

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS S.C.
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE POSGRADO



PLAN DE ESTUDIOS

Programa

Doctorado en Nanociencias y Nanotecnología (DNYN)

1. Descripción General

Las nanociencias y nanotecnología son áreas científicas emergentes, cuyo objetivo principal es la capacidad de controlar y manipular la materia en nanoescala, la cual generalmente está entre 1 y 100 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$, la escala de átomos y moléculas). En esta dimensión, la materia tiene propiedades completamente diferentes que permitirán comprender nuevos fenómenos, así como crear nuevas características que se pueden usar en aplicaciones completamente disruptivas. Las propiedades importantes de los materiales, como las propiedades eléctricas, ópticas, térmicas y mecánicas, están determinadas por la forma en que las moléculas y los átomos se ensamblan en la nanoescala en estructuras más grandes. La nanotecnología es la aplicación de la nanociencia que conduce al uso de nuevos nanomateriales y componentes de tamaño nanométrico en productos útiles. La nanotecnología nos brinda la capacidad de diseñar materiales y productos a medida con nuevas propiedades mejoradas, nuevos componentes nanoelectrónicos, nuevos tipos de medicamentos y sensores inteligentes, e incluso interfaces entre sistemas electrónicos y biológicos. Por lo tanto la nanotecnología y la nanociencia como disciplinas científicas se sitúan en la interface entre la física, la química, la ciencia de los materiales, la microelectrónica, la bioquímica y la biotecnología. El control de estas disciplinas, por lo tanto, requiere una educación científica académica y multidisciplinaria.

El doctorado en nanociencias y nanotecnología de CIMAV tiene como objetivo capacitar a estudiantes de alto desempeño con las herramientas necesarias en las áreas de nanociencias y nanotecnología y sus aplicaciones. Esto se logra mediante la facultad responsable de este nivel de doctorado, así como a través de la infraestructura, los laboratorios de investigación que respaldan la excelencia del CIMAV en la investigación perseguida, la cual actualmente es reconocida internacionalmente. Este doctorado tiene como objetivo satisfacer una necesidad crítica en el mercado nacional principalmente en términos de profesionales de ingeniería e investigadores especializados en un área de reconocimiento mundial, la cual es considerada fundamental para el desarrollo sostenido de la industria basada en el conocimiento y la innovación disruptiva.

2. Justificación

El Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) representa en la actualidad, la plataforma científica y tecnológica más amplia y moderna en el área de Nanociencias 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 Nanociencias y Nanotecnología, siendo sede del Laboratorio Nacional de Nanotecnología desde el año 2006. El CIMAV cuenta con una serie de elementos a través de los cuales se pone de manifiesto su compromiso con el desarrollo de las Nanociencias y la Nanotecnología en México, destacando como ventajas competitivas que el Plan Estratégico vigente identifica a la Nanotecnología como uno de los tres temas importantes de investigación definidos y de alto impacto para el país. Actualmente el 80 % de las publicaciones científicas de los Investigadores del CIMAV incluyen las nanociencias y nanotecnología, o bien, en su contexto conteniendo información relacionada con el tema. En los últimos 5 años el 70% de los proyectos desarrollados en CIMAV son en temas relacionados a Nanotecnología, la mayoría vinculados con empresas nacionales e internacionales importantes, por ejemplo se tienen vinculaciones continuas con las Compañías referentes de varios sectores industriales como COMEX, Key Química, Nutec-Fibratec, Nemak, Ternium, Lamosa, Vitro, por mencionar solo algunas. A la fecha se han firmado acuerdos de colaboración en el tema de Nanociencias/Nanotecnología con importantes Universidades a nivel global, los cuales están vigentes, con la Universidad de San Carlos en Brasil, la Universidad de Chalmers en Suecia, La Universidad de Santiago de Chile y la Universidad Pontificia Bolivariana en Colombia.

El impulso importante que la Nanotecnología ha tenido en los últimos años en una amplia gama de aplicaciones ha resultado en un impacto en los programas académicos y de formación de recursos humanos que se ofrecen hoy en día en México. A nivel nacional se ofrecen más de 40 licenciaturas que tienen la palabra nanotecnología en su nombre. Algunas de las instituciones que ofrecen este programa de nivel Licenciatura son algunas de las Universidades Tecnológicas a nivel nacional ubicadas en Mariano Escobedo, N.L.; Altamira, Tamaulipas; Querétaro, Qro, y Manzanillo, Colima; la Universidad Juárez de Tabasco, el Instituto de Veracruz, entre otras. En la región el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) Campus Monterrey, ofrece la Maestría y el Doctorado en Nanotecnología, además de una gran cantidad de Programas de Maestría de la región noreste afines de las Universidades Autónomas y Tecnológicas Nacionales de México. Por lo tanto la demanda para la formación de recursos humanos a nivel doctorado ha crecido para posteriormente desempeñarse profesionalmente en la especialidad.

El Plan con opción de Doble titulación ofrecido por CIMAV busca impulsar la formación internacional del alumno y promover su excelencia académica y profesional, suscitando el desarrollo de capacidades para generar conocimiento original y su transformación en productos valiosos para diversas aplicaciones con impacto en la sociedad y en el sector productivo. En base a lo anterior, el Programa de Doctorado en Nanotecnología, actualmente ofrecido en CIMAV, busca posicionarse en el Noreste de México como un programa referente especializado y diseñado actualizado ahora como Programa de Doctorado en Nanociencias y Nanotecnología (DNYN) para formar investigadores científicos especializados en un área de reconocimiento

mundial, la cual es considerada fundamental para el desarrollo sostenido de la industria y la academia basada en el conocimiento y la innovación.

2.1 Contexto Nacional

Actualmente a nivel nacional se ofrecen más de 40 licenciaturas que tienen la palabra nanotecnología en su nombre. Sin embargo, la oferta de Posgrados de nivel doctorado afines a las Nanociencias y Nanotecnología en México es muy limitada, solo se cuenta con 7 programas de posgrado reconocidos por el PNPC (Ver Tabla), el programa que actualmente ya se imparte en CIMAV y otros seis programas distribuidos en varias regiones del país. Mientras que los requisitos básicos de los programas son muy similares, la principal diferencia entre ellos radica en las temáticas y áreas abordadas de acuerdo a la demanda profesional de aquellas regiones y además de diferir en las áreas de especialidad de los egresados en base a las Líneas de Generación y Aplicación de Conocimiento (LGAC). Por ejemplo el Programa propuesto en este documento por parte de CIMAV considera: Nanomateriales, Nanocompuestos y Simulación Computacional. Por otra parte el Doctorado en Ciencias en Nanociencias y Nanotecnología de CINVESTAV, considera especialidades en Nanomateriales y Nanoestructuras y Nanodispositivos y Bionanotecnología. El Doctorado en Nanociencias y Micro-Nanotecnologías que ofrece el IPN, las LGAC son síntesis de micro y nanoestructuras, caracterización y propiedades de micro y nanoestructuras y Dispositivos. En el mismo contexto el Programa ofrecido por el ITESM considera emprendimiento en alguna de las siguientes áreas: Ciencia de los Materiales y Nanotecnología; Micro y Nanosistemas, Nanofotónica; y Sistemas Cuánticos. Finalmente el Programa que se imparte en la Universidad de Sonora considera Bionanotecnología y Nanomedicina; Fabricación y Evaluación de Dispositivos; y Nanoestructuras y Nanocompuestos Funcionalizados.

Núm.	Ref.	Institución	Entidad	Grado	Orient.	Nivel	Área SNI	Modalidad
1	003051	DOCTORADO EN NANOTECNOLOGÍA	CIMAV SC	CHIHUAHUA	DOCTORADO	INV	EN DESARROLLO	INGENIERIA
2	002086	DOCTORADO EN CIENCIAS EN NANOCIENCIAS Y NANOTECNOLOGÍA	CINVESTAV-IPN	DISTRITO FEDERAL	DOCTORADO	INV	CONSOLIDADO	FISICO-MATEMATICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA
3	5025	DOCTORADO EN NANOCIENCIAS Y MICRO-NANOTECNOLOGÍAS	IPN	DISTRITO FEDERAL	DOCTORADO	INV	RECIENTE CREACION	INGENIERIA
4	5536	DOCTORADO EN NANOTECNOLOGÍA	ITESM	NUEVO LEON	DOCTORADO	INV	RECIENTE CREACION	INGENIERIA
5	003432	DOCTORADO EN NANOTECNOLOGIA	UNISON	SONORA	DOCTORADO	INV	RECIENTE CREACION	FISICO-MATEMATICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA
6	002878	DOCTORADO EN NANOCIENCIAS Y MATERIALES	IPICYT	SAN LUIS POTOSI	DOCTORADO	INVESTIGACION	CONSOLIDADO	INGENIERIAS
7	000275	DOCTORADO EN CIENCIAS EN NANOCIENCIAS	CICESE-UNAM	BAJA CALIFORNIA	DOCTORADO	INVESTIGACION	CONSOLIDADO	FISICO-MATEMATICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA

Referencia: http://svrtmp.main.conacyt.mx/ConsultasPNPC/listar_padron.php

2.2 Contexto Internacional

Por otra parte, a nivel mundial el número de programas de Posgrado de instituciones de prestigio exclusivos en Nanotecnología es muy alto, al 2019 aproximadamente fueron 90 los programas

reconocidos como líderes en la clasificación y los cuales actualmente se están transformando para ser más inclusivos, interdisciplinarios y orientados a la resolución de problemas actuales prioritarios, pero con un área de especialización muy específica.

Los Programas más exitosos son clasificados en base a tres criterios: la inversión en investigación, la infraestructura y facilidades y la relevancia académica de sus investigadores. Desde el punto de vista de la inversión que se dedica para investigación, desarrollo e innovación en primer lugar se encuentra el Instituto Politécnico SUNY, anteriormente el Colegio de Nanoescala Ciencia e Ingeniería (Albany University), el cual es el primero dedicado a la educación de Nanotecnología, investigación y alcance económico (con una inversión en investigación de USD\$201.6 M). Cuenta con un número significativo de publicaciones en el campo de la Nanotecnología y es bien conocida por la comercialización en nanotecnología y microtecnologías. Por otra parte Cornell University se destaca por la inversión en infraestructura de frontera para el diseño y desarrollo de nanodispositivos, entre los que son más importantes y reconocidos a nivel mundial se encuentran el Laboratorio de Nanofabricación, el Centro de investigación en Materiales, el Centro de Sistemas a Nanoescala y el Centro de Nanobiotechnología. Por otra parte Rice University es considerada entre los primeros pioneros en el campo de la Nanotecnología y ganó más reputación cuando dos de sus miembros de la facultad recibieron el premio Nobel en Química en 1996 (Robert F. Curl Jr y Richard E. Smalley por el descubrimiento del fullereno y sus propiedades).

En un análisis paralelo de las líneas de investigación a nivel internacional revela que los siguientes temas destacan en tendencia de estudio:

- 1) El diseño, crecimiento y propiedades de nanomateriales y nanomateriales funcionales
- 2) Sensores con superficies a nanoescala y nanofotónica
- 3) Desarrollo de Nanocircuitos y Nanosistemas
- 4) Nanomedicina y Nanobiotechnología
- 5) Modelado y simulación de nanoestructuras y nanocompuestos

Por lo tanto impulsar de manera organizada el desarrollo y aplicación de la Nanociencia y la Nanotecnología, brindará a México la oportunidad de insertarse en este contexto internacional a un nivel competitivo. Actualmente existe capacidad científica y tecnológica y una dinámica para lograrlo. De no ser así, persistiríamos en la situación de dependencia tecnológica que históricamente ha caracterizado a nuestra economía nacional.

2.3 Demanda del programa e Inserción Laboral

En los últimos años, ciertas áreas científicas como la nanotecnología, la biología molecular, la física y química de superficies, entre muchas otras han alcanzado un desarrollo notable en nuestro país. En CIMAV se han formado grupos de investigación que han logrado una excelente posición competitiva en el ámbito internacional. Además, de manera natural, el objeto mismo de la investigación de estas disciplinas ha estado convergiendo hacia las Nanociencias y Nanotecnología. A nivel global de todos los países desarrollados y de importancia estratégica en la identificación de estas áreas, la mayoría de los programas de doctorado se hayan priorizados

por el avance acelerado que la sociedad demanda. En estas áreas físicas, químicos, biólogos, médicos e ingenieros se encargan de obtener, manipular, organizar, estudiar y aprovechar las propiedades de la materia a nanoescala. Mantener hoy y en el futuro una posición internacional verdaderamente competitiva en áreas de la nanociencia, sin embargo, requiere un nivel de competencia que solo puede lograrse con un enfoque temático y con la capacitación adecuada del personal de investigación que les permita adquirir el conocimiento multidisciplinario que estas áreas necesitan.

La orientación de manipulación de las diversas clases de materiales de este doctorado en nanociencias y nanotecnología lo hace único a nivel nacional. Esta orientación permite desarrollar aquellos aspectos de la nanociencias que se encuentran en la intersección entre las diversas clases de materiales y los fenómenos físicos, químicos, mecánicos, eléctricos, entre otros, por lo que es realmente multidisciplinario. Así, el Doctorado en Nanociencias y Nanotecnología permite:

- Ofrecer una formación de investigación para los graduados en química, física, biología; Ingeniería química o electrónica; Ciencia y Tecnología de Materiales; y permite una mejora para el desarrollo profesional, académico y de investigación.
- Establece relaciones de colaboración con instituciones académicas y empresas de acuerdo a la aplicación.
- Promueve la cooperación entre diferentes universidades para desarrollar un perfil de investigación en Nanociencias y Nanotecnología que se exige en los sectores profesionales de la identificación y que se reconoce justamente en el campo de la investigación científica y tecnológica.

En relación con la salida de los estudiantes que obtienen este doctorado, debemos señalar que nuestra experiencia es que una parte significativa se han insertado en la academia o centros de investigación. Actualmente, la imagen está cambiando y la demanda se vuelve importante por la inserción de los estudiantes graduados en las industrias y centros tecnológicos (como la realización de dispositivos basados en el uso de nanomateriales, recubrimientos y pinturas, empresas en el campo de los nanotubos o la industria). Dependiendo del tipo de investigación realizada los estudiantes graduados encuentran alguna área para ejercer la profesión en diversos sectores industriales y/o centros tecnológicos como industrias químicas y farmacéuticas relacionadas con la síntesis de moléculas, sensores y biosensores y nuevos materiales avanzados, laboratorios para el análisis de materiales, centros de aplicaciones biomédicas, agroalimentarias, medioambientales y energéticas, entre otras.

Se prevé asimismo que en un futuro cercano exista en la región un incremento en el número de centros de investigación, lo que necesariamente se traducirá en una creciente demanda de investigadores, muchos de los cuales serán en el campo de las Nanociencias y Nanotecnología, que por su transversalidad aplica en varias disciplinas del conocimiento. Además en la región el Clúster de Nanotecnología en el Estado de N.L. está asociado a más de 20 instituciones, universidades, centros de gobierno, incubadoras que requieren especialistas en la temática.

En resumen, resulta importante mantener y reforzar este programa de posgrado que cubre las expectativas para hacer de Monterrey y su área metropolitana una sociedad del conocimiento, lo cual a su vez implica el cumplimiento de los más altos estándares de calidad a nivel mundial, satisfaciendo los requerimientos de innovación del sector empresarial a través de la incorporación de personal con un alto grado de calificación y permitiendo al mismo tiempo a los egresados el reconocimiento del título obtenido.

Actualmente nuestros egresados se han insertado en el campo laboral trabajando en instituciones académicas nacionales (CIDESI) y Estados Unidos (UTD), realizando estancias posdoctorales dentro y fuera del país (CINVESTAV, UNAM). Algunos de ellos se encuentran en empresas del sector productivo de la región (Rassini, entre otras).

2.4 Justificación del Programa para el cambio de duración a 4 años y los 5 cambios centrales propuestos.

Se proponen 4 cambios al programa. Se menciona la justificación para cada cambio.

- 1 La duración del programa de 3 a 4 años.
- 2 La incorporación de 2 nuevos cursos.
- 3 El nombre del programa
- 4 La inclusión del examen de conocimientos básicos y el examen de candidatura.

La duración del programa de 3 a 4 años.

Cuando el Doctorado en Nanotecnología se inició no era un programa reconocido por el CONACYT y no se contaba con recursos para asignación de becas. El programa se planificó para una duración de tres años teniendo en cuenta los recursos iniciales a partir de un programa con el estado de Nuevo León. A lo largo del tiempo transcurrido solo 2 estudiantes han podido cumplir con el tiempo. Aunque posible, barreras como los requisitos de titulación, estancias en el extranjero y el cumplimiento de programas académicos dobles han perjudicado la eficiencia terminal.

Todos los programas de Posgrados en México migraron de 3 a 4 años hace aproximadamente 12 años por la baja eficiencia terminal dentro del tiempo. El actual programa de CIMAV promueve estancias académicas en el extranjero además del grado de doble titulación, lo cual obliga al estudiante a dedicar tiempo completo así como el cumplimiento de compromisos de ambas instituciones en un tiempo corto, sacrificando el término del posgrado en tiempo y forma. El cambio se justifica por tres razones: a) elevar la eficiencia terminal, b) igualar condiciones de tiempo con el programa DCM y programas similares nacionales, c) elevar matrícula de ingreso y d) que los tiempos sean acordes a los esquemas de doble titulación y estancias de investigación.

La incorporación de 2 nuevos cursos.

En este nuevo plan de estudios se propone un programa de 4 años como la todos los programas de calidad a nivel nacional e internacional. Se impulsa la idea de la excelencia académica con la inclusión de materias básicas para la formación en la especialidad de las Nanociencias y la Nanotecnología. Las materias que se incorporan son: a) Física y Química del Estado Sólido y b) Estructura Electrónica de Nanomateriales. Se justifica su inclusión por las siguientes razones: i) incidir en formación académica básica en un programa de Nanociencias, ii) que las materias sean un diferenciador con el DCM y los programas nacionales con los que compite, iii) por la adición de 1 año al programa y el aumento del número de créditos.

El nombre del programa

Se propone el cambio de nombre actual de Doctorado en Nanotecnología por el de Doctorado en Nanociencias y Nanotecnología. El cambio se justifica por que las 3 LGAC (Líneas de generación y aplicación del conocimiento) del programa son dominantes en temas de ciencia básica (Nanociencia) más que en temas de tecnología. Se mantiene la palabra Nanotecnología por existir una componente importante en la aplicación como dispositivos basados en nanomateriales, nanomateriales en aplicaciones biomédicas o procesos productivos. Una razón adicional es que no existe un programa similar con este nombre y puede ser un distintivo en el mercado académico y darle identidad al programa de forma regional y nacional. Las materias optativas que se introducen se relacionan a los dos temas, Nanociencias y Nanotecnología.

La inclusión del examen de conocimientos básicos y el examen de candidatura.

Se incluyen como filtros del programa el examen de conocimientos básicos y el examen de candidatura. La inclusión del ECB busca un filtro académico en el programa y un mayor rigor en la formación académica. El ECB se realizaría al terminar las materias obligatorias y básicas del programa. El EC pretende sustituir al seminario departamental actual. Los tiempos de ocurrencia y formato de los dos exámenes serán motivo de discusión posterior teniendo en cuenta que fue la propuesta con más objeciones.

El programa de Doctorado en Nanociencias y Nanotecnología de CIMAV se promueve tomando como base la Titulación doble como diferenciador con otras instituciones, lo cual se respalda mediante Convenios vigentes con Universidades de prestigio internacional como la Universidad de Chalmers en Suecia y la Universidad Pontificia Bolivariana en Colombia. Una de las ventajas que se puede destacar de la Doble titulación es la excelencia académica que brindarán al estudiante los dos programas involucrados, además de fortalecer la experiencia experimental para el desarrollo de la tesis, administrativamente el estudiante que lo justifique podría tener acceso a una beca para realizar estancias académicas y de investigación de hasta dos años de duración.

Se mantiene el esquema de doble titulación. En este programa se promueve las estancias de investigación en el extranjero incentivando el plan de doble titulación para los casos en que existan las condiciones adecuadas para promoverlo. Esto incluye perfil del aspirante al programa y la relación de trabajo entre los grupos de investigación de las instituciones participantes. El plan incluye dos opciones: a) Doctorado completamente en CIMAV donde se incentivan las estancias de investigación en el extranjero y b) Doctorado de doble titulación con la posibilidad de pasar hasta 2 años en una institución extranjera. Se resalta que la doble titulación es recomendable solo para aquellos aspirantes para quienes se cumpla lo siguiente:

- a) que exista una relación madura y estrecha entre dos instituciones y particularmente los dos grupos de investigación asociados con convenio interinstitucional vigente,
- b) que el estudiante cuente con un excelente perfil académico para el cumplimiento de los requisitos y tiempos de las dos instituciones y
- c) que exista un proyecto asociado con financiamiento por al menos una de las partes para garantizar los recursos materiales, becas y viajes requeridos para el proyecto.

3. Objetivos

Formar investigadores con excelencia multidisciplinaria integral en Nanociencias y Nanotecnología capaces de:

- Desarrollar ciencia y tecnología con un alto nivel de originalidad, independencia y metodología científica con capacidad intelectual, habilidades y competencia de frontera en las áreas de diseño, caracterización, procesamiento, funcionalidad y optimización de nuevos nanomateriales y su aplicación.
- Generar conocimiento original y de frontera basado en Nanociencias y Nanotecnología que repercuta en el impacto del sector social y productivo a través de la publicación de artículos científicos catalogados como Q1/Q2, capítulos y libros de editoriales de prestigio internacional, desarrollos tecnológicos y/o documentos que soporten la protección de la propiedad intelectual y/o la transferencia tecnológica.

4. Público al que se dirige

Egresados de maestría provenientes de instituciones académicas nacionales e internacionales con antecedentes en áreas afines a la ciencia e ingeniería, ciencias naturales y exactas y un alto promedio académico, interesados en generar conocimiento original en nanociencias y nanotecnología para la solución de problemas y aplicaciones con alto impacto científico, académico y social.

5. Líneas de Investigación

Las líneas de generación y aplicación del conocimiento (LGAC) se enlistan a continuación y cubren diferentes facetas de las Nanociencias y Nanotecnología: desde el diseño, síntesis y aplicación de nanomateriales, el estudio y el modelado teórico de sus propiedades en la nanoescala y el desarrollo de diversas aplicaciones como electrónicas, químicas y biológicas, entre otras.

1. Nanomateriales (NM): Esta LGAC se concentra en la síntesis y caracterización de nanoestructuras, películas ultradelgadas, materiales bidimensionales, nanolaminados además de superficies e interfaces. El estudio de nanomateriales incluye los recubrimientos avanzados para corregir y mejorar diseños específicos de sistemas de ingeniería mediante el estudio de los materiales, sus propiedades y su correlación con los parámetros de procesamiento y microestructura. Estos recubrimientos son para aplicaciones como barreras térmicas, barreras a la difusión de masa, protección a la corrosión, anti-desgaste, ferroeléctricos, piezoelectricos, ferroelásticos, aplicaciones en biomédica y óptica entre otras. El estudio de los nanomateriales incluye en algunos casos la integración de dispositivos electrónicos como celdas solares, termoelectricos, memristores, dispositivos fonónicos, convertidores y cosechadores de energía. En el terreno de las aplicaciones se integran dispositivos electrónicos simples y se evalúa el rendimiento bajo diferentes estímulos como campos eléctricos, magnéticos, flujos térmicos, excitación óptica o combinaciones.

2. Nanocompuestos (NC): Esta LGAC se enfoca en el desarrollo materiales compuestos de base polimérica y de materiales basados en carbón. Se estudian temas como el dopaje de nanotubos de carbono, grafeno y óxido de grafeno para aplicación en campos como catálisis, medio ambiente y biomedicina. Se estudian sistemas híbridos (M2D/Nanopartículas metálicas) para aplicación en campos como catálisis y biomedicina. Se funcionalizan y/o modifican nanoestructuras y nanopartículas, tales como grafeno, nanotubos de carbono, nanopartículas de óxidos metálicos. En esta LGAC se investigan las propiedades en materiales compuestos de base polimérica reforzados con nanotubos de carbono, se desarrollan compuestos nanopartícula metálica-polímero para su uso como material activo en celdas fotovoltaicas.

3. Simulación computacional (SC): Esta LGAC se concentra en estudios teóricos y computacionales de un amplio rango de estructuras de escala atómica y escala nanométrica, empezando con la naturaleza de los enlaces de los átomos hasta los estudios de las propiedades de varios tipos de nano-partículas. Los investigadores utilizan metodología diversa, la cual involucra tanto a los modelos semi-clásicos como a la teoría de los primeros principios, dependiendo del sistema a estudiar. De esta manera, se puede llevar a cabo una investigación compleja abarcando un amplio rango de problemas que van desde la predicción de las propiedades en moléculas individuales (orgánicas, organometálicas e inorgánicas) hasta en macromoléculas, tales como proteínas, superficies cristalinas o polímeros, por citar sólo algunas. Actualmente en el área de Química y Física Teórica se está desarrollando software especializado para llevar a cabo investigación y poder resolver retos particulares, además, se utilizan herramientas generadas por otros grupos reconocidos a nivel mundial.

6. Mapa Curricular

El Doctorado en Nanociencias y Nanotecnología, es un programa integrado por 8 períodos semestrales, considerando 2 períodos de ingreso por año y una duración de 4 años. La composición del mapa curricular del programa de doctorado establece asignaturas que se han organizado en cuatro grupos: cursos básicos, cursos obligatorios, cursos optativos o de especialización y asignaturas de investigación. Las asignaturas de investigación son: Práctica Investigativa, Desarrollo Experimental y Tesis. Además se deben acreditar las actividades académicas para el envío de publicación de artículo científico durante los semestres 5 y 6 y la presentación del Examen de Candidatura al Doctorado en el semestre 6.

Período	Inicio	Número de Asignaturas	Duración
Semestral	Febrero y Septiembre	17	4 años
Número y Tipo de Asignatura	Horas por Semana	Número Individual de Créditos	
2 Obligatorias	4 Teóricas	10	
2 Básicas	4 Teóricas	10	
8 Asignaturas de Investigación	30 Prácticas	30	
2 Optativas	4 Teóricas / 1 Práctica	10	
Total de Créditos del Programa		300	

Tipo de Asignatura		Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3	Semestre 4
Asignatura de Investigación		Práctica Investigativa I Protocolo de Tesis	Práctica Investigativa II	Desarrollo Experimental I	Desarrollo Experimental II
Básica		Física y Química del Estado Sólido	Estructura electrónica de nanomateriales		
Obligatoria		Principios de Nanociencias y Nanotecnología	Instrumentación y Caracterización de Nanomateriales		
Optativa*				Optativa I	Optativa II
Indicadores de seguimiento		Aprobación del Protocolo de investigación	Examen de Conocimientos básicos		
Tipo de Asignatura		Semestre 5	Semestre 6	Semestre 7	Semestre 8
Asignatura de Investigación		Tesis I	Tesis II	Tesis III	Tesis IV
Indicadores de seguimiento		Envío del Primer producto de la investigación (obligatorio)	Examen de Candidatura al Doctorado (a puerta cerrada)	Envío de segundo producto de la	Defensa del grado

				investigación (opcional)	
* Las materias optativas se seleccionarán de la siguiente tabla de común acuerdo entre el estudiante y el director de tesis.					

6.1 Materias Optativas

La siguiente Tabla muestra la lista de materias optativas, las cuales se seleccionarán para cada estudiante considerando la concordancia con el tema de investigación de la tesis doctoral, así como al reforzamiento en temas que el alumno requiera para lograr un mejor desempeño y la culminación exitosa del proyecto de investigación.

Asignatura	Clave	Horas por semana	Créditos	LGAC
Química orgánica avanzada	319	4 Teóricas 1 Práctica	9	NC/NM
Preparación y caracterización de películas delgadas	320	4 Teóricas 1 Práctica	9	NM
Espectroscopia de electrones	321	4 Teóricas 1 Práctica	9	NC/NM
Electro-óptica	322	4 Teóricas 1 Práctica	9	NM
Nano Fotónica	323	4 Teóricas 1 Práctica	9	NM
Mecánica del continuo	339	4 Teóricas 1 Práctica	10	NC/NM/SC
Modelado molecular de estructuras	347	4 Teóricas 1 Práctica	9	SC
Introducción a la química computacional	349	4 Teóricas 1 Práctica	9	SC
Simulación computacional de materiales moleculares y supramoleculares	350	4 Teóricas 1 Práctica	9	SC
Bio-nanotecnología	353	4 Teóricas 2 Práctica	10	NC/NM
Aplicaciones de la nanotecnología computacional	354	4 Teóricas 2 Práctica	10	SC
Ciencia y tecnología de los nanocompuestos	355	4 Teóricas 2 Práctica	10	NC
Nano electrónica molecular	356	4 Teóricas 2 Práctica	10	NC/NM
Química computacional para la nanotecnología	357	4 Teóricas 2 Práctica	10	SC
Tecnología de celdas de combustible	360	4 Teóricas 2 Práctica	10	NC/NM
Temas selectos de producción de hidrógeno y celdas de combustible	361	4 Teóricas 2 Práctica	10	NC/NM
Caracterización luminiscente de nanomateriales	362	4 Teóricas 2 Práctica	10	NC/NM
Microestructura y propiedades mecánicas de los nanomateriales				NC/NM
Síntesis de Nanomateriales y Nanocompuestos				NC/NM

Propiedades eléctricas y magnéticas a nanoescala	NC/NM/SC
Procesamiento de Materiales nanocompuestos	NC
Fisicoquímica de polímeros	NC/NM
Tópicos Selectos de Nanociencias y Nanotecnología	NC/NM
Fabricación de nanodispositivos	NC/NM
Mecánica cuántica de sólidos	NC/NM/SC
Síntesis y caracterización de semiconductores	NC/NM
Fisicoquímica de Superficies	NM
Fundamentos de Nanofabricación	NM
Física y Química de Nanoestructuras	NM
Teoría y aplicaciones de nanomateriales	NM
Cristalografía y estructura de nanomateriales	NC/NM
Procesamiento Avanzado / Nano Ingeniería de Materiales Poliméricos	NC
Fisicoquímica de la materia condensada	NC/NM/SC
Modelado y Simulación de propiedades (Aquí entra el uso de los softwares especializados)	SC
Espectroscopia de Fluorescencia	NC/NM
Nanomecánica	NC/NM
Propiedades Ópticas de Sólidos	NC/NM
Átomos y moléculas	SC
Celdas solares; principios básicos y técnicos de preparación	NM
Física de dispositivos semiconductores	NM
Fundamentos de micro y nanofabricación	NM
Modos básicos y avanzados de microscopías de fuerza atómica	NM
Microscopías Electrónicas	NC/NM
Nanoindentación en películas delgadas	NM
Simulación de materiales por elemento finito	SC

Síntesis y caracterización de nanomateriales	NC/NM
Espectroscopia de Superficies	NC/NM
Espectroscopia Ópticas	NM
Nanomateriales electrocerámicos	NM
Física de Nanoestructuras	NM
Semiconductores	NM
Policristales: estructuras, texturas y anisotropías macroscópicas	NM
Temas selectos en Nanociencias y Nanotecnología	NM

6.2 Estructura y Descripción del Mapa Curricular

El plan de estudios se orienta hacia una práctica curricular centrada en la investigación teórica y experimental, en un período de 8 semestres durante el cual se conduce al estudiante en un proceso, que parte de la elaboración de un anteproyecto de investigación doctoral, cursar las asignaturas, obligatorias, básicas y optativas, hasta la construcción de conocimiento de frontera, a través de la práctica investigativa en la línea de especialización que el estudiante elija.

A través de las asignaturas de investigación, se pretende conducir al estudiante al dominio de las competencias propuestas en el perfil del egresado, en el campo específico de su área de conocimiento, lo cual se evaluará semestralmente a través de la presentación y defensa oral del avance de proyecto, el cual debe haberse entregado por escrito al Comité tutorial, quienes serán responsables de calificar, dar seguimiento y cumplimiento de la investigación que el alumno realiza al término de cada semestre.

El alumno tendrá que presentar seminarios de avance de tesis por cada semestre en los cuales a través de la coordinación académica de la Institución, establecerá las actividades con los alumnos participantes para la presentación de los avances de su investigación, en fechas fijadas en la calendarización del departamento de Posgrado, con el propósito de que los alumnos desarrollen habilidades de autocrítica, comunicación y defensa de los resultados de sus investigaciones.

Como indicadores de seguimiento del programa al término del segundo semestre el estudiante deberá presentar un examen de conocimientos basado en las materias básicas y obligatorias cursadas, mediante lo cual demostrará que tiene el conocimiento y la preparación suficiente para avanzar con la ejecución del tema de tesis en particular. Posteriormente en el semestre 5 el estudiante deberá enviar el primer producto de la investigación realizada. Al término del semestre 6 el estudiante presente un examen de candidatura al doctorado, tomando en consideración el avance tangible de la investigación realizada, el cual se desarrollará a puerta cerrada con el Comité tutorial a su cargo, quienes juzgarán y/o sugerirán puntos importantes de mejora, 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 final para la defensa y obtención del grado académico.

La carga en créditos por semestre se ubicará entre 30 créditos como mínimo y 40 créditos como máximo con excepción del 1er y 2do semestre donde se tienen hasta 50 créditos.

Doctorado en Nanociencias y Nanotecnología (DNYN)

Cursos Obligatorios (20 Créditos)

Durante los dos primeros semestres los estudiantes cursarán dos materias obligatorias para entender los principios de Nanociencias y Nanotecnología y la instrumentación y caracterización de nanomateriales, con enfoque en las técnicas experimentales y de caracterización que cuentan los Laboratorios de CIMAV.

- OB1 - Principios de Nanociencias y Nanotecnología
- OB2 - Instrumentación y Caracterización de Nanomateriales

Cursos Básicos (20 Créditos)

Durante los dos primeros semestres los estudiantes cursarán dos materias básicas enfocadas con los teoría y fundamentos de Física y Química de Materiales y la Estructura electrónica de nanomateriales

- B1 - Física y Química del Estado Sólido
- B2 - Estructura electrónica de nanomateriales

Cursos Optativos (20 Créditos)

Los cursos optativos se seleccionarán de la lista anexa de acuerdo al plan de estudios para cada estudiante considerando la concordancia con el tema de investigación elegido por el estudiante para enfocar su tesis doctoral, así como al reforzamiento en temas que el alumno requiera para lograr un mejor desempeño y la culminación exitosa del proyecto de investigación. La selección de los cursos optativos, se elegirán de común acuerdo por el estudiante y su director(es) de tesis con la finalidad de reforzar puntos débiles de conocimiento e investigación para que la culminación exitosa de la tesis. La selección de los cursos optativos también se puede llevar a cabo por recomendación que el Comité tutorial realice en las evaluaciones semestrales del estudiante. Durante el tercer y cuarto semestre la aprobación de dos materias optativas le otorgará al estudiante las herramientas y capacidad intelectual dirigida para abordar y ejecutar por completo el tema de tesis. Asimismo las materias optativas se cursarán con el objetivo de especializar al estudiante en el dominio de las técnicas y/o conocimiento de frontera relacionado con el tema de investigación en particular. Estas materias optativas serán dedicadas a encontrar áreas de oportunidad efectivas para la escritura de artículos científicos con mayor competencia y relevancia académica.

- OP1 - Optativa I
- OP2 - Optativa II

Asignaturas de Investigación (240 créditos)

Las asignaturas de investigación representan la carga académica máxima del estudiante, las cuales representan el proceso de formación a través de la actividad de investigación misma, considerando por un lado el nivel de madurez académica de un estudiante de nivel posgrado y por otro lado aplicando el principio de aprender experimentando, construyendo la teoría a partir de la práctica o viceversa, derivando en un proceso auténtico para la construcción del conocimiento. Las prácticas investigativas I y II serán dedicadas a la preparación de la propuesta de investigación doctoral incluyendo la elaboración de un programa de trabajo congruente al proyecto de investigación, bajo la supervisión del director(es) de tesis. Al término del primer semestre el estudiante presentará su protocolo de investigación, durante el cual un comité tutorial le cuestionará su conocimiento de los fundamentos de nanociencias y

nanotecnología y le evaluará el protocolo de investigación para continuar con el Programa (Ver Anexo I el cual muestra un resumen de los puntos que debe cubrir el protocolo de investigación a presentar). La aprobación del protocolo ante un comité tutorial será requisito para su inscripción al segundo semestre del plan de estudios. Es deseable que al término del segundo semestre presente su examen de conocimientos básicos (ECB). Durante el tercero y cuarto semestre los estudiantes se enrolarán con el desarrollo experimental ligado con la realización de la investigación dirigida en nanociencias y nanotecnología de acuerdo al tema de tesis en particular al cual se desarrollará la tesis. El objetivo de este enfoque educativo es tendiente a generar continuidad semestre a semestre, en un auténtico proceso de aprendizaje en el que el alumno, a partir de la práctica investigativa, derive hacia la investigación teórica documental de las asignaturas de tesis para alcanzar el grado académico. En el sexto semestre el estudiante debe haber acumulado y/o generado conocimiento suficiente y resultados experimentales importantes para el envío de al menos un artículo científico a revistas indizadas. Dicho envío y publicación será calificada por el Comité tutorial como parte del entregable para aprobar las asignaturas de Tesis II y III. Se propone que al término del sexto semestre el estudiante acredite su examen de candidatura (EC) y se realice a puerta cerrada. Al término del séptimo semestre el alumno debe concluir su trabajo experimental. En el octavo semestre el alumno será dedicado en su totalidad a la escritura del documento de tesis y completará una disertación escrita de su investigación, mediante un Seminario pre-doctoral en el cual defenderán oralmente la tesis ante el Comité tutorial el cual evaluará mediante la calificación a la asignatura Tesis IV. La acreditación de dicha asignatura será la pauta para solicitar su examen final y graduación. En el caso de los alumnos que desarrollen parte de su investigación a través de una estancia de investigación fuera del Centro corresponderá 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.

- A1 – Práctica Investigativa I
- A1 – Práctica Investigativa II
- A3 – Desarrollo Experimental I
- A4 – Desarrollo Experimental II
- A5-Tesis I
- A6-Tesis II
- A7-Tesis III
- A8- Tesis IV

Total de Créditos = 300

7. Requisitos de Admisión

Graduados titulados de Maestría en algún área de Ingeniería o afines a las Nanociencias y Nanotecnología

- Haber obtenido un promedio mínimo de 80/100 o su equivalente en sus estudios profesionales
- Haber realizado sus estudios de Maestría en algún área afín a la Nanotecnología. (Maestría en alguna carrera de ciencias o ingeniería)
- Obtener un puntaje igual o superior a 500 en la prueba de dominio del inglés TOEFL ETS.

- Recomendación académica de al menos tres maestros o tutores con quienes haya trabajado el aspirante (formato CIMAV que incluye actitudes, aptitudes y valores).
- Aprobar con al menos 1000 puntos el examen EXANI III
- Aprobar el procedimiento de admisión que estable el Reglamento de Estudios de Posgrado del CIMAV
- Realizar una entrevista académica con un Comité que dispondrá para tal finalidad el Departamento de Estudios de Posgrado
- Entregar la solicitud de admisión acompañada por todos los documentos requeridos por la Coordinación Académica del Centro
- Presentar una propuesta de tema de tesis y un plan de trabajo para el primer año de estancia en el programa, elaborado en conjunto con el futuro tutor.

Si el aspirante es admitido, el Comité de Estudios de Posgrado (CEP) asignará un Comité para el Examen de Conocimientos Básicos (ECB).

8. Perfil de ingreso

El aspirante que desee ingresar al programa de doctorado en nanociencias y nanotecnología deberá poseer habilidades y conocimientos que le permitan cumplir con el plan de estudios del programa. Debe poseer conocimientos generales en las áreas de matemáticas, física y química. Dentro de las habilidades y aptitudes principalmente debe poseer un alto grado del compromiso, potencial para la investigación y capacidad de análisis.

Dentro de los requisitos de ingreso debe cumplir con el grado de Maestría en algún área afín a la Nanotecnología como ingeniería, ciencias exactas u otra disciplina compatible. Contar con un promedio mínimo a 80 o su equivalente. Aprobar el procedimiento de admisión que establece el Reglamento de Estudios de Posgrado de CIMAV. Aprobar examen EXANI III para investigación y poseer 500 puntos TOEFL ETS de Inglés.

9. Perfil del Egresado

El Doctorado en Nanociencias y Nanotecnología es un programa multi e interdisciplinario cuyo objetivo es la formación de recursos humanos capacitados para llevar a cabo investigación teórica y/o experimental sobre propiedades físicas, químicas y biológicas de nanoestructuras así como participar en el desarrollo de nanodispositivos y biomateriales de interés tecnológico. Se aceptan alumnos con formaciones muy diversas, científicas o de ingeniería, por lo que se trata de un programa flexible que se ajusta a los antecedentes académicos del estudiante y a las líneas de generación de conocimiento que se abordan en el CIMAV. El programa consta de 300 créditos en asignaturas, de los cuales 80 créditos corresponden a asignaturas básicas y obligatorias cuyo objetivo es preparar a los alumnos que provienen de maestrías disciplinares para el trabajo multidisciplinario, aportando conocimientos y desarrollando habilidades en las disciplinas que le son ajenas y que requiere para su trabajo de tesis. Por lo anterior, en el caso de alumnos con formación multidisciplinar, estos créditos pueden quedar cubiertos mediante revalidación de los créditos de maestría.

Al término del programa el egresado del Doctorado en Nanociencias y Nanotecnología, será capaz de:

- Desarrollar ciencia y tecnología que impacte en la generación de conocimiento original y de frontera en nanociencias y nanotecnología
- Formar parte de grupos multidisciplinarios de investigación, docencia, desarrollo, innovación y aplicación de nanociencias y nanotecnología con impacto en el sector social y productivo
- Diseñar, crear, desarrollar y emprender proyectos innovadores en su campo de conocimiento
- Formar recursos humanos especializados
- Dominar eficientemente las teorías, metodologías y tecnologías asociadas a las Nanociencias y Nanotecnología
- Trabajar en equipo e independientemente en un contexto internacional o multidisciplinario
- Ejecutar la crítica intelectual y la defensa de soluciones

10. Requisitos de Graduación

El candidato obtendrá el grado mediante un examen de grado, que consiste en una defensa pública de la tesis, en presencia de un jurado, en el cual se incluye obligatoriamente la participación de un miembro externo al CIMAV.

