

PROGRAMA DE CURSO MODELAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN

A. Antecedentes generales del curso:

| | | | | | | |
|----------------------------|---|--------|------------|----------|------------------|-----|
| Departamento | Ingeniería Industrial (DII) | | | | | |
| Nombre del curso | Modelamiento y optimización | Código | IN3171 | Créditos | 6 | |
| Nombre del curso en inglés | <i>Modeling and optimization</i> | | | | | |
| Horas semanales | Docencia | 3 | Auxiliares | 1,5 | Trabajo personal | 5,5 |
| Carácter del curso | Obligatorio | X | | Electivo | | |
| Requisitos | MA2002: Cálculo Avanzado y aplicaciones | | | | | |

B. Propósito del curso:

El curso, que se ubica en el V semestre de la licenciatura, tiene como propósito que los y las estudiantes identifiquen y analicen problemas de optimización y que construyan modelos que permita mejorar la eficiencia en la toma de decisiones. Para ello, utilizan herramientas tecnológicas diseñadas para obtener soluciones frente a diversos problemas.

La importancia de este curso radica en el hecho de que aporta a la formación de los y las estudiantes al proveer herramientas conceptuales que permiten identificar situaciones a las que se debe dar solución o que pueden ser mejoradas. Estos aprendizajes son transeverales a la formación, puesto que el/la estudiante pueden determinar cuáles son las falencias en el proceso de toma de decisiones frente a un problema o qué procesos pueden ser mejorados.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Identificar, analizar y diagnosticar los diferentes elementos de los problemas complejos que surgen en las organizaciones, y que son claves para resolverlos.

CE3: Modelar, simular y evaluar problemas de gestión, para encontrar soluciones óptimas, a necesidades de la ingeniería industrial.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

C. Resultados de aprendizaje:

| Competencias específicas | Resultados de aprendizaje |
|--------------------------|---|
| CE1 | RA1: Analiza un problema de toma de decisiones para proponer mejoras a la eficiencia en un proceso, estructurándolo de acuerdo a las variables y a las restricciones a las cuales está sujeto. |
| CE3 | RA2: Resuelve problemas de optimización, considerando la estructura geométrica de estos, su naturaleza lineal y no lineal con y sin restricciones, para diseñar estrategias de solución. |
| | RA3: Construye y utiliza modelos de optimización, considerando la naturaleza de las variables de un problema, a fin de proponer modelos lineales y no lineales que permitan mejoras a procesos de toma de decisiones. |
| Competencias genéricas | Resultados de aprendizaje |
| CG1 | RA4: Produce informes sobre los resultados del uso y construcción de modelos para optimizar procesos de toma de decisiones, evidenciando claridad y concisión en sus ideas, argumentos o propuestas, así como un manejo técnico de conceptos y teorías. |

D. Unidades temáticas:

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|---|-------------------|--|---------------------|
| 1 | RA1, RA2, RA3 | Modelación de problemas de optimización | 1,5 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| 1.1. Optimización en ingeniería Historia de la optimización: ramas de la optimización. 1.2. Forma de abordar un problema desde la optimización. 1.3. Conceptos básicos de grafos. 1.4. Flujo máximo y corte mínimo. 1.5. Problema camino más corto. 1.6. Forma de un problema lineal. 1.7. Solución gráfica. 1.8. Transformaciones y equivalencias. | | El/la estudiante: 1. Determina en qué consiste un problema de optimización, considerando restricciones a las cuales está sujeto. 2. Analiza y explica la relevancia y utilidad de la optimización como herramienta de la ingeniería para resolver problemas, considerando que existen problemas de difícil resolución. 3. Identifica y utiliza modelos de flujo máximo y corte mínimo en grafos. 4. Determina la estrategia global para abordar un problema de optimización. 5. Compara distintos modelos para resolver un mismo problema, analizándolos. | |

| | |
|----------------------------------|--|
| | 6. Analiza un problema de toma de decisiones, estructurándolo de acuerdo a las variables y a las restricciones a las cuales está sujeto. |
| Bibliografía de la unidad | (1) Bertsimas D. y Tsitsiklis J. part cap 7. (2) Boyd S. y Vandenberghe L. part I,1, I.3. |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|---|-------------------|---|---------------------|
| 2 | RA3, RA4 | Modelación con problemas lineales enteros | 1,5 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| 2.1. Formulación de un problema de optimización lineal entera. 2.2. Modelación con variables binarias. 2.3. Modelar distintas relaciones entre variables. 2.4. Funciones no lineales y restricciones disyuntivas. 2.5. Dificultad de los problemas de optimización. | | El/la estudiante: 1. Determina situaciones dentro del proceso de toma de decisiones que requieren uso de variables enteras para proponer un modelo. 2. Distingue en qué situaciones se usan las restricciones disyuntivas, considerando la naturaleza del problema. 3. Reconoce la dificultad de plantear un modelo mediante programación entera, dadas las restricciones y naturaleza de las variables. 4. Elabora modelos de optimización lineal entera, considerando las restricciones identificadas. 5. Construye un modelo de optimización, obteniendo soluciones, mediante el uso de herramientas computacionales. 6. Elabora informes donde reporta los resultados de la construcción y uso de un modelo, considerando en su argumentación, un lenguaje variado que evidencie manejo técnico de los conceptos. | |
| Bibliografía de la unidad | | (3) Boyd S. y Vandenberghe L., part I.1. | |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|---|-------------------|--|---------------------|
| 3 | RA2, RA4 | Geometría de poliedros y método Simplex | 4 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| 3.1. Polítopos, poliedros, puntos extremos, caras y facetas. 3.2. Algoritmo Simplex. 3.3. Degenerancia de soluciones y término finito del método Simplex. 3.4. Simplex fase I. | | El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Propone un algoritmo para resolver problemas de modelos lineales, considerando conceptos básicos sobre poliedros. Desarrolla un algoritmo para la resolución de modelos lineales, considerando poliedros. Infiere cómo la estructura del poliedro sirve para caracterizar las soluciones de un problema lineal. Determina cómo opera el algoritmo Simplex, aplicable a problemas de optimización lineal. Resuelve problemas lineales, usando el algoritmo Simplex, interpretando la solución obtenida. Justifica los resultados de la interpretación de la solución obtenida frente a problemas lineales, a partir del uso de argumentos claros y consistentes basados en aspectos teóricos del modelamiento y optimización. Resuelve problemas de optimización, considerando aspectos geométricos del problema (lineal y no lineal), con y sin restricciones. | |
| Bibliografía de la unidad | | (4) Bertsimas D. y Tsitsiklis J., part cap 2. (5) Boyd S. y Vandenberghe L., part I.2 | |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|--|-------------------|--|---------------------|
| 4 | RA2 | Dualidad y sensibilidad de soluciones óptimas | 2,5 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| 4.1. Formulación del problema dual. Teoremas de dualidad débil y fuerte. 4.2. Interpretación económica del dual. 4.3. Sensibilidad ante cambios en los datos de entrada. | | El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Formula el dual de un programa lineal, considerando las restricciones y variables del problema primal. 2. Determina la importancia y utilidad de la teoría de la dualidad, utilizando esta herramienta en la resolución de problemas de optimización. 3. Extrae conclusiones sobre la imprecisión de parámetros para un problema, considerando teoremas, la interpretación económica del dual y la sensibilidad ante cambios en los datos de entrada. 4. Determina el rango de variación de parámetros en que la base óptima se mantiene, interpretando el efecto que esto tiene en la solución final. | |
| Bibliografía de la unidad | | (6) Bertsimas D. y Tsitsiklis J, part cap 4 y 5. (7) Boyd S. y Vandenberghe L., part I.2. | |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|---|-------------------|--|---------------------|
| 5 | RA2, RA4 | Programación entera | 3 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| 5.1. Cortes y métodos de planos cortantes. 5.2. Método de ramificación y acotamiento (Branch and Bound). | | El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Compara la solución de un problema entero con la de un problema continuo, determinando que la solución de problemas enteros es más compleja de obtener. 2. Utiliza algoritmos básicos para resolver problemas enteros, considerando aspectos geométricos de la región factible. 3. Programa un modelo de optimización, obteniendo e interpretando su solución, mediante el uso de herramientas computacionales. 4. Reporta los resultados de problemas de optimización, elaborando argumentos claros | |

