Casa abierta al tiempo
Universidad Autónoma Metropolitana
Azcapotzalco

INFORME DE ACTIVIDADES CORRESPONDIENTE AL AÑO 2019

POSGRADO EN OPTIMIZACIÓN

29 de enero de 2020

Introducción

La optimización es el proceso de encontrar la mejor solución posible para un problema determinado, con base en las condiciones inherentes al mismo. En un problema de optimización existen diferentes soluciones y un criterio para discriminar entre éstas. Los problemas se pueden expresar mediante un modelo matemático que describe el conjunto de posibles soluciones y establece una función de la efectividad de cada una, llamada función objetivo. A partir de este modelo se busca obtener la solución para la cual la función objetivo alcanza su valor máximo o mínimo o en su defecto un valor aceptablemente bueno, de acuerdo con cierto criterio preestablecido. El estudio matemático de los problemas de optimización incluye tanto el estudio de técnicas para encontrar la solución óptima, como de métodos para aproximarse al óptimo, en ambos casos se desea que la solución se obtenga rápidamente, por lo que en una gran cantidad de problemas se debe discriminar entre los diferentes métodos, aquel que garantice las prioridades establecidas. El estudio matemático también debe incluir la obtención de conocimientos referentes a la estructura del conjunto de soluciones y la facilidad que ésta proporciona para asegurar la existencia de algoritmos apropiados a lo que se desea. Finalmente, el estudio de los problemas de optimización debe incluir también el estudio de disciplinas en las que la optimización es fundamental para garantizar su viabilidad. Todos estos elementos están contemplados en los planes y programas de estudio del Posgrado en Optimización.

En el nivel de Maestría, parte del área de aplicación a resultados computacionales que requieren conocimiento en modelación matemática, análisis y desarrollo de algoritmos, implementación de software, ejecución de programas, análisis, validación y visualización de resultados; se enfoca a la integración de conocimientos y metodologías de estas disciplinas y como tal es distinta de cualquiera de ellas, dado que el análisis y las metodologías son especificadas como resultado de la solución de problemas en las áreas mencionadas. La investigación en el nivel de Maestría involucra el conocimiento de las herramientas computacionales y técnicas matemáticas, para una solución efectiva de problemas del mundo real. En este nivel se proporcionan los conocimientos, habilidades y actitudes para identificar, analizar y plantear esquemas de solución a los problemas más importantes relacionados con la optimización, de manera que los egresados puedan formar parte y dirigir grupos de trabajo enfocados a la solución de los problemas,

colaborar en programas de investigación básica y aplicada o continuar con los estudios de doctorado. Asimismo los conocimientos adquiridos permitirán a los egresados insertarse en el mercado laboral público o privado a través de la consultoría y asesoría especializada.

El nivel de Doctorado está orientado a la formación de investigadores capaces de generar conocimiento teórico, utilizar los fundamentos matemáticos y computacionales que les permitan proponer modelos y algoritmos innovadores para resolver problemas de optimización, reconocer los alcances y limitaciones de los mismos e identificar aplicaciones a situaciones reales.

El plan de estudios contempla la integración de un Comité de Estudios, en el cual se dará seguimiento al estado del posgrado y se tomarán las decisiones que permitan su actualización periódica.

1. Planta académica

1.1. Núcleo académico básico

El núcleo académico básico está constituido por 13 profesores activos en investigación en los temas del programa, que garantizan que se cumplen los estándares planteados por el Programa Nacional de Posgrados de Calidad. Los profesores del núcleo básico pertenecen a los Departamentos de Ciencias Básicas, Electrónica y Sistemas y tienen una sólida trayectoria de trabajo colectivo de investigación en las líneas de generación y/o aplicación de Conocimiento siguientes: Heurísticas, Optimización combinatoria y Teoría de algoritmos.

Es política del Posgrado que el núcleo básico esté integrado por los mismos profesores tanto en el nivel de maestría como en el de doctorado, por lo que se busca una buena habilitación en todos los profesores y el apoyo en la organización del Posgrado para obtener esto. Los profesores que integran el núcleo básico en su momento respondieron afirmativamente a la invitación que le presentó el Comité de creación del Posgrado y posteriormente el Comité de estudios a través del Coordinador. El Núcleo académico básico lo formaron los profesores que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Núcleo académico básico del Posgrado en Optimización (nivel maestría y nivel doctorado) registrado ante el CONACYT

Nombre del profesor (a)	Adscripción	Reconocimientos (SNI, PROMEP, Academias)
Aguilar Zavoznik, Alejandro	Departamento de Ciencias Básicas, UAM-A	PRODEP (2013-2014)
Castro Campos, Rodrigo Alexander	Departamento de Sistemas, UAM-A	SNI C (2019-2021)
Chávez Lomelí, Laura Elena	Departamento de Ciencias Básicas, UAM-A	PRODEP (201-2014)
González Pérez, Pedro Pablo	Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistmas, UAM-C	SNI I (2018-2021) PRODEP (2015-2018)
Heredia Velasco, Marco Antonio	Departamento de Sistemas, UAM-A	SNI I (2018-2021) PRODEP (2018-2021)
Laureano Cruces, Ana Lilia Concepción	Departamento de Sistemas, UAM-A	SNI II (2018-2022) PRODEP (2015-2021)
López Bracho, Rafael	Departamento de Sistemas, UAM-A	PRODEP (2015-2021) SMM (Desde 1986)
Mora Torres, Martha	Departamento de Sistemas, UAM-A	PRODEP (2017-2020)
Ponsich, Antonin Sebastien	Departamento de Sistemas, UAM-A	SNI 1 (2018-2021) PRODEP (2017-2020)
Ramírez Rodríguez, Javier	Departamento de Sistemas, UAM-A	SNI 1 (2017-2020) PRODEP (2015-2021) SMIO
Rodríguez Martínez, Eduardo	Departamento de Electrónica, UAM-A	SNI 1 (2017-2019) PRODEP (2018-2021) IEEE (Desde 2009)
Rodríguez Sánchez, María Guadalupe	Departamento de Ciencias Básicas, UAM-A	PRODEP (2017-2020)
Zaragoza Martínez, Francisco Javier	Departamento de Sistemas, UAM-A	SNI 1 (2019-2022) PRODEP (2015-2021) CMIAC (Vicepresidente)

- SMM: Sociedad Matemática Mexicana; IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers; CMIAC: Comité Mexicano de Informática A.C; SMIO: Sociedad Mexicana de Investigación de Operaciones.

