

## DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS

**Dirección postal:** Apartado 70377, San Juan, Puerto Rico 00931-3355

**Teléfono:** (787) 764-0000, extensiones 88241, 88242, 88249

**Fax:** (787) 281-0651

**Correo electrónico:** luis.medina17@upr.edu

**Portal:** <http://math.uprrp.edu>

## GRADO

### Maestría en Ciencias con Especialidad en Matemáticas

## PERSONAL DOCENTE

**Iván Cardona**, PhD, Florida State University, 1987, Catedrático.  
*Topología geométrica; variedades y teoría de nudos tridimensionales.*

**Francis Castro**, PhD, City University of New York, 1997, Catedrático.  
*Teoría de números; geometría algebraica.*

**Italo J. Dejter**, PhD, Rutgers University, 1975, Catedrático.  
*Interacción entre teoría de grafos, diseños combinatorios y códigos correctores de errores; conjuntos dominadores perfectos y efectivos; combinatoria algebraica.*

**M. Reza Emamy K**, PhD, University of California at Berkeley, 1981, Catedrático.  
*Geometría convexa y discreta; polítopos; lógica umbral; optimización de hipercubos.*

**Raúl Figueroa**, PhD, University of Iowa, 1988, Catedrático.  
*Geometrías; geometrías finitas; cuerpos finitos; combinatoria; geometría algebraica.*

**Guihua Gong**, PhD, State University of New York at Stony Brook, 1990, Catedrático.  
*Análisis funcional; álgebras de operadores; teoría de índices; análisis global; geometría diferencial no conmutativa.*

**Puhua Guan**, PhD, Ohio State University, 1985, Catedrático.  
*Computación simbólica; estructura de hipercubos; autómatas celulares.*

**Heeralal Janwa**, PhD, Syracuse University, 1986, Catedrático.  
*Teoría de códigos; criptografía; álgebra aplicada; geometría algebraica sobre cuerpos finitos; problemas computacionales relacionados.*

**Alexander Kelmans**, PhD, Soviet Academy of Sciences, 1968, Catedrático.  
*Teoría de grafos; optimización discreta y algoritmos; confiabilidad de redes; grafos aleatorios; matroides y polimatroides; complejidad de algoritmos.*

**Valentín Keyantuo**, PhD, Université de Franche-Comté, 1992, Catedrático y Director.  
*Análisis funcional; semigrupos de operadores; ecuaciones de evolución; ecuaciones diferenciales parciales.*

**Liangqing Li**, PhD, University of Toronto, 1995, Catedrática.  
*Análisis funcional; álgebras de operadores.*

**Jorge M. López**, PhD, University of Oregon, 1975, Catedrático.  
*Análisis armónico; educación matemática.*

**Javier Luque**, PhD, Massachusetts Institute of Technology, 1984, Catedrático.  
*Optimización no lineal continua.*

**Luis A. Medina**, PhD, Tulane University, 2008, Catedrático Asociado.  
*Matemática experimental, teoría de números, funciones especiales.*

**Son Luu Nguyen**, PhD, Wayne State University, 2010, Catedrático Auxiliar.  
*Análisis Numérico, ecuaciones diferenciales estocásticas, control óptimo estocástico.*

**Lin Shan**, PhD, Vanderbilt University, 2007, Catedrático Asociado.  
*Teoría del índice, análisis geométrico.*

**Philip Pennance**, PhD, Universidad de Puerto Rico, 1989, Catedrático.  
*Matemáticas discretas.*

**Luis Raúl Pericchi**, PhD, University of London, 1981, Catedrático.  
*Estadística matemática; aplicaciones del análisis estadístico Bayesiano; estadística computacional.*

**María Eglée Pérez**, PhD, Universidad Central de Venezuela, 1994, Catedrática.  
*Estadística Bayesiana; bioestadística.*

**Jorge Punchín**, PhD, University of Delaware, 1978, Catedrático y Coordinador del Programa Graduado.  
*Análisis funcional; operadores diferenciales parciales e integrales en problemas de frontera no homogéneos.*

**Ana H. Quintero**, PhD, Massachusetts Institute of Technology, 1980, Catedrática.  
*Educación matemática.*

**Pedro J. Rodríguez Esquerdo**, PhD, University of California at Santa Barbara, 1983, Catedrático.  
*Probabilidad y estadística; control de calidad.*

**Mahamadi Warma**, PhD, University of Ulm, 2002, Catedrático Asociado.  
*Ecuaciones diferenciales y ecuaciones diferenciales parciales lineales y no lineales; regularidad de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales; teoría de potencial; semigrupo de operadores lineales y no lineales; ecuaciones de evolución.*

