

**Universidad de Puerto Rico  
Recinto de Río Piedras  
Decanato de Estudios Graduado e Investigación**

# **Catálogo Graduado**



**2019-2020**

**Universidad de Puerto Rico  
Recinto de Río Piedras  
Facultad de Ciencias Naturales**

**Dirección postal:** 17 Ave. Universidad Ste. 1701, San Juan, Puerto Rico 00925-2537

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

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

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

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

**GRADO: Doctorado en Filosofía con especialidad en Matemáticas**

**PERSONAL DOCENTE:**

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

**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.

**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.

**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.

#### **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

#### **REQUISITOS DE ADMISIÓN:**

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

[http://graduados.uprrp.edu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=105&Itemid=360&lang=es](http://graduados.uprrp.edu/index.php?option=com_content&view=article&id=105&Itemid=360&lang=es)

## Requisitos Específicos del Programa de Doctorado

Los estudiantes deberán cumplir con los siguientes requisitos específicos:

1. *Solicitud de Admisión a Estudios Graduados* en formato electrónico a través de la plataforma de *ApplyYourself*.
2. Tres copias oficiales de los expedientes académicos que incluyan todos los estudios de nivel universitario realizados.
3. Tres *Recomendaciones para Estudios Graduados*, al menos dos de profesores que conozcan las habilidades en matemáticas del candidato, en formato electrónico o en papel.
4. Evidencia oficial del grado de bachiller en matemáticas o su equivalente. Debe tener aprobado o se requerirá que apruebe el equivalente de al menos un semestre de Álgebra Lineal, dos semestres de Álgebra Moderna y dos semestres de Cálculo Avanzado. Las aptitudes se demuestran aprobando un examen de ubicación o aprobando con B o A los cursos correspondientes de Álgebra (MATE 5101-5102) y Análisis (MATE 5301-5302).
5. Índice académico general mínimo de 3.00 puntos en escala de 4.00.
6. Resultados oficiales del *GRE (Graduate Record Examination) Subject Test* en Matemáticas.

## REQUISITOS DE GRADUACIÓN:

1. Cumplir con los requisitos generales para graduación vigentes en el Recinto de Río Piedras.
2. Aprobar todos los cursos requeridos que suman un total mínimo de 69 horas-crédito (54 créditos en cursos requisitos y sugeridos, 6 créditos en electivas relacionadas a la disertación doctoral, 3 créditos en un seminario de maestría, 3 créditos en un seminario doctoral y 3 créditos en la disertación doctoral) con un promedio mínimo de 3.00 puntos.
3. Aprobar el examen de grado de nivel doctoral en tres áreas: Análisis, Álgebra y en el área de especialización del estudiante.
4. Aprobar el examen oral de candidatura al grado doctoral.
5. Ser admitidos como candidatos al grado de Doctor en Filosofía. Previo a la solicitud de candidatura, los estudiantes deberán demostrar su aptitud y conocimiento del idioma español e inglés, mantener un promedio mínimo de 3.00 puntos en escala de 4.00 puntos, aprobar el examen de grado de nivel doctoral y aprobar el examen oral de candidatura al grado doctoral.
6. Escribir una disertación de investigación original, la cual deberá ser defendida públicamente.
7. Entregar al Departamento de Matemáticas la disertación oficial aprobada.

## PROGRAMA DE ESTUDIO:

Requisitos del Programa	Créditos
Cursos medulares	15
Cursos de especialidad	39
Cursos electivos de especialidad	6
Seminario de Maestría	3
MATE 8800 Seminario Doctoral	3
Examen de Candidatura	0
Examen de Grado	0
MATE 8999 Disertación de Doctoral	1-3
MATE 8899 Continuación de Disertación Doctoral	0
<b>Total de Créditos</b>	<b>69</b>

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS:

Las descripciones de los cursos a continuación, son las últimas registradas en el Sistema de Información Estudiantil de la Oficina del Registrador del Recinto de Río Piedras al 30 de junio de 2020 a incluir en el Catálogo Graduado 2019-2020.

### **MATE 8800 Seminario Doctoral**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Seminario avanzado en áreas de investigación relacionadas al programa doctoral.

### **MATE 8999 Disertación Doctoral**

De uno a tres créditos.

Requisito previo: Permiso del Coordinador del Programa Graduado.

Estudio e investigación conducente a la preparación de la disertación doctoral.

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

No crédito. Tres horas de disertación a la semana. 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. 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.

## **OTRAS DESCRIPCIONES DE CURSOS:**

### **MATE 6101 Teoría de Números I**

Tres créditos.