1.2. Líneas de generación y/o aplicación del conocimiento

La investigación en el Posgrado en Optimización involucra el conocimiento de herramientas computacionales y técnicas matemáticas, para una solución

efectiva de problemas del mundo real. El Posgrado proporciona los conocimientos, habilidades y actitudes para identificar, analizar y plantear esquemas de solución a los problemas más importantes relacionados con la optimización, de manera que los egresados puedan formar parte y dirigir grupos de trabajo enfocados a la solución de los problemas. Asimismo, los conocimientos adquiridos permitirán a los egresados insertarse en el mercado laboral público o privado a través de la consultoría y asesoría especializada.

El Posgrado en Optimización cuenta con tres líneas de generación y aplicación del conocimiento (LGAC), las cuales se detallan a continuación:

Nombre de la LGAC:	**Optimización Combinatoria**
Descripción:	Área de investigación en el campo de las matemáticas aplicadas que combina técnicas de la combinatoria, la combinatoria algebraica, la teoría de gráficas, la teoría de matroides, la programación lineal, la programación entera, la programación matemática y la teoría de algoritmos para resolver problemas de optimización sobre estructuras discretas.
Justificación:	Los problemas en optimización matemática se pueden dividir en dos grandes categorías: los que tienen variables continuas, donde la solución está dada por un vector de números reales; y los que tienen variables discretas, también conocidos como problemas combinatorios, donde la solución es un objeto de un conjunto numerable finito o infinito (e.g. un entero, un conjunto de enteros, una permutación, o una gráfica). Encontrar la solución a problemas combinatorios es todo un reto, ya que su región factible no es un conjunto convexo, sino una malla de puntos factibles o, en el caso de programas enteros mixtos, un conjunto de polítopos disjuntos. Esta característica genera muchos óptimos locales, los cuales deben ser descartados mediante técnicas diferentes al cálculo convencional. Los métodos y técnicas para resolver problemas de optimización combinatoria de gran tamaño han mejorado dramáticamente en la última década, apoyados en gran medida por la disponibilidad de lenguajes de alto nivel, y por la vertiginosa evolución algorítmica y de hardware, por lo que la demanda de herramientas de optimización también ha crecido.
Objetivos:	- Buscar nuevos modelos para problemas de optimización combinatoria que permitan acelerar su resolución.

	- Diseñar estrategias que permitan identificar fácilmente el conjunto irreductible de restricciones o el conjunto de restricciones redundantes en un modelo combinatorio. - Desarrollar técnicas para la solución de problemas combinatorios que aprovechen las fortalezas de los métodos de solución enumerativos, de descomposición, de relajación lagrangeana, y los algoritmos de corte basados en combinatoria poliédrica.

Nombre de la LGAC:	**Teoría de Algoritmos**
Descripción:	Área de investigación en el campo de las ciencias de la computación que abarca desde el análisis, diseño e implementación de algoritmos tradicionales (según el modelo de Von Neumman), hasta el análisis, diseño e implementación de algoritmos no tradicionales (tales como los paralelos, concurrentes, distribuidos, heurísticos, estocásticos y de aproximación).
Justificación:	El análisis y diseño de algoritmos es de suma importancia para encontrar de la manera más eficiente la solución a problemas de optimización. Comúnmente, los algoritmos son implementados en programas computacionales escritos en lenguajes de programación de alto nivel. La medida de eficiencia de dichos programas usualmente es proporcional al tiempo que tardan en producir la salida correcta dada una entrada. Existen muchos problemas de optimización para los cuales no se conocen algoritmos eficientes para encontrar la solución óptima, como aquellos que pertenecen a la clase de problemas NP-completos. Dichos problemas también tienen la característica de que, si se logra encontrar un algoritmo que le dé solución a alguno de ellos en tiempo polinomial, entonces todos los problemas en la categoría NP también podrían resolverse en tiempo polinomial. Otro punto de interés para la teoría de algoritmos es estudiar como cambia la dificultad de un problema si lo modificamos ligeramente. Por ejemplo, determinar si una gráfica es 2-coloreable pertenece a la clase de problemas P (problemas de decisión que puede resolverse en tiempo polinomial) mientras que determinar si una gráfica es 3-coloreable pertenece a la clase de problemas NP-completos.
Objetivos:	- Implementar estrategias computacionales para acelerar los algoritmos de programación combinatoria y de programación lineal tradicionales. - Aplicar técnicas tales como divide y vencerás, programación , algoritmos glotones y algoritmos de aproximación en la

	resolución de problemas relevantes tanto en la teoría como en la práctica (especialmente en los sectores productivos y de servicios) que redunden en un beneficio para la sociedad.

Nombre de la LGAC:	**Heurísticas**
Descripción:	Área de investigación en el campo de la optimización combinatoria y la computación. En este contexto, una heurística es una técnica que busca soluciones cercanas al óptimo a un costo computacional razonable, aún si no es capaz de garantizar optimalidad o si no es posible decir qué tan cerca se está de la solución óptima. Los métodos heurísticos se están usando con éxito en modelos de representación del conocimiento, problemas de planificación, agentes y autómatas celulares, además de en multitud de problemas que pertenecen a la clase NP-completo.
Justificación:	Para los problemas de optimización que se desprenden de situaciones del mundo real y que han demostrados ser muy complejos de resolver de forma exacta (ya sea porque no se conocen algoritmos exactos o porque estos algoritmos resultan ser excesivamente lentos), es mejor tener una buena solución que ninguna solución.
Objetivos:	- Aplicar heurísticas en problemas de optimización clásicos con el fin de analizar su comportamiento y develar la auténtica mecánica detrás de su funcionamiento. - Desarrollar pruebas estadísticas para cada uno de los componentes y parámetros de las heurísticas clásicas, que permitan conocer cuáles realmente contribuyen a mejorar su desempeño. - Proponer heurísticas novedosas que funcionen bajo mecánicas claramente distintas a las heurísticas ya conocidas.

Todos los integrantes del núcleo académico participan en al menos dos de las LGAC consideradas, ya que el trabajo de investigación que se realiza requiere tener una formación sólida en la Teoría de algoritmos y la posibilidad de aplicar algoritmos exactos, algoritmos de aproximación o métodos heurísticos en la solución de problemas de optimización, en los cuales el conocimiento algorítmico es fundamental para aprovechar adecuadamente los recursos computacionales disponibles, además, poder determinar la estructura combinatoria de un problema resulta fundamental para estos estudios. Sin embargo, se ha seleccionado como principal aquélla en la que se destaca una

mayor participación. La Tabla 2 detalla la conformación de cada una de las LGAC, dando el nombre del profesor así como las áreas del conocimiento que maneja.

Tabla 2. Integrantes del núcleo académico básico del Posgrado en Optimización. Líneas de generación y aplicación del conocimiento (LGAC) que cultivan.

Nombre de la LGAC:	**Optimización Combinatoria**
Profesor	**Áreas del conocimiento**
Francisco Javier Zaragoza Martínez	Programación matemática; optimización combinatoria; optimización en redes; algoritmos de aproximación.
Laura Elena Chávez Lomelí	Matroides; polimatroides; teoría de gráficas; optimización en redes.
Marco Antonio Heredia Velasco	Geometría computacional; análisis y diseño de algoritmos; optimización combinatoria; teoría de gráficas.
María Guadalupe Rodríguez Sánchez	Matroides; deltamatroides; graficas de listones; teoría de gráficas.
Rodrigo Alexander Castro Campos	Programación matemática; computación simbólica; computo de alto rendimiento.

Nombre de la LGAC:	**Teoría de algoritmos**
Profesor	**Áreas del conocimiento**
Alejandro Aguilar Zavoznik	Álgebra y teoría de números; campos cuadráticos; polinomios de Euler; programación no lineal.
Eduardo Rodríguez Martínez	Reconocimiento de patrones; clasificación y agrupamiento; reducción de dimensiones mediante mapas proyectivos; algoritmos evolutivos.
Javier Ramírez Rodríguez	Investigación de operaciones; variantes del problema de rutas vehiculares; computación suave; teoría de gráficas.
Rafael López Bracho	Investigación de operaciones; variantes del problema de rutas vehiculares; variantes del problema de asignación de horarios; teoría de gráficas.

Nombre de la LGAC:	**Heurísticas**
Profesor	**Áreas del conocimiento**
Ana Lilia Concepción Laureano Cruces	Sistemas expertos; sistemas inteligentes aplicados al proceso de enseñanza-aprendizaje; computación afectiva; emociones cognitivas; agentes reactivos; agentes pedagógicos; arquitectura multi-agente; análisis

	conductual; control adaptativo; ingeniería cognitiva; representación del conocimiento; consciencia artificial
Antonin Sebastien Ponsich	Optimización multiobjetivo; algoritmos evolutivos; inteligencia colectiva; síntesis y diseño de procesos.
Martha Mora Torres	Representación del conocimiento; sistemas inteligentes; computación afectiva.
Pedro Pablo González Pérez	Inteligencia artificial; sistemas expertos; bioinformática; sistemas bioinspirados; arquitecturas multi-agente.

Además de los profesores del núcleo básico, el posgrado cuenta con la participación de otros profesores, quienes apoyan las actividades docentes y las de seguimiento y dirección de los proyectos de investigación (Tablas 3 y 4).

Tabla 3. Profesores que participaron en el Posgrado en Optimización (nivel maestría) en el año 2019, pero que no forman parte del núcleo académico básico

Nombre del profesor (a)	Adscripción
Alvarado Nava, Oscar	Departamento de Electrónica
Sagols Troncoso, Feliú Davino	Departamento de Matemáticas, CINVESTAV
Gitler Goldwain, Isidoro	Departamento de Matemáticas, CINVESTAV
López Jaimes, Antonio	Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistemas, UAM-C

Tabla 4. Profesores que participaron en el Posgrado en Optimización (nivel doctorado) en el año 2019, pero que no forman parte del núcleo académico básico

Nombre del profesor (a)	Adscripción
Gitler Goldwain, Isidoro	Departamento de Matemáticas, CINVESTAV
Ramírez Nafarrete, Adrián	Departamento de Ingeniería Industrial y Operaciones, ITAM

Las actividades docentes incluyen la impartición de UEA del Posgrado del tipo tutorial y no tutorial. Las primeras corresponden a los proyectos de investigación y los seminarios, mientras que las segundas se refieren a cursos presenciales.

En 2013 el Comité de estudios aprobó una programación anual de las UEA no tutoriales, lo cual permite asegurar que las UEA optativas se impartirán una vez al año y las UEA obligatorias una o dos veces al año, según los resultados del proceso de admisión. El proceso de huelga, así como la disminución en la demanda en el proceso de ingreso al Posgrado ha afectado seriamente la planeación anual, a tal grado que algunas UEA no se abrieron en 2019. La siguiente admisión para el programa de maestría se planea para el trimestre 2020 Primavera, por lo que la Tabla 6 muestra la programación anual de UEA no tutoriales del programa de maestría para el año 2020.

Tabla 6. Programación anual de UEA no tutoriales de la Maestría en Optimización

UEA	Tipo	Perfil curricular	Trimestre de impartición
1158063 Programación Matemática	Obligatoria	Algoritmos exactos	Primavera
1158064 Métodos de Búsqueda Dirigida	Obligatoria	Métodos Heurísticos	Primavera
1158065 Laboratorio de Optimización	Obligatoria	General	Primavera
1158066 Programación Lineal	Obligatoria	Algoritmos exactos	Otoño
1158067 Programación no Lineal	Optativa	Algoritmos exactos	Otoño
1158068 Programación Entera	Optativa	Algoritmos exactos	Invierno
1158069 Teoría de Gráficas	Optativa	Algoritmos exactos	Invierno
1158070 Optimización en Redes	Optativa	Algoritmos exactos	Invierno
1158071 Algoritmos de Búsqueda Local	Optativa	Métodos Heurísticos	Otoño
1158072 Algoritmos Evolutivos	Obligatoria	Métodos Heurísticos	Otoño
1158073 Ingeniería Cognitiva	Optativa	Métodos Heurísticos	Primavera
1158074 Optimización Multiobjetivo	Optativa	Métodos Heurísticos	Invierno
1158075 Clasificación y Agrupamiento	Optativa	Métodos Heurísticos	Otoño

En la impartición de las UEA se están asignando de 1 a 2 profesores, para integrar a todos los profesores del núcleo básico a la actividad docente y

equilibrar la impartición de licenciatura y docencia de todos ellos. En la dirección de tesis se está procurando que cada proyecto tenga dos asesores, para hacer que el Posgrado incida en la formación en dirección de investigación de los profesores del posgrado que tengan poca experiencia en esta actividad.

2. Alumnos asociados al posgrado

El Posgrado tuvo en el año 2019 dos procesos de admisión para ambos niveles. El primer proceso de admisión abarco del 3 de diciembre de 2018 al 6 de septiembre de 2019, cuyo inicio de cursos se planeo para el 9 de septiembre de 2019; en este proceso participaron cinco aspirantes para el nivel de maestría y ninguno para el nivel de doctorado. De los cinco aspirantes para el nivel de maestría, solo hubo un aspirante aceptado, a quien, por sugerencia de la Dirección de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería, se le dio la opción de postergar su ingreso para el trimestre 2019 Otoño en lugar del trimestre 2019 Primavera. El aspirante accedió a postergar su ingreso, sin embargo por razones personales decidió a ultimo minuto no inscribirse. El segundo proceso abarco del 22 de julio de 2019 al 11 de diciembre de 2019; en este proceso participaron cinco aspirantes para el nivel de maestría y uno para el nivel de doctorado. Del total de aspirantes para el nivel de maestría, se aceptaron a dos, mientras que en el nivel de doctorado se aceptó al único aspirante. Uno de los aceptados del nivel de maestría decidió no inscribirse por motivos de salud, mientras que el segundo decidió tramitar su baja definitiva del posgrado en la segunda semana del trimestre 2019 Otoño. El alumno de doctorado progresa de acuerdo al plan de estudios.

Tabla 7. Relación de aspirantes admitidos en el año 2019

Plan de estudios	Nombre del aspirante	Nacionalidad	Evaluaciones aplicadas	Resultado del proceso
Posgrado en Optimización (nivel Maestría)	Celene Dorali Alfaro Quintero	Mexicana	Revisión curricular y examen de conocimientos	Trimestre 19I
Posgrado en Optimización (nivel Maestría)	Brenda Daniela Martínez Reyes	Mexicana	Revisión curricular y examen de conocimientos	Trimestre 19P
Posgrado en Optimización (nivel Maestría)	Yesica Reséndiz Torres	Mexicana	Revisión curricular y examen de conocimientos	Trimestre 19P

Plan de estudios	Nombre del aspirante	Nacionalidad	Evaluaciones aplicadas	Resultado del proceso
Posgrado en Optimización (nivel Doctorado)	Felix Antonio Centeno Salas	Mexicana	Revisión curricular y examen de conocimientos	Trimestre 19P

Al concluir el trimestre 19O, el Posgrado habrá completado 23 trimestres en el nivel de maestría y 19 en el nivel de doctorado. Durante el año 2019 hubo 11 alumnos activos en el nivel de maestría y 2 en el nivel de doctorado. No se reportan graduaciones en ningún nivel en 2019.

Se considera que una parte importante en la formación de los alumnos radica en la asistencia y presentación de resultados de sus investigaciones en eventos especializados, así como las estancias de movilidad. En 2019 se reportan cinco acciones de movilidad: cuatro alumnos asistieron a la "Primer Escuela AME: Ciencia de Datos" realizada en la torre de ingeniería de la UNAM; un alumno asistió al "Seminario interinstitucional de matrices aleatorias: Probabilidad libre y probabilidad no conmutativa" realizado en el CIMAT-Guanajuato.

2.1. Publicaciones de los alumnos del posgrado con sus directores de tesis

- Oliver Cuate, Lourdes Uribe, ***Antonin Ponsich***, Adriana Lara, Fernanda Beltran, ***Alberto Rodríguez Sánchez***. (2019). A new hybrid metaheuristic for equality constrained bi-objective optimization problems. In: Deb K. et al (eds) Evolutionary Multi-Criterion Optimization. EMO 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol. 11411. Springer, Cham.
- ***Alberto Rodríguez Sánchez***, ***Antonin Ponsich***, Antonio López Jaimes, Saúl Zapotecas Martínez. (2019). A parallel Tabú search heuristic to approximate uniform designs for reference set based MOEAs. In: Deb K. et al (eds) Evolutionary Multi-Criterion Optimization. EMO 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol. 11411. Springer, Cham.

2.2. Premios y reconocimientos

1. El exalumno de la maestría Ángel David Téllez Macías recibió la Mención Académica 2019.

2.3. Tutorías

Dado que por el momento no hay alumnos a los cuales no se les haya asignado un tema de Idónea Comunicación de Resultados (ICR) o tesis, el seguimiento académico de cada alumno recae principalmente en su director de tesis, en colaboración con los Comités de Seguimiento Académico (CSA). En las Tabla 8 y 9 se detalla la conformación de los CSA para cada una de las ICR o tesis de los alumnos activos en el posgrado.

Tabla 8. Comités de seguimiento de los proyectos de tesis desarrollados durante el año 2019 en el nivel de maestría

Nombre del alumno (a)	Título del proyecto de investigación	Asesor(es)	Comité de seguimiento del proyecto	Período de realización del proyecto
Arzate Flores, Daniel (2183803029)	Programación de trabajos en el área de capitoneado en una empresa de colchones	Ramírez Rodríguez, Javier Laureano Cruces, Ana Lilia	Por asignar	
Frausto Tamayo, Diego Leonardo (2183803047)	Transformaciones Δ-Y en redes	Rodríguez Sánchez, Ma. Guadalupe Gitler Goldwain, Isidoro	Por asignar	
Enriquez Michel, Renato (2181800217)	Sistemas de ternas de Steiner con el máximo número de cuadriláteros	Rodríguez Sánchez, Ma. Guadalupe Sagols Troncoso, Feliú Davino	Por asignar	
Mendieta Robles, Carlos Aurelio (2173803008)	Planeación de rutas de distribución óptimas con abastecimiento de combustible	Zaragoza Martínez, Francisco Javier Castro Campos, Rodrigo Alexander	Por asignar	

Nombre del alumno (a)	Título del proyecto de investigación	Asesor(es)	Comité de seguimiento del proyecto	Período de realización del proyecto
Pérez Pérez, Cristian (2173803035)	Retiro de una bomba mediante la colaboración de robots	Chávez Lomelí, Laura Elena Heredia Velasco, Marco Antonio	Por asignar	
Mancilla Loeza, Juan Francisco (2173802887)	Diseño de filtros digitales mediante optimización	Rodríguez Martínez, Eduardo	Castro Campos, Rodrigo Alexander Ramírez Rodríguez, Javier Mora Torres, Martha	01/07/2019
Romero Nájera, Diana Karina (2173803044)	Planeación de evaluaciones de recuperación en la Universidad Autónoma Metropolitana	Zaragoza Martínez, Francisco Javier Castro Campos, Rodrigo Alexander	Rodríguez Sánchez, Ma. Guadalupe Chávez Lomelí, Laura Elena López Bracho, Rafael	01/07/2019 a
Ávila Campos, Stephanie Pamela (2163805812)	Algoritmos metaheurísticos aplicados a una transformada fractal en imágenes	Rodríguez Martínez, Eduardo Alvarado Nava, Óscar	Heredia Velasco, Marco Antonio Ramírez Rodríguez, Javier Villegas Cortés, Juan	18/06/2018 a
Picazo Estrada, Leopoldo Arturo (2163805849)	Diversificación de rutas del metro	Chávez Lomelí, Laura Elena Heredia Velasco, Marco Antonio	López Bracho, Rafael Castro Campos, Rodrigo Alexander Peláez Valdéz, Canek	18/06/2018 a
Noguez Moreno, Christian Lizbeth (2163805830)	Análisis envolvente de datos para	Rincón García, Eric Alfredo	Gutiérrez Andrade, Miguel Ángel	23/05/2018 a