## **PERSONAL DOCENTE COLABORADOR**

**Mariano Marcano**, PhD, State University of New York at Stony Brook, 1998, Catedrático.  
*Biomatemática: problemas inversos en fisiología renal.*

**Pablo Negrón**, PhD, University of Maryland, College Park, 1985, Catedrático.  
*Métodos Numéricos, Teoría de Bifurcación, Ecuaciones Diferenciales Parciales y sus aplicaciones.*

**Ivelisse Rubio**, PhD, Cornell University, 1998, Catedrática.  
*Álgebra computacional; teoría de códigos; cuerpos finitos.*

## **MAESTRIA EN CIENCIAS EN MATEMÁTICAS**

### **Requisitos de Admisión**

#### **Requisitos Generales del Recinto de Río Piedras**

Los candidatos deben satisfacer los requisitos generales de admisión a estudios graduados en el Recinto de Río Piedras.

[[http://graduados.uprrp.edu/admisiones/requisitos\\_grados.htm](http://graduados.uprrp.edu/admisiones/requisitos_grados.htm)]

#### **Requisitos Específicos del Programa de Maestría**

El Programa Graduado del Departamento de Matemáticas requiere, además, lo siguiente:

1. *Solicitud de Admisión-Programa Graduado de Matemáticas.*
2. *Solicitud a Estudios Graduados* en formato electrónico o papel.
3. Tres copias oficiales de los expedientes académicos que incluyan todos los estudios de nivel universitario realizados.
4. Tres *Recomendaciones para Estudios Graduados*, al menos dos de profesores que conozcan las habilidades en matemáticas del candidato, en formato electrónico o en papel.
5. Evidencia oficial del grado de bachiller en matemáticas o su equivalente. Debe tener aprobado (o se requerirá que tome) cursos en Álgebra y Análisis, entre ellos, Álgebra Lineal, Álgebra Moderna y Cálculo Avanzado; cursos en Programación de Computadoras, Probabilidad y Estadística se recomiendan para la opción de estudios en matemáticas aplicadas.
6. Índice académico general mínimo de 3.00 puntos en escala de 4.00.

El *GRE (Graduate Record Examination) Subject Test* es opcional, pero el Comité Graduado tomará en consideración buenos resultados al momento de recomendar y otorgar ayudantías de cátedra y de investigación. Se podrá conceder admisión condicional al candidato que no satisfaga la totalidad de los requisitos exigidos si el Comité Graduado entiende que el candidato tiene la aptitud para obtener un título de postgrado una vez satisfechas las condiciones de admisión en un plazo de tiempo determinado por el Comité.

### **Requisitos de Graduación**

Los candidatos deben satisfacer todos los requisitos de graduación del Recinto de Río Piedras. Además, deben cumplir con los siguientes requisitos del Programa Graduado del Departamento de Matemáticas:

1. Completar 30 créditos en cursos de nivel 6000 ó más con un promedio mínimo de 3.00 puntos.
2. Aprobar exámenes de grado (3).
3. Completar y defender con éxito la Tesis de Maestría.

## PROGRAMA DE ESTUDIO

En la fecha designada por el Comité, se ofrecerá un examen de ubicación en dos áreas, Álgebra, incluyendo Álgebra Lineal, y Análisis (Cálculo Avanzado, incluyendo Funciones de Varias Variables). Se recomienda que tomen el examen todos los estudiantes, particularmente aquellos que contemplen realizar estudios en el Doctorado en Filosofía en Matemáticas. De ser necesario, se les aconsejará que tomen cursos en estas áreas. Solo cursos de nivel 6000 o superior se acreditan para un grado en el programa graduado.

### Opción en Matemáticas Puras

REQUISITOS DEL PROGRAMA	CREDITOS
<i>Cursos requeridos</i>	<b>18</b>
MATE 6201 Álgebra Moderna I	<b>3</b>
MATE 6261 Funciones de Variables Reales I	<b>3</b>
MATE 6301 Funciones de una Variable Compleja	<b>3</b>
MATE 6540 Introducción a la Topología	<b>3</b>
MATE 6202 Álgebra Moderna II o MATE 6262 Funciones de Variables Reales II o MATE 6551 Topología Algebraica I (Se debe completar al menos una de las siguientes secuencias de dos semestres: MATE 6201-6202, MATE 6261-6262, MATE 6540-6551)	<b>3</b>
MATE 6800 Seminario Graduado	<b>3</b>
<i>Cursos electivos de selección dirigida</i>	<b>9</b>
Examen de Grado	<b>0</b>
<i>Tesis</i>	<b>3</b>
MATE 6996 Tesis de Maestría	<b>3</b>
MATE 6896 Continuación de Tesis	<b>0</b>
<b>Total de Créditos</b>	<b>30</b>

## DEPARTAMENTO DE MATEMATICAS

### DESCRIPCION DE LOS CURSOS GRADUADOS

#### **MATE 6101 Teoría de Números I**

Créditos: 3

Prerrequisitos: MATE 3040, 4032

Teoría fundamental no analítica. Teoría de congruencias. Teoremas de Wilson y Euler y aplicaciones. Suma de dos cuadrados. Raíces primitivas. Ley de reciprocidad cuadrática.

#### **MATE 6102 Teoría Analítica de Números**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6101

Introducción a la teoría analítica de números. Métodos de Selberg y Erdos. El Teorema de los Números Primos.

#### **MATE 6150 Álgebra Lineal**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 4031

Espacios vectoriales sobre cuerpos arbitrarios. Bases. Transformaciones lineales. Matrices. Espacio dual. Espacios vectoriales sobre el cuerpo complejo. Formas canónicas elementales. Formas canónicas racional y de Jordan. Espectro de transformaciones. Producto tensorial. Formas bilineales.

#### **MATE 6180 Introducción al Álgebra Homológica**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6202

Sucesiones exactas. Módulos proyectivos, inyectivos y planos. Categorías. Categorías abelianas. Funtores. Resoluciones. Homología. Dimensión homológica y aplicaciones.

#### **MATE 6200 Teoría de Grupos**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 4033

Propiedades fundamentales de los grupos. Subgrupos invariantes. Isomorfismo y homomorfismo. Grupos libres. Productos directos y libres de grupos. Grupos de permutaciones. Grupos de transformaciones.

#### **MATE 6201 Álgebra Moderna I**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 4033

Estudio del álgebra abstracta. Grupos, anillos y cuerpos. Introducción a la teoría de Galois.

#### **MATE 6202 Álgebra Moderna II**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6201

Anillos e ideales. Anillos cocientes. Homomorfismos de anillo. Ideales primos y maximales. Radical nulo y radical de Jacobson. Módulos, submódulos y módulos cocientes. Homomorfismos

de módulo. Módulos generados finitamente. Sucesiones exactas. Producto tensorial de módulos. Anillos y módulos de fracciones. Descomposición primaria. Dominios de integridad.

### **MATE 6261 Funciones de Variables Reales I**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 5201

Repaso de los siguientes temas: teoría de conjunto, números reales, completitud de los números reales, sucesiones y series, límites y continuidad. Espacios métricos y topológicos. Compacidad, conexidad y completitud. Sucesiones de funciones. Continuidad uniforme y convergencia uniforme. Diferenciación. Integración de Riemann-Stieltjes. Medida e integración de Lebesgue en los reales.

### **MATE 6262 Funciones de Variables Reales II**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6261

Teoría de la medida en sigma álgebras. Medida interior y exterior. Funciones medibles. Convergencia en medida. El integral de Lebesgue de funciones reales de una variable real. El teorema de Radon-Nikodym. Integrales múltiples. El teorema de Fubini. El teorema de Lebesgue. Espacios  $L_p$ . Convergencia en  $L_p$ .

### **MATE 6271 Análisis Matemático I**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 5205

Introducción a la lógica y a la teoría de conjuntos. Espacios vectoriales. Subespacios afines. Bilinealidad. Cálculo diferencial en el espacio Euclidiano  $n$  dimensional. Teorema de la función implícita. Fórmula de Taylor. Compacidad y completitud. Espacios métricos. Espacios con producto escalar. Transformaciones ortogonales. Transformaciones compactas. Ecuaciones diferenciales.

### **MATE 6272 Análisis Matemático II**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6271

Funciones multilineales. El álgebra exterior. Integración en el espacio Euclidiano  $n$  dimensional. Fórmula de cambio de variables. Cálculo integral en variedades. Cálculo exterior. Formas diferenciales. El teorema de Stokes.

### **MATE 6301 Funciones de una Variable Compleja**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 5201

Diferenciación e integración de funciones complejas. Series infinitas. Funciones analíticas. Continuación analítica. Funciones multivaluadas. Transformaciones conformes.

### **MATE 6400 Series**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 5201

Estudio de series. Criterios de convergencia y divergencia. Operaciones con series. Números de Bernoulli y Euler. Series de Fourier.

