



Programa de Optimización Continua y Aplicaciones

1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

Optimización Continua y Aplicaciones (OCA)

2. CRÉDITOS

10 créditos.

3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

El objetivo del curso es transmitir la teoría general de la optimización continua con foco en sus aplicaciones prácticas, en particular, sobre aquellas que hacen a la resolución de algunos problemas de Análisis de Datos y Modelado Predictivo. Por tanto, este curso busca fortalecer los conocimientos teóricos que fundamentan a las técnicas de Inteligencia Artificial, pero no busca cubrir el estado del arte de esta temática de actualidad.

El curso está diseñado para profundizar sobre los temas introductorios del área de Investigación de Operaciones, y está dirigido a los estudiantes que quieren diversificar sus conocimientos en optimización continua con foco en las aplicaciones antes mencionadas. El programa incluye un breve repaso de los conceptos de Procesos Estocásticos y sobre todo de Optimización, extiende esos conocimientos para cubrir herramientas y conceptos indispensables en el área de aplicación de referencia (Inteligencia Artificial), y agrega además los laboratorios necesarios para que los estudiantes tomen contacto directo con las aplicaciones.

4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

El curso intercala clases teóricas con aplicaciones a ser resueltas en dinámica de laboratorios. Como mecánica general, una de entre cada 5 o 6 clases es la defensa de un laboratorio, en la que el estudiante debe diseñar e implementar alguna variante de las metodologías vistas en

el teórico a efectos de resolver un problema real. El calendario está estructurado de modo que al finalizar los temas, los estudiantes reciban la letra del obligatorio a resolver en esos mismos tópicos, y comiencen a diseñar e implementar su solución en paralelo con los teóricos siguientes, entre los que se destinará además cierto tiempo a efectos de consultas.

La dinámica requiere un seguimiento permanente y sostenido por parte del estudiante; tiene la ventaja de mantener al mismo actualizado con los conocimientos impartidos en clase, ya que el programa se ha estructurado en una secuencia lógica que facilita encadenar los conceptos aprendidos. Habrá una prueba oral final con el objetivo de que el estudiante repase el conjunto de los conocimientos adquiridos como un todo, con el fin de integrar conceptualmente los fundamentos teóricos mientras aún se tienen presentes los detalles de implementación de las aplicaciones resueltas durante el curso.

El curso comprende 29 instancias presenciales (53 horas presenciales), que se descomponen en 17 clases de teórico de dos horas cada una (34hs de teórico), más 5 defensas de obligatorios de una hora cada una (5hs defensa), más 6 clases de consulta de dos horas (12hs total, 5 clases para los obligatorios y una para la prueba), más la prueba oral (2hs de exposición). En paralelo, se prevé que el estudiante destine otras 97 horas como trabajo domiciliario. El detalle de esas horas es el siguiente: 47 horas de estudio y seguimiento de los teóricos durante el curso, 40 horas en preparación y resolución de los obligatorios; 10 horas en preparación de la prueba oral; más otras 47 horas de estudio y seguimiento de los teóricos durante el curso.

Se incluye a continuación el resumen de esfuerzo esperado:

| | |
|---------------|--|
| 34 hs | Teórico (17 clases x 2hs) |
| 47 hs | Repaso y estudio de los Teóricos |
| 40 hs | Resolución obligatorios (6hs [ob1] + 3x8hs [ob2, ob3, ob4] + 10hs [ob5]) |
| 12 hs | Consultas (6 clases x 2hs, 5 para obligatorios más 1hs para prueba) |
| 5 hs | Defensas de obligatorios (5 obligatorios x 1hs) |
| 10 hs | Estudio de Prueba final |
| 2 hs | Prueba final |
| Total: | 150 hs (53 horas presenciales y 97 de tareas domiciliarias) |

5. TEMARIO

1. Repaso de conceptos generales básicos: convexidad, optimización y problemas de programación matemática.
2. Principio de optimalidad, programación dinámica y complejidad computacional.
3. Optimización sin restricciones (teoría y métodos de resolución).
4. Gradiente estocástico, optimización en aprendizaje profundo y técnicas de regularización.
5. Otros tipos de algoritmos de optimización (síntesis de métodos evolutivos y aplicación a problemas continuos).