Nombre del alumno (a)	Título del proyecto de investigación	Asesor(es)	Comité de seguimiento del proyecto	Período de realización del proyecto
	calcular eficiencia de universidades mexicanas	Mora Gutiérrez, Román Anselmo	López Zárate, Romualdo Ponsich, Antonin	
Rodríguez Sánchez, Alberto (2161801914)	Preservación de la diversidad y manejo de los puntos de referencia en algoritmos evolutivos multiobjetivo	Ponsich, Antonin Sébastien López Jaimes, Antonio	Zapotecas Martínez, Saúl García Nájera, Abel Rincón García, Eric Alfredo	23/05/2018 a

Tabla 8. Comités de seguimiento de los proyectos de tesis desarrollados durante el año 2019 en el nivel de doctorado

Nombre del alumno (a)	Título del proyecto de investigación	Asesor(es)	Comité de seguimiento del proyecto	Período de realización del proyecto
Centeno Salas, Félix Antonio	Optimización de un problema inverso para el estudio de la anisotropía eléctrica a partir de las respuestas magnetotelúricas	Rodríguez Martínez, Eduardo Escarela Pérez, Rafael	Por asignar	
Gómez Márquez Héctor Ricardo	Estudio de problemas de optimización en un sistema de bicicletas compartidas	López Bracho Rafael, Ramírez Nafarrete Adrián	Ramírez Rodríguez Javier Pérez Rodríguez Ricardo Moncayo Martínez Luis Antonio	18/09/2016 a
Rodríguez Martínez José de Jesús	Interacción de grafos con delta-matroides	Rodríguez Sánchez María Guadalupe	Chávez Lomelí, Laura Elena Luviano Flores Johana Merino Criel	23/05/2018 a

		Gitler Goldwain Isidoro	Reyes Espinosa Enrique	

2.4. Becas

El programa establece que todos los alumnos deben ser de tiempo completo, la disciplina y el intercambio de avance académico que se obtiene al participar en el Seminario del posgrado requiere esta dedicación. Es posible que se realice alguna actividad de investigación en algún otro sitio si así se requiere, en cuyo caso la permanencia en la institución sería menor, pero no la dedicación al posgrado. Durante el año 2019, el 63% de los alumnos del nivel de maestría y el 67% de los alumnos de doctorado contaban con beca del CONACYT.

Tabla 9. Cantidad de alumnos que contaron con beca del CONACYT

Trimestre	19I	19P	19O
Maestría	7	7	7
Doctorado	2	2	3
Total	9	9	10

3. Revisión y actualización del plan de estudios

El Comité de estudios del Posgrado en Optimización es responsable de la revisión y actualización del plan de estudios, así como de la admisión y seguimiento de los alumnos del Posgrado. El Comité de estudios del Posgrado en Optimización contó con la participación de cinco integrantes durante 2019, todos profesores de tiempo completo, pertenecientes a los departamentos de Ciencias Básicas, Electrónica, y Sistemas de la UAM, Azcapotzalco.

Durante el 2019 se estuvo trabajando en la revisión del plan de estudios para elaborar la autoevaluación, el análisis de fortalezas y debilidades, así como el plan de mejora requerido por la solicitud de renovación de la pertinencia al Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC).

Una de las áreas de mejora identificadas es la inclusión de los programas de movilidad estudiantil tanto nacional como internacional en el plan de estudios. Si bien actualmente existen UEA cuyo objetivo es recibir créditos resultantes

de acciones de movilidad, no es un requisito obligatorio para la obtención del grado. Con el creciente interés del Consejo Nacional de Posgrado de evaluar el impacto de la movilidad en el desarrollo de los programas de posgrado, se vuelve necesario contar con el mayor número de acciones de movilidad, por lo que una posible estrategia es otorgar el carácter de obligatorio en el plan de estudios a las UEA de movilidad estudiantil.

Tabla 10. Relación de profesores que integraron el Comité de estudios en 2018

Nombre del profesor (a)	Departamento	Acuerdo Consejo Divisional	Fecha de aprobación
Rodríguez Martínez, Eduardo	Electrónica	(Coordinador)	11/12/2018-
Heredia Velasco Marco Antonio	Sistemas	558.4.1	07/05/2015
Castro Campos Rodrigo Alexander	Sistemas	605.5.2	15/10/2018-
Chávez Lomelí Laura Elena	Ciencias Básicas	605.5.2	15/10/2018-
Mora Torres Martha	Sistemas	605.5.2	15/10/2018-

3.1. Proceso de enseñanza-aprendizaje

El plan de estudios contempla en el nivel de maestría dos modalidades de opción curricular, a los cuales pueden optar los alumnos con entera libertad, el primero con mayor énfasis en la investigación y menos cursos, de los cuales sólo el 40% son obligatorios, el resto son optativos con opción de movilidad, y las demás actividades incluyen seminarios y proyecto de investigación. La segunda opción incluye más cursos, de los cuales sólo el 27% son obligatorios, el resto son optativos con opción de movilidad, más los seminarios de investigación. En el nivel de doctorado hay una sola modalidad de opción curricular, con énfasis en la investigación y cursos complementarios para fortalecer el conocimiento requerido en el tema objeto del trabajo de investigación, los cursos son optativos con opción de movilidad. Todos los programas sinópticos incluyen las modalidades de evaluación y existe un Comité de Estudios que asigna tutor a cada uno de los alumnos. El Comité de Estudios hace seguimiento del desarrollo del Posgrado y promueve los cambios que se requieren para una correcta aplicación del proceso de enseñanza-aprendizaje. El Comité de Estudios asigna Comités de Seguimiento Académico a los proyectos de investigación, tanto en el nivel de maestría, como en el nivel de doctorado. En el nivel de doctorado la

asignación se realiza posterior a la ratificación del proyecto, a partir de que el alumno apruebe el examen predoctoral.

3.2. Proceso de admisión

El proceso de admisión es responsabilidad del Comité de estudios del posgrado, el cual sigue el procedimiento establecido en el plan de estudios, con un criterio de selección de estudiantes muy preciso y riguroso, y hecho público en la página del Posgrado. Se aplica en varias etapas que incluyen la revisión de documentos probatorios, un examen de conocimientos y entrevista. Los planes de estudio de las licenciaturas de ingeniería de la División de CBI incluyen varias asignaturas de temas selectos, las cuales pueden programarse para estudiar temas relacionados con las disciplinas propias del Posgrado y ayudar a los alumnos en la preparación de su examen de admisión al Posgrado.

3.3. Trayectoria escolar

La Universidad tiene mecanismos de seguimiento de la trayectoria escolar de sus alumnos de posgrado. El programa del Posgrado establece la asignación de tutores para todos los alumnos desde el ingreso, quienes están al pendiente de su buen desempeño y les brindan orientación en la selección de las UEA a cursar y la realización de otras actividades. La Coordinación del Posgrado lleva un seguimiento puntual del desempeño de los alumnos del Posgrado, el cual se actualiza cada trimestre en la plataforma del CONACYT destinada para ello.