| | |
|----------------------------------|--|
| | que respalden la solución obtenida con su respectiva interpretación en base a evidencia. |
| Bibliografía de la unidad | (8) Bertsimas D. y Tsitsiklis J., part cap 11. |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|--|-------------------|--|---------------------|
| 6 | RA2, RA3 | Elementos de optimización no lineal | 2,5 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| 6.1. Convexidad. 6.2. Condiciones de optimalidad Karush-Kuhn-Tucker (KKT). 6.3. Calificación de restricciones. 6.4. Algoritmos básicos. | | El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Determina cuándo es necesario plantear un modelo de optimización no lineal, considerando restricciones a las cuales está sujeto. Identifica cuándo un problema es convexo, utilizando conceptos geométricos que permiten caracterizar soluciones. Construye modelos no lineales, utilizando algoritmos para problemas convexos, a fin de obtener una solución. | |
| Bibliografía de la unidad | | (9) Bertsimas D. y Tsitsiklis J. I part cap. 3, 4, 5 y 8. (10) Conforti M., Cornuejols G. y Zambelli G. | |

E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- Clases expositivas.
- Resolución de problemas.

F. Estrategias de evaluación:

Al inicio de cada semestre, el cuerpo académico informará sobre la cantidad y tipo de evaluaciones, así como las ponderaciones correspondientes.

El curso tiene distintas instancias de evaluación que consideran:

- Controles.
- Tareas; en algunos casos se solicitará justificar los resultados mediante la elaboración de informes breves o argumentos que den cuenta de una justificación coherente y clara.
- Examen final: evalúa de forma integradora los aprendizajes declarados.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- [1]
- [1]
- [1]
- [1]

Unidad 1:

- (1) Bertsimas D. y Tsitsiklis J. (1997). *Introduction to Linear Optimization, Athena Scientific*, part cap 1, 7.*
- (2) Boyd S. y Vandenberghe L. (2004). *Convex Optimization*, Cambridge University Press, part I.2, I.3.

Unidad 2:

- (3) Boyd S. y Vandenberghe L. (2004). *Convex Optimization*, Cambridge University Press, part I.1

Unidad 3

- (4) Bertsimas D. y Tsitsiklis J. (1997). *Introduction to Linear Optimization, Athena Scientific*, part cap 2.*

(5) Boyd S. y Vandenberghe L. (2004). *Convex Optimization*, Cambridge University Press, part I.2.

Unidad 4:

(6) Bertsimas D. y Tsitsiklis, J. (1997). *Introduction to Linear Optimization*, Athena Scientific, part cap 4 y 5.*

(7) Boyd S. y Vandenberghe, L. (2004). *Convex Optimization*, Cambridge University Press, part I.2.

Unidad 5:

(8) Bertsimas D. y Tsitsiklis J. (1997). *Introduction to Linear Optimization*, Athena Scientific, part cap 11.*

Unidad 6:

(9) Bertsimas D. y Tsitsiklis J. (1997). *Introduction to Linear Optimization*, Athena Scientific, part cap. 3, 4, 5 y 8.*

(10) Conforti M., Cornuejols G. y Zambelli G. (2014). *Integer Programming*, Springer.

Bibliografía complementaria:

(11) Ahuja R.K., T.L. Magnanti y J.B. Orlin (1993). *Network Flows*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

(12) Bazaraa, M. S., Sherali, H. D., & Shetty, C. M. (2013). *Nonlinear programming: theory and algorithms*. John Wiley & Sons.

(13) Cook W. Cunningham W. H. Pulleyblank W. R. y Schrijver A. (1997). *Combinatorial Optimization*, A. Wiley.

(14) Nemhauser, G. L., Wolsey, L. A. (1988). *Integer and Combinatorial Optimization*. John Wiley & Sons, New York.

(15) Schrijver A. (1986) *Theory of linear and integer optimization*, A. Wiley.

(16) Papadimitriou C. H. y Steiglitz K. (1982) *Combinatorial Optimization*, Prentice Hall.

* No existe una versión más actualizada del texto, pero es un texto fundamental para la formación del estudiante.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

| | |
|-----------------|---|
| Vigencia desde: | Otoño, 2021 |
| Elaborado por: | Andreas Wiese, Andrés Weintraub, Fernando Ordóñez |
| Validado por: | Validación COMDOC, CTD de Ingeniería Industrial |
| Revisado por: | Área de Gestión Curricular |