

<b>Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo</b>			
<b>P1- PROGRAMA DE ASIGNATURA</b>			
<b>Asignatura:</b>	<b>Investigación Operativa</b>		
<b>Profesor Titular:</b>	<b>Dr. Ing. Jorge E. Núñez Mc Leod</b>		
<b>Carrera:</b>	<b>Ingeniería Industrial</b>		
<b>Año: 2022</b>	<b>Semestre: 7º</b>	<b>Horas Semestre: 90</b>	<b>Horas Semana: 6</b>

### **FUNDAMENTACIÓN**

En la Carrera de Ingeniería Industrial, la asignatura Investigación Operativa, brinda al futuro profesional en lo curricular las herramientas conceptuales y matemático-estadísticas necesarias para el análisis, modelación, resolución y optimización de diferentes aspectos prácticos del ejercicio de la profesión.

En cuanto a la formación integral del estudiante el planteo pedagógico de enseñanza-aprendizaje (en un contexto que va de lo individual a lo grupal, sobre temas específicos o abiertos) le permite desarrollar un conjunto necesario de competencias transversales para su futuro desempeño profesional.

### **OBJETIVOS**

Que el estudiante de Ingeniería Industrial desarrolle las competencias para:

- Capacidad para conceptualizar modelos de ingeniería y aplicar métodos analíticos en la resolución de problemas de optimización de procesos y sistemas.
- Optimizar los sistemas productivos con el enfoque integrador de su carrera.
- Analizar, interpretar, formular y resolver con criterio y soporte técnico los problemas típicos de su profesión y aquellos novedosos que le surjan durante el desarrollo de su vida profesional.
- Formular los modelos matemático-estadísticos de los sistemas analizados, con vistas a la optimización de los mismos.
- Desarrollar criterio para la selección y aplicación de las diferentes técnicas estudiadas.
- Gestionar proyectos desde la óptica de la Investigación de Operaciones en el contexto de la Carrera de Ingeniería Industrial.

Que el estudiante desarrolle las siguientes competencias transversales:

- Pedagógicas: capacidad de análisis y síntesis, investigación y pensamiento crítico.
- Organizacionales: capacidad de organización y planificación, y capacidad de gestión de la información.
- Sociales: capacidad de organizar y/o integrarse en grupos de trabajo, capacidad de trabajar en equipo y capacidad de comunicación en grupos de trabajo.
- Comunicacionales: comunicación oral y escrita.
- Personales: iniciativa, creatividad, liderazgo y sentido ético.

## **CONTENIDOS**

### **UNIDAD 1: Introducción**

#### **1.A. Introducción**

Orