

PLAN DE ESTUDIOS DEL DOCTORADO EN NANOTECNOLOGÍA

CICLOS SEMESTRALES: DURACION DEL CICLO 20 SEMANAS

MODALIDAD: ESCOLARIZADA

Antecedentes del programa

La Nanotecnología constituye actualmente, la fuerza más importante que orienta la nueva ciencia y desarrollo tecnológico del siglo XXI, hablándose de la misma en términos de la “Tercera Revolución Industrial”. Los nuevos materiales, dispositivos, aplicaciones y herramientas de alta precisión desarrolladas con base en la Nanotecnología, cubrirán un espectro total de las industrias de alta tecnología incluyendo maquinaria de precisión, médica, ingeniería genética, medioambiente, nuevas tecnologías energéticas, etc.

Impulsar de manera organizada el desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología, brindaría a México la oportunidad de insertarse en el contexto internacional a un nivel certamente competitivo. Existe capacidad y una dinámica para ello. De no ser así, persistiríamos en la situación de dependencia tecnológica que históricamente ha caracterizado a nuestra economía nacional.

El Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) representa en la actualidad, la mayor, más completa y moderna plataforma tecnológica en el área de Nanociencia y Nanotecnología disponible en el Norte de México. Además de los recursos humanos, el CIMAV cuenta con el equipamiento y las instalaciones básicas necesarias para emprender una amplia gama de proyectos en el campo de la Nanociencia y Nanotecnología. Siendo sede del Laboratorio Nacional de Nanotecnología. El CIMAV cuenta con una serie de elementos a través de los cuales se pone de manifiesto su compromiso con el desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología en México, destacando entre los mismos:

- En el Plan Estratégico a mediano plazo del CIMAV 2005-2010, identifico como uno de los cinco temas estratégicos a dos Programas Institucionales, siendo uno de ellos la Nanotecnología
- Aproximadamente el 45 % de las publicaciones científicas de los Investigadores del CIMAV tienen el prefijo nano en su título, o bien, en su texto contienen información relacionada con el tema
- Se han desarrollado o se encuentran en desarrollo varios proyectos sobre Nanotecnología con empresas nacionales e internacionales importantes (Peñoles, Mabe, Comex, IMSA Acero, DaimlerChrysler, y otras menores)
- Se han firmaron acuerdos de colaboración en el tema de Nanociencia/Nanotecnología con dos importantes Universidades de los Estados Unidos, la Universidad de Texas en Austin y la Universidad del Estado de Nueva York en Albany. Con estas Universidades se han realizado 8 proyectos, todos en el área de Nanociencia y Nanotecnología.

- Se realizaron dos proyectos en colaboración con el "Center for Integrated Nanotechnologies" (CINT) creado por los Laboratorios Nacionales de Sandia y Los Alamos, ubicado en Albuquerque, Nuevo México en Estados Unidos.

La creciente brecha tecnológica y la tendencia a la baja en la competitividad de nuestro país, en buena medida son producto del rezago educativo que se vive, particularmente en carreras científico tecnológicas y específicamente a nivel de posgrado. Conscientes de ello, la formación de doctores en nanotecnología, constituye en el CIMAV una actividad sustantiva de primer orden. Para ello, se busca el establecimiento de las mejores condiciones para la mejora cualitativa y cuantitativa de sus estudiantes. El Laboratorio Nacional de Nanotecnología, contribuirá en gran medida a ello, tanto desde el punto de vista de la capacidad para la recepción de un mayor número de estudiantes, como en su formación experimental integral, al contar con instalaciones de primer nivel.

OBJETIVOS GENERALES DEL PLAN DE ESTUDIOS

El plan de estudios del Doctorado en Nanotecnología ofrece a sus egresados una formación de alto nivel académico, caracterizada por cinco dimensiones centrales:

- Desarrollar una formación de excelencia multidisciplinaria en el vasto campo de la Nanotecnología y de la Ciencia e Ingeniería de Materiales; que comprenda los estudios básicos de la materia, su estructura íntima, su configuración atómica, propiedades físicas, químicas, fisicoquímicas y biofísicas
- Generar en los estudiantes un profundo nivel de competencia en el dominio de las diversas metodologías analíticas, experimentales y computacionales, para el procesamiento, síntesis y caracterización de los materiales nano estructurado.
- Desarrollar y enriquecer una formación de competencias docentes a nivel de Educación Superior y de Posgrado;
- Vincular la formación de sus egresados a las necesidades de desarrollo del sector productivo; y
- Desarrollar investigadores de excelencia y ética, con un alto nivel de originalidad, independencia y metodología científica.

ANTECEDENTES DE INGRESO

- Haber realizado sus estudios de Maestría en algún área afín a la Nanotecnología
- Promedio mínimo a 8.0 o su equivalente.
- Aprobar el procedimiento de ingreso de la Universidad de Texas
- Aprobar el procedimiento de admisión que establece el Reglamento de Estudios de Posgrado de CIMAV.
- Aprobar examen EXANI III
- Idioma: Poseer 500 puntos de TOEFL ETS

PERFIL DEL EGRESADO

El egresado del Doctorado en Nanotecnología, desarrollará las siguientes competencias:

Competencias cognitivas:

- Dominio de las teorías, metodologías y tecnologías asociadas a la Nanotecnología;
- Capacidades metodológicas de la investigación científica, con énfasis en el desarrollo de habilidades heurísticas;
- Conocimiento del contexto, estructura y desarrollo tecnológico del sector productivo
- Valoración del conocimiento existente en el área de la Ciencia e Ingeniería de Materiales nanoestructurados;
- Generación de investigaciones básicas y aplicadas, originales e independientes, que permitan el enriquecimiento del conocimiento de la Ciencia e Ingeniería de Materiales Nanoestructurados.

Competencias instrumentales:

- Dominio eficiente de la operación y manejo de equipo, materiales, instrumentos y laboratorios afines a la Nanotecnología.
- Creación de nuevas técnicas y procedimientos de operación y manejo de equipos, materiales, instrumentos y laboratorios; y
- Desarrollo de competencias docentes para la conducción de grupos de aprendizaje de Educación Superior y Posgrado.

Competencias Valorales

- Enriquecimiento de las dimensiones valorales y actitudinales del conocimiento científico;
- Desarrollo de una conciencia ecológica en sus quehaceres de investigación y de servicio al sector productivo; y
- Caracterización de los valores éticos del quehacer científico y profesional.
- Capacidad de liderazgo en el ámbito del conocimiento de la Ciencia e Ingeniería de Materiales nanoestructurados y Nanotecnología, y
- Capacidad para participar en la formación de investigadores de alto nivel en el campo de la Nanotecnología.

Estructura del Programa

El plan de estudios del posgrado se orienta hacia una práctica curricular centrada en la investigación, eminentemente experimental, en un período de 6 semestres durante el cual se conduce al estudiante en un proceso, que parte de la elaboración de un anteproyecto de investigación doctoral, hasta la construcción de conocimiento de frontera, a través de la práctica investigativa en la línea de indagación que el estudiante elija. Así mismo se cursaran 4 cursos, dos obligatorios y dos optativos, durante los primeros cuatro semestres.

El primer semestre el alumno se propondrá el logro de la aprobación de su proyecto de investigación doctoral y en cada uno de los cinco semestres el alumno elaborará un programa de trabajo congruente a su proyecto de investigación doctoral, bajo la supervisión de su tutor, mismo que se presentará a su comité tutorial para su evaluación, control y seguimiento.

Del segundo al quinto semestre, los objetivos semestrales, derivarán de acuerdo al proyecto de investigación que elija el alumno en lo concreto. En términos generales se pretende, a través de la práctica investigativa, conducirlo al dominio de las competencias propuestas en el perfil del egresado, en el campo específico de su área de conocimiento.

El objetivo de este enfoque educativo es tendiente a generar semestre a semestre, un auténtico proceso de aprendizaje en el que el alumno, a partir de la práctica investigativa, derive hacia la investigación teórica documental, y de ésta hacia la práctica, de acuerdo a su proyecto doctoral, siempre con la asistencia y la supervisión de su tutor.

Su participación en la asistencia en los proyectos del Plan Estratégico de Investigación del CIMAV y en su actividad en los Seminarios de Investigación Doctoral, se propiciarán sus capacidades de comunicación de la experiencia de su práctica investigativa, así como de los resultados de su proyecto de investigación doctoral.

El alumno desarrollará su investigación dirigido por un miembro del personal académico de la Universidad de Texas y un miembro del personal académico de CIMAV.