Requisito previo: MATE 3040

Teoría 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**

Tres créditos.

Requisito previo: MATE 6101

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

### **MATE 6150 Álgebra Lineal**

Tres créditos.

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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: MATE 6202 o su equivalente.

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

### **MATE 6200 Teoría de Grupos**

Tres créditos.

Requisito previo: MATE 4033 o equivalente

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**

Tres créditos.

Requisito previo: MATE 4033 o equivalente

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

### **MATE 6202 Álgebra Moderna II**

Tres créditos.

Requisito previo: 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**

Tres créditos.

Requisito previo: 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**

Tres créditos.

Requisito previo: MATE 6261

Teoría de la medida en algebras de sigma. 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. Convergencia en la media.

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

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Prerrequisito: Cálculo Avanzado II.

Introducción a la lógica y a la teoría de conjuntos. Espacios vectoriales. Subespacios afines. Bilinealidad. Cálculo diferencial en el espacio Euclideo 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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Prerrequisito: MATE 6271

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

### **MATE 6301 Funciones de Variables Complejas**

Tres créditos

Requisito previo: MATE 4009 o su equivalente.

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

### **MATE 6400 Series**

Tres créditos.

Requisito previo: 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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: MATE 6540 y permiso del profesor.

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**

Tres créditos.

Requisito previo: permiso del profesor.

Teoría de curvas. Las fórmulas de Frenet. Superficies regulares. Las formas fundamentales. Curvatura. Teorema de Euler. Ecuaciones de Codazzi-Mainardi. Mapas conformes e isometrías. Superficies mínimas y regladas. Teorema Fundamental de Superficies. Derivadas Covariantes. Geodésicas. Teorema de Gauss-Bonnet

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

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: 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**

Tres créditos.

Requisito previo: MATE 6540

El teorema de metrización de Urysohn. El teorema de Tychonoff. Espacios completamente regulares. La compactificación de Stone-Cech. 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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: MATE 6540 y 6201

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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: MATE 6551 o permiso del instructor.

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

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

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: 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. Se utilizarán simulaciones y programación estadística y transformaciones van a ser utilizadas. Introducción a procesos estocásticos elementales. Este curso puede combinar la interacción presencial o en línea.

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

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: MATE 5002, MATE 6601

Principios de Suficiencia Estadística y el Principio de Verosimilitud. Estimación puntual. Momentos, Estimadores de Máxima Verosimilitud, Estimación Bayesiana. Métodos de evaluación de estimadores basados en funciones de pérdida y la función de riesgo. Test de hipótesis. Errores de Tipo I y Tipo II. Función de Potencia. Factores de Bayes. Test óptimos. P-Valores. Estimación de intervalos de confianza y de probabilidad. Métodos aproximados y evaluaciones de asintóticas. Introducción a Modelos Lineales. Uso de una herramienta de programación estadística para el análisis de datos. Este curso puede combinar la interacción presencial o en línea.

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

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: MATE 6601

Aplicaciones de procesos estocásticos en áreas: teoría de colas, confiabilidad, inventarios, teoría de decisión dinámica de población.

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

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Prerrequisitos: 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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: MATE 4031 o equivalente

Teoría básica de los 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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: MATE 6611

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

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

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: MATE 4031 o su equivalente

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

### **MATE 6656 Álgebra Aplicada**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: MATE 4033 o equivalente

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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: MATE 4009, 4031, 5201, o permiso del director del departamento. 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. En este curso se puede combinar la interacción presencial o en línea.

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

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: MATE 5100 o su equivalente.

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, y compiladores.

### **MATE 6682 Algoritmos**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: MATE3034 o su equivalente.

Métodos avanzados de diseño de algoritmos eficientes: dividir y vencer, programación dinámica, métodos codiciosos y algoritmos aleatorios. Introducción al análisis de algoritmos: notación asintótica y análisis amortizado. Algoritmos para grafos. Aplicaciones. Introducción algoritmos paralelos. Np-completitud. En este curso se puede combinar la interacción presencial y en línea.

### **MATE 6685 Las Computadoras y su Aplicación a las Ciencias**

Tres créditos. Tres horas de conferencia y tres de laboratorio a la semana.

Requisito previo: Para estudiantes graduados de Biología solamente.

Solución de problemas mediante el uso de computadoras personales y Mainframe. Programación con los lenguajes de computadoras más utilizados. Programas para resolver problemas de modelajes y de estadísticas. Se considera la accesibilidad de tipo interactivo y por lotes.