### **MATE 6460 Introducción al Análisis Funcional**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6540

Conceptos fundamentales de espacios normados y espacios de Banach. Espacios de Hilbert. Convergencia débil y transformaciones cerradas. Teoría de Riesz-Schauder. Funciones en álgebras de Banach. Análisis espectral en espacios de Hilbert.

### **MATE 6530 Geometría Métrica Diferencial**

Créditos: 3

Prerrequisitos: MATE 4031, 5201

Teoría elemental de curvas y superficies. Las formas fundamentales. El teorema de Euler. Las ecuaciones de Codazzi-Mainardi. El teorema fundamental de superficies. Curvatura. Geodésicas. El teorema de Gauss-Bonnet. Transformaciones conformes e isometrías. Superficies mínimas y regladas.

### **MATE 6540 Introducción a la Topología**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 5201

Topología de la recta y del plano. Espacios topológicos abstractos. Subespacios. Topología relativa. Bases y subbases. Continuidad. Equivalencia topológica. Espacios métricos. Topología producto. Espacios cocientes. Axiomas de separación. Espacios de Hausdorff. Espacios compactos. Espacios conexos. Espacios métricos completos. Espacios de funciones.

### **MATE 6545 Topología Conjuntista Avanzada**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6540

El teorema de metrización de Urysohn. El teorema de Tychonoff. Espacios completamente regulares. La compactificación de Stone-Cech. La noción de localmente finito. El teorema de metrización de Nagata-Smirnov. Paracompacidad. Espacios métricos completos. Compacidad en espacios métricos. Convergencia puntual y compacta. La topología compacta abierta. El teorema de Ascoli. Homotopía de trayectorias. El grupo fundamental.

### **MATE 6551 Topología Algebraica I**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6540

Estudio de problemas topológicos usando métodos algebraicos. Introducción a la teoría de categorías y funtores. Álgebra homológica y teoría de homotopía.

### **MATE 6552 Topología Algebraica II**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6551

Productos tensoriales. Relaciones de Kunneth. Productos cohomológicos. Teoremas de punto fijo. Teoremas de dualidad para variedades geométricas.

### **MATE 6601 Probabilidad y Estadística I**

Créditos: 3

Prerrequisitos: MATE 5001

Espacios de muestras, axiomas y teoremas de probabilidad elemental. Combinatoria. Probabilidad condicionada y Teorema de Bayes. Variables aleatorias. Expectativa matemática. Promedio, variancia y momentos de una variable aleatoria. Función generatriz de momentos. Desigualdad de Chebychev, tipos de convergencia y la ley de los números grandes. El teorema del límite central. Introducción a las herramientas de programación en la estadística. Simulaciones y programación estadística y transformaciones van a ser utilizadas. Introducción a procesos estocásticos elementales. Interacción en clase o en línea pueden combinarse en este curso.

### **MATE 6602 Probabilidad y Estadística II**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 5002, MATE 6601

El Principio de Suficiencia Estadística y el Principio de Verosimilitud. Estimación de puntos. Momentos, Estimadores de Máxima Verosimilitud, Estimación Bayesiana. Métodos de evaluación de estimadores basados en funciones de pérdida y funciones de riesgos. Verificación de Hipótesis. Errores de Tipo I y Tipo II. Funciones potencias. Factores de Bayes. Pruebas óptimas. Valores p. Estimación de probabilidad e intervalos de confianza. Métodos de aproximación y evaluaciones de asintóticas. Introducción a Modelos Lineales. Una herramienta de programación estadística que es utilizada para el análisis de datos. Interacción en clase o en línea pueden combinarse en este curso.

### **MATE 6605 Modelos Estocásticos Aplicados**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6601

Aplicaciones de procesos estocásticos en áreas como la teoría de colas, confiabilidad, teoría de inventarios, teoría de decisiones, ecología, dinámica de población.

### **MATE 6606 Procesos Estocásticos Aplicados II**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6605

Teoría de filas. Filas de un y múltiples usuarios. Fundamentos de la teoría de la confiabilidad. Procesos de renuevo. Procesos semi-Markov. Procesos regenerativos. Aplicaciones a la teoría de la confiabilidad.

### **MATE 6610 Teoría de Muestreo**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6602

Teoría y diseño de sondeo de muestreo. Muestras sencillas aleatorias, estratificadas, sistemáticas y agrupadas. Proporcionalidad de la probabilidad al tamaño de la muestra. Estimación de parámetros de población. Estimadores de tipo razón, diferencia y regresión. Uso de información adicional. Intervalos de confianza. Selección óptima del tamaño de la muestra. Definición de estratos. Probabilidades de selección. Muestreo doble y sondeo repetitivo. Errores, respuesta aleatorizada. Principio de suficiencia en un modelo de sondeo de muestreo. Modelos de superpoblaciones.