6. Optimización con restricciones (relajaciones, KKT, dualidad y análisis de sensibilidad).
7. Métodos para resolución de problemas de optimización con restricciones (métodos de penalizaciones y de barrera, SQP, Active Set).
8. Programación Lineal (especificidades en dualidad y sensibilidad, repaso Simplex).
9. Complementariedad Lineal y Programación Cuadrática (Método Punto Interior).

6. BIBLIOGRAFÍA

| Tema | Básica | Complementaria |
|------|--------|----------------|
| 1 | (1,2) | (3) |
| 2 | (1) | |
| 3 | (1) | (3) |
| 4 | (1) | (4) |
| 5 | (1) | |
| 6 | (1,2) | (3) |
| 7 | (1) | (3) |
| 8 | (1,2) | (3) |
| 9 | (1) | (3) |

6.1 Básica

1. Las transparencias de las clases teóricas de este curso (confeccionadas por los docentes y disponibles en la plataforma EVA).
2. Las notas del curso de Introducción a la Investigación de Operaciones (disponibles en la plataforma EVA).

6.2 Complementaria

3. "Convex Optimization". S. Boyd, L. Vanderberghe, Cambridge Univ. Press, 2004 (disponible en: https://web.stanford.edu/~boyd/cvxbook/bv_cvxbook.pdf).
4. "Deep Learning". Ian Goodfellow and Yoshua Bengio and Aaron Courville. MIT Press, 2016 (disponible en: <http://www.deeplearningbook.org>).

7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

7.1 Conocimientos Previos Exigidos: Investigación Operativa, y en especial la optimización continua.

7.2 Conocimientos Previos Recomendados:

ANEXO A
Para todas las Carreras

A1) INSTITUTO

Instituto de Computación (InCo)

A2) CRONOGRAMA TENTATIVO

El siguiente cronograma se ajustará según fechas de parciales y feriados.

| Clase | Semana | Carga semanal | Tema | Tipo de clase | Horas presencial | Horas domicilio |
|-------|--------|---------------|--|---------------|------------------|-----------------|
| 1 | 1 | 10 | Repaso de Convexidad y Optimización (sin restricciones, programación matemática, ejemplos de ambos) | teórico | 2 | 2 |
| 2 | | | Optimización sin Restricciones (complejidad, principio de optimalidad y programación dinámica). Presentación Obl1. | teórico | 2 | 4 |
| 3 | 2 | 9 | Consulta Obligatorio 1 | consulta | 2 | 2 |
| 4 | | | Obligatorio 1. Programación Dinámica | práctico/lab | 1 | 4 |
| 5 | 3 | 12 | Optimización sin Restricciones (formulación analítica, existencia, unicidad en caso diferenciable / convexidad) | teórico | 2 | 4 |
| 6 | | | Optimización sin Restricciones (métodos numéricos: iterativos y evolutivos, determinísticos vs estocásticos) | teórico | 2 | 4 |
| 7 | 4 | 8 | Optimización sin Restricciones (métodos iterativos, convergencia, descenso y búsqueda lineal) | teórico | 2 | 4 |
| 8 | | | Presentación Obligatorio 2 | teórico | 2 | 0 |
| 9 | 5 | 11 | Consulta Obligatorio 2 | consulta | 2 | 4 |
| 10 | | | Obligatorio 2. Descenso y Búsqueda Lineal | práctico/lab | 1 | 4 |
| 11 | 6 | 12 | Optimización sin Restricciones (steepest descent, gradiente conjugado, Newton, cuasi-newton) | teórico | 2 | 4 |
| 12 | | | Optimización sin Restricciones (gradiente estocástico, aprendizaje profundo, regularización) | teórico | 2 | 4 |
| 13 | 7 | 8 | Presentación Obligatorio 3 | teórico | 2 | 0 |
| 14 | | | Consulta Obligatorio 3 | consulta | 2 | 4 |
| 15 | 8 | 5 | Obligatorio 3. Gradiente Estocástico y Cuasi Newton | práctico/lab | 1 | 4 |
| 16 | 8 | 6 | Métodos evolutivos (algoritmos genéticos, simulating annealing, particle swarm, ant colony, idea general y aplicaciones) | teórico | 2 | 4 |
| 17 | 9 | 11 | Programación Matemática (repaso de relajaciones y Kuhn-Tucker) | teórico | 2 | 4 |
| 18 | | | Optimización con Restricciones (dualidad y análisis de sensibilidad, ejemplos y aplicaciones). Presentación Obl. 4 | teórico | 2 | 3 |
| 19 | 10 | 11 | Consulta Obligatorio 4 | consulta | 2 | 4 |
| 20 | | | Obligatorio 4. Dualidad y Sensibilidad | práctico/lab | 1 | 4 |
| 21 | 11 | 8 | Optimización con restricciones (penalizaciones y métodos de barrera) | teórico | 2 | 2 |
| 22 | | | Optimización con restricciones (SQP, active set) | teórico | 2 | 2 |
| 23 | 12 | 10 | Programación Lineal (dualidad, sensibilidad, repaso simplex) | teórico | 2 | 2 |
| 24 | | | Complementaridad Lineal y Programación Cuadrática (método punto interior) | teórico | 2 | 4 |
| 25 | 13 | 9 | Presentación Obligatorio 5 | teórico | 2 | 0 |
| 26 | | | Consulta Obligatorio 5 | consulta | 2 | 5 |
| 27 | 14 | 6 | Obligatorio 5. Programación Cuadrática y Lineal (gran escala) | práctico/lab | 1 | 5 |
| 28 | 14 | 2 | Repaso de Teórico y Obligatorios para el examen | consulta | 2 | 0 |

