

## INFORME 2014-2017 Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico

Elaboró: Dr. Rodolfo Zanella Specia

El Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) tiene como antecedente el Centro de Instrumentos (CI) que fue fundado el 15 de diciembre de 1971 como un centro de servicios. En 1996 el CI se transformó, por acuerdo del Consejo Universitario y con el aval del Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico-Matemáticas y de las Ingenierías (CAACFMI), de un centro de servicios a un centro de investigación, quedando incorporado a este último Consejo Académico. Este cambio le confiere al CI el carácter de entidad académica, cuyas funciones se enmarcan a su vez, en las funciones sustantivas de la Universidad: la generación de conocimiento, la formación de recursos humanos y la difusión. Dado que el nombre de CI no se asociaba con las nuevas funciones de investigación y desarrollo tecnológico y no implicaba las líneas de investigación y desarrollo que se empezaban a cultivar en el Centro, a solicitud del Consejo Interno y con la aprobación del Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC), el Consejo Universitario acordó en abril de 2002 cambiar el nombre de Centro de Instrumentos por el de Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET). Este cambio de denominación se sustentó principalmente en el hecho de que la comunidad académica del Centro realizaba tareas de investigación y desarrollo adicionales a las previstas en el acuerdo de creación del CI, que habían sido avaladas por el Consejo Técnico de la Investigación Científica y que lo habían convertido en una entidad universitaria con un alto grado de multidisciplinariedad.

La misión del CCADET consiste en realizar investigación, desarrollo tecnológico, formación de recursos humanos, difusión y divulgación en los campos de instrumentación, micro y nanotecnologías, tecnologías de la información y educación en ciencia y tecnología, con un enfoque multidisciplinario, integrando las actividades de investigación y desarrollo tecnológico.

La visión del CCADET es la de ser una entidad académica de excelencia con reconocimiento nacional e internacional por:

- la calidad de sus investigaciones;

- su capacidad para generar, asimilar y transferir tecnología;
- su papel sobresaliente en la promoción de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico a través de programas y proyectos multidisciplinarios e integradores de ciencia y tecnología, con impacto en la solución de problemas nacionales y globales;
- su compromiso con la formación de recursos humanos de alta calidad en sus áreas de especialidad; y
- su compromiso por difundir y divulgar los resultados que genera en los ámbitos de investigación y desarrollo tecnológico.

En el corto plazo, la visión del CCADET es convertirse en un instituto de investigación, previo aval de los órganos colegiados de la UNAM.

### Los logros más importantes en el periodo 2014-2017

#### 1. Creación de Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía Computarizada

En el año 2014 se creó en el CCADET el Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía Computarizada (MADiT), que es el laboratorio líder en su campo en México y que cuenta con varios equipos de manufactura aditiva para polímeros termoplásticos, dos equipos para resinas fotopolimerizables y un equipo para *vacuum casting* para resinas, un equipo para impresión en metal, y uno más para biomateriales; escáneres 3D de baja, media y alta resolución, así como uno con capacidad de digitalización de textura y color; un equipo de manufactura aditiva por estereolitografía y un tomógrafo industrial computarizado, entre otros. En los años 2016 y 2017 logró su consolidación a través de nuevos apoyos por parte del CONACyT y de la UNAM. Parte de la infraestructura con la que cuenta el MADiT está siendo instalada en el Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT) de Nuevo León. El MADiT es un laboratorio de referencia a nivel nacional en las líneas de trabajo que desarrolla debido a su capital humano, infraestructura única y colaboraciones nacionales e internacionales en proyectos relacionados con la preservación y restauración de patrimonio cultural, el desarrollo de sistemas estructurados para vuelos por globo, el desarrollo de instrumentación para sistemas aerodinámicos, así como proyectos relacionados con salud, como el desarrollo de implantes craneofaciales y aplicadores para braquiterapia; lo anterior como consecuencia de la relación con más de 10 instituciones académicas del país y con empresas de los ramos automotriz, biomédico y de manufactura. Entre sus logros más relevantes se puede

destacar la transferencia tecnológica de un proceso de manufactura para implantes craneofaciales a una empresa nacional, lo que se refleja en impactos positivos de su labor en la sociedad.

## **2. Consolidación de la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico del CCADET en el Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”**

La Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico (UIDT) del CCADET en el Hospital General de México (HGM) “Dr. Eduardo Liceaga” fue inaugurada el 20 de septiembre de 2013 como resultado del convenio de colaboración firmado por la UNAM y el HGM. El objetivo principal de la UIDT es el desarrollo de investigación y tecnologías alrededor de nuevos materiales, dispositivos, equipos, *software*, procedimientos de diagnóstico, procedimientos terapéuticos y de apoyo a la práctica profesional y la enseñanza clínica relacionadas con enfermedades que afectan a la salud de la población en general. Actualmente, la UIDT cuenta con un espacio ubicado en las instalaciones del Hospital. El equipo multidisciplinario de esta unidad trabaja en varios proyectos de investigación ya protocolizados, y otros más que están en proceso de protocolización o en proceso de definición. La labor de la Unidad ha generado un incremento del número de académicos del CCADET que dedica una parte significativa de su trabajo a proyectos con la UIDT y un aumento de la visibilidad del trabajo del Centro en el ámbito del HGM, que se deduce del acercamiento de personal médico y de investigación, así como de residentes del Hospital, para conocer la Unidad y presentar solicitudes de colaboración.

De 2014 a la fecha, la UIDT-HGM se consolidó mediante la incorporación de 3 académicos del CCADET que están adscritos permanentemente a la Unidad, 7 académicos asociados que trabajan desde el CCADET, pero que realizan proyectos en colaboración a través de la UIDT-HGM, así como 12 investigadores o médicos del HGM que participan activamente en los trabajos que se realizan en la Unidad. Actualmente se desarrollan 9 proyectos en la Unidad, cuyos títulos son:

1. Fotografía de autofluorescencia de UV para la evaluación de estados fisiológicos en tejido fibroso;
2. Uso de espectroscopia de fluorescencia de luz ultravioleta para evaluación de cierre de úlceras;
3. Simulación de procedimientos de microcirugía de cerebro
4. Evaluación postural en pacientes con espondilitis anquilosante mediante el desarrollo de un sistema de visión por computadora para el monitoreo de movimientos corporales;
5. Rehabilitación asistida para pacientes con condiciones musculoesqueléticas y neuromotoras;
6. Evaluación del grado de fibrosis hepática por medio de técnicas opto-térmicas implementadas en fibra óptica;
7. Sensores de presión piezo-eléctricos de bajo costo para valorar alteraciones en la pisada de niños eutróficos con sobrepeso y obesidad;
8. Sistema de visión de UV para la evaluación de cambios funcionales y estructurales de úlceras en pie diabético;

9. Desarrollo de implantes en PMMA mediante el uso de manufactura aditiva. Lo que ha generado un gran dinamismo en los trabajos que se realizan en colaboración entre el CCADET y el HGM.

### **3. Se firmó un convenio de colaboración para el establecimiento de una Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico (UIDT) del CCADET en el Hospital General “Manuel Gea González”**

Dado el éxito que ha tenido la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico del CCADET en el HGM, las autoridades del Hospital General “Manuel Gea González” (HGMGG) se acercaron al CCADET con la idea de crear una unidad similar en este último hospital. Después de un análisis de las necesidades del Hospital y de las capacidades del CCADET, se firmó un convenio para la creación de una nueva UIDT en el HGMGG el 7 de octubre de 2015, mismo que cuenta con una vigencia de 4 años. Para iniciar las acciones de colaboración, el Hospital ha asignado al CCADET un área de aproximadamente 40 m<sup>2</sup>, en los cuales se han establecido las primeras áreas de trabajo y un cubículo para el personal del Centro que trabaja en colaboración con los médicos del Hospital. Actualmente, en dicha Unidad se encuentran en desarrollo los siguientes proyectos:

1. Desarrollo de trócares para cirugía endoscópica.
2. Sistema de visión por computadora para la evaluación de destrezas en cirugía.
3. Desarrollo de suplementos proteicos para pacientes con obesidad sometidos a cirugía bariátrica.
4. Desarrollo de un neuroestimulador electrónico
5. Medición de presión en conductos gástricos

### **4. Transferencia del Aula del Futuro**

El Aula del Futuro es un proyecto interdisciplinario que propone y estudia el diseño de espacios educativos enriquecidos con tecnología. Su característica principal radica en que la pregunta tecnológica “¿Qué tecnología integrar?” es remplazada por la pregunta educativa “¿Qué nuevas dinámicas se quieren propiciar en los alumnos y con qué fin?”. Esto ha llevado a los participantes a desarrollar propuestas de tecnología educativa innovadoras, con un impacto importante en los ámbitos nacional e internacional. El conocimiento adquirido en el proyecto ha permitido al CCADET participar en iniciativas de gran envergadura, tanto dentro de la UNAM (diseño de ambientes enriquecidos tecnológicamente para la enseñanza experimental de las ciencias, diseño de estrategias y de programas de formación para la introducción de tabletas en el bachillerato, con cientos de profesores formados en el uso de la tabletas en el aula) como a nivel nacional (diseño del modelo educativo para el Programa “Centros México Conectado” de la SCT, que se utilizó para la construcción de 50 centros a nivel nacional; participación activa con la “Estrategia

Digital Nacional” de la Presidencia de la República, con el desarrollo de una estrategia para el uso de tabletas en escuelas primarias de la Ciudad de México; asesoría a la SEP en el programa de introducción de tabletas a escuelas primarias, generando los instrumentos que les permitieron evaluar la calidad de las diferentes tabletas que participaron en la licitación 2015. Durante 2016 se signaron convenios de transferencia tecnológica y asesoría con el Instituto Lux, A.C., la Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, además de acuerdos de uso con fines de investigación conjunta con la Universidad de Poitiers y la Universidad Católica de Lyon, ambas en Francia, en 2017 el Aula del Futuro transfirió a la Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile. Todo ello ha permitido formar a profesores y que los usuarios de las tecnologías desarrolladas en el proyecto se cuenten por miles. Estos resultados han valido que la OEA invite al Aula del Futuro a una exposición internacional en el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para la enseñanza de las ciencias, que Microsoft seleccione el proyecto a nivel mundial como una muestra del buen uso de las TIC en la enseñanza, que la UNESCO mencione en un informe los trabajos del proyecto, que el Instituto Lux haya ganado un concurso estatal sobre el uso innovador de las TIC en su docencia; y finalmente, que la CDHDF haya develado una placa en “La Casa del Árbol”, un espacio en el que cientos de niños y adolescentes de la ciudad son formados en el tema de Derechos Humanos cada semana, en la que se hace mención explícita al apoyo brindado por el Aula del Futuro y el CCADET. Actualmente están en proceso de revisión convenios con la Universidad Corporativa de PEMEX, el Instituto Ciencias, A.C y el Instituto Oriente, A.C.

##### **5. Transferencia de un proceso de manufactura para producir moldes para craneoplastía**

En el año 2017 se transfirió a la empresa Partes e Implantes Avanzados S. A. de C. V., un proceso de manufactura para producir moldes para craneoplastía desarrollados en equipos de prototipado rápido del Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía computarizada, MADiT-CCADET, en colaboración con el Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”

**6. La creación de la empresa de base tecnológica BlepsVision S.A. de C.V., spin off** surgida del CCADET que con el apoyo del CONACyT pretende la comercialización de un topógrafo corneal portátil (TOCO) desarrollado en el Centro. Este dispositivo es útil para la medición de la superficie anterior de la córnea, de utilidad para oftalmólogos y

optometristas especialistas en córnea y adaptación de lentes de contacto rígidos. La propuesta tecnológica del TOCO consta de un dispositivo médico portátil (*hardware*) y su respectivo *software* (EyeMap). El instrumento es resultado de la investigación sobre medición o prueba de superficies ópticas esféricas, convexas y muy rápidas ( $F/\# < 1$ ). Inicialmente, se desarrolló un queratopógrafo láser y, posteriormente, una nueva técnica basada en el disco de Plácido, por medio de las pantallas nulas. Luego, se desarrolló la metodología de diseño de las pantallas nulas y de evaluación de la forma de diferentes tipos de superficies, y se identificó la posibilidad y conveniencia de llevarlo a un instrumento portátil, haciéndolo más económico, más robusto y de fácil acceso para ser usado con infantes, neonatos y personas con capacidades diferentes. En colaboración con el Centro de Investigación de Diseño Industrial (CIDI) de la Facultad de Arquitectura de la UNAM se diseñó un prototipo susceptible de ser comercializado. En febrero del 2016 se constituyó la empresa BlepsVision S.A. de C.V., que se encuentra inscrita en el programa de incubadora de empresas de la UNAM. Recientemente se obtuvo financiamiento a través del Fondo de Innovación Tecnológica del CONACyT para llevar la tecnología TOCO de un nivel de maduración 4 del TRL, al 7, a inicios del 2018. Se pretende que una vez finalizado el proyecto, BlepsVision inicie el proceso de comercialización del instrumento.