### **MATE 6611 Modelos Lineales I**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 5002

Modelos estadísticos lineales con énfasis en los fundamentos matemáticos. Aplicación del álgebra lineal especialmente en la consideración de los temas principales: regresión y análisis de varianza.

### **MATE 6612 Modelos Lineales II**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6611

Bloques totalmente aleatorios y cuadrados latinos. Modelos fijos, aleatorios y mixtos. Experimentos factoriales y efectos entrelazados. Diseños en bloques incompletos. Superficies de respuestas y análisis de covarianza. Aplicaciones al análisis de datos.

### **MATE 6615 Teoría de Decisión y Análisis Bayesiano**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6601

Elementos de la teoría de decisión estadística. Teoría de decisión frecuentista y Bayesiana. Análisis Bayesiano: estimación, test de hipótesis, selección de modelos, distribuciones a priori informativas y no informativas. Aproximaciones y cálculos Bayesianos. Métodos de Cadenas de Markov Monte Carlo (MCMC). Introducción a los Modelos Jerárquicos Lineales, Modelos Dinámicos y Modelos Lineales Generalizados.

### **MATE 6650 Álgebra Lineal Aplicada**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 4031

Espacios vectoriales de dimensión finita. Álgebra de matrices. Sistemas de ecuaciones lineales. Rango. Inversas. Valores propios. Programación lineal. Formas canónicas. Aplicaciones.

### **MATE 6656 Álgebra Aplicada**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 4033

Introducción a conceptos de la teoría de semigrupos, grupos, anillos, cuerpos y álgebras de Boole. Aplicaciones a la teoría de códigos, grupos de simetría, teoría de conteo de Polya, teoría de máquinas.

### **MATE 6680 Análisis Computacional**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 5201

Introducción a la derivación y análisis de métodos numéricos. Integración numérica. Aproximación de funciones. Solución de ecuaciones. Problemas de autovalores. Solución de ecuaciones diferenciales. Problemas de optimización. Interacción en clase o en línea pueden combinarse en este curso.

### **MATE 6681 Estructura de Datos I**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 5050 o MATE 5100

Estructuras de datos con un enfoque combinatorio. Listas lineales. Listas circulares. Listas con dos apuntadores. Árboles. Árboles binarios. Aplicaciones a representaciones gráficas por medio de la computadora, operaciones con polinomios, asignación de memoria de la computadora, compiladores.

### **MATE 6682 Algoritmos**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6681

Técnicas avanzadas para el diseño de algoritmos eficientes: divide y vencerás; programación dinámica; métodos codiciosos; algoritmos aleatorios. Introducción al análisis de algoritmos: notación asintótica; análisis amortizado. Algoritmos de grafos. Aplicaciones. Introducción a la programación paralela. Problemas NP-completos. Interacción en clase o en línea pueden combinarse en este curso.

### **MATE 6685 Aplicaciones de la Computadora en Biología**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 3026 o 3028

Solución de problemas de la Bio-Matemáticas y Bioestadística mediante el uso de computadoras. Programación con los lenguajes de computadoras más utilizados para resolver problemas de modelaje y de estadística.

### **MATE 6686 Diseño Experimental y Análisis Avanzado de Datos**

Créditos: 3

Prerrequisitos: MATE 3026 o equivalente

Este es un curso multidisciplinario en el cual se introducirá al estudiante a los métodos de mayor uso en las áreas de Diseño Experimental y Análisis de Datos Estadístico y su aplicación a disciplinas tales como la biología y la química, entre otras. Los estudiantes utilizarán análisis computarizados para aumentar su comprensión y dominio de las técnicas adquiridas en el curso.

### **MATE 6690 Análisis Computacional II**

Créditos: 3

Prerrequisitos: MATE 6680

Aproximación de funciones. Diferenciación e integración numérica. Métodos numéricos para ecuaciones diferenciales ordinarias: problemas de valor inicial y problemas de frontera. Métodos numéricos para ecuaciones diferenciales parciales.

### **MATE 6700 Proyectos en Matemáticas Aplicadas**

Créditos: 3

Prerrequisito: Permiso del Director.

Introducción a la investigación en matemáticas aplicadas. Énfasis en el planteamiento y la solución de problemas de la vida real basado en modelos matemáticos e interpretación de dichas soluciones en el contexto de los problemas originales.