| | | | | | | |
|--|----|----|---|------------------|----|----|
| 29 | 15 | 12 | Examen Oral Final (1h preparación y 1 h exposición) | práctico/ lab | 2 | 10 |
| <i>los temas <u>subrayados</u> incluyen mucho repaso de otros cursos</i> | | | | TOTAL HORAS | 53 | 97 |

A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Se realizarán obligatorios en grupos de no más de tres estudiantes, que deberán presentar por escrito (documentación y código) la solución a los problemas planteados. Cada obligatorio será acompañado de una instancia de defensa, que agrega el componente de evaluación individual. Complementando el último punto, también se incluye una instancia final de prueba (oral), donde cada estudiante debe responder preguntas referidas a los conocimientos impartidos durante el teórico, y/o aquellos elaborados a efectos de poder completar los laboratorios.

La instancia de prueba oral es individual, eliminatoria, y se debe tener la aprobación de los obligatorios para acceder a la misma. La aprobación de los obligatorios está sujeta a mínimos promedios y particulares. La escala de calificaciones en los obligatorios será de 0 a 3. El estudiante perderá el derecho a la prueba (el curso en consecuencia) si obtuviera un 0, o dos 1s en los obligatorios. Además, el promedio en los obligatorios deberá ser 2 o superior para acceder a la prueba final.

Todos los estudiantes serán evaluados a través de las defensas de obligatorios y con la prueba final individual. La composición de la calificación será 70% por los obligatorios (escalando el promedio de las calificaciones) y 30% por el desempeño en la prueba final. Se considera obligatoria la asistencia a las defensas de los obligatorios y a la prueba final.

A4) CALIDAD DE LIBRE

Esta unidad curricular no adhiere a la calidad de libre.

A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Cupos mínimos: no hay cupo

Cupos máximos: 20 estudiantes

ANEXO B para las carreras Ingeniería en Computación (plan 97) y Licenciatura en Computación

B1) ÁREA DE FORMACIÓN

Investigación Operativa.

B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS

Para el Curso: Examen de Introducción a la Investigación de Operaciones

Para el Examen: No Aplica