## **7. Enseñanza de las ciencias para la niñez indígena y migrante**

El CCADET, a través del grupo de Cognición y Didáctica de las Ciencias, ha mantenido estrecha vinculación con la Dirección General de Educación Indígena (DGEI) de la SEP. El objetivo de los trabajos realizados es el diseño, desarrollo y evaluación de una propuesta educativa y de materiales que promueven el aprendizaje de las ciencias en comunidades indígenas y migrantes. Todos los materiales tienen el soporte de investigaciones realizadas en el CCADET, con base en representaciones multiculturales y han sido evaluados con niños y profesores de comunidades indígenas. La propuesta educativa ha quedado plasmada en la producción de los libros de la serie *Ciencias tecnologías y narrativas de las culturas indígenas y migrantes*, en dos bloques temáticos: *Colores y sombras* y *Seres vivos y astronomía*. La serie cuenta con cuadernos del alumno y libros para los docentes. Esta serie ha sido publicada por la SEP para todas las comunidades indígenas y migrantes del país. Además, para la formación docente, se han desarrollado libros y videos que los apoyan en la comprensión y uso de los materiales. Los materiales presentan una propuesta que logra la articulación de las representaciones de las culturas indígenas y las de la cultura de la ciencia escolar sobre los fenómenos naturales.

## **8 El otorgamiento de 12 patentes en México, Estados Unidos y Europa**

Entre 2014 y 2017 se logró el otorgamiento de 12 patentes a desarrollos realizados por académicos del Centro; 7 de dichas patentes fueron otorgadas en México, 3 en países europeos y 2 más en Estados Unidos de América.; cabe destacar que algunas de estas patentes fueron realizadas en colaboración con académicos de la Facultad de Ingeniería, del Instituto de Ingeniería o de Instituto Politécnico Nacional. Estas patentes se suman a las 6 que se habían obtenido en años previos a 2014, por lo que los académicos del CCADET han participado como inventores de un total de 18 patentes. Adicionalmente, en este momento el CCADET cuenta con 12 solicitudes de patente, 9 de las cuales están tramitándose en México y 3 más en Estados Unidos de América. Los campos del conocimiento en los que se enmarcan dichas patentes son la instrumentación científica e industrial y las micro y nanotecnologías, mientras que las áreas de aplicación de dichas patentes son principalmente medio ambiente, energía y salud.

## **9. Aumento en el número de artículos publicados, factor de impacto promedio de las revistas en las que se publican los artículos del Centro y del número de citas recibidas anualmente**

Durante el periodo 2014-2017 se ha incrementado el número de artículos internacionales o memorias en congresos indizadas en ISI y Scopus. El número de artículos publicados en 2014 fue similar al de 2013, pero en 2015 y 2016 el número de artículos aumentó; se observó un incremento considerable en 2016 especialmente, y se espera que en 2017 este número continúe creciendo, ya que al corte realizado a principios de octubre de 2017 se habían publicado ya 90 artículos o memorias indizadas y se tienen aceptados cerca de 10 más. El promedio de publicaciones indizadas/investigador en el periodo fue de 2.5, que es una cifra ligeramente superior al promedio de artículos publicados/investigador/año en el Subsistema de la Investigación Científica. En la Figura 1 se muestra la evolución del número de publicaciones indizadas en los últimos 15 años. Adicionalmente, en las Figuras 3 y 4 se puede observar que el factor de impacto promedio de las revistas en las que publican los académicos del CCADET tiende a aumentar, alcanzando un promedio de 2.6 en 2017; asimismo, las citas anuales (no el acumulado) a los artículos publicados con adscripción CCADET tiende a incrementarse anualmente. Estos dos indicadores son reflejo de la mayor calidad e impacto de los trabajos que se han producido en el CCADET durante este periodo.

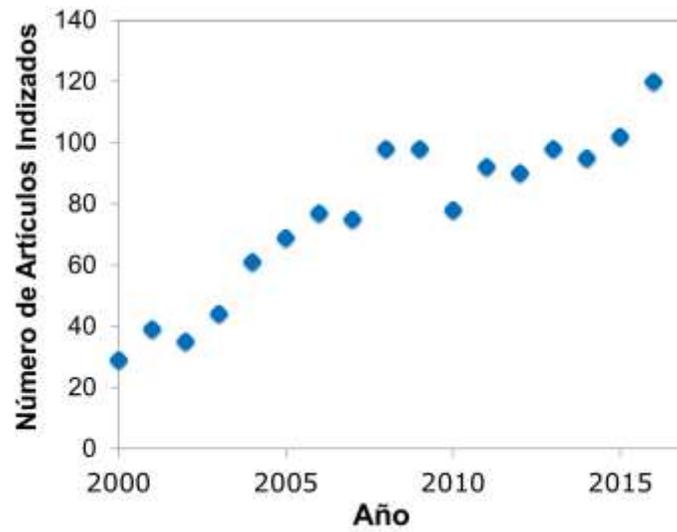


Figura 1. Número de publicaciones indizadas de 2002 a 2016.

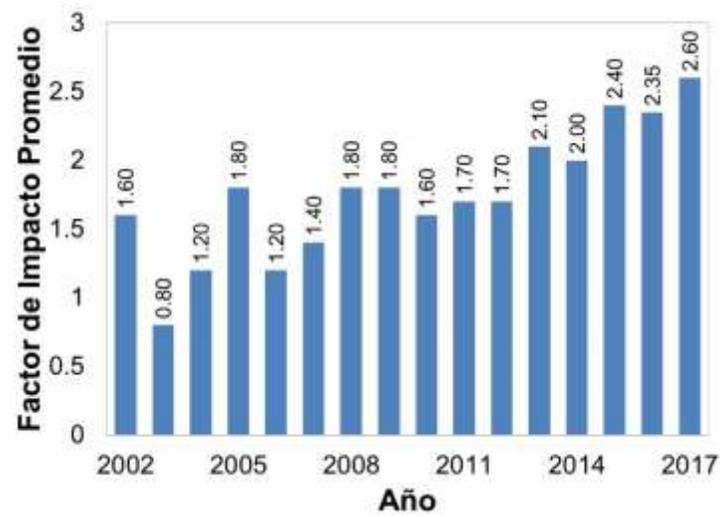


Figura 2. Factor de impacto promedio anual de las revistas en las que han publicado los académicos del CCADET de 2002 a 2017.

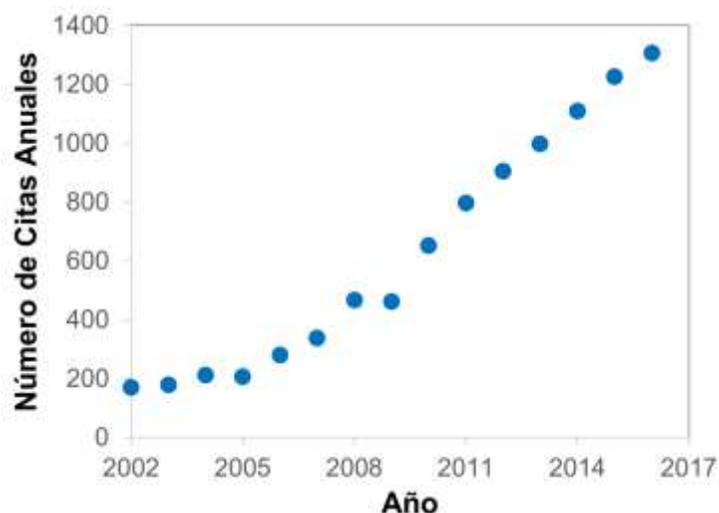


Figura 3. Número de citas anuales (no el acumulado) a los trabajos publicados por académicos del CCADET entre 2002 y 2016.

#### 10. Incremento en el número de tesis de doctorado concluidas anualmente

En el periodo 2014-2017, en línea con lo propuesto en el Plan de Desarrollo 2014-2017 del CCADET, se aumentó el promedio de tesis de doctorado concluidas, obteniéndose un promedio de casi 13 tesis de doctorado concluidas en el presente periodo, que es mayor al promedio del periodo 2010-2013, equivalente a menos de 8 tesis de doctorado concluidas por año y muy superior al del periodo 2006-2013 equivalente a menos de 6 tesis de doctorado concluidas por año. El promedio de tesis de licenciatura y de maestría en el periodo 2014-2017 también aumentó respecto a las concluidas en periodos anteriores. Lo anterior, aunado al aumento en la producción de productos primarios y el aumento en el impacto de los mismos, es una prueba de que la comunidad académica del Centro cada vez muestra un mayor liderazgo, madurez y consolidación.

Cabe aclarar que las cifras mostradas para 2017 en la Figura 4 reflejan las tesis concluidas hasta principios de octubre de 2017, lo que supera ya en algunos casos a las cifras obtenidas en 2016, a pesar de que no se tienen aún contabilizadas las tesis concluidas durante el último cuatrimestre del año.

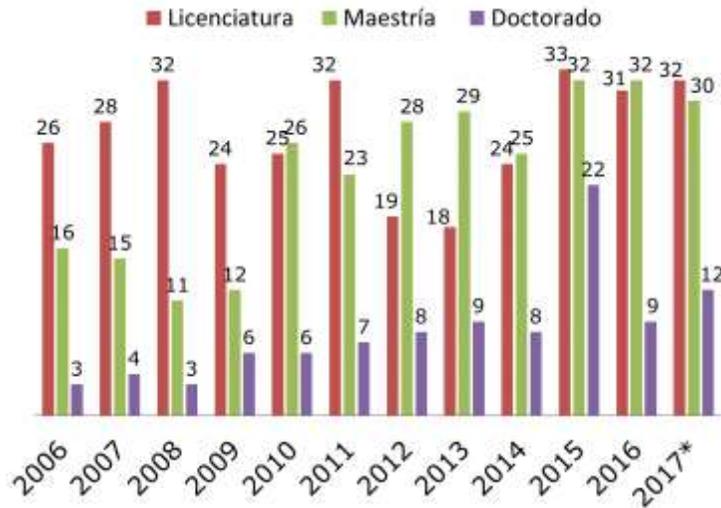


Figura 4. Evolución del número de tesis de grado y posgrado concluidas de 2006 a 2017.  
 \*El número de tesis de 2017 es parcial, ya que los datos que se presentan corresponden a inicios de octubre de 2017

## 11. Creación y consolidación de la Coordinación de Difusión y Divulgación del CCADET

En consonancia con una de las tareas sustantivas de la Universidad Nacional Autónoma de México, la difusión del conocimiento, y lo propuesto en el plan de desarrollo 2014-2017 del Centro, a principios de 2014, se creó la Coordinación de Difusión y Divulgación del CCADET, que tiene como funciones la difusión y divulgación del conocimiento científico y tecnológico generado en este centro. La creación de esta coordinación ha posicionado a la difusión y la divulgación como una actividad continua y de importancia entre los académicos del centro. La Coordinación de Divulgación durante el periodo 2014-2017 ha trabajado en la consecución de objetivos tales como extender relaciones con diferentes medios de comunicación y el aumento de la presencia del CCADET en ellos, en lo que a número de notas y promoción de las actividades académicas del Centro se refiere (dando como resultado un total de 158 entrevistas y 10 programas de televisión acerca del quehacer del Centro gestionados en el periodo 2014-2016); incrementar su presencia en eventos de difusión y divulgación, tales como ferias y expos (sumando un total de 14 eventos en los que tuvo presencia el CCADET); establecer vínculos con otras entidades de la UNAM y externas para establecer una red que permitiese el intercambio de solicitudes de difusión dentro de ella, y con ello mayor alcance de las mismas; fortalecer la relación con la Dirección General de Comunicación de la Ciencia; generar material de difusión y divulgación, como lo son trípticos (6 en total), carteles (53 impresos), banners digitales (136, en diferentes formatos), lonas (8 en total), por mencionar algunos; modernizar y actualizar la página web del Centro (se realizaron las actualizaciones de 98 páginas personales y 9

páginas de grupo o departamento, entre otras), así como crear micrositiOS para los Laboratorios Universitarios y Nacional (3 en total), facilitando de este modo el acceso a la información por parte del público en general; adecuar la logística del Día de Puertas Abiertas a fin de incrementar el número de asistentes (en la primera edición que organizó la Coordinación, la de 2015, se recibió a 254 visitantes, mientras que en 2017 estos sumaron 381) y la distribución adecuada de los asistentes entre los diferentes laboratorios y grupos; crear la *fanpage* en Facebook del Centro, con la cual no contaba, y utilizarla activamente para la promoción de sus actividades así como para la divulgación de temas diversos relacionados con su quehacer (Esta *fanpage* inició en 2014 con 189 seguidores, contando actualmente con 3448 y 643 publicaciones realizadas, aproximadamente); reactivar la cuenta de Twitter del CCADET e incrementar el número de seguidores (a principios de 2014 se tenían 1010 seguidores, sumando 3525 en la actualidad, así como 988 tweets realizados); y con el fin de contar con más canales de difusión, y con ello alcanzar a un público más numeroso y diverso, crear cuentas en LinkedIn en 2015 (con 85 seguidores a la fecha y 275 publicaciones efectuadas), YouTube en 2016 (con 54 subscriptores al día de hoy y 53 videos disponibles), Instagram en 2017 (actualmente con 56 seguidores y 25 fotografías publicadas); coordinar la transmisión *vía streaming* por el canal oficial del CCADET en YouTube de diferentes eventos y coloquios organizados en el Centro (25 videos difundidos por esta vía están actualmente en línea); coordinar levantamientos de imágenes de eventos de diversa índole, de espacios, infraestructura, personal académico, por mencionar algunos ejemplos, para constituir un banco de imágenes que pudieran ser empleadas en productos de difusión, página web, y otros medios (este banco cuenta con 840 imágenes a la fecha); elaborar videos y clips con el fin de promover y difundir las actividades académicas y de divulgación del Centro (8 en total durante el periodo 2014-2017); coordinar aspectos diversos de la logística de eventos institucionales; coordinar la edición del Journal of Applied Research and Technology (con un total de 270 artículos publicados en el periodo); entre otras actividades. Algunas de las actividades anteriormente mencionadas se realizaron con la colaboración de otras áreas del Centro tales como las áreas de Diseño Gráfico y Medios Audiovisuales, la Coordinación de Docencia, el Grupo de Telemática para la Educación, la Unidad de Cómputo, así como miembros de la comunidad académica y administrativa además de estudiantes.

## **12. Elaboración de la solicitud de transformación del CCADET en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, misma que fue aprobada por unanimidad por el Consejo Técnico de la Investigación Científica**

Durante 2016 se elaboró y discutió ampliamente la solicitud de transformación del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico en el Instituto de Ciencias Aplicadas y

Tecnología. La propuesta de transformación fue aprobada el 14 de diciembre de 2016 por el Consejo Interno del CCADET. Dicha propuesta fue el resultado de varios meses de análisis y discusión, inicialmente por 3 comisiones conformadas por 21 académicos del Centro, en las que participaron los miembros del Consejo Interno y distinguidos académicos del CCADET propuestos y convocados por el propio Consejo Interno. Los temas principales que discutieron estas comisiones fueron i) el marco conceptual y el nombre del instituto, ii) la estructura organizacional y iii) el plan de desarrollo. Cada una de las comisiones se reunió entre 6 y 8 ocasiones de manera individual, se realizaron 4 reuniones generales en las que se reunieron la totalidad de los miembros de las comisiones y 5 reuniones plenarias en las que fueron convocados la totalidad de los miembros de la comunidad académica, ya sea para presentar las conclusiones parciales o finales de las comisiones, escuchar sus puntos de vista o recibir retroalimentación de su parte. De este ejercicio surgió el documento que fue inicialmente presentado a la comunidad académica y, posteriormente, aprobado por el Consejo Interno. Dicho documento fue enviado al Consejo Técnico de la Investigación Científica en el mismo mes de diciembre de 2016. Durante 2017 la solicitud presentada por el Consejo Interno fue inicialmente analizada en detalle por el Coordinador de la Investigación Científica, posteriormente el Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC) creó una comisión ad hoc para revisar el expediente, misma que propuso una serie de sugerencias y observaciones que enriquecieron el documento inicialmente presentado, y la propuesta final fue puesta a la consideración del pleno del CTIC, el cual aprobó por unanimidad la propuesta de transformación del CCADET en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología. La propuesta fue ya turnada al Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico-Matemáticas y de las Ingenierías para su análisis y eventual aprobación.

### Plantilla Académica

En el periodo 2015-2017 se observaron varios movimientos en la plantilla del personal académico del CCADET: 4 académicos decidieron jubilarse y tuvimos que lamentar el sensible fallecimiento de dos investigadores que ocupaban plazas en el nivel Titular C y un Técnico Académico que ocupaba una plaza en el nivel Asociado B. Como consecuencia de dichos movimientos, aunado a algunas plazas que estaban vacantes, a la creación de algunas nuevas plazas y a la división de las plazas de Investigadores Titulares C, durante el periodo se logró incorporar al CCADET a 9 Investigadores Asociados C, a 6 Técnicos Académicos, uno de ellos en la categoría de Titular A y 5 en la categoría de Asociado C. Asimismo, 3 Técnicos Académicos decidieron iniciar una nueva carrera como Investigadores en el Centro, por lo que las plazas que ocupaban se utilizaron para la creación de unas nuevas de investigadores; uno de dichos movimientos está aún en

proceso en el Consejo Técnico de la Investigación Científica. Además, durante el periodo se logró incorporar a 4 Investigadores más por medio del programa de Cátedras CONACyT. Con base en dichos movimientos a finales de 2017, la planta académica del CCADET estará constituida por 117 académicos, 50 investigadores (incluyendo 4 cátedras CONACyT) y 67 Técnicos Académicos. Aunado a lo anterior, en el periodo se concluyeron 43 estancias posdoctorales y actualmente hay 19 estancias de este tipo en proceso.

El 100% de los investigadores tiene grado de doctorado; el 90% pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SNI): 9% en el nivel candidato, 37% en el nivel I, 30% en el nivel II y 14% en el nivel III. Cabe aclarar que el porcentaje de investigadores sin SNI aumentó respecto a 2016, debido a que dos de los investigadores recientemente contratados no han realizado aún su trámite para ingreso a dicho sistema, pero se tiene planeado que en la convocatoria que abrirá a principios de 2018 sometan su expediente. El 100% de investigadores del CCADET contratados por la UNAM cuenta con el estímulo del PRIDE. La plantilla de investigadores del CCADET muestra liderazgo, productividad y capacidad, si se considera que el 50% de ellos está contratado en los niveles de Titular "B" y "C", 72% cuenta con los niveles más altos del PRIDE (C y D), además de que el 41% pertenece a los niveles 2 y 3 del SNI.

Respecto a los 67 técnicos académicos, la plantilla presenta madurez y en algunos casos liderazgo, el 63% de los técnicos académicos están contratados en los niveles Titular "B" y Titular "C", el 76% cuenta con los niveles C y D del PRIDE y 20% de ellos pertenece al SNI. En cuanto a la orientación de su trabajo, algunos de los técnicos académicos (alrededor de 20) realizan labores de apoyo a la investigación y típicamente figuran en los trabajos que su grupo produce, 5 de ellos realizan labores de apoyo a toda la comunidad del Centro; sin embargo, la mayoría de ellos (alrededor de 40) realizan labores de desarrollo tecnológico y algunos son expertos o líderes en sus campos de desarrollo, generando prototipos, manuales, *software*, patentes, modelos de utilidad, artículos indizados, libros y capítulos en libro, entre otros. El 83% de los técnicos académicos del Centro han completado estudios de posgrado: 39% cuenta con estudios a nivel de maestría y 45% con estudios a nivel de doctorado.

A continuación, se presenta el desglose de los académicos del Centro por categorías y niveles, incluyendo sus niveles en el PRIDE y SNI.

La edad promedio de los académicos en general es de 52 años: 50.4 años en el caso de los investigadores y 53 en el caso de los técnicos académicos. La distribución de edades de los académicos del Centro se presenta en la Figura 5. La Figura 5a muestra la edad promedio de los investigadores, en la que se observa que debido a las contrataciones que se han realizado de investigadores jóvenes, principalmente durante los últimos 3 años, se ha

invertido la tendencia típica de una campana de Gauss, como aún se observa parcialmente en el caso de los técnicos académicos (Figura 5b) y en el caso de los académicos del Centro en general (Figura 4), aunque en ambos casos se observa que comienzan a crecer las barras relacionadas con académicos más jóvenes.

INVESTIGADORES																
GRADO			NOMBRAMIENTO				PRIDE				SNI					
Lic.	Maes.	Doc.	As. C	Ti. A	Ti. B	Ti. C	Sin	A	B	C	D	Sin	C	I	II	III
0	0	46	13	10	13	10	0	0	13	14	19	5	4	17	14	6

TÉCNICOS ACADÉMICOS																	
GRADO				NOMBRAMIENTO				PRIDE				SNI					
Sin	Lic.	Maes.	Doc.	As. C	Ti. A	Ti. B	Ti. C	Sin	A	B	C	D	Sin	C	I	II	III
2	9	26	30	16	9	22	20	1	1	15	39	11	54	4	8	1	0

En cuanto a la distribución por género del personal académico, el 31% lo compone mujeres, lo que supone un total de 35 mujeres (11 investigadoras, 4 catedráticas CONACyT y 21 técnicas académicas).

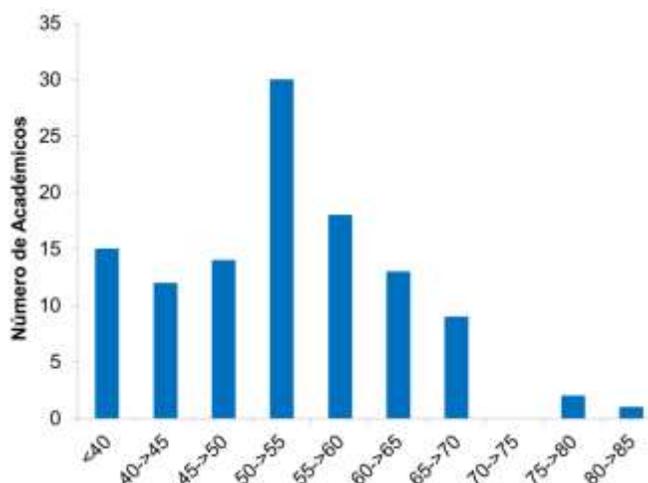


Figura 5. Distribución de edades de los académicos que laboran en el CCADET.

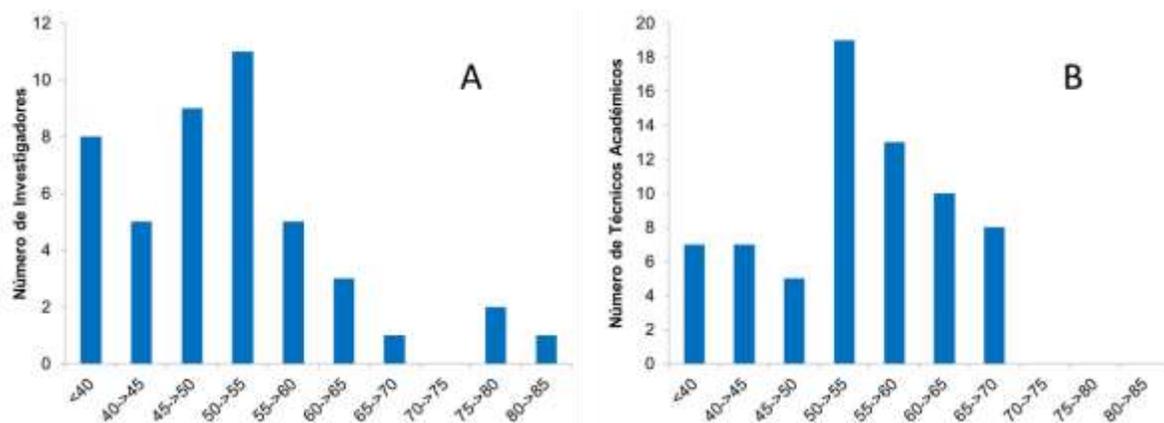


Figura 6. Distribución de edades de A) los investigadores, y B) los técnicos académicos.

## Proyectos

La Figura 7 se muestra el número de proyectos financiados que se realizaron en el periodo 2014-2017 en el CCADET; como referencia se muestra el número de proyectos realizados en los dos años previos. Como puede observarse en dicha figura, el número de proyectos financiados se mantuvo relativamente estable entre 2012 y 2015, mientras que en 2016 y 2017 tendió a aumentar. De igual forma, en la Figura 8 se comparan los montos asignados a los proyectos financiados en el período, mismos que se comparan con los obtenidos en los 2 años previos (2012 y 2013), como puede observarse en esta Figura, el monto global de los proyectos financiados entre 2014 y 2017 aumentó respecto a lo que se había logrado captar en años previos, impulsado principalmente por mayores financiamientos provenientes de CONACyT, además de que durante 2017 el monto de ingresos extraordinarios también aumentó. El monto total de recursos obtenidos en el periodo 2014-2017 fue de \$177,524,282.46 pesos, lo que significa un promedio anual cercano a los \$44,400,000.00 pesos anuales captados por proyectos financiados.

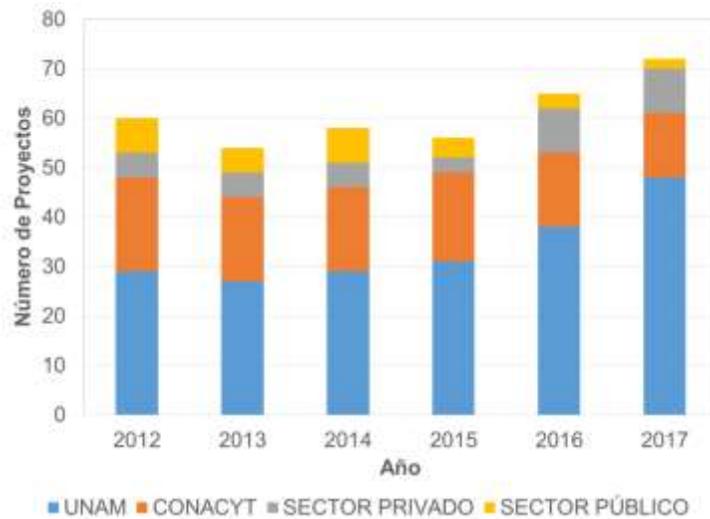


Figura 7. Número de proyectos financiados realizados en el CCADET en el periodo 2014-2017; como referencias se muestra el número de proyectos realizados en los 2 años previos.



Figura 8. Montos otorgados a los proyectos financiados realizados en el CCADET en el periodo 2014-2017; como referencia se muestra el monto otorgado a los proyectos realizados en los 2 años previos.

Durante el 2017 se desarrollaron un total de 72 proyectos financiados. En la Tabla 1 se presenta un resumen de dichos proyectos, desglosados por el origen de su financiamiento y especificando el monto ejercido durante el año para cada grupo de proyectos. El monto total de los financiamientos externos al CCADET fue de \$42,462,736.63 (cuarenta y dos

millones cuatrocientos sesenta y dos mil setecientos treinta y seis pesos 63/100 M.N.), monto que es ligeramente inferior al obtenido en 2016, que había sido superior a los \$48,000,000.00 (cuarenta y ocho millones de pesos). Esta disminución está en línea con la importante disminución que sufrió el presupuesto federal para apoyar las actividades de ciencia y tecnología durante 2017, mismo que fue superior al 23%, respecto al de 2016.

**Tabla 1. Proyectos de Investigación y Desarrollo, clasificados por su fuente de financiamiento durante 2017.**

Fuente del Financiamiento	Número de Proyectos	Monto Ejercido en 2017
UNAM-PAPIIT	25	6,199,161.00
UNAM-PAPIME	12	1,655,639.00
UNAM-Apoyos Especiales	11	4,299,400.34
CONACyT (Ciencia Básica)	4	1,718,176.00
CONACyT (Sectoriales)	3	2,948,500.00
CONACyT (Laboratorios Nacionales)	1	5,600,000.00
CONACyT (Infraestructura)	1	3,330,000.00
CONACyT (Bilaterales)	1	150,000.00
CONACyT (Fronteras de la Ciencia)	1	3,485,000.00
CONACyT (Atención a Problemas Nacionales)	1	1,973,000.00
CONACyT (Actividades Científicas, Tecnológicas y de Innovación)	1	50,000.00
SECITI (Ciudad de México)	2	4,015,000.00
Ingresos Extraordinarios	9	6,946,843.29
<b>Gran Total</b>		<b>42,462,736.63</b>

Como puede observarse en la Figura 8 y en la Tabla 1, el porcentaje de recursos provenientes de la UNAM y del sector privado aumentó, mientras que el porcentaje de

recursos provenientes de CONACyT y de los sectores públicos disminuyó, respecto a lo que se había venido observando entre 2014 y 2016.

Tabla 2. Proyectos de Investigación y Desarrollo, clasificados por su fuente de financiamiento en el periodo 2014-2017.

Fuente del Financiamiento	Monto Ejercido en el período	Porcentaje respecto al Total
UNAM-PAPIIT	24,932,761.00	14.2
UNAM-PAPIME	4,553,758.00	2.6
UNAM-Apoyos Especiales	14,321,152.34	8.2
CONACyT (Ciencia Básica)	9,449,415.00	5.4
CONACyT (Sectoriales)	12,668,020.00	7.2
CONACyT (Laboratorios Nacionales)	39,332,363.00	22.4
CONACyT (Infraestructura)	23,087,791.00	13.2
CONACyT (Bilaterales)	521,600.00	0.3
CONACyT (Fronteras de la Ciencia)	7,231,000.00	4.1
CONACyT (Atención a Problemas Nacionales)	4,871,198.00	2.8
CONACyT (Actividades Científicas, Tecnológicas y de Innovación)	515,000.00	0.4
CONACyT (Innovación)	725,000.00	0.3
SECITI (Ciudad de México)	11,906,000.00	6.8
Ingresos Extraordinarios	21,149,224.12	12.1
<b>Gran Total</b>	<b>175,264,282.46</b>	

En los que respecta al periodo, como se muestra en la Tabla 2, el monto total de los recursos obtenidos a través de proyectos financiados en el periodo fue de \$175,264,282.46 (ciento setenta y cinco millones doscientos sesenta y cuatro mil doscientos ochenta y

cuatro pesos 46/100 M. N.). El mayor porcentaje de los recursos obtenidos en el periodo provinieron del CONACyT (56%), seguido por los financiamientos otorgados por la UNAM (25%) y el resto de los recursos provinieron de ingresos extraordinarios (12%) y de la Secretaría de Ciencia Tecnología e Innovación de la Ciudad de México (7%).

## Publicaciones

En el CCADET el conjunto de publicaciones está integrado fundamentalmente por artículos en revistas indizadas de difusión internacional, trabajos en extenso publicados en memorias de congreso indizadas, trabajos en extenso publicados en memorias de congreso no indizadas, artículos publicados en revistas de difusión o de divulgación (no indizadas), libros y capítulos en libros especializados, informes tanto internos como externos, notas de curso y manuales. Como se menciona en la sección de logros destacados, el número de artículos publicados en 2014 fue similar al de 2013; sin embargo, en 2015 y 2016 el número de artículos aumentó, se observó especialmente un incremento considerable en 2016 (Figura 1); se espera que en 2017 este número continúe aumentando, ya que al corte realizado a principios de octubre de 2017 se había publicado o se tenían aceptados cerca de 100 artículos o memorias indizadas. Además, como se muestra en la Figura 2, el factor de impacto promedio de las revistas en las que se publican los artículos generados en el CCADET tiende a aumentar, alcanzando un valor promedio de 2.6 en 2017, lo mismo que ha ocurrido con el número de citas anuales recibidas a los trabajos (Figura 3).

En la Figura 9 se muestra la producción histórica del Centro considerando las diferentes formas en que los académicos documentan su labor científica y tecnológica. Estos productos incluyen artículos nacionales e internacionales publicados en revistas indizadas, libros, capítulos en libro, memorias en extenso en congresos, informes técnicos y patentes. Como puede observarse en la Figura 9, en los últimos 9 años la producción global del Centro, con pequeñas altas y bajas, ha sido relativamente estable, sin embargo, se observa que tal como se propuso en el plan de desarrollo, durante los últimos años, los académicos del Centro han optado por seleccionar como medios para difundir su trabajo las revistas tanto nacionales como internacionales indizadas y en menor proporción las memorias en congreso, que si bien son importantes, típicamente tienen una menor difusión y por tanto un menor impacto que los artículos en revistas de reconocido prestigio.

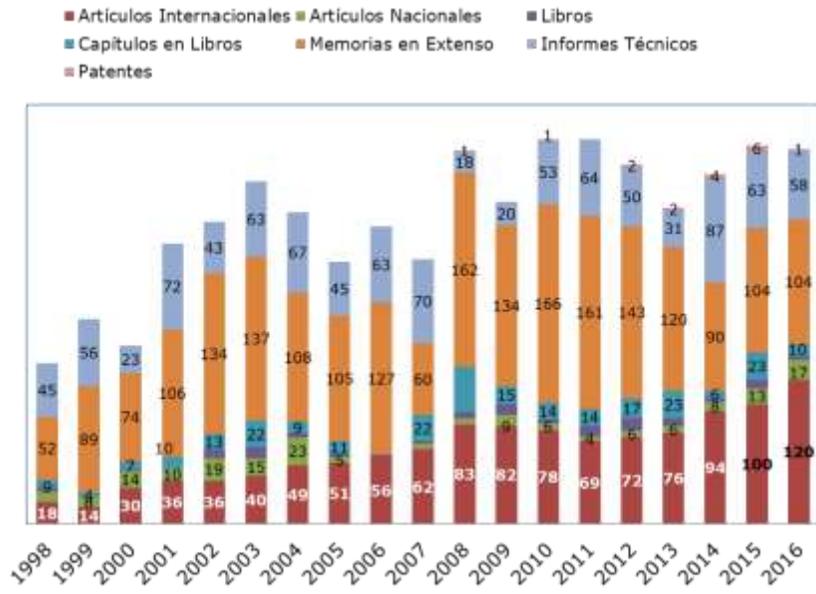


Figura 9. Producción histórica del CCADET considerando los diferentes productos que se generaron en el Centro de 1998 a 2016.

En el corte que se realizó en octubre de 2017, se contabilizaron cerca de 100 artículos, ya sea publicados o aceptados, en revistas internacionales indizadas; 9 artículos publicados en revistas nacionales; 4 libros y 11 capítulos en libro publicados; 30 memorias en extenso publicadas; y 44 informes técnicos aceptados. Estos datos no se presentan en la Figura 9 ya que se está en espera de que concluya el año para tener datos certeros de la producción de 2017, pero por la tendencia actual es de esperarse que sea similar a la de 2016.

### Productos Tecnológicos

El CCADET tiene una vertiente tecnológica importante que se refleja no solo en la publicación de informes técnicos sino también en la generación de productos tales como prototipos; productos informáticos, como *software* y paquetes multimedia; e instrumentos de protección intelectual como patentes, registros de marca, diseños industriales, marcas y modelos de utilidad. Por lo anterior, para tener un panorama más completo y detallado del trabajo tecnológico en el Centro es necesario tomar en cuenta estos productos.

Como se mencionó líneas arriba, entre 2014 y 2017 se logró el otorgamiento de 12 patentes a desarrollos realizados por académicos del Centro: 7 en México, 3 en países europeos y 2 más en Estados Unidos de América; además de que existen 12 solicitudes de patente en proceso, 9 de las cuales se solicitaron en este periodo. Adicionalmente, en el rubro de propiedad intelectual en el periodo se registraron 5 diseños industriales, se obtuvo el

registro de dos marcas y se renovaron los registros de 10 marcas más, se obtuvo la renovación de un aviso comercial y se obtuvieron 17 derechos de autor de obras y 7 de *software*. Asimismo, se obtuvo una reserva de derechos y se renovaron 11.

A continuación, se presenta un resumen de los prototipos y desarrollos en los que se trabajó en el periodo de manera anual.

#### **2014**

Se trabajó en 9 prototipos de instrumentación científica y un prototipo para instrumentación industrial, 3 prototipos relacionados con aplicaciones en energía, 2 con aplicaciones en educación y 4 con aplicaciones en salud. Además, se desarrollaron o actualizaron 9 productos de *software* que fueron validados por el usuario y se concluyó un desarrollo multimedia sobre Diálogos de Ciencia. Algunos de los avances que se lograron en aquel año se describen a continuación:

- 1) Desarrollo de un topógrafo corneal (TOCO). Se llevó a cabo el proceso de diseño, incluyendo bocetos, modelos volumétricos y simuladores, se realizó el modelado de la propuesta inicial. Se construyó una pantalla nula con alta precisión en el Laboratorio Nacional MADiT del CCADET, se desarrollaron varios prototipos funcionales y se realizaron pruebas de usabilidad con usuarios en instituto de oftalmología y en varios hospitales.
2. Medición de una superficie parabólica fuera de eje por deflectometría láser. Se mejoró el algoritmo de captura de datos de los haces reflejados por la superficie de prueba.
3. Se desarrolló un algoritmo para determinar el radio de curvatura paraxial  $R$  y la constante de conicidad  $k$  de una superficie óptica, a partir de un conjunto de imágenes tipo Hartmann.
4. Se inició la propuesta de probar espejos planos (helióstatos) con el método de pantallas nulas; se utilizó este método para probar colectores solares de canal parabólico.
5. En colaboración con académicos de la UNITSMO y de la UTM, se realizan estudios sobre diseño, construcción y prueba de concentradores solares de canal parabólico que se fabrican en la UNITSMO.
6. Se concluyó un prototipo de levitador ultrasónico de 29 kHz.
7. Durante 2014, las tecnologías desarrolladas en el Aula del Futuro, encontraron eco con instituciones externas a la UNAM, fundamentalmente con el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa, la Oficina de Estrategia Digital de la Presidencia de la

República, la escuela Christel House. Asimismo, el proyecto fue seleccionado por Microsoft Educación, de entre más de mil propuestas de la región, para concursar en la final mundial.

## **2015**

Se trabajó en los siguientes desarrollos y prototipos:

1. Patín móvil para la elaboración de mezclas de biokeroseno parafínico sintetizado y turbosina, y para el aseguramiento de la calidad de la bioturbosina.
2. Sistema electromecánico para el seguimiento de la trayectoria solar.
3. Un simulador esofágico que reproduce perfiles de onda peristálticos similares a los modelos matemáticos reportados en la literatura y que, por la configuración del mecanismo, es capaz de reproducir algunos de los padecimientos como la disfagia.
4. *Microdrive* para el estudio de actividad neuronal en ratas.
5. Desarrollo de helióstatos, canales parabólicos y un concentrador tipo Fresnel.
6. Metodología de restauración para dos campanas a solicitud de CONACULTA, empleando herramientas de digitalización 3D y manufactura aditiva.

Adicionalmente, durante 2015 se recibieron las solicitudes de fabricación de 2 multinucleadores para la recolección de muestras en el fondo marino: uno constituido por 8 tubos (es decir para la toma simultánea de 8 muestras) por parte del CICESE, y otro de 12 tubos por parte del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

## **2016**

Se tuvieron avances o se concluyeron los siguientes prototipos y desarrollos:

1. El desarrollo de un dispositivo y método para preparar una composición fluida para nutrición enteral completa o suplementaria.
2. Se concluyó un generador de pulsos de alto voltaje con aplicaciones en salud.
3. Se concluyó y entregó un nucleador múltiple de 8 tubos diseñado y construido para el CICESE.
4. Se concluyó un sistema de control de movimiento de 3 motores de DC.
5. Se desarrollaron varios prototipos relacionados con aplicaciones educativas, como un equipo didáctico para la enseñanza de la ciencia y la tecnología a nivel preescolar (módulo

sonido), uno más relacionado con los elementos químicos y uno adicional relacionado con un sistema de mezclado.

6. Se logró la transferencia del Aula del Futuro al Instituto Lux y se comenzó la negociación con otras instituciones interesadas para concretar nuevas transferencias.

7. Se entregó a la empresa INRA S. C. el sistema para monitoreo de pautas comerciales en Radio SIMRAD desarrollado en el CCADET.

## **2017**

Durante 2017 se trabajó en los siguientes proyectos de desarrollo y prototipos:

1. Se entregaron dos multinucleadores para obtención de muestras de sedimento marino blando, uno al Instituto Mexicano del Petróleo y otro al ICMYL-UNAM.

2. Se transfirió un proceso de manufactura para producir moldes para craneoplastía desarrollados en equipos de prototipado rápido, en colaboración con el Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga", a la empresa Partes e Implantes Avanzados S. A. de C. V.

3. Se solicitaron patentes en México para a) Aparato, Método y Sistema Portátil para Medir la Topografía Corneal, b) un sistema modificado para la medición del coeficiente de aislamiento acústico de incidencia normal en un tubo de transmisión modificado, c) un aparato y sistema de transmisión mecánica de movimiento angular de precisión sin juego.

4. Se iniciaron los trámites para transferir al Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga" un desarrollo llamado HepaScan, que es útil en la detección de fibrosis en el hígado.

5. Se diseñó y entregó una lente para aumentar el campo de vista utilizada en el desarrollo de una queratoprótesis para cirugía vitreoretiniana en pacientes con cornea dañada.

6. Se diseñó un sistema electrónico inalámbrico para la presentación de imágenes mediante el uso de pantallas OLED.

7. Se transfirió el Aula del Futuro a instituciones como la Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal, escuelas primarias, la BUAP y la Universidad de Guadalajara.

8. Se desarrolló un modelo didáctico de telescopio para educación básica, el cual fue transferido.

9. Se trabajó en el desarrollo un sistema Informático web para la Gestión de Auditorías Internas y Verificaciones en Estaciones de Combustibles de Aeropuertos y Servicios

Auxiliares (SIGAV) y una aplicación Móvil (APP) para integrar Auditorias y Verificaciones en modo OFFLine al Sistema Informático Web (SIGAV) en colaboración con ASA.

## Docencia y Formación de Recursos Humanos

En el CCADET una gran mayoría de los académicos, tanto investigadores como técnicos académicos, están claramente comprometidos con labores de docencia y formación de recursos humanos, ya sea impartiendo clases frente a grupo, dirigiendo tesis de grado y posgrado, participando en comités tutorales y jurados, atendiendo prácticas profesionales y servicios sociales, brindando asesorías, participando en la creación y actualización de planes de estudio y en la elaboración y aplicación de exámenes de admisión, entre otras actividades.

En promedio, en el periodo se han impartido anualmente 80 cursos de licenciatura, 90 cursos de posgrado y 25 cursos de capacitación y actualización, cubriendo los niveles de bachillerato licenciatura y posgrado. En la Figura 10 se muestra la evolución del número de cursos formales frente a grupo impartidos por académicos del CCADET en los últimos años. Como puede observarse durante 2016 se impartió la mayor cantidad de cursos curriculares frente a grupo en la historia del Centro. La mayor parte de los cursos a nivel licenciatura se impartieron en las facultades de Ciencias, Química e Ingeniería, así como en las facultades de Contaduría y Administración, Arquitectura, Medicina y Filosofía y Letras, en menor proporción. Si bien las cifras referentes a 2017 aún no son certeras debido a que hay varios cursos que se están impartiendo actualmente, o están por impartirse hasta octubre de 2017, los académicos del CCADET reportaron su participación en cerca de 190 cursos en lo que va del año, cifra que probablemente sea aún mayor al concluir el año. Con las cifras que muestra la Figura 10, se puede observar que, en el periodo 2014-2017, los académicos del CCADET han impartido más de 830 cursos frente a grupo, 307 a nivel licenciatura, 362 a nivel posgrado, 162 cursos de capacitación y un número reducido de cursos a nivel bachillerato. Lo anterior arroja un promedio superior a 200 cursos impartidos anualmente, lo que refleja el gran compromiso de la comunidad académica del CCADET con labores de docencia.

El CCADET es entidad participante de los programas de posgrado en Ingeniería, Ciencia e Ingeniería de Materiales, Física, Ciencia e Ingeniería de la Computación y Música. Además, algunos académicos del CCADET participan en otros programas de posgrado como es el caso de Ciencias Químicas, Pedagogía y Ciencias Médicas, Odontológicas y de la Salud y la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior. Así, la formación de recursos humanos en el periodo se refleja en la conclusión de 117 tesis de licenciatura, 120 tesis de

maestría y 51 tesis de doctorado (Figura 4). Como se mencionó líneas arriba, en el periodo 2014-2014 se observó un incremento en el número de tesis concluidas por año en todos los niveles, pero principalmente en las tesis de doctorado, en las que se observó un incremento en el promedio anual de tesis concluidas, que pasó de menos de 8 tesis de doctorado/año en el periodo 2010 a 2013 a uno de 13 tesis de doctorado/año concluidas en este periodo.



Figura 10. Cursos impartidos por académicos del CCADET de 2007 a 2017.

\*El número de cursos de 2017 es parcial, ya que los datos que se presentan corresponden a inicios de octubre de 2017

### Proyección y Vinculación del CCADET

Durante todo el periodo, el CCADET continuó impulsando el funcionamiento y proyección del Laboratorio Universitario de Nanotecnología Ambiental (LUNA), el Laboratorio Universitario de Caracterización Espectroscópica (LUCE), el Laboratorio Universitario de Fabricación de Equipos Ópticos (LUFABEO) y el Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía Computarizada (MADiT), los cuales dan servicio a toda la comunidad académica de la UNAM o de otras instituciones del país que así lo requieren.

Además, se impulsó la vinculación del CCADET con otras entidades y dependencias universitarias, con otras universidades y centros de investigación, con hospitales, con dependencias de los gobiernos federal y estatales, con instituciones u organismos internacionales o extranjeros, así como con empresas.

A continuación, se hace un recuento anual de los convenios de colaboración que se firmaron con diferentes instituciones tanto en México como en el extranjero.

En el año 2014 se firmaron 14 convenios generales de colaboración, 5 bases de colaboración interinstitucionales, un contrato de servicios, una carta de intención y un convenio de transferencia de tecnología. Entre los convenios de colaboración más importantes se pueden mencionar los siguientes: con la empresa DDD S.A de C. V., para el diseño y análisis de cintas de guía de onda óptica; con la empresa Comex Industrial Coatings S.A de C. V., para el desarrollo vanguardista de recubrimientos anticorrosivos de alto desempeño, basados en materiales avanzados; con la empresa DEMAQ S. A. de C. V., para dar asesoría para diseñar y construir un sistema de luz estructurada, para la medición de objetos tridimensionales; con la Secretaría de Educación de Guerrero para la implementación, prueba piloto, seguimiento y capacitación de las colecciones: *Cuaderno del alumno y Guía-cuaderno del docente de ciencias, tecnologías y narrativas de las culturas indígenas y migrantes*; con la Universidad de Guadalajara, con el objeto de desarrollar un simulador para realizar ejercicios de proyección de implantación de sistemas educativos a distancia o mixtos; con el Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Guerrero (CIDEG), para establecer las bases para el desarrollo de investigaciones conjuntas, intercambio académico en áreas de su mutuo interés; y con la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno del Estado de Morelos se firmaron 3 convenios para la impartición del Diplomado en Gestión de la Vinculación de las Instituciones de Educación Superior con el Sector Productivo y para la impartición de dos cursos: el Curso-Taller de Políticas de Innovación y Gestión de Programas de Apoyo a la Innovación y el Curso-Taller sobre Gestión de la Calidad y Certificación de Empresas de Base Tecnológica en el Estado de Morelos, Conforme a la Norma ISO9001. Además, se firmó un convenio de transferencia de tecnología con la empresa Quenámica S. A. de C. V., para licenciar los derechos para explotar los materiales didácticos para la "Enseñanza de las Ciencias en Jardines de Niños", desarrolladas por el Grupo de Cognición y Didáctica de las Ciencias del CCADET y un contrato para la co-edición del libro *Las tecnologías digitales en la enseñanza experimental de las ciencias: fundamentos cognitivos*, con la empresa LITO GRAPO, S. A. DE C. V., además de que se firmó un acuerdo de servicios tecnológicos con una consultoría, para el desarrollo del proyecto "Centros México Conectado: Modelo Educativo", cuyo usuario final fue la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Asimismo, se firmaron bases de colaboración interinstitucional con la Coordinación de la Investigación Científica para la organización, gestión e impartición del Curso-Taller denominado Gestión de la Calidad y Certificación de Empresas de Base Tecnológica del Estado de Morelos Conforme a la Norma ISO 9001; con el Instituto de Ingeniería para establecer los acuerdos y procedimientos necesarios para la incorporación del Instituto de

Ingeniería como usuario asociado de las máquinas para manufactura aditiva o impresión 3D con las que contaba el Laboratorio Universitario de Ingeniería, Diseño y Manufactura Avanzada (LUIDIMA) del CCADET; con la Coordinación de Innovación y Desarrollo para la valuación de veinte tecnologías universitarias; con el Instituto de Investigaciones Sociales para desarrollar el proyecto "Conceptos fundamentales de las ciencias de la complejidad y de las tecnociencias: las nuevas ciencias y técnicas del siglo XXI"; y con el Instituto de Biotecnología para realizar investigación científica y tecnológica en el área de la bioinformática y la genómica.

En octubre de 2015 se firmó un convenio de colaboración para el establecimiento de una Unidad de Investigación y Desarrollo (UIDT) del CCADET en el Hospital General "Dr. Manuel Gea González", con el objetivo de llevar a cabo el desarrollo de proyectos conjuntos de investigación, formación de recursos humanos, intercambio de personal académico, intercambio de información científica y técnica, así como intercambio de servicios rutinarios y asistencia técnica, para profundizar en el conocimiento de soluciones a problemas de salud que enfrenta el Hospital. Actualmente se encuentran en desarrollo varios proyectos que se describen líneas arriba, además de que hay interés por parte del Hospital en definir proyectos en otras áreas de especialidad de grupos académicos del CCADET. Convenio de Prestación de Servicios Tecnológicos con el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, (CICESE), para llevar a cabo el desarrollo de un nucleador múltiple para lecho marino blando y un convenio de colaboración con los Servicios de Educación Pública Descentralizada del Estado de Sinaloa (SEPDES), para desarrollar 16 video-sesiones de capacitación correspondientes a los temas de seres vivos y astronomía de las Unidades Didácticas para la Dirección General de Educación Indígena (DGEI) de la SEP. También se firmó un convenio de colaboración entre el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría, de La Habana Cuba (CUJAE), para la realización conjunta de actividades académicas relacionadas con la formación de recursos humanos en los niveles de licenciatura y posgrado, el desarrollo conjunto de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, así como de acciones de intercambio académico y de movilidad estudiantil; se continuó además con la colaboración previamente establecida con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; y se continuaron las colaboraciones científicas y convenios previamente establecidos, con diferente grado de formalidad, con alrededor de 20 instituciones y universidades de Norteamérica, Latinoamérica, Europa y Oceanía.