Para registrar su tema de tesis y examen de grado, el estudiante deberá cumplir con los siguientes requisitos de egreso:

- Aprobar los cursos obligatorios, básicos y optativos con promedio mínimo de 80/100.
- Publicar al menos un artículo científico Q1 o Q2, como producto de su trabajo de tesis, en una revista internacional indexada. El alumno deberá ser primer autor.
- Presentar y aprobar los Seminarios de Avance de Tesis, evaluados por su comité tutorial.
- Aprobar un mínimo de 280 créditos en cursos, de acuerdo con el plan de estudios, más las asignaturas adicionales que el comité de tesis considere necesarias. El estudiante deberá obtener un promedio ponderado mayor o igual a 80.
- Aprobar los exámenes de trayectoria: Conocimientos Básicos y de Candidatura.
- Participar con al menos 80% los Seminarios académicos impartidos dentro del Programa
- Concluir los trámites administrativos que prevé el reglamento general de posgrados del CIMAV
- Llevar a cabo un trabajo de investigación y elaborar una Tesis en la cual se reporten los resultados de investigación.

11. Claustro de Profesores

Núcleo Académico Básico						
Nombre	Puesto Actual	CVU	Distinción SNI			LGAC (1), (2), (3)*
			Nivel	Año inicio	Año fin	
Alejandra García García	Inv. Titular A	49281	1	2019	2022	(1)
Sergio Alfonso Pérez García	Inv. Titular B					
Ana María Arizmendi Morquecho	Inv. Titular B	122879	1	2016	2019	(2)
Andrés Garay Tapia	Inv. Titular A	216341	1	2015	2018	(3)
David Torres Torres	Inv. Titular A	49192	1	2016	2019	(3)
Jaime Álvarez Quintana	Inv. Titular B	97858	2	2017	2020	(2)
José Bonilla Cruz	Inv. Titular B	94393	2	2016	2019	(1)
Liliana Licea Jiménez	Inv. Titular B	39773	2	2019	2022	(1)
Pavel Vorobiev	Inv. Titular A	166285	1	2017	2019	(2)
Tania Ernestina Lara Cenicerós	Inv. Titular B	44551	1	2016	2019	(1)
Eduardo Martínez Guerra	Inv. Titular B	201300	2	2018	2022	(2)
Margarita Sánchez Domínguez	Inv. Titular C	38282	2	2018	2021	(1)
Mario Sánchez Vázquez	Inv. Titular B	201699	2	2014	2017	(3)
Paul Horley	Inv. Titular B	299962	2	2017	2020	(3)
Francisco Servando Aguirre Tostado	Inv. Titular B	121892	2	2017	2021	(2)
Zeuz Montiel González	Catedrático CONACYT	53300	1	2017	2019	(2)
María Antonia Luna Velasco	Inv. Titular A	44851	1	2015	2018	(1)
Francisco Paraguay Rodríguez	Inv. Titular C	25378	2	2013	2017	(1)
Carlos Domínguez Ríos	Inv. Titular B	31393	1	2015	2018	(2)
Norma Rosario Flores Holguín	Técnico Titular C	38306	1	2015	2018	(1)
Sion Federico Olive Méndez	Inv. Titular B	44382	2	2016	2019	(1)
Hilda Esperanza Esparza Ponce	Técnico Titular C	32109	2	2015	2018	(1)
Francisco Espinoza Magaña	Inv. Titular C	21065	2	2015	2019	(1)
Alfredo Aguilar Elguezabal	Inv. Titular C	15983	3	2015	2019	(2)
*LGAC: Líneas de generación y aplicación del conocimiento: (1) Nanomateriales, (2) Nanocompuestos y (3) Simulación Computacional						

12. Infraestructura y Facilidades

El Programa de Doctorado en Nanociencias y Nanotecnología ofrece acceso a laboratorios de clase mundial e instalaciones de vanguardia como nuestro propio Laboratorio Nacional de Nanotecnología el cual fue creado en el año 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.

El CIMAV cuenta con infraestructura de frontera distribuida en 18 laboratorios en tres áreas: física, química y ambiental.

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 principal infraestructura y equipos que soportaran al posgrado son los considerados en el rubro de equipos de vanguardia incluyendo los siguientes

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 NanoSEM 200
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
8. Microscopio de fuerza atómica Veeco spm MultiMode
9. Sistema Tribo-nanoindentador TI 950 Hysitron

10. Microscopio confocal Raman HORIBA LabRAM HR Evolution, UV-Vis-IR, equipado con AFM y 4 láser: 405, 532, 633 y 785 nm

13. Evaluación Curricular del Programa

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 Estudios de Posgrado convocará pasados dos años de la Evaluación realizada por el PNPC a integrar una Comisión de Evaluación Curricular, en las que participarán profesores y asesores de otras instituciones y alguno de los alumnos egresados.

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) Operación y ejecución de la metodología educativa, en lo particular de la relacionada con la práctica investigativa.
- (g) Vigencia y actualización de las líneas de investigación.

ANEXO I.

1. Puntos que debe incluir el Protocolo de Investigación

Resumen de los puntos que debe contener el documento escrito del protocolo de investigación

1. Portada, la cual incluye logotipo oficial de la institución, nombre del programa, título de la investigación, título y nombre del estudiante, nombres del o los directores de tesis y fecha.
2. Resumen (una página) que incluye: objetivo general, significancia de las contribuciones originales de la investigación a realizar.
3. Revisión de literatura o estado del arte resumido (máximo 3 páginas), que incluye: literatura específica del campo sobre el tema propuesto.
4. Justificación (una página) la cual especifique claramente retos y oportunidades de la investigación a realizar.
5. Objetivos de la investigación (general y específicos), dejando claro el alcanzable del proyecto al término del programa.
6. Metodología de investigación propuesta (~ 8 páginas, incluyendo las figuras), conteniendo el significado de los resultados esperados indicado la utilidad de las técnicas, equipos experimentales o infraestructura a usar (descartar la información del principio y/o funcionamiento de la técnica), amplio diseño de experimentos y/o modelación a realizar, descripción del proyecto propuesto y/o métodos numéricos: relación del programa propuesto con los objetivos de la investigación citados en la búsqueda bibliográfica de impacto y reciente.
7. Declaración clara y concisa de las contribuciones originales a la ciencia y del estudiante.
8. Programación (cronograma detallado) para completar la investigación.
9. Referencias, las cuales deberán ser en su mayoría recientes y directamente relacionadas al tema de investigación.
10. Apéndices