

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
MA4701	OPTIMIZACIÓN COMBINATORIAL			
Nombre en Inglés				
COMBINATORIAL OPTIMIZATION				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	3	2	5
Requisitos			Carácter del Curso	
MA3701 Optimización			Obligatorio de Licenciatura	
Resultados de Aprendizaje				
<p>El estudiante al término del curso demuestran que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconoce los algoritmos clásicos para problemas combinatoriales en grafos. • Comprende los principios generales de diseño de algoritmos e incorporando la noción de eficiencia computacional. • Reconoce la complejidad computacional de un problema de optimización discreta, y presentar algunas técnicas básicas para abordar problemas NP-duros. 				

Metodología Docente	Evaluación General
<p>Las estrategias metodológicas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clases de cátedra expositivas. • Clases auxiliares: exposición de problemas y resolución de problemas guiados. 	<p>Las instancias de evaluación son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 ó 3 controles parciales. • Un examen final. • Pueden existir tareas para complementar la evaluación.

Resumen de Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	El problema del árbol generador de peso mínimo	2
2	El problema del camino más corto	2
3	Problemas de flujo	2
4	El Problema del cuplaje (matching)	2
5	Teoría poliedral y métodos de planos cortantes	2
6	Algoritmos de aproximación para problemas NP-duros	2
7	Tópicos	3
	TOTAL	15,0

Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	EL PROBLEMA DEL ÁRBOL GENERADOR DE PESO MÍNIMO	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<ol style="list-style-type: none"> Algoritmos de Kruskal y Prim vistos como un caso particular de un algoritmo genérico de construcción de un árbol de peso mínimo. Discusión de los algoritmos vistos como ilustración de una heurística de optimización basada en la estrategia glotona. Mejoras y eficiencia computacional. 	<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Conoce distintos algoritmos que resuelven el problema del árbol generador de peso mínimo. 	<p>[CLR90] cap. 17, 24</p> <p>[PS82] cap. 12</p> <p>[KE06] cap. 4</p>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	EL PROBLEMA DEL CAMINO MÁS CORTO	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<ol style="list-style-type: none"> Algoritmo de Bellman visto como una ilustración de un método genérico de diseño de algoritmos basado en programación dinámica. Algoritmos de Dijkstra, Bellman-Ford y Floyd-Warshall. Eficiencia computacional. Determinación de un conjunto maximal de rutas más cortas disjuntas en el sentido de los nodos. 	<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Conoce distintos algoritmos que resuelven el problema del árbol generador de peso mínimo. 	<p>[CLR90] cap. 16, 25, 26</p> <p>[KE06] cap. 6</p>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	PROBLEMAS DE FLUJO	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<ol style="list-style-type: none"> 1. Problema de Flujo Máximo. El teorema del flujo máximo y corte mínimo. Algoritmo de Ford-Fulkerson: el problema de la finitud del algoritmo y el Teorema de integralidad. Algunas mejoras del algoritmo de F-F; los algoritmos de Edmonds y Karp, y algún algoritmo más avanzado para problemas de flujo máximo. 2. Problema del Flujo de Costo Mínimo. 3. Equivalencia con el problema de circulación de costo mínimo. El problema de flujo de costo máximo como un caso particular del problema de flujo de costo mínimo. Problema de transporte. 	<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reconoce el Teorema de flujo máximo y corte mínimo y su relación con distintos algoritmos que resuelven el problema del flujo máximo. 	<p>[CLR90] cap. 27</p> <p>[Sak84] cap. 5</p> <p>[KE06] cap. 7</p>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	EL PROBLEMA DEL CUPLAJE (MATCHING)	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<ol style="list-style-type: none"> Cuplajes de cardinalidad máxima en grafos bipartitos. Algoritmo de Hopcroft y Karp. Cuplajes de peso mínimo y su relación con los problemas de asignación y flujo máximo. Cuplajes de cardinalidad máxima en grafos bipartitos. Algoritmos de Edmonds. Aplicación al problema del cartero chino. 	<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Reconoce distintos algoritmos que resuelven el problema del cuplaje. 	<p>[PS82] cap. 10, 11</p>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
5	TEORÍA POLIEDRAL Y MÉTODOS DE PLANOS CORTANTES	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<ol style="list-style-type: none"> Desigualdades válidas, facetas y puntos extremos de poliedros. Envoltura convexa e integralidad de polítopos, relación con unimodularidad (Teorema de Hoffman-Kruskal). Ejemplo: caracterización del polítopo del cuplaje perfecto (Teorema de Birkhoff). Planos cortantes: cortes de Gomory-Chvatal generales y planos cortantes para ejemplos específicos (cut-set-inequalities, flow-cover inequalities, etc). Problema de separación. Algoritmos de planos cortantes y métodos de ramificación y cortes (branch-and-cut). Convergencia finita del método fraccional-dual de Gomory. 	<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Formula distintos problemas combinatoriales como problemas de programación entera. Comprende distintos algoritmos y heurísticas dependientes de las propiedades del polítopo generado. 	<p>[CCPS98] cap. 6</p> <p>[PS82] cap. 14</p>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
6	ALGORITMOS DE APROXIMACIÓN PARA PROBLEMAS NP-DUROS	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<ol style="list-style-type: none"> Complejidad de un problema, algoritmos polinomiales, y verificación en tiempo polinomial. Problemas de decisión versus problemas de optimización. Definición de NP-completitud y de problemas NP-duros. Definición de algoritmos de aproximación, esquemas de aproximación polinomial, y esquemas de aproximación totalmente polinomiales. Ilustración (SET-COVER, EUCLIDEAN-TSP). Algoritmo glotón de aproximación (ilustrar con VERTEX-COVER), método de las esperanzas condicionales (ilustrar con MAX-CUT y MAX-SAT), método primal dual (ilustrar con el cuplaje perfecto de costo mínimo). 	<p>El estudiante demuestra que:</p> <ol style="list-style-type: none"> Reconoce problemas NP-duros. Garantiza formalmente la calidad de las soluciones generadas por distintos algoritmos de aproximación. 	<p>[CLR90] cap. 37</p> <p>[PS82] cap. 17</p> <p>[Go1-91] cap. 18</p> <p>[GW97]</p> <p>[KE06] cap. 11</p>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en
--------	---------------------	-------------