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

Tres créditos. Tres horas de conferencia y dos de laboratorio a la semana.

Prerrequisito: MATE 3026

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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Prerrequisito: 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**

Tres créditos.

Requisito previo: Permiso del director del Departamento Introducción a la investigación en matemáticas aplicadas. Practica en la formulación de problemas de la vida real, en términos de un modelo matemático y la consiguiente solución y reinterpretación de la solución, si existe dentro del contexto original del problema.

### **MATE 6800 Seminario Graduado**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: MATE 4031, MATE5201

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. En este curso se puede combinar la interacción presencial o en línea.

### **MATE 6882 Optimización**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: 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. En este curso se puede combinar la interacción presencial o en línea.

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

Sin crédito.

Requisito previo: Haber completado todos los requisitos de créditos en cursos e investigación correspondiente al grado de maestría. Este curso permite a aquellos los estudiantes de maestría que hayan completado los requisitos de créditos en cursos e investigación mantenerse como estudiantes activos del Recinto mientras completan el trabajo de la tesis.

### **MATE 6990 Estudios Independientes**

De uno a tres créditos. Podrá ser tomado hasta un máximo de tres créditos.

Investigación sobre un tema de interés mediante lecturas individuales, discusiones informales, presentación de temas bajo la supervisión de un miembro de la facultad.

### **MATE 6996 Tesis**

De uno a seis créditos.

Requisito previo: Permiso del consejero

Estudio e investigación que conduzca a la preparación de una tesis.

### **MATE 8001 Teoría de Grafos I**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Repaso de teoría de grafos elemental. Árboles. Teorema del árbol de matrices. Enumeración de árboles expansivos en un grafo. Descomposiciones de grafos. Conexidad y 3-conexidad de grafos. Caminos disyuntos 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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Prerrequisitos: MATE 6150, MATE 6201, MATE 8001 (Teoría de Grafos) 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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Prerrequisitos: Teoría de Grafos

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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Prerrequisitos: MATE 6202, MATE 8001

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.

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

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Prerrequisitos: MATE 6881, MATE 8001 (Teoría de Grafos I)

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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Prerrequisitos: MATE 6150, MATE 8001 (Teoría de Grafos I)

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 Polítopos Convexos I**

Créditos: 3 Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

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. Polítopos convexos y sus caras. Polaridad y dualidad en polítopos convexos. Complejos de celdas y diagramas de Schlegel. Desgranando los complejos de la frontera. Los complejos cúbicos. El grafo de un  $d$ -polítopo y sus propiedades. Tres-polítopos y el teorema de Steinitz. Transformaciones afines y proyectivas. El teorema fundamental de geometría proyectiva. Polítopos simpliciales y simples. El teorema de Euler y las ecuaciones de Dehn-Sommerville. Teoremas de cotas inferior y superior para polítopos convexos.

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

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Prerrequisito: MATE 6301

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

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

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Prerrequisitos: MATE 6460, MATE 8469 (Análisis Funcional II).

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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Prerrequisitos: 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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Prerrequisitos: MATE 6606 (Procesos Estocásticos Aplicados II) 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 Interactiva de Sistemas de Ecuaciones No- Lineales**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Prerrequisitos: MATE 6680, MATE 6690 (Análisis Computacional II)

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**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

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 cuán eficiente y escalable 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 8980 Temas de Matemáticas Puras**

De uno a tres créditos.

Requisito previo: Permiso del director del departamento. Los temas se seleccionarán de acuerdo a los intereses y disponibilidad de la facultad y los estudiantes.

### **MATE 8985 Temas de Matemáticas Puras**

De uno a tres créditos.

Requisito previo: Permiso del director del departamento.

Los temas se seleccionarán de acuerdo a los intereses y disponibilidad de la facultad y los estudiantes.

### **MATE 8986 Temas de Matemáticas Discretas**

De uno a tres créditos.

Requisito previo: Permiso del director del departamento.

Los temas se seleccionarán de acuerdo a los intereses y disponibilidad de la facultad y los estudiantes.

### **MATE 8990 Tema en Matemáticas Aplicadas**

De uno a tres créditos.

Requisito previo: Permiso del instructor o del director del Departamento.

Los temas se fijarán de acuerdo con el interés y la disponibilidad de la facultad y los estudiantes.



**MATE 8995 Temas de Matemáticas Computacionales**

De uno a tres créditos.

Requisito previo: Permiso del instructor o del director de departamento.

Los temas se seleccionarán de acuerdo con el interés y la disponibilidad de la facultad y los estudiantes.