

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
MA3711	Optimización Matemática			
Nombre en Inglés				
Mathematical Optimization				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	3	2	5
Requisitos			Carácter del Curso	
MA2002 Cálculo Avanzado y Aplicaciones			CFB, curso de Licenciatura obligatorio para Ingeniería Civil Matemática	
Resultados de Aprendizaje				
El alumno sabrá resolver problemáticas que aparecen en el modelamiento de problemas de ingeniería con herramientas de optimización lineal y no-lineal tanto continua como entera, con o sin restricciones, y utilizar algunos algoritmos adecuados. El alumno sabrá utilizar paquetes computacionales útiles en la resolución de problemas de optimización.				

Metodología Docente	Evaluación General
Clases teóricas, viendo los contenidos con profundidad y rigurosidad. Se considerarán ejercicios para trabajo personal. Una tarea computacional donde se programe algún método visto en el curso. Complementariamente, se puede realizar una tarea orientada al modelamiento y resolución usando software libre de la Web.	Tres controles y un examen. En el caso de realizar ejercicios de forma periódica, el promedio de estos puede reemplazar la nota de uno de los controles. Nota de tarea: 20%, se aprueba por separado.

Resumen de Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	Condiciones de optimalidad, calificación de restricciones, sensibilidad y aplicaciones.	4.0
2	Dualidad Lagrangeana y aplicaciones	2.0
3	Programación lineal	4.5
4	Métodos numéricos para optimización no lineal irrestricta	2.5
5	Métodos numéricos para optimización no lineal con restricciones	2
	TOTAL	15.0

Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	Condiciones de optimalidad, calificación de restricciones, sensibilidad y aplicaciones.	4.0
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1.1 Noción de cono tangente de Bouligand y condición de primer orden genérica. 1.2 Condiciones de Karush-Kuhn-Tucker (KKT). 1.3 Distintas calificaciones de restricciones: conjunto de restricciones descrito como un poliedro, independencia lineal de gradientes activos (ILGA), condición de Mangasarian-Fromovitz y condición de Slater cuando el conjunto de restricciones es convexo. 1.4 Condiciones necesarias y suficientes de segundo orden. 1.5 Resultados de sensibilidad de la función valor bajo ILGA. 1.6 Aplicación a problemas en economía, equilibrio de estructuras, en física, etc..	El alumno deberá modelar problemas aplicados como un problema de optimización no lineal donde los datos (funciones objetivos y restricciones) son suaves. Conoce los conceptos de dirección admisible, dirección de descenso y en general como se construye el Teorema de KKT a partir de la operación sobre conos tangentes. También deberá comprender y saber aplicar las condiciones de primer y segundo orden, verificando que alguna calificación de restricciones se satisface, para resolver problemas concretos motivados desde la ingeniería y las ciencias.	1, 4 y 5

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	Dualidad Lagrangeana y aplicaciones	2.0
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
2.1 Definición del problema dual Lagrangeano: planteamiento y propiedades con respecto al primal en el caso convexo, entre ellas, dualidad débil, fuerte, saltos de dualidad, etc. 2.2 Interpretación Económica de las variables duales. 2.3 Aplicación a problemas. finanzas, portafolios, pricing, clasificación, flujo en redes, etc.	El alumno sabe calcular problemas duales para varios tipos de casos particulares de problemas convexos. Sabe identificar situaciones cuando hay o no saltos de dualidad y utiliza resultados de dualidad débil/fuerte para resolver problemas convexos específicos.	3

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	Programación Lineal	4.5
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
3.1 Introducción a la teoría de poliedros. 3.2 El método Simplex: desarrollo analítico e interpretación gráfica. Discusión breve sobre la complejidad del SIMPLEX. 3.3 Aplicaciones en logística, finanzas, planificación (dieta), bodegaje, control óptimo discreto, etc. 3.4 Revisitar problema dual en el caso lineal: holgura complementaria, interpretación del dual, etc. Teorema de alternativas (Farkas, etc.) y su aplicación a los resultados de dualidad débil y fuerte. 3.5 Noción de grafo y problemas lineales representables en grafos. Enunciar problema flujo de costo mínimo, transporte, etc. Calcular e interpretar sus duales. OPCIONAL: Algoritmo SIMPLEX aplicado al problema de flujo de costo mínimo. 3.6 Aplicaciones de la teoría de dualidad a la representación de poliedros. 3.7 Nociones de análisis post-óptimo (variación del lado derecho o de los costos, agregar columna o fila). 3.8 Introducción a los problemas lineales de gran tamaño: nociones de descomposición, ejemplos, métodos de generación de filas y columnas, problema maestro/esclavo, etc.	El alumno conoce las principales nociones de la teoría poliedral (caras, vértices, puntos y direcciones extremas, solución básica factible, etc.) y sus principales resultados (teorema Minkowski, Minkowski-Weyl, algoritmo Fourier-Motzkin y proyección de poliedro es un poliedro). Comprende el algoritmo Simplex, sus variantes (Simplex dual, fases I y II, etc.) y sus aplicaciones (análisis post-óptimo, entre otros). Sabe calcular problemas duales para PLs en forma estándar y de flujos sobre grafos. El alumno puede hacer análisis de sensibilidad en casos simples, a través del cual comprende el concepto de estabilidad. El alumno sabe identificar casos de optimización lineal en la que se pueden aplicar métodos de descomposición y aplicar los métodos enseñados en clases.	2, 4 y 6

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas	
4	Optimización sin restricciones	2.5	
Contenidos		Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
4.1 Nociones de búsqueda unidimensional: Golstein-Armijo, dicotomía, etc.. 4.2 Método del gradiente y su tasa de convergencia (lineal). 4.3 Familia de algoritmos de tipo gradiente conjugado. Ejemplo: algoritmo de Fletcher-Reeves. 4.4 Algoritmo de Newton, cuasi-Newton (DFP y BFGS) y tasas de convergencia (convergencia cuadrática en caso particular de Newton).		El alumno conoce y aplica la noción fundamental de algoritmos de descenso, basado en la búsqueda sobre una dirección dada. El alumno comprende los distintos tipos de convergencia: lineal, superlineal, cuadrática a través de la revisión de métodos específicos.	4 y 5

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas	
5	Optimización con restricciones	2.0	
Contenidos		Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
5.1 Método de direcciones admisibles (caso restricciones lineales). 5.2 Método de penalización/barrera.		El alumno conoce y aplica correctamente métodos de direcciones clásicos, de direcciones admisibles y de penalización (exteriores y de barrera). También se introduce el método del Lagrangeano aumentado. Se resuelven problemas particulares pero prominentes como el problema lineal, cuadrático-lineal, problema convexo con restricciones lineales.	4 y 5

Bibliografía

1. Bazaraa, M. y Shetty, C., Nonlinear Programming, Wiley, 1979.
2. Bertsimas, D. y Tsitsiklis J. N., Introduction to Linear Programming, Athenea Scientific, 1997.
3. Boyd, S. P., y Vandenberghe, L., Convex Optimization, Cambridge University Press, 2004.
4. Luenberger y Yin Yu Ye, Linear and nonlinear programming (4ta edición), Springer, 2016.
5. Nocedal, M. y Wright, S., Numerical optimization (2da edición), Springer, 2006.
6. Schrijver, A., Combinatorial optimization, Springer, 2003

Vigencia desde:	Otoño 2017
Elaborado por:	Alejandro Jofre, Héctor Ramírez
Revisado por:	Jaime Ortega (Jefe Docente)