		Semanas
7	Tópicos	3
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<ol style="list-style-type: none"> 1. Elementos Básicos Sobre Matroides. 2. Conjuntos independientes de peso máximo. El algoritmo glotón para matroides .Intersección de matroides. Matroides como generalización de problemas en redes y árboles generadores. 3. Programación Entera en Dimensión Fija. Látices, el problema del vector más corto, base reducida de Lovász, el algoritmo de reducción de bases de Lenstra--Lenstra--Lovász. Programación entera con una cantidad fija de variables. 4. Método de Relajación y Descomposición. Relajación lineal v/s relajación Lagrangeana para programación lineal entera. Métodos de ascenso dual. Métodos de generación de columnas y relación con métodos de planos cortantes. Métodos de descomposición de Dantzig-Wolfe y de Benders. 5. Optimización en línea. Factor competitivo y definición de algoritmo en línea. Ejemplos. 	<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reconoce el algoritmo glotón para matrices con algunas aplicaciones, 2. Reconoce distintos algoritmos para el problema de programación lineal entera en dimensión fija, 3. Reconoce el método de relajación y descomposición para programación lineal entera 4. Reconoce distintos ejemplos del problema de optimización en línea 	<p>[GLS93] cap. 7</p> <p>[Go1-91] cap. 21, 24</p> <p>[NW88] cap. 2</p> <p>[NRT89] cap. 6</p> <p>[Go2-94]</p> <p>[BY98]</p>

Bibliografía

- [BY98] A. Borodin, R. El-Yaniv, "Online Computation and Competitive Analysis", Cambridge Press, 1998.
- [CCPS98] W.J. Cook, W.H. Cunningham, W.R. Pulleyblank, y A. Schrijver, "Combinatorial Optimization", John Wiley & Sons, Series in Discrete Mathematics and Optimization, 1998.
- [CLR90] T.H. Cormen, C.E. Leiserson, y R.L. Rivest, "Introduction to Algorithms", MIT Press, 1990.
- [GLS93] M. Grotschel, L. Lovász, y A. Schrijver, "Geometric Algorithms and Combinatorial Optimization", Series in Algorithms and Combinatorics, No.2, Springer-Verlag, 2nd edition, 1993.
- [GW97] M. Goemans, y D. Williamson, "The Primal Dual Method for Approximation Algorithms and its Applications to Network Design Problems", Cap. 4, en Approximation Algorithms for NP-hard problems, por D.S. Hochbaum (editora), PWS Publishing Company, 1997.
- [Go1-91] M.Goemans, apuntes del curso Advanced Algorithms, MIT, 1991.
- [Go2-94] M. Goemans, "On-Line Algorithms", apuntes del curso Advanced Algorithms, MIT, Septiembre 1994.
- [KE06] J. Kleinberg y E. Tardos, "Algorithm Design", Addison-Wesley, 2006.
- [NRT89] G.L. Nemhauser, A.H.G. Rinnooy Kan, y M.J. Todd (editores), "Optimization", Handbooks in Operations Research and Management Science}, Vol. 1, North-Holland, 1989.
- [NW88] G.L.Nemhauser y L.A. Wolsey, "Integer and Combinatorial Optimization", Wiley Interscience Series in Discrete Mathematics and Optimization, John Wiley & Sons, 1988.
- [PS82] C.H. Papadimitriou y K. Steiglitz, "Combinatorial Optimization, Algorithms and Complexity", Prentice-Hall, 1982.
- [Sch03] A.Schrijver, "Combinatorial Optimization: Polyhedra and Efficiency" Springer-Verlag, Series in Algorithms and Combinatorics, Vol. 24, 2003.
- [Sak84] M.Sakarovitch, "Optimisation Combinatoire, Méthodes mathématique et algorithmiques. Programmation Discrète", Hermann, 1984.

Vigencia desde:	Otoño 2010
Revisado por:	2010 Iván Rapaport 2009 Axel Osses 2010 Michal Kowalczyk (Jefe Docente) Área de Desarrollo Docente (ADD)