### **MATE 6800 Seminario Graduado**

Créditos: 3

Prerrequisito: Permiso del Director.

Seminario de investigación de matemáticas puras. Estudiantes harán presentaciones bajo la supervisión de un miembro de la facultad. Los temas se determinarán según los intereses de los participantes.

### **MATE 6881 Programación Lineal**

Créditos: 3

Prerrequisitos: MATE 4031, 5201

Ejemplos clásicos de programación lineal. Elementos de conjuntos convexos. Espacios afines y lineales; dimensión; envolturas afines y convexas; transformaciones lineales, afines, y proyectivas. Subconjuntos extremos de conjuntos convexos cerrados. Problema de programación lineal, el conjunto de soluciones factibles, y la correspondencia entre soluciones básicas y extremas. El teorema fundamental de la programación lineal. El método "*simplex*" de dos fases. Dualidad, teoremas de dualidad débil y fuerte. Variantes del método "*simplex*," método revisado "*simplex*," y el "*simplex*" dual. Problemas de transportación y triangulación de bases. Algoritmo de transportación y aplicaciones de programación lineal. Interacción en clase y en línea pueden combinarse en este curso.

### **MATE 6882 Optimización**

Créditos: 3

Prerrequisitos: MATE 5201, 6881

Problemas de optimización no-lineal, con y sin restricciones. Se estudian las condiciones de existencia para valores óptimos y métodos básicos de optimización numérica y su análisis de convergencia. Métodos numéricos, como: métodos básicos de descenso, métodos de gradiente reducido, métodos de gradiente proyectado, métodos de penalidad y barrera, y métodos de Lagrange. Interacción en clase y en línea pueden combinarse en este curso.

### **MATE 6896 Continuación de Tesis**

Crédito: 0

Este curso permite a los estudiantes de maestría que han completado los requisitos de créditos en cursos e investigación mantenerse como estudiantes activos mientras completan el trabajo de la tesis.

### **MATE 6990 Estudios Independientes**

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Permiso del Director.

Investigación en un tema de interés mediante seminarios informales, lecturas e investigación bajo la supervisión de un miembro de la facultad del Departamento de Matemáticas.

### **MATE 6996 Tesis de Maestría**

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Permiso del Consejero y Coordinador del Programa Graduado. Estudio e investigación de un tema, conducente a la preparación de una tesis.

### **MATE 8001 Teoría de Grafos I**

Créditos: 3

Prerrequisitos: MATE 5CCC (Teoría de Grafos)

Repaso de teoría de grafos elemental. Árboles. Teorema del árbol de matrices. Enumeración de árboles expansivos en un grafo. Descomposiciones de grafos. Conexidad y k-conexidad de grafos. Caminos disjuntos y conexidad de grafos. Teoremas de Menger y Whitney. Montaje y desmontaje de grafos para grafos 3-conexos y quasi 4-conexos. Varios problemas de Euler. Ciclos de Hamilton. La k-clausura de un grafo. Teorema de Bondy-Chvatal. Ciclos largos en un grafo. Teorema de Dirac. Factores. Pareos máximos y perfectos. Teoremas de Tutte y de

Edmonds-Gallai. Teorema de dualidad de Berge-Tutte. Grafos perfectos. Teorema de Lovasz. Coloreo de aristas. Teorema de Vizing. Conjuntos independientes. Coloreo de vértices. Teorema de Brook. Inserción de grafos en el plano. Criterios de planaridad de Kuratowski, Whitney, MacLane y Kelmans. Teoremas de cinco y cuatro colores para grafos planares. Acerca de la Hamiltoniedad de grafos planares.

### **MATE 8005 Combinatoria Enumerativa I**

Créditos: 3

Prerrequisitos: MATE 6150, MATE 6201, MATE 8001

Repaso de combinatoria elemental. Bosquejo de los problemas y enfoques principales de la combinatoria enumerativa. Enumerando árboles. Teorema del árbol de matrices. Codificando árboles. Conteo de ciclos de Euler en un grafo. Conteo y listado de árboles no isomorfos de diferentes tipos. Método de la función generatriz en combinatoria enumerativa. Enumerando grafos de diferentes tipos. La teoría de conteo de Polya para objetos no isomorfos. Enumerando grafos no isomorfos de diferentes tipos. Principio de inclusión y exclusión. Reticulados, sus funciones de Möbius y Álgebras de Möbius. Resultados asintóticos en combinatoria enumerativa.

### **MATE 8015 Algoritmos Discretos**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 5CCC (Teoría de Grafos)

Algoritmos eficientes se obtienen para resolver problemas en matemáticas discretas. Diferentes algoritmos y aplicaciones a diversos problemas se estudian a través de asignaciones de lecturas especiales, presentaciones en conferencia y discusiones grupales. Estrategia de ramificar y acotar. Principio de programación dinámica. Caminos óptimos en grafos. Árboles expansivos óptimos en grafos. 2-coloreo y ciclos impares en un grafo. Búsqueda primero-profundidad en un grafo y sus aplicaciones. Propiedades de un árbol búsqueda primero-profundidad. Algoritmos de descomposición de grafos. Algoritmos de montaje de grafos. Algoritmos de planaridad de grafos. Problemas de Euler. Problemas Hamiltonianos. Algunos problemas de empaque y de cubrimiento para grafos. Problemas métricos en grafos. Algoritmos de transformación de conjuntos. Árboles de búsqueda de diferentes tipos. Algunos algoritmos de ordenamiento. Ideas principales de la teoría-NP (la teoría de complejidad de problemas).

### **MATE 8021 Combinatoria Algebraica I**

Créditos: 3

Prerrequisitos: MATE 6202, MATE 8001

El estudio de las propiedades extremales de estructuras algebraicas cuyas simetrías son de interés especial e importantes para aplicaciones en las ciencias de computadoras e comunicaciones. Los siguientes temas se estudian a fondo a través de asignaciones de lecturas especiales, presentaciones en conferencias y discusiones grupales. Códigos lineales. Códigos binarios correctores de t-errores y cuerpos finitos. Códigos cíclicos. Códigos perfectos. Diseños en bloque. Cuadrados latinos. Diseños balanceados por pares. Matriz de Hadamard. Conjuntos diferencia. Diseños simétricos. Geometrías finitas. Teorema de Singer. Diseños transversales. Diseños divisibles por grupos. Sistemas triples de Steiner. Sistemas triples de Kirkman. Grafos fuertemente regulares. Esquemas de asociación. Grafos distancia-regulares. Transitividad de distancia.

### **MATE 8031 Optimización Combinatoria I**

Créditos: 3

Prerrequisitos: MATE 6881, MATE 8001

Elementos de programación lineal e integral: método de ramificación y acotamiento y su aplicación a problemas de optimización combinatoria. Teoría de flujo de redes y sus generalizaciones: flujo estadístico máximo, teoremas de viabilidad y aplicaciones combinatorias, problemas de flujo de costo mínimo, flujos multi-terminales máximos, flujos multi-artículos. Teoría de pareo y sus generalizaciones: pareo en grafos bipartitas, tamaño y estructura de pareos máximos, grafos bipartitas con pareos perfectos, grafos generales con pareos perfectos, algunos problemas grafo-teóricos relacionados a pareos, pareos y programación lineal, algoritmos de pareo, el problema f-factor, empaque de vértices y cubiertas, algunas generalizaciones de problemas de pareo.

### **MATE 8041 Teoría de Matroides I**

Créditos: 3

Prerrequisitos: MATE 6150, MATE 8001

Conceptos fundamentales y axiomas de la teoría de matroides. Dualidad en matroides y operaciones con matroides. Representaciones vectoriales de matroides. El matroide de un grafo y planaridad de grafos. Algoritmos codiciosos para matroides. La unión de matroides y su función de rango. Algoritmos eficientes para algunos problemas de optimización combinatoria (empaquetamiento, recubrimiento, intersección, etc.) para matroides con aplicaciones a una variedad de objetos combinatorios (e.g. grafos, matrices, dependencias algebraicas, transversales).

### **MATE 8051 Politopos Convexos**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6150

Conceptos básicos de la geometría lineal y afín. Conjuntos convexos y sus propiedades de apoyo. Hiperplanos de apoyo. Los teoremas de Radon, Nelly y Caratheodory. Politopos convexos y sus caras. Polaridad y dualidad en politopos convexos. Complejos de celdas y diagramas de Schlegel. Desgranando los complejos de la frontera. Los complejos cúbicos. El grafo de un  $d$ -politopo y sus propiedades. 3-politopos y el teorema de Steinitz. Transformaciones afines y proyectivas. El teorema fundamental de geometría proyectiva. Politopos simpliciales y simples. El teorema de Euler y las ecuaciones de Dehn-Sommerville. Teoremas de cotas inferior y superior para politopos convexos.