Además se firmaron bases de colaboración con la Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia (CUAED) para el desarrollo de 4 evaluaciones de usabilidad para el proyecto "Espacio digital para el aprendizaje autónomo MetaSpace"; con la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC) para el desarrollo del proyecto "Recopilación y

análisis de información científica a través del portal Temas de Ciencia Contemporánea"; con el Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas (IIMAS) para establecer la forma de la participación del IIMAS en la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico del CCADET en el Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga"; con el Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB) para llevar a cabo el proyecto "Determinación del efecto del proceso de extracción sin solventes del mucilago del cactus *Opuntia ficus-indica* de la zona de Milpa Alta (nopal) en las características fisicoquímicas y reológicas de polvos de mucilago resuspendidos"; con la Facultad de Psicología (FP) para llevar a cabo el proyecto: "Desarrollo de equipo para la adquisición, procesamiento y análisis de señales electroencefalográficas para la enseñanza e investigación en psicobiología"; con la Coordinación de Innovación y Desarrollo (CID) para llevar a cabo la asesoría al personal de la Dirección General de Vinculación, mediante un taller, para la valuación de 3 casos de tecnologías y/o de resultados de investigación generados por la UNAM.

Durante ese mismo año se continuaron colaboraciones previamente establecidas con empresas como es el caso de INRA (para el desarrollo de un sistema inteligente para el monitoreo de anuncios, pautas de publicidad o segmentos de audio específico, transmitidos a través de radio, vía Internet) y la empresa Pirámide Estructural del Golfo, S. A. de C. V., además de que se iniciaron otras con empresas como CCHG LABS S.A. DE C.V. (para la transferencia del topógrafo corneal portátil –TOCO-), la empresa Panel-Rey S.A. de C.V. (para la medición de absorción y aislamiento acústico en paneles para construcción) y con General Motors, en su planta de Toluca (para el estudio de ruido en la nave industrial de *monoblocks*).

Durante 2016 se firmaron convenios de colaboración con las siguientes instituciones u organizaciones: 1) Instituto Lux A.C., para el desarrollo de un escritorio colaborativo; 2) la Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal, para el desarrollo de 2 espacios interactivos para el trabajo colaborativo; 3) la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, para el desarrollo de 3 espacios interactivos colaborativos; 4) un convenio con la empresa Servicios Especializados en Administración y Calidad, S. de R. L. de C. V., para la impartición de un curso-taller titulado "Sistema de Gestión de la Calidad ISO 15189:2012 (Administración Gerencial)"; 5) con el Instituto Nacional de Perinatología y con la Universidad Autónoma Metropolitana, para el desarrollo del proyecto "Sistema experto para apoyo en la evaluación, clasificación y asignación de riesgo en fetos con alteraciones en el crecimiento", financiado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México; 6) con el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, para la consolidación del Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía Computarizada-MADiT; 7) entre la Facultad de Ingeniería y el CCADET de la UNAM con la Universidad Autónoma de Campeche, para la ejecución del proyecto "Uso

eficiente de energía y aprovechamiento de fuentes renovables en las PYMES del sector turismo"; 9) un contrato de donación de un giroscopio al CCADET por parte del Centro de Investigaciones en Óptica; 10) un contrato de distribución de publicaciones celebrado con la empresa LITO GRAPO S. A. de C. V. para establecer las condiciones a las que se sujetarán las partes para la distribución y venta de la obra denominada: "Las tecnologías digitales en la enseñanza experimental de la ciencia, fundamentos cognitivos y procesos". Asimismo, un académico del Centro realizó un peritaje de autenticidad de 24 fotografías, a solicitud de la Comisión Nacional de Derechos Humanos, además de que se continuó desarrollando los convenios que se habían signado en años previos y que continuaban vigentes.

Adicionalmente, durante 2016 se firmaron bases de colaboración institucional con 1) el Instituto de Investigaciones Biomédicas para realizar el proyecto "Proceso de extracción sin solventes del mucílago del cactus *Opuntia Ficus-indica*, de la zona de Milpa Alta, y obtención de polvos para su caracterización fisicoquímica y reológica, así como su aplicación como agente dispersante en la formulación de suplementos proteicos para pacientes con obesidad sometidos a cirugía bariátrica"; 2) la Facultad de Ingeniería para llevar a cabo el proyecto: "Sistema experto para apoyo en la evaluación, clasificación y asignación de riesgo en fetos con alteraciones en el crecimiento"; 3) el Instituto de Ingeniería para establecer los acuerdos y procedimientos necesarios para renovar la participación del Instituto de Ingeniería como usuario asociado de las máquinas para manufactura aditiva o impresión 3D con las que cuenta el MADiT; 4) la Escuela Nacional del Colegio de Ciencias y Humanidades, para impulsar la formación de profesores y fomentar el interés de los alumnos del colegio hacia el estudio de la física, a través de diversas actividades de docencia e investigación en el trabajo experimental y el uso de recursos didácticos tecnológicos para el aprendizaje; 5) la Facultad de Artes y Diseño, para llevar a cabo colaboración interdisciplinaria en áreas de arte y ciencia y tecnología para el desarrollo de proyectos conjuntos académicos y tecnológicos, así como promover la realización de actividades académicas, científicas y culturales en áreas de interés común; 6) el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, para la transferencia tecnológica del nucleador múltiple de lecho marino blando desarrollado por el CCADET. Además, durante 2016 se firmaron 2 convenios modificatorios y 1 convenio de confidencialidad.

Cabe destacar que durante 2016, en colaboración con el Hospital General "Dr. Manuel Gea González", la Dra. María Soledad Córdova Aguilar, académica del grupo de Ingeniería de Proceso del CCADET, sometió el proyecto "Desarrollo de suplementos nutritivos para pacientes obesos sometidos a cirugía bariátrica" a la convocatoria de Cátedras CONACyT, el cual fue aprobado. A consecuencia de lo anterior, se logró la contratación de la Dra. Isadora Martínez Arellano, quien trabaja en la Unidad de Investigación y Desarrollo

Tecnológico del CCADET en dicho hospital y juega un papel muy importante en la colaboración que mantiene la Dra. Córdova con personal del mismo.

Durante 2017 se firmaron varios convenios entre los que destacan: 1) un convenio de colaboración entre el CCADET y el Instituto Hidalguense de la Educación de la SEP con el objeto de llevar a cabo el proyecto "Desarrollo de Laboratorios y actividades de aprendizaje para las áreas de óptica, colores y sombras, seres vivos y astronomía, para escuelas de educación indígena del Estado de Hidalgo"; 2) un convenio específico de colaboración con la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México, con el objeto de elaborar el estudio diagnóstico de empleabilidad de los egresados de las carreras impartidas en las instituciones de educación superior de control estatal; 3) un convenio específico de colaboración con el Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, para formular, organizar y ejecutar el diplomado en programas y proyectos de investigación; 4) un convenio de colaboración académica firmado con la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), el cual tiene por objeto la colaboración entre las partes para el diseño, implementación y funcionamiento de 3 espacios interactivos-colaborativos; 5) Un convenio específico de colaboración celebrado entre la Universidad de Guadalajara y el CCADET, para la evaluación de la implementación de la Red de Laboratorios "Fabricación Digital del Sistema de Educación Media Superior de la Universidad de Guadalajara"; 6) Un convenio de colaboración firmado entre la Universidad Nacional San Martín, en Tarapoto, Perú, y el CCADET-UNAM, con el objeto de llevar a cabo la realización conjunta de actividades académicas relacionadas con la formación de recursos humanos en los niveles de licenciatura y posgrado, el desarrollo conjunto de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, así como con acciones de intercambio académico y de movilidad estudiantil; 7) Un convenio de colaboración firmado entre la Universidad del Oriente, Santiago Cuba y el CCADET-UNAM, el cual tiene por objeto la realización conjunta de actividades de formación de recursos humanos en el área de posgrado y licenciaturas en informática y computación, a través de la impartición de cursos curriculares y no curriculares, cursos de capacitación, así como acciones de intercambio académico y de movilidad estudiantil y desarrollo de proyectos conjuntos. Además, se firmaron 2 convenios modificatorios y 5 bases de colaboración interinstitucionales con las siguientes dependencias: 1) Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH) y con el Centro de Nano Ciencia y Nano Tecnología (CNYN), para la coedición impresa y electrónica de Mundo Nano, Revista Interdisciplinaria de Nanociencias y Nanotecnología; 2) Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB), con el fin de realizar el proyecto: "Proceso de extracción sin solventes del mucílago del cactus *Opuntia Ficus-indica*, de la zona de Milpa Alta, y obtención de polvos para su caracterización fisicoquímica y reológica, así como su aplicación como agente dispersante en alimentos"; 3) Facultad de Artes y Diseño de la UNAM para desarrollar una colaboración interdisciplinaria en áreas de

arte y ciencia y tecnología, para el desarrollo de proyectos conjuntos académicos y tecnológicos, así como promover la realización de actividades académicas, científicas y culturales en áreas de interés común; 4) Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, con el objeto de desarrollar un nucleador múltiple de lecho marino blando; y 5) Instituto de Biotecnología (IBT), para formalizar la colaboración entre las partes con el fin de realizar investigación científica y tecnológica en el área de bioinformática y genómica, además de que se continuó desarrollando los convenios que se habían signado en años previos y que continúan vigentes.

Asimismo, se firmó un convenio de transferencia tecnológica con la empresa Partes e Implantes Avanzados S. A de C. V., para el licenciamiento de uso exclusivo del desarrollo tecnológico denominado "Proceso de manufactura de implantes craneofaciales de polimetil metacrilato (PMMA) empleando técnicas de manufactura aditiva". Además, actualmente se tienen en proceso de revisión o de firma unas bases de colaboración con la FES Zaragoza para el desarrollo del diplomado "Enseñanza activa en el Aula del Futuro", un convenio de transferencia de tecnología con el Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga" y un convenio específico de colaboración con Esquipulas A.C. para desarrollar programas de investigación científica en conformación del Grupo de Estudio Epidemiológico de Enfermedades Músculo-Articulares (GEEMA) y el Grupo Latinoamericano de Estudio de Enfermedades Reumáticas en Pueblos Originarios (GLADERPO).

### **Relaciones con el Exterior**

En lo que se refiere a las relaciones con el exterior, durante en el periodo se recibieron más de 100 profesores visitantes tanto nacionales como extranjeros. Los profesores extranjeros provinieron de universidades y centros de investigación principalmente de Estados Unidos de América, Canadá, Francia, España, Italia, Inglaterra, Nueva Zelanda, China, Japón, Colombia, Argentina, Bolivia y Perú; mientras que los académicos del CCADET realizaron más de 88 estancias de investigación, 48 de las cuales fueron en el extranjero, principalmente en Estados Unidos de América, en países de Europa (Francia, España e Italia), Latinoamérica (Argentina, Colombia y Perú), Asia y Oceanía, y las restantes, en instituciones de educación superior de México. Adicionalmente se firmaron varios convenios de colaboración con instituciones extranjeras, principalmente instituciones latinoamericanas, tal como se describe en la sección anterior.

## Actividades de Difusión y Divulgación

Como lo ha venido haciendo desde su creación, el Centro continuó editando el Journal of Applied Research and Technology (JART), revista indizada en Scopus. Asimismo, el CCADET participó en la edición de Mundo Nano, Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología, a través del Consorcio NanoUNAM. Adicionalmente, varios académicos del CCADET colaboran como editores asociados en otras revistas tanto nacionales como internacionales.

Asimismo, los académicos del CCADET son muy activos en la organización de eventos académicos; entre cuya organización total o parcial han participado se pueden mencionar:

Durante 2014, el Congreso de la Sociedad Mexicana de Instrumentación (SOMI XIX), el International Multidisciplinary Joint Meeting 2014, el 3rd Latin-American Congress on Photocatalysis, el V Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud, el EMN (Energy, Materials, Nanotechnology) Summer 2014, el 2nd International Conference on Design and PROCesses for MEDical Devices y el MEXCAS 2014 -XV Simposio Mexicano de Computación y Robótica en Medicina.

Durante 2015, el Congreso de la Sociedad Mexicana de Instrumentación (SOMI XXX), 5th International Symposium on Experimental Mechanics, el Congreso Nacional de Física, el Primer Congreso Internacional "Luz, ciencia y arte", el Curso-taller "Didáctica de la química: Contexto y modelo", el VI Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud, el EMN Summer Meeting 2015, la Primera Semana de la Complejidad, el 1er Taller y Simposio de COMSOL Multiphysics en la UNAM, el 18th International Conference on Photoacoustic and Photothermal Phenomena (18ICPPP).

Durante 2016, el 2do. Congreso Iberoamericano de Instrumentación y Ciencias Aplicadas, el III Congreso Multidisciplinario de Ciencias Aplicadas en Latinoamérica (COMCAPLA 2016), el Congreso internacional "EMN Summer Meeting 2016, Energy Materials Nanotechnology", el simposium Disordered Photonics, en el marco del International Conference on Metamaterials, el Photonic Crystals and Plasmonics, el XVII Encuentro Internacional Virtual Educa, el LIX Congreso Nacional de Física, el VII Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud, la Reunión Nacional de Manufactura Aditiva 2016, el MEXCAS 2016, y los curso-talleres de Ingeniería de Precisión, Metrología y Gestión de la Calidad; de Sistema de Gestión de la Calidad ISO 15189:2012; de Didáctica de la Química: Contexto y Modelo y de Desarrollo de Aplicaciones con Realidad Aumentada.