Una vez asignado tema de la Idónea Comunicación de Resultados (ICR) o de la tesis, el Comité de Estudios asigna a cada alumno un Comité de Seguimiento Académico (CSA), el cual tiene por objetivo primordial el seguimiento de los avances en el tema de investigación correspondiente, a través de la evaluación de las presentaciones y de los documentos asociados a los avances de la ICR o de la tesis dentro de los seminarios en los que se encuentre inscrito el alumno. Los CSA estarán constituidos por al menos tres miembros del núcleo académico básico, preferentemente externos al Comité de Estudios, o de profesores externos al programa

3.4. Seguimiento de egresados

El principal mecanismo de seguimiento de egresados es el "Estudio sobre la ubicación y trayectoria profesional de los egresados del Posgrado en Optimización" elaborado por la Oficina de Egresados y Bolsa de Trabajo de Rectoría General. Dicho informe se elabora periódicamente, previo a los trabajos derivados de la solicitud de renovación de pertinencia al PNPC. Dicho estudio arroja datos interesantes como por ejemplo: se sabe que el 14.3% de los egresados del nivel de maestría se encuentra inscritos en un programa de doctorado; con relación al sector en que laboran, destaca en primer lugar el sector educativo (36.4%), seguido del sector de servicios bancarios (18.2%), profesionales y técnicos (18.2%), y por último los sectores de transporte y comunicaciones (9.1%), de la industria de la construcción (9.1%) y otros servicios de gobierno (9.1%); en cuanto a la experiencia profesional en investigación, el 50% de los egresados ha participado en proyectos de investigación en las áreas de ingeniería e industria, físico-matemáticas y ciencias de la tierra, y en áreas relacionadas con medicina y salud.

En el caso del nivel de doctorado, hasta el momento las generaciones 13O y 15I son las que reportan egresados los cuales suman un total de tres. De estos uno fue contratado por la empresa Amazon Web Services, otro por el Centro de Investigación en Matemáticas, y uno más por la Universidad Autónoma Metropolitana. En cuanto a la experiencia profesional en investigación, solo el 33.3% de los egresados ha participado en proyectos de investigación en el área de física, matemáticas y ciencias de la tierra. Cabe resaltar que, de los tres egresados, dos pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores. Respecto a la formación de recursos humanos especializados, los tres egresados han participado en la dirección de tesis profesionales a nivel maestría y licenciatura.

Una alternativa que se esta madurando al interior del Posgrado es la realización de encuentros de egresados en el marco del Coloquio del Posgrado en Optimización, el cual se realiza al finalizar cada trimestre. Dicho encuentro propiciaría una interacción entre los alumnos, egresados y profesores de forma que incentivaría proyectos de colaboración con los sectores productivos de la sociedad. Otra ventaja de dichos encuentros sería la promoción de los sectores productivos que contratan a los egresados.

3.5. Efectividad del posgrado

Hasta el momento todas las generaciones de maestría y de doctorado habían cumplido con los parámetros del PNPC del CONACYT, como se muestra en la Tabla 11. Sin embargo, la generación 2016 presenta rezagos importantes, ya que de los ocho alumnos que conforman la generación, solo dos se graduaron en tiempo y forma con forme los indicadores CONACYT. De los seis alumnos restantes, cuatro no se han inscrito en el último año, mientras que dos se inscribieron en blanco al trimestre Otoño 2019. Los alumnos de las generaciones 17O, 18I y 18O progresan de acuerdo al plan de estudios, y se espera que se gradúen todos durante el año 2020.

Tabla 11. Eficiencia terminal del posgrado a nivel maestría. El campo Eficiencia muestra el porcentaje de graduados por generación dentro de los índices estipulados por el PNPC.

Generación	Inicio	Ingresos	Graduados			Eficiencia	Tiempo promedio (años)
			En tiempo	Fuera de tiempo	Totales		
12P	07/05/2012	1	1	0	1	100%	1.75
12O	10/09/2012	3	2	1	3	66.7%	2.53
13O	26/08/2013	4	2	1	3	50.0%	2.53
14O	08/09/2014	3	1	1	2	33.3%	2.58
15I	19/01/2015	2	0	2	2	0%	2.87
15O	17/09/2015	3	1	2	3	33.3%	2.28
16I	18/01/2016	3	0	0	0	0%	NA
16O	12/09/2016	5	2	0	2	40%	2.25
17O	11/09/2017	4	--	--	--	--	--
18I	15/01/2018	1	--	--	--	--	--
18O	17/09/2018	2	--	--	--	--	--

En cuanto a la eficiencia terminal del nivel de doctorado, hasta el momento se reporta un 66% de graduados dentro de los índices de calidad del PNPC, con un tiempo promedio de obtención del grado de 3.77 años. La tasa de graduación (en tiempo y fuera de tiempo) para las dos primeras generaciones es del 100%. El seguimiento académico realizado a la tercera generación indica que es probable que ambos alumnos obtengan el grado antes de marzo del 2020, lo que incrementaría la eficiencia terminal a 80%, considerando las tres generaciones del nivel de doctorado.

Tabla 12. Eficiencia terminal del posgrado a nivel doctorado. El campo Eficiencia muestra el porcentaje de graduados por generación dentro de los índices estipulados por el PNPC.

Generación	Inicio	Ingresos	Graduados			Eficiencia	Tiempo promedio (años)
			En tiempo	Fuera de tiempo	Totales		
13O	26/08/2013	2	1	1	2	50%	3.95
15I	19/01/2015	1	1	0	1	100%	3.42
16O	12/09/2016	2	--	--	--	--	--
19O	16/12/2019	1	--	--	--	--	--

4. Infraestructura

4.1. Espacios y equipamiento

El posgrado en Optimización requiere espacios que consisten en aulas, cubículos o salas para estancia de trabajo de los alumnos y espacios con equipo de cómputo. Las aulas en la división de CBI de la Unidad Azcapotzalco son compartidas entre posgrado y licenciatura. Para la optimización de estos espacios lo más conveniente es compartirlas, pero es indispensable tenerlas en buenas condiciones de funcionamiento y confort. Todos los profesores del núcleo básico cuentan con espacios y equipos adecuados para tener condiciones satisfactorias de trabajo. Hasta el momento se ha hecho uso del alúa E312 para impartir todas las UEA del Posgrado, la cual se ha adaptado como un pequeño laboratorio de cómputo con el equipo listado en la Tabla 13.

Tabla 13. Equipo ubicado en el aula E312 perteneciente al Posgrado en Optimización.

7**	Equipo PC DELL Optiplex 755: Procesador Intel Core 2 Quad Q6600 @ 2.4 GHz, 2GB en RAM, Tarjeta de video ATI Radeon HD 2400 PRO con 256 MB, 1 Disco Duro de 250 GB SATA, 8 Puertos USB 2.0, 1 Unidad DVD +/- RW 8x, Tarjeta de audio integrada, Tarjeta de red Broadcom 5752 10/100/1000 Mbps, Teclado USB, Mouse USB y Monitor de 19'' Flat Panel
1	Proyector Sony VPL-CX21 con montura a techo
1	Multifuncional HP LaserJet 3030
1	Frigobar marca Hisence de 3.1 pies cúbicos
1	Router Linksys 2.4 GHz, 54 Mbps

** Todas las PC tienen como sistema operativo Ubuntu Desktop 14.04 LTS

Recientemente, el Área de Investigación en Optimización Combinatoria, del Departamento de Sistemas, a la cual pertenecen ocho de los trece miembros del núcleo básico del Posgrado, ha gestionado un espacio que se adecuó como un laboratorio de cómputo de alto rendimiento. Dicho espacio se identifica como Laboratorio de Optimización G210. Cuenta con 10 clientes ligeros y un servidor de aplicaciones, que también funciona como servidor de nombres y dominio para los clientes ligeros. Los alumnos del Posgrado tienen acceso al G210 para trabajos fuera de clase, avances en sus proyectos de investigación y consulta de material bibliográfico en línea, sin embargo, es necesario que se adapte un espacio como sala de estar de los alumnos.

4.2. Información y documentación

La Unidad Azcapotzalco cuenta con espacios e infraestructura adecuados al buen funcionamiento y atención de las necesidades de sus programas académicos. Las salas de lectura de la biblioteca reúnen condiciones adecuadas de trabajo. El centro de documentación e información es el adecuado para atender las necesidades del Posgrado, cuenta con acervo actualizado y un programa de adquisiciones que atiende directamente las necesidades de los usuarios. Recientemente se ha pedido la colaboración de la Sección de Documentación de la Coordinación de Información para impartir a los alumnos de nuevo ingreso el “Taller de desarrollo de habilidades informativas” con el objetivo de que los alumnos conozcan los recursos electrónicos y servicios adicionales que presta dicha sección.

4.3. Tecnologías de información y comunicación

El Posgrado en Optimización hace uso de los equipos e instalaciones relativas a tecnologías de información y comunicación que ofrece la Coordinación de Servicios de Cómputo de la Unidad Azcapotzalco, a los cuales se suman todos los recursos con que cuenta el Área de Optimización Combinatoria, mas profesores de los departamentos de Ciencias Básicas, Electrónica y Sistemas que colaboran con el posgrado. En general se tiene buen equipamiento en tecnologías de la información y comunicación y se trabaja con software libre o de licencia legal. Mantener tecnológicamente actualizados estos recursos es muy costoso y requiere disponer de muchos recursos económicos, se han conseguido algunos por medio del PRODEP y redes de Cuerpos Académicos.

5. Actividades de promoción y difusión del posgrado

La promoción y difusión del Posgrado en Optimización se realiza principalmente a través de la página de posgrado de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería, en la dirección http://posgradoscbi.azc.uam.mx/ Otras vías para la promoción es la impresión de folletos que se reparten a quién solicita información, además en la participación en eventos académicos a los que acuden los profesores del núcleo básico. Se han utilizado las vías de internet para, a través de redes académicas, hacer también la difusión.

Como actividades más específicas, la Universidad y el CONACYT realizan promoción de los posgrados en ferias organizadas para tal fin. La convocatoria anual de ingreso se difunde en la página de la Sociedad Mexicana de Investigación de Operaciones, en el Congreso Anual de la Sociedad Matemática Mexicana, y en otros eventos a los que asisten miembros del núcleo académico del Posgrado.

El Área de Optimización Combinatoria, principal aportadora de profesores al núcleo básico del Posgrado, organiza cada año en la Unidad Azcapotzalco el concurso de programación de la ACM, y posteriormente apoya y entrena a los equipos ganadores para participar en los concursos nacionales. El Área ofrece a los alumnos de licenciatura la posibilidad de participar en actividades de investigación, ya sea incorporándose a los proyectos de investigación o realizando sus proyectos terminales en temas de optimización propuestos. Las actividades descritas constituyen una promoción directa del Posgrado, al despertar el interés en las actividades y estudios realizados por los alumnos, contribuyendo también en obtener una formación más sólida que les permita realizar con éxito su examen de admisión.

Una idea que se esta madurando al interior del Comité de Estudios es la organización de sesiones de preguntas y respuestas con alumnos de los últimos trimestres de las carreras de Ingeniería en Computación e Ingeniería Industrial con el objetivo de aclarar, en un ambiente informal, los objetivos del Posgrado, el perfil de egreso y el campo laboral de los egresados, así como las temáticas de los proyectos de investigación realizados en el Posgrado.

6. Convenios y proyectos de investigación patrocinados por instancias externas a la UAM

6.1. Vinculación

Actualmente los profesores del núcleo básico del Posgrado en Optimización no cuentan con proyectos de investigación financiados. El Posgrado ha buscado establecer los vínculos necesarios para lograr tener una cooperación estrecha con otros actores de la sociedad. La experiencia actual de los profesores del núcleo básico, en el área de investigación de Optimización Combinatoria ha sido producto de su propio esfuerzo individual y colectivo, logrando hasta ahora algunos resultados interesantes: 1. La organización de los concursos de programación de ACM al interior de la Unidad Azcapotzalco y su participación en los concursos nacionales. 2. El apoyo y orientación para obtener recursos económicos para la asistencia de alumnos de licenciatura a eventos académicos en el área de estudio. 3. La oferta y dirección de proyectos terminales orientados a la aplicación de técnicas de optimización en la solución de problemas industriales y sociales. 4. La invitación sistemática a los alumnos para participar en proyectos de desarrollo de software orientado a atender necesidades de algunos sectores sociales. 5. Impartición esporádica de cursos de especialización a personal del sector gubernamental. Se continuará con estas acciones y se ha buscado el establecimiento formal de proyectos de investigación financiados.

7. Comentarios adicionales y balance general

El Posgrado cuidará la admisión y el seguimiento de los alumnos para garantizar el cumplimiento de los parámetros establecidos. Hasta el momento ha habido un buen desempeño en general. Se debe cuidar especialmente la trascendencia y evolución del posgrado, los aportes al conocimiento en optimización y el financiamiento.

7.1. Trascendencia, cobertura y evolución del programa

A partir de una buena atención en la promoción y los mecanismos de admisión, se ha buscado, a partir del registro de nuevos alumnos, lograr garantizar el cumplimiento de los parámetros establecidos por el Programa Nacional de

Posgrados de CONACYT, tener egresados de calidad y obtener el reconocimiento nacional e internacional del Posgrado.

En las Ilustraciones 1 y 2 se muestra la evolución en la demanda para los dos niveles que se imparten en el Posgrado. En promedio se registran 21 aspirantes por año en el nivel de maestría, de los cuales solo el 21% son admitidos. En el nivel de doctorado se registran en promedio 5 aspirantes por año, de los cuales a lo sumo uno es admitido. Las estrategias consideradas para incrementar la matricula en ambos niveles son: la implementación de un curso propedéutico para preparar a los aspirantes para el examen de conocimientos; ampliar el perfil de ingreso; incrementar el número de créditos en el nivel de doctorado, así como la duración prevista del plan de estudios, para incluir cursos que subsanen las debilidades de los aspirantes admitidos en temas de optimización.

7.2. Contribución al conocimiento

Se tiene experiencia de contribución importante al avance del conocimiento por parte del personal académico del núcleo básico, esta experiencia debe ser aprovechada para transmitir a los alumnos el rigor e interés en obtener resultados trascendentes. Se continuará fomentando y practicando la participación de los alumnos en las actividades de investigación y de asistencia a eventos especializados.

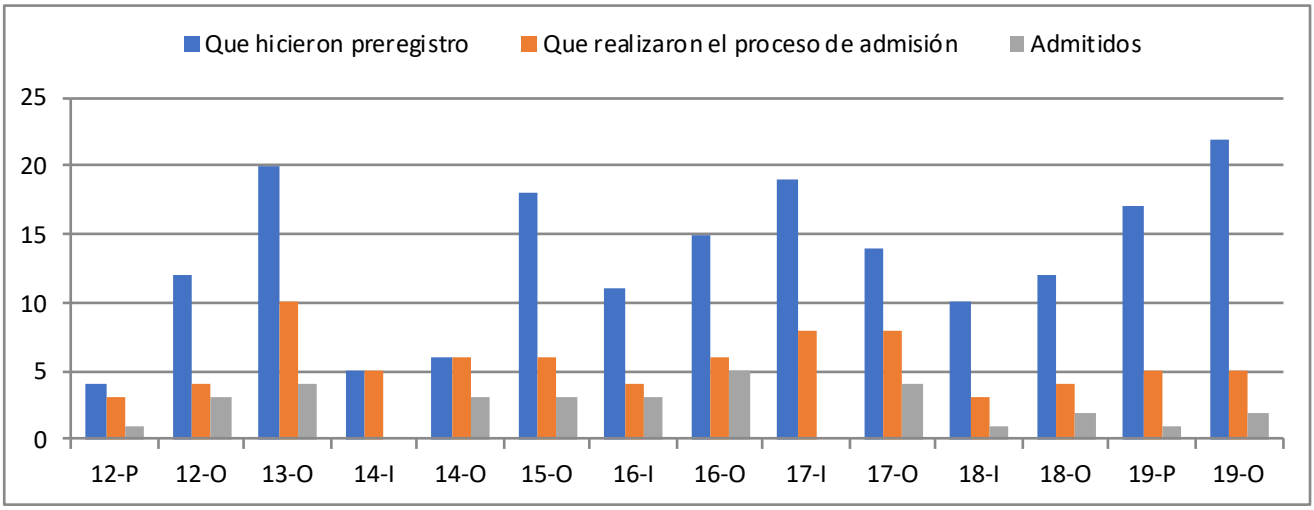

Ilustración 1. Evolución de la demanda del programa de Maestría en Optimización

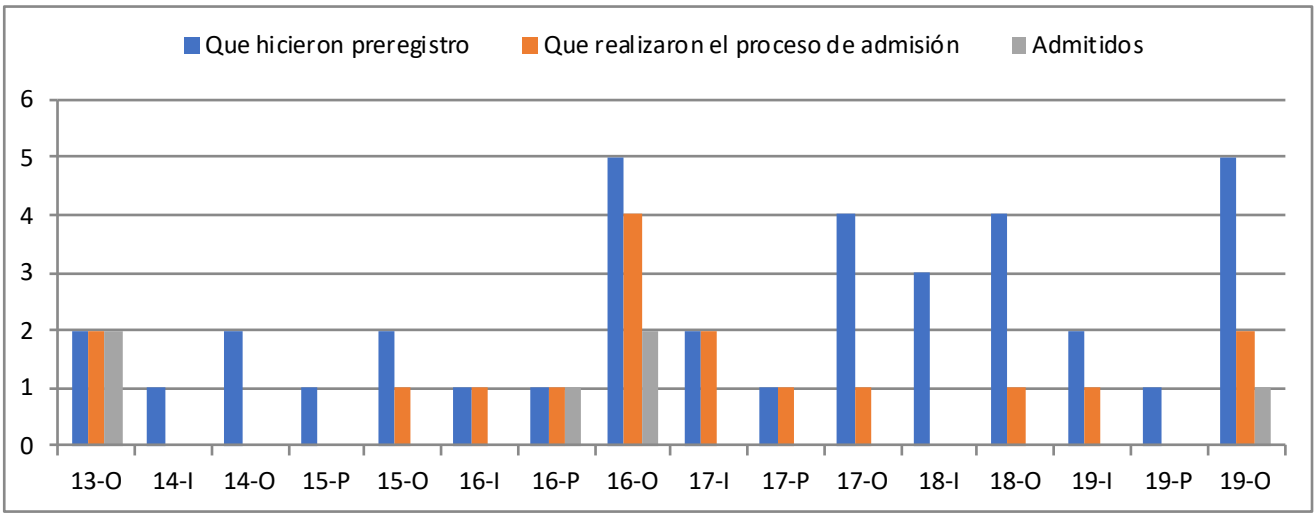

Ilustración 2. Evolución de la demanda del programa de Doctorado en Optimización

7.3. Financiamiento

Se deben consolidar y asignar recursos económicos por parte de la Unidad Azcapotzalco, la División de CBI, los departamentos de Sistemas, Ciencias Básicas, Electrónica para la obtención de un presupuesto anual para el Posgrado en Optimización que le permita alcanzar las metas y objetivos planteados. Se buscarán aportes externos adicionales para las actividades de investigación del grupo de profesores del núcleo básico, de manera que en el marco de su evolución el Posgrado logre los mecanismos adecuados para obtener financiamiento que permita mayor integración de los alumnos a sus programas de investigación. Un reto adicional que se ha planteado el Área de investigación, en el marco del Posgrado es extender las actividades de investigación para aportar los beneficios de las técnicas de optimización a las necesidades de la sociedad, y al interior de la propia universidad continuar con el espíritu de extender las actividades, beneficios y sapiencia a los alumnos del nivel de licenciatura, mas la atención de necesidades de las otras dos divisiones académicas de la Unidad Azcapotzalco.

Eduardo Rodríguez Martínez
Coordinador del Posgrado en Optimización