

- c) Estudios teóricos y numéricos sobre esferas duras en sistemas de alta dimensionalidad.
- d) Predicción y comprobación experimental de patrones de flujo durante agitación de fluidos conductores mediante fuerzas electromagnéticas.

Transferencia de Energía y Masa

- a) Descripción cualitativa de patrones de flujo para canales con diferentes fondos, LDA y PIV.
- b) Estudio de formación de plumas de pared en cavidades parcialmente calentadas, Sistema Schlieren.
- c) Factibilidad técnica de un convertidor de calor a electricidad por efecto termoacústico acoplado a un transductor magnetohidrodinámico.
- d) Desarrollo de software para solución de ecuaciones de conservación en mecánica de fluidos y transferencia de calor, en programación orientada a objetos.

RESUMEN ESTADÍSTICO

| 1. PERSONAL ACADÉMICO | | |
|--|------|------|
| Concepto | 2003 | 2004 |
| Investigadores | 38 | 37 |
| Investigadores con estudios de doctorado | 38 | 37 |
| Técnicos académicos | 17 | 18 |
| Académicos en SNI | 38 | 38 |
| Académicos con PRIDE | 50 | 48 |
| Académicos con PAIPA | 5 | 7 |
| Académicos con FOMDOC | - | 29 |

| 2. DOCENCIA | | |
|---|------|------|
| Concepto | 2003 | 2004 |
| Alumnos de posgrado | - | 124 |
| Alumnos de licenciatura | - | 31 |
| Cursos impartidos en posgrado (grupo-asignatura ó proyecto) | 44 | 46 |
| Cursos impartidos en licenciatura (grupo-asignatura) | 4 | 2 |
| Tesis dirigidas de posgrado | 22 | 11 |
| Tesis dirigidas de licenciatura | 6 | 19 |
| Alumnos que realizaron servicio social | 9 | 20 |

| 3. INVESTIGACIÓN | | |
|--|------|------|
| Concepto | 2003 | 2004 |
| Proyectos de investigación desarrollados (concluidos o en proceso) | 25 | 34 |
| Proyectos financiados con recursos de la UNAM | 12 | 19 |
| Proyectos financiados con recursos externos | 13 | 15 |
| Productos de investigación | | |
| Artículos publicados en revistas nacionales | - | 4 |
| Artículos publicados en revistas internacionales | - | 61 |
| Capítulos en libros | - | 6 |
| Libros publicados | - | 3 |

| 4. DIFUSIÓN ¹ | | | | |
|----------------------------------|---------|------------|---------|------------|
| Concepto | 2003 | | 2004 | |
| | Eventos | Asistentes | Eventos | Asistentes |
| Artículos en revistas nacionales | 2 | - | 2 | - |
| Conferencias y Teleconferencias | 9 | - | - | - |
| Congresos | 2 | - | - | - |
| Cursos | 1 | - | - | - |
| Diplomados | 1 | - | - | - |
| Encuentros | 2 | - | - | - |
| Organización de eventos | 52 | - | - | - |
| Seminarios | 1 | - | - | - |
| Series de TV | 1 | - | - | - |
| Simposia | 1 | - | - | - |
| Visitas guiadas | 26 | 700 | 42 | 897 |

¹ Actividades organizadas por el Centro.

| 5. INTERCAMBIO ACADÉMICO | | |
|--|------|------|
| Concepto | 2003 | 2004 |
| Total de investigadores que salieron de intercambio | 76 | 37 |
| Total de investigadores que se recibieron de intercambio | 38 | - |
| Nacional | 13 | - |
| Del extranjero | 25 | - |

| 6. PREMIOS Y RECONOCIMIENTOS | | |
|---|------|------|
| Concepto | 2003 | 2004 |
| Premios otorgados al Centro | - | 2 |
| Premios otorgados a sus investigadores | 1 | 1 |
| Distinciones y/o reconocimientos otorgados a sus investigadores | 2 | 2 |