Durante 2017, en los siguientes eventos: International Optical Design Conference, The International Symposium on Olfaction and Electronic Nose (ISOEN), In-RED 2017 (Iniciativa de Red entre Perú y México), 42th International Conference on Infrared, Millimeter and

Terahertz Waves (IRMMW-THz), Latin American Workshop on Plasma Physics (LAWPP), International Conference on Artificial Neural Networks 2017, XVII Congreso Iberoamericano de Gestión Tecnológica, SOMI XXXII Congreso de Instrumentación, Congreso Nacional de Física, VIII Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud, Escuela de Óptica Ultrarrápida/Optics, Photonics and Upcoming Methods and Applications (UFO/OPUMA School) 2017, 25 edición del Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (25 CUIEET) y Reunión Nacional de Manufactura Aditiva 2017.

Asimismo, el Colegio del Personal Académico del CCADET organizó durante todo el periodo, coloquios semanales sobre temas de avanzada en ciencia y tecnología, presentados por expertos nacionales e internacionales.

Las actividades de la Coordinación de Difusión y Divulgación, que fue creada a principios de 2014, fueron amplias y muy exitosas, parte de estas actividades se resumen en uno de los logros que se presenta al principio de este documento (logro 11).

## Gestión Institucional

En el 2015 se revisó y actualizó el reglamento interno del CCADET. Las modificaciones realizadas al reglamento fueron principalmente para incorporar a la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga", al Laboratorio Nacional de Manufactura Avanzada, Digitalización 3D y Tomografía Computarizada (MADiT) y a los Laboratorios Universitarios a la estructura organizacional del Centro, así como definir de mejor manera las funciones de algunas coordinaciones y unidades del Centro. Adicionalmente, a solicitud de la Comisión de Reglamentos Internos del CTIC, se completó el artículo referente a la elección de representantes de los académicos ante el CTIC para incorporar el proceso de elección de los consejeros representantes de los técnicos académicos ante dicho Consejo. Asimismo, durante 2016 se discutió y analizó ampliamente la solicitud de transformación del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología con la comunidad académica del Centro, una vez que se llegó a un consenso, esta propuesta fue presentada al Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC) en diciembre de ese mismo año. Después de una revisión exhaustiva por parte del Coordinador de la Investigación Científica y de una comisión ad hoc que nombró el CTIC, la propuesta fue aprobada por unanimidad por el pleno del CTIC a principios de octubre de 2017 y actualmente se encuentra en análisis por parte del Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y las Ingenierías (CAACFMI).

## Plan de desarrollo planteado y los resultados obtenidos en el periodo

En el plan de desarrollo propuesto a principios de 2014, se plantearon 7 retos y para cada uno de esos retos se plantearon varias estrategias. A continuación, se presentan los retos y estrategias propuestas y se describen los resultados obtenidos.

**Reto 1. Realizar investigación, desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos de alta calidad en campos de instrumentación, micro y nanotecnologías, tecnologías de la información y educación en ciencia y tecnología, para contribuir a la generación de conocimiento de frontera y a la solución de problemas de interés nacional.**

**Las estrategias que se propusieron para afrontar este reto fueron:**

1. Promover la difusión nacional e internacional del conocimiento que se genera en el CCADET, utilizando los medios de mayor calidad e impacto posibles.
2. Promover que los artículos de investigación producidos por el personal académico del CCADET se publiquen en revistas indizadas en el SCI o en Scopus, concientizando sobre la importancia de que para publicar se elijan las revistas con el mayor factor de impacto del área a la que pertenezca el trabajo presentado.
3. Anteponer el criterio de calidad al criterio de cantidad en la generación de productos primarios y desarrollos tecnológicos.
4. Crear un fondo interno de becas para conclusión de estudios de doctorado. En este fondo los recursos económicos se entregarían una vez que el estudiante hubiera obtenido el grado y solo si esto ocurriera en el tiempo establecido. Tales becas serían un aliciente para que el estudiante se doctorase y se comprometiera además a hacerlo en un tiempo razonable. Dichos apoyos económicos se otorgarían por tiempos cortos (3 a 6 meses como máximo) a estudiantes que, habiendo agotado el plazo de beca que otorga el CONACyT o la UNAM, no hubieran obtenido el grado pero que estuvieran muy próximos a hacerlo. Este fondo se financiaría con ingresos extraordinarios y/o con el presupuesto interno del CCADET. Adicionalmente, es necesario fomentar la responsabilidad de los tutores y de los alumnos para que las tesis de posgrado sean concluidas en los tiempos previstos. Éste debería ser un punto a considerar en las evaluaciones anuales de los académicos.
5. Llevar a cabo de manera periódica procesos de evaluación de las actividades de los grupos académicos, secciones y departamentos del CCADET así como de la propia entidad

en su conjunto; con los resultados de dichas evaluaciones generar criterios de asignación prioritaria de recursos (plazas académicas, presupuesto, espacios), reorganización de grupos académicos, departamentos, entre otros.

6. Llevar a cabo en el Consejo Interno un proceso de discusión y análisis sobre la manera en que se asigna el presupuesto interno y evaluar la posibilidad de asignarlo con base en la obtención de resultados y no solo en función de la categoría y el nivel de los académicos.

7. Fortalecer el Comité Editorial del CCADET con el objeto de organizar, fomentar y ordenar la actividad editorial del Centro.

8. Agilizar los trámites administrativos de tal forma que coadyuven y sean un motor para la creación del conocimiento y el desarrollo de productos tecnológicos, en lugar de ser un freno para los mismos. Para ello se promoverá, en la medida que lo permita la normatividad universitaria, la agilización de los trámites en el proceso de compras, la actualización constante del sitio web SIAF del CCADET, la eficiencia de los trámites administrativos y la gestión de proyectos y, en general, que la administración apoye de manera eficiente y ágil a los académicos, de tal manera que coadyuve en el cumplimiento de los retos que aquí se plantean.

9. Crear un sitio web para la gestión de los servicios que presta la Secretaría Técnica, de tal forma que se dé seguimiento oportuno y sistemático a las solicitudes de reparación, conservación y mantenimiento que formule el personal académico y administrativo del Centro.

### **Resultados obtenidos**

1. Como se menciona líneas arriba, y como se muestra en las Figuras 1, 2 y 3, se logró un aumento en el número de artículos publicados el SCI y Scopus, en el factor de impacto promedio de las revistas en las que se publicaron los artículos del Centro y en el número de citas recibidas anualmente, lo que refleja el compromiso que asumió la comunidad de utilizar los medios de mayor calidad e impacto posibles, tratando de elevar la calidad de los productos primarios generados.

2. En el año 2014 se creó un fondo interno de becas para promover que los alumnos de doctorado adscritos al CCADET obtuvieran el grado así como la incorporación de tesis de licenciatura al CCADET. En el mismo año 2014, la Coordinación de Estudios de Posgrado de la UNAM creó un programa muy similar al que se había implementado en el CCADET

para promover la graduación de estudiantes de maestría y doctorado. Dado que el programa que se creó en el CCADET resultaba redundante con el de la CEP, los recursos del fondo de becas del CCADET se redirigieron a partir del segundo semestre de 2014 al apoyo a tesis de licenciatura. Este programa se ha mantenido hasta la fecha y se han otorgado en promedio de 23 becas de licenciatura anualmente, con duración de 6 meses cada una.

3. Al interior del Consejo Interno se llevaron a cabo varios procesos de evaluación tanto de académicos, grupos de trabajo, como de departamentos. Con base en el desempeño de estos grupos y del plan de desarrollo, se asignaron las plazas que se fueron liberando o las plazas de nueva creación. Cada año se realizó un proceso de análisis y priorización de las necesidades de plazas, tanto en la categoría de investigador como en la de técnico académico, que tuvo una vigencia anual, de tal forma que hubiera certeza en la manera en que se asignaron las plazas que eventualmente se tuvieran disponibles.

4. En cuanto a la distribución del presupuesto anual, se realizó un amplio proceso de análisis y discusión en el Consejo Interno y se decidió repartir el presupuesto interno que se asigna a los académicos, grupos de trabajo y departamentos con base en el siguiente criterio: 50% del presupuesto se asigna con base en la categoría y en nivel de los académicos y el otro 50 % se asigna con base en el nivel del PRIDE de los mismos. De esta forma se consideran tanto los diferentes niveles de responsabilidad de los académicos como su productividad.

5. Se fortaleció al Comité Editorial del CCADET mediante la creación de un sistema electrónico de envío, evaluación y gestión de los trabajos que recibe el Comité, mejorando de esta forma la recepción, evaluación de los diferentes documentos que se someten (informes técnicos, libros, manuales y notas de curso) y la comunicación con los académicos, lo que ha resultado en un medio más eficiente, transparente y que cuenta con la confianza de los académicos y las autoridades del Centro.

6. En el área administrativa se trató de agilizar los diferentes trámites que se realizan en la dependencia. La parte más crítica fue el Departamento de Adquisiciones, al que se hizo un seguimiento permanente para tratar de agilizar las diferentes compras que se realizan en la dependencia, si bien hubo avances en los tiempos de respuesta y en la implementación del Sistema Institucional de Compras (SIC), para el que el CCADET fue seleccionado como entidad piloto, y se realizaron actualizaciones diarias del SIAF espejo al que tienen acceso los académicos, sigue habiendo retos para mejorar el proceso de adquisiciones en el Centro.

7. Tal como se propuso se creó un sitio web para la gestión de los servicios que presta la Secretaría Técnica, de tal forma que dicha secretaría puede dar un seguimiento oportuno y

sistemático a las solicitudes de reparación, conservación y mantenimiento que formula el personal del Centro.

**Reto 2. Promover el trabajo interdisciplinario e integrador de la investigación y el desarrollo tecnológico, orientados a la solución de problemas nacionales y/o locales.**

Las estrategias que se propusieron para afrontar este reto fueron:

1. Promover el trabajo colaborativo entre grupos de investigadores y tecnólogos tanto dentro como fuera del CCADET. Los temas científicos y tecnológicos que se abordan en el CCADET son tan amplios que necesariamente requieren del trabajo de diferentes áreas del conocimiento. Para ello es necesario promover la integración de los académicos en torno a proyectos interdisciplinarios para resolver problemas nacionales o regionales, o en torno al trabajo de los Laboratorios Universitarios. El trabajo colaborativo deberá crear sinergias entre los diferentes grupos de trabajo participantes, de tal manera que se logre avanzar más rápidamente en el planteamiento de soluciones a los problemas planteados en los proyectos que en el Centro se realizan.
2. Promover ante los órganos colegiados de la UNAM (CTIC, CAAFMI) dependencias de la Administración Central (Coordinación de Planeación, Presupuestación y Evaluación, DGAPA, CIC) y ante el SNI, la valoración de los desarrollos tecnológicos y el hecho de que un desarrollo tecnológico en uso debería de equivaler a un buen número de productos sólidos (por ejemplo, artículos).
3. Promover la participación de los académicos del CCADET en convocatorias de la UNAM, fondos de organismos gubernamentales, como CONACyT u otros organismos nacionales e internacionales. Asimismo, se buscará la vinculación con diversos sectores gubernamentales, sociales e industriales. Las propuestas que se presenten en las convocatorias o sectores arriba mencionados deberían preferentemente promover el trabajo interdisciplinario y orientado a la solución de problemas.

**Resultados obtenidos**

1. Se observó una integración cada vez más importante entre investigadores y tecnólogos en el Centro, lo que se vio reflejado en el desarrollo de nuevos proyectos para atender los problemas nacionales en nuestros ámbitos de interés, principalmente los relacionados con aplicaciones en salud, energía, medio ambiente y educación, resultando en varias transferencias tecnológicas exitosas en el periodo, entre las que se pueden destacar la transferencia del proceso de implantes craneofaciales, la transferencia del Aula del Futuro a

varias instituciones mexicanas y extranjeras, la transferencia de materiales didácticos, la transferencia de dispositivos médicos, así como la obtención de un número importante de proyectos financiados de corte científico-tecnológico.

2. Se promovió entre los órganos colegiados, principalmente en el Consejo Interno, la Comisión Dictaminadora y el CTIC la valoración de los desarrollos tecnológicos. Tanto en la UNAM como en el SNI cada vez se promueve más el que los académicos se involucren en actividades de desarrollo tecnológico y se continúa con el esfuerzo de buscar estrategias para valorarlos de mejor manera. En la CIC se formaron un par de comisiones ad hoc tanto para la evaluación de los académicos como para explorar las capacidades del Subsistema de la Investigación Científica y entidades afines, para generar innovación y desarrollos tecnológicos. En ambas comisiones participan académicos del CCADET con el objetivo de lograr una adecuada evaluación y valoración de los desarrollos tecnológicos y de los procesos de innovación.