Líneas de Investigación

- Nanoestructuras y nanopartículas
- Nanomateriales
- Simulación computacional

Desarrollo del Plan de estudios Del Doctorado

La composición del plan de estudios del Programa de Doctorado establece asignaturas que se han organizado en tres grupos: *cursos obligatorios, cursos optativos*

y *asignaturas de investigación* siendo estas: *Práctica de Investigación, Desarrollo Experimental y Tesis*. Además se debe acreditar las *Actividades académicas de asistencia a la investigación, Seminario de proyectos de investigación*.

Desarrollo de las Modalidades de Enseñanza-Aprendizaje

- **Asignaturas de investigación: Práctica de Investigación y/o Desarrollo Experimental.** La práctica investigativa es un proceso de formación a través de la actividad de investigación misma, considerando, por un lado el nivel de madurez académica de un maestro en ciencias y por otro lado aplicando el principio de aprender haciendo, construyendo la teoría a partir de la práctica o viceversa, derivando en un proceso auténtico para la construcción del conocimiento, donde el sistema tutorial constituye un mediador o de acuerdo al nuevo vocabulario, un facilitador que induce al alumno al fortalecimiento del aprendizaje por descubrimiento. El alumno del doctorado tendrá como actividad formativa central, el desarrollo de su proyecto de investigación doctoral, a través de su práctica investigativa. El primer semestre se abocará a la definición de su anteproyecto de investigación doctoral, misma que deberá defender para su aprobación como proyecto, ante su comité tutorial, como requisito para su inscripción al segundo semestre del plan de estudios. El Estudiante del doctorado deberá destinar una carga de 30 horas semana/mes, los seis semestres de sus estudios, en actividades de práctica investigativa, conforme a su proyecto de investigación doctoral en las instalaciones del CIMAV, previendo lo anterior con una estancia mínima de un año en el mismo. Los estudiantes entregarán cada mes, y por semestre, reportes académicos del avance de sus trabajos al tutor quien, en su caso lo avalará y se turnará a los miembros de comité tutorial correspondiente para que comparen lo programado con lo realizado, estos reportes serán evaluados y sus resultados se turnarán a la Comisión Académica al final del semestre para su dictamen final y registro en el archivo escolar.
- **Actividades académicas de asistencia a la investigación** El plan de estudios establece que el alumno debe participar, desde el primer semestre, en actividades de asistencia a la investigación, en proyectos de los diferentes Departamentos adscritos al CIMAV y de la Universidad de Texas que estén orientados a sus preferencias. Las actividades a desarrollar en los trabajos de asistencia a la investigación, fortalecerán la formación del alumno en su trabajo científico y podrán ser muy variadas, se ajustarán flexiblemente a las necesidades del alumno, familiarizándolo con las revisiones bibliográficas, con técnicas experimentales de laboratorio y/o de computación. En el caso de los alumnos que desarrollen parte de su investigación a través de una estancia de investigación fuera del Centro corresponderán a los servicios de asesoría o, a las facilidades que se les ofrezcan para realizar sus prácticas de laboratorios, auxiliando en los proyectos de investigación de la entidad externa anfitriona. El Estudiante del doctorado deberá destinar una carga de 8 horas semana/mes, en actividades de asistencia a la investigación los cinco semestres de sus estudios
- **Seminario de proyectos de investigación** En el caso de estos seminarios habrá un profesor responsable quien, desde el principio de cada semestre, establecerá las actividades con los alumnos participantes para la presentación de los avances de su investigación, en fechas fijadas de antemano, pudiéndose invitar a expertos relacionados con la Ciencia de Materiales y Nanotecnología, con el propósito de que los alumnos desarrollen habilidades de autocrítica, comunicación y defensa de los resultados de sus investigaciones. En el caso de los alumnos que desarrollen parte de su investigación fuera del Centro deberán incorporarse a un seminario en la entidad anfitriona. La carga académica de los seminarios para los alumnos del doctorado será de una hora/semana/mes por semestre. El profesor conductor del seminario será el responsable de evaluar a los alumnos presentando su informe escrito a la Comisión

Académica del Posgrado, órgano que dispondrá lo conducente en caso de que un alumno resulte aprobado o reprobado, se registraría los resultados en su archivo escolar y recomendará, en su caso, las actividades de recuperación que estime convenientes.