### **MATE 8309 Análisis Complejo II**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6301

Continuación analítica. Funciones algebraicas. Funciones elípticas. Funciones enteras y meromorfas. Familias normales. Transformaciones conformes.

### **MATE 8465 Teoría Espectral y Ecuaciones Diferenciales**

Créditos: 3

Prerrequisitos: MATE 6460, MATE 8469

Operadores no acotados. Gráficas y operadores simétricos. La propiedad de autoadjunto. Transformadas de Cayley. Extensiones de operadores simétricos. Resoluciones de la identidad y

el teorema espectral. El teorema de Stone. Introducción a distribuciones. Espacios de Sobolev. Métodos variacionales. El operador de Laplace. La ecuación del calor.

### **MATE 8469 Análisis Funcional II**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6460

Álgebras de Banach. Álgebras de Banach conmutativas. Operadores acotados en espacios de Hilbert. Espacios vectoriales topológicos. Dualidad. Operadores compactos. Distribuciones y sus aplicaciones a la teoría de ecuaciones diferenciales parciales.

### **MATE 8605 Simulación y el Método de Monte Carlo**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6606

Generación de números aleatorios. Generación de variables aleatorias. Métodos Monte Carlo de integración. Técnicas de reducción de la varianza. Simulación de procesos estocásticos. Métodos regenerativos para el análisis de la simulación. Simulación de sistemas de colas. Métodos Monte Carlo de optimización. Lenguajes de simulación. Evaluación estadística de los resultados de simulaciones. Métodos de Cadenas de Markov Monte Carlo (MCMC). Muestreador de Gibbs. Algoritmo Metropolis-Hastings. Aplicaciones.

### **MATE 8680 Solución Iterativa de Sistemas de Ecuaciones No Lineales**

Créditos: 3

Prerrequisitos: MATE 6680, MATE 6690

Derivadas de Gateaux y Frechet. Teoremas de valor medio y segundas derivadas. Contracciones. Teoremas de la función inversa e implícita. Teorema de Sard. Operadores monótonos. Teoría de grados. Propiedades del grado y teoremas de existencia básicos. Métodos iterativos generales. Métodos de Newton y de la secante y generalizaciones. Métodos de continuación. Métodos predictores-correctores. Teoría de bifurcación numérica.

### **MATE 8685 Algoritmos Paralelos-Diseño y Análisis**

Créditos: 3

Prerrequisito: MATE 6682

Clasificaciones de arquitecturas paralelas. Modelos de computación en paralelo. Modelos de redes de interconexión tales como arreglos, árboles e hipercubos. Medidas para determinar cuan eficiente y escalar es un algoritmo paralelo. Técnicas del diseño de algoritmos paralelos. Primitivas para el diseño de algoritmos paralelos. Algoritmos paralelos eficientes para aritmética de enteros y matrices, transformada de Fourier rápida, problemas de ordenamiento y grafos. Adaptación de algoritmos para distintos modelos de redes. Algoritmos de enrutamiento de datos.

### **MATE 8800 Seminario Doctoral**

Créditos: 3

Prerrequisito: Permiso del Coordinador del Programa Graduado

Seminario avanzado en áreas de investigación relacionadas al programa doctoral.

### **MATE 8899 Continuación de Disertación Doctoral**

Créditos: 0

Prerrequisito: Permiso del Coordinador del Programa Graduado

Este curso les permitirá a los estudiantes del programa doctoral que han completado los requisitos de créditos en cursos e investigación mantenerse como estudiantes activos mientras completan el trabajo de la disertación.

**MATE 8980 Temas de Matemáticas Puras**

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Permiso del profesor.

Los temas se fijarán de acuerdo al interés y la disponibilidad del estudiantado y la facultad.

**MATE 8985 Temas de Matemáticas Puras**

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Permiso del profesor

Los temas se fijarán de acuerdo al interés y la disponibilidad del estudiantado y la facultad.

**MATE 8986 Temas de Matemáticas Discretas**

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Permiso del profesor

Los temas se fijarán de acuerdo al interés y la disponibilidad del estudiantado y la facultad.

**MATE 8990 Temas de Matemáticas Aplicadas**

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Permiso del profesor.

Los temas se fijarán de acuerdo con el interés y la disponibilidad del estudiantado y la facultad.

**MATE 8995 Temas de Matemáticas Computacionales**

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Permiso del profesor

Los temas se fijarán de acuerdo con el interés y la disponibilidad del estudiantado y la facultad

**MATE 8999 Disertación Doctoral**

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Permiso del Coordinador del Programa Graduado. Estudio e investigación conducente a la preparación de la disertación doctoral.