3. Los académicos del CCADET participaron ampliamente en las diferentes convocatorias emitidas por el CONACyT, la UNAM y otros sectores, con lo que se logró incrementar el número de proyectos financiados y los montos de financiamiento obtenidos en los mismos (Figuras 7 y 8). Asimismo, se promovió la vinculación con hospitales, principalmente con el Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga" y con el Hospital General "Manuel Gea González"; con secretarías de estado, tal como la SEP, para promover la solución de problemas de los sectores público y social del país; así como con el sector privado. Los problemas que se tratan de resolver en este tipo de proyectos son tan complejos que necesariamente se requiere de la confluencia de varias áreas y disciplinas del conocimiento, lo que promueve el trabajo interdisciplinario.

### **Reto 3. Promover la colaboración con pares a nivel nacional e internacional mediante el establecimiento de un programa de colaboración académica con entidades afines, con el fin de realizar investigación aplicada y desarrollo tecnológico.**

Las estrategias que se propusieron para afrontar este reto fueron:

1. Promover ampliamente la colaboración con otras dependencias de la UNAM, del país y del extranjero. Promover el contacto con los mejores especialistas a nivel nacional e internacional para potenciar el trabajo que se realiza en el CCADET. Promover que los académicos, cuando asistan a eventos académicos (congresos, coloquios, talleres, por citar algunos) cultiven relaciones académicas con otros investigadores o tecnólogos.

2. Promover la participación de los académicos del CCADET en convocatorias de intercambio bilateral o multilateral, como las que apoya el CONACyT, la UNAM (a través de la CIC o la Dirección General de Cooperación e Internacionalización) y los diferentes organismos nacionales e internacionales que apoyan este tipo de esfuerzos.

### **Resultados obtenidos**

Como se menciona en la sección de "Proyección y Vinculación del CCADET", durante esta gestión se impulsó la vinculación del CCADET con otras entidades y dependencias universitarias, con otras universidades y centros de investigación, con hospitales, con dependencias de los gobiernos federal y estatales, con instituciones u organismos extranjeros, así como con empresas. Ello se vio reflejado en la firma de decenas de convenios de colaboración, bases de colaboración interinstitucionales, entre otros instrumentos, lo que refleja la amplia colaboración que se tuvo y se sigue teniendo con diferentes dependencias de la Universidad, con otras universidades en México y en el extranjero y con los sectores público y privado del país. Además, existió un amplio intercambio académico, ya sea a través de profesores visitantes tanto nacionales como extranjeros en el CCADET, como a través de estancias de investigación que realizaron los académicos del CCADET en centros, institutos o universidades tanto nacionales como extranjeras.

### **Reto 4. Captar investigadores jóvenes para renovar la planta académica del Centro y mantenernos a la vanguardia en los temas de investigación y desarrollo tecnológico que son de interés del CCADET.**

Las estrategias que se propusieron para afrontar este reto fueron:

1. Promover la creación de nuevas plazas de investigadores y técnicos académicos que refuercen preferentemente la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico del CCADET en el Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga" y los Laboratorios Universitarios.
2. Incrementar la incorporación al CCADET de investigadores posdoctorales, haciendo uso de las convocatorias que existen en la actualidad como los programa de becas posdoctorales de la UNAM, del CONACyT, entre otras.

3. Participar en convocatorias como la de Cátedras CONACyT para jóvenes Investigadores y otras que eventualmente pudieran coadyuvar a la incorporación de jóvenes investigadores.
4. Facilitar la incorporación de los académicos que cumplan con los requisitos, y que libremente lo decidan, a acogerse al programa de retiro voluntario por jubilación del personal académico de la UNAM.
5. Promover la creación de nuevos espacios de trabajo para dar cabida a los nuevos investigadores que se contraten. Entre los proyectos que se impulsarán se encuentra la construcción de un auditorio conjunto entre el CCADET, la DGTIC y la CUAED. El espacio liberado por el auditorio actual sería aprovechado para crear salas para estudiantes, nuevos cubículos u otras áreas de trabajo.

### **Resultados obtenidos**

1. Durante el periodo se logró incorporar al CCADET a 9 Investigadores Asociados C, a 6 Técnicos Académicos, uno de ellos en la categoría de Titular A y 3 en la categoría de Asociado C y 4 Investigadores más por medio del programa de Cátedras CONACyT. De estos académicos, un investigador y un técnico académico se incorporaron a la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico del CCADET en el Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga", 2 catedráticos y un técnico académico al Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía Computarizada, un investigador y un técnico académico en el Laboratorio Universitario de Nanotecnología Ambiental, un investigador y un técnico académico en el Laboratorio Universitario de Fabricación de Equipos Ópticos y un técnico académico en el Laboratorio Universitario de Caracterización Espectroscópica. El resto de los académicos contratados se incorporaron a los diferentes departamentos del Centro.
2. La cantidad de becarios posdoctorales se duplicó pasando de 9 en 2013 a 19 en el 2017.
3. 4 académicos (3 técnicos académicos y un investigador) se jubilaron durante el periodo.
4. Se promovió ante la Dirección General de Obras y Conservación y ante la Secretaría Administrativa la construcción de un auditorio conjunto entre el CCADET, la DGTIC y la CUAED. Se cuenta con el proyecto arquitectónico y estructural completo, las 3 dependencias involucradas habíamos aportado los recursos que se nos habían sido solicitado (40% del costo de la obra); sin embargo, el proyecto hasta el momento no se ha concretado.

**Reto 5. Definir de manera más precisa las funciones y los perfiles profesionales de los académicos asociados al CCADET, para poder llevar a cabo de manera más certera los procesos de planeación y evaluación del Centro.**

Las estrategias que se propusieron para afrontar este reto fueron:

1. Llevar a cabo un proceso de auscultación entre los técnicos académicos adscritos al Centro para evaluar la posibilidad de que algunos de ellos cambien su estatus de técnico académico a investigador.
2. Definir de forma más específica los perfiles profesionales de los técnicos académicos adscritos al CCADET, de manera indicativa se podrían definir de 3 a 4 perfiles diferentes, los cuales podrían ser: técnico con vocación científica, tecnólogo, técnico de servicios, entre otros.
3. Evaluar la posibilidad de reorganizar algunos grupos de trabajo para lograr una mayor integración y coherencia entre los grupos que realicen actividades similares o complementarias.

### **Resultados Obtenidos**

1. 3 Técnicos Académicos definitivos del CCADET decidieron, con el apoyo de la Dirección y del Consejo Interno, cambiar su categoría a la de investigador, por lo que se usaron los recursos de las plazas que ocupaban para transformarlas de plazas de técnicos académicos a otras de investigador.
2. Se analizó y discutió ampliamente con la comunidad académica y al interior del Consejo Interno los perfiles profesionales de los técnicos académicos adscritos al CCADET y se llegó a la definición de 3 perfiles: técnico académico de apoyo general, técnico académico de apoyo a la investigación y tecnólogo. Esta definición ha sido adoptada recientemente por otras dependencias del SIC como el Instituto de Energías Renovables (IER) y en un futuro probablemente sea adoptada por el mismo subsistema, para definir de mejor manera los perfiles de los Técnicos Académicos que están adscritos al mismo.
3. Durante el periodo, al menos 3 grupos de trabajo se reorganizaron para hacer más coherente su labor académica y su inserción en su departamento y se crearon dos nuevos grupos de trabajo.

**Reto 6. Incrementar el posicionamiento del CCADET frente a otras dependencias de la Universidad, de otras universidades y del público en general, mediante la divulgación efectiva del conocimiento y los desarrollos tecnológicos generados en el Centro.**

Las estrategias que se propusieron para afrontar este reto fueron:

1. Crear una Unidad de Divulgación de las Actividades Científicas y Tecnológicas del CCADET con el fin de incrementar la proyección y visibilidad del CCADET hacia la Universidad, pero sobre todo fuera de ella. Esta unidad estaría encabezada por personal especializado en la divulgación científica y tecnológica, y su labor consistiría en coordinar los esfuerzos de los académicos del CCADET para divulgar y difundir a nivel de "todo público" las actividades científicas y tecnológicas que se desarrollan en el CCADET así como las capacidades y los servicios que pueden prestar los nuevos Laboratorios Universitarios.
2. Coordinar las actividades de esta nueva Unidad de Divulgación con la Coordinación de Vinculación para reorganizar los esfuerzos encaminados a la difusión del CCADET ante los sectores públicos y privados, con el fin de incrementar la creación de ingresos extraordinarios.
3. Reestructurar y actualizar constantemente el sitio web del CCADET para hacerlo más informativo y convertirlo en una plataforma de difusión y divulgación de las actividades que se realizan de manera cotidiana en el CCADET, de tal forma que coadyuve a incrementar la visibilidad del Centro ante los sectores universitarios y la sociedad en su conjunto.
4. Difundir en redes sociales las noticias, eventos y acciones científicas y tecnológicas relevantes que se lleven a cabo en el CCADET, con el fin de incrementar el posicionamiento del Centro ante los sectores mencionados líneas arriba.
5. Promover la participación de los académicos del CCADET en los diferentes espacios que tiene disponibles la UNAM en prensa, radio y televisión para dar a conocer los trabajos más relevantes del CCADET al público en general.

**Resultados Obtenidos**

Se creó la Coordinación de Difusión y Divulgación del CCADET, la que como se menciona en uno de los logros que se describen en este documento ha tenido una labor muy destacada en todas las actividades que se plantearon en este reto, coordinando sus actividades con la Coordinación de Vinculación, para promover la proyección del Centro; reestructurando y actualizando constantemente el sitio web del CCADET; teniendo una participación muy destacada en diferentes redes sociales lo que ha incrementado de

manera muy importante el número de seguidores en las mismas, promoviendo y facilitando la participación de los académicos en diferentes espacios en prensa, radio y televisión, entre muchas otras actividades, que han logrado posicionar de mejor manera al CCADET ante nuestros pares académicos y ante la sociedad.

### **Reto 7. Vincular al CCADET con los diferentes sectores de la sociedad y transferirles sus desarrollos tecnológicos para contribuir a la innovación tecnológica nacional.**

Las estrategias que se propusieron para afrontar este reto fueron:

1. Promover la vinculación interna en el CCADET a través de la promoción de proyectos interdisciplinarios que vayan desde la investigación hasta el desarrollo tecnológico y la innovación, de tal manera que se puedan generar ingresos extraordinarios y no depender solo del presupuesto universitario o del presupuesto gubernamental.
2. Fortalecer el patrimonio intelectual y las actividades de transferencia de conocimiento; para ello, es necesario estructurar un conjunto de actividades orientadas a la valorización de los resultados de investigación para identificar aquellos con potencial de transferencia a los sectores públicos y privados.
3. Sería deseable que en el corto plazo se contara con al menos un académico con base en el PUNTA del PIIT para lo que se estudiará la posibilidad de que dicha encomienda se cubriera de manera rotativa por miembros actuales del personal académico del Centro o, lo que sería más deseable, se solicitara ante las instancias pertinentes la creación de una plaza nueva para contar con un académico de tiempo completo que se encargara de la vinculación con las empresas e instituciones de educación superior del parque y de la región en general.
4. Nombrar un coordinador de la Unidad de Investigación y Desarrollo del CCADET en el Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga", con el fin de promover una mayor vinculación entre los académicos del CCADET y los médicos de ese hospital.

### **Resultados Obtenidos**

1. Se promovió y se logró de manera muy destacada la definición de proyectos interdisciplinarios que tienen como objetivo atender los problemas del entorno; los resultados de algunos de estos proyectos han sido transferidos a secretarías de estado o a empresas y se ha promovido la creación de empresas de base tecnológica para que los

desarrollos que se generan en el CCADET lleguen a la sociedad. Si bien se ha tenido éxito en ese sentido, la generación de ingresos extraordinarios ha evolucionado lentamente, observándose un pequeño repunte respecto a años anteriores en el año 2017.

2. Durante el periodo se logró concretar la transferencia de al menos 4 tecnologías: 1) implantes craneofaciales a la empresa Partes e Implantes Avanzados S. A. de C. V., 2) la transferencia del Aula del Futuro a varias escuelas privadas, universidades y organismos gubernamentales y no gubernamentales, 3) la transferencia de derechos para explotar los materiales didácticos para la "Enseñanza de las Ciencias en Jardines de Niños" a la empresa Quenámica S.A. de C.V. y 4) actualmente se está transfiriendo el sistema HEPASCAN, de utilidad para la detección de fibrosis en el hígado, al Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga".

3. Desde principios de 2015 se cuenta con un académico en PUNTA en el PIIT de Nuevo León y se espera que en breve se pueda incorporar a uno más.

4. Desde principios de 2014 se nombró a un coordinador de la Unidad de Investigación y Desarrollo del CCADET en el Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga", lo que ha coadyuvado a tener una mejor comunicación entre los académicos participantes y/o asociados en la Unidad y con las autoridades del Hospital.