Plan de Estudios del doctorado en Nanotecnología

DOCTORADO EN NANOTECNOLOGIA

LISTA DE ASIGNATURAS	CLAVE	SERIACIÓN	HORAS A LA SEMANA		CREDITOS	INSTALACIONES
			TEORICAS	PRACTICAS		AULA (A) LABORATORIO (L)
1º SEMESTRE						
Práctica Investigativa I	101			30	30	L
Tópicos Selectos de Nanotecnología	102		4	2	10	A y L
2º. SEMESTRE						
Práctica Investigativa II	203			30	30	L
Caracterización de Materiales	204		4	2	10	A y L
3º. SEMESTRE						
Desarrollo Experimental I	305			30	30	L
OPTATIVA I*	306		4	1	9	A y L
4º. SEMESTRE						
Desarrollo Experimental II	307			30	30	L
OPTATIVA II**	308		4	1	9	A y L
5º. SEMESTRE						
Tesis I	310			30	30	L
6º. SEMESTRE						
Tesis II	311			30	30	L
Suma Total de Créditos**					218	

* Las optativas pueden ser de 9 o de 10 créditos

** La suma total de créditos puede ser entre 218 y 220 créditos

ASIGNATURAS OPTATIVAS	CLAVE	SERIACION	HORAS A LA SEMANA		CREDITOS	INSTALACIONES
			TEORICAS	PRACTICAS		
Microscopía electrónica	205		4	1	9	A y L
Estructura electrónica de los materiales	206		4	1	9	A y L
Cerámica Avanzada	208		4	1	9	A y L
Tratamiento térmico de los materiales	211		4	1	9	A y L
Microestructura y propiedades mecánicas de los materiales	212		4	1	9	A y L
<i>Polímeros</i>	213		4	1	9	A y L
Procesamiento de polímeros	214		4	1	9	A y L
Caracterización de catalizadores	315		4	1	9	A y L
Síntesis de catalizadores	316		4	1	9	A y L
Fisicoquímica	317		4	1	9	A y L
Fundamentos de química orgánica	318		4	1	9	A y L
Química orgánica avanzada	319		4	1	9	A y L
Preparación y caracterización de películas delgadas	320		4	1	9	A y L
Espectroscopía de electrones	321		4	1	9	A y L
<i>Electro - óptica</i>	322		4	1	9	A y L
Fotónica	323		4	1	9	A y L
Temas selectos de física y química	324		4	1	9	A y L
Cristalografía y difracción	325		4	1	9	A y L
Propiedades magnéticas de los materiales	329		4	1	9	A y L
Técnicas experimentales del magnetismo	330		4	1	9	A y L
<i>Ensayos no destructivos</i>	337		4	2	10	A y L
Mecánica del continuo	339		4	1	10	A y L

Temas selectos de metalurgia física	342		4	1	9	A y L
Química de polímeros	343		4	1	9	A y L
Fisicoquímica de los polímeros	344		4	1	9	A y L
Reología y reometría	345		4	1	9	A y L
Aditivo para polímeros	346		4	1	9	A y L
Modelado molecular de estructuras y propiedades de los polímeros	347		4	1	9	A y L
Modelado químico de átomos a líquidos	348		4	1	9	A y L
Introducción a la química computacional	349		4	1	9	A y L
Simulación computacional de materiales moleculares y supramoleculares	350		4	1	9	A y L
Introducción a la Nanotecnología	352		4	2	10	A y L
Introducción a la Bionanotecnología	353		4	2	10	A y L
Aplicaciones de la Nanotecnología computacional	354		4	2	10	A y L
Ciencia y tecnología de los Nanocompósitos	355		4	2	10	A y L
Nanoelectrónica molecular	356		4	2	10	A y L
Química computacional para nanotecnología	357		4	2	10	A y L
Química supramolecular	358		4	2	10	A y L
Producción de Hidrógeno para celdas de combustible.	359		4	2	10	A y L
Tecnologías de celdas de combustible	360		4	2	10	A y L
Temas selectos de Producción de Hidrógeno y celdas de combustible	361		4	2	10	A y L
Caracterización luminiscente de nanomateriales	362		4	2	10	A y L
Análisis de Biomoléculas	363		4	2	10	A y L

Biología Molecular	364		4	2	10	A y L
Número mínimo de créditos que se deberán acreditar en las asignaturas optativas						18

Número mínimo y máximo de créditos que podrán cursarse por semestre:

- Mínimo: 30 créditos
- Máximo: 40 créditos

Duración del programa:

- Plazo Normal: 48 meses.

Seminario final Departamental

Los alumnos deberán, previo a la definición de una fecha para la presentación de defensa de su examen de grado, presentar ante la comunidad académica en la cual se encuentre adscrito durante su formación, un seminario final de los resultados del trabajo de tesis, donde un comité de pares lo evaluará y en caso de haberlas, formulará observaciones y recomendaciones que enriquezcan la versión final de su tesis; dependiendo de ellas, el comité de pares tendrá la autoridad para recomendar o no la presentación del examen grado.

Factibilidad y Soporte del Doctorado

- **Infraestructura y apoyo técnico.** El CIMAV cuenta con 18 laboratorios distribuidos en 3 aéreas:

Física

- Laboratorio de Cerámicos Estructurales
- Laboratorio de Cerámicos Electromagnéticos
- Laboratorio de Microscopía Electrónica de Transmisión
- Laboratorio de Óptica No Lineal
- Laboratorio de Corrosión Electroquímica
- Laboratorio de Corrosión de Esfuerzo
- Laboratorio de Deterioro en Alta Temperatura
- Laboratorio de Corrosión Atmosférica

Química

- Laboratorio de Análisis Térmicos
- Laboratorio de Beneficio de Minerales
- Laboratorio de Carbón Activado

- Laboratorio de Catálisis
- Laboratorio de Química Computacional
- Laboratorio de Polímeros
- Laboratorio de Cementos, Mortero y Concretos

Ambiental

- Laboratorio de Calidad del Agua
- Laboratorio de Calidad del Aire
- Laboratorio de Residuos Peligrosos

La infraestructura más importante para el posgrado, es que el CIMAV es sede del **Laboratorio Nacional de Nanotecnología**, creado en 2006 como resultado de una convocatoria de CONACYT para la creación de Laboratorios Nacionales de Infraestructura Científica o desarrollo Tecnológico, teniendo como misión propiciar la formación de recursos humanos, la investigación científica y el desarrollo de aplicaciones específicas en actividades de síntesis, caracterización y aplicaciones de sistemas nanotecnológicos, brindando un espacio de colaboración y apoyo a las instituciones y empresas nacionales e internacionales.

Los principales equipos que soportaran al posgrado son los considerados en el rubro de “grandes equipos” que incluyen los siguientes recursos:

1. Microscopio electrónico de transmisión de emisión de campo, JEM-2200FS
2. Microscopio electrónico de transmisión, PHILIPS CM-200
3. Microscopio electrónico de barrido de emisión de campo, JSM-7401F
4. Microscopio electrónico de barrido de emisión de campo, Nova 200 NanoSEM
5. Microscopio electrónico de barrido, JSM 5800-LV
6. Haz de iones enfocados, JEM-9320FIB
7. Difractómetro de rayos X, Marca Panalytical, Modelo: Xpert'PRO

Microscopio de fuerza atómica veeco spm MultiMode

NORMAS PARA LA EVALUACION CURRICULAR

La actualización de los planes y programas de estudio se realizará a partir de evaluaciones periódicas. Estas evaluaciones se realizarán mediante técnicas de valoración curricular que permitan determinar su validez, tanto interna como externa.

La Jefatura del Departamento de posgrado convocará cada tres años al Comité de Estudios de Posgrado a integrar una Comisión de Evaluación Curricular, en las que participarán los alumnos egresados, profesores y asesores de otras instituciones de investigación, así como de la Industria.

Esta Comisión de Evaluación Curricular valorará específicamente aspectos como:

- a) Vigencia y congruencia de la fundamentación y estructura académica del plan de estudios, en relación con los avances del conocimiento y con las necesidades de la institución y del país.
- b) Congruencia entre competencia planteada y organización del plan de estudios.
- c) Suficiencia de los recursos con que se cuenta.
- d) Número de alumnos que ingresan con relación al número de alumnos egresados.
- e) Congruencia entre las Competencias planeadas, los conocimientos y capacidades que adquirieron los alumnos que los cursaron.
- f) Operacionalidad de la metodología educativa, en lo particular de la relacionada con la práctica investigativa.
- g) Vigencia de las líneas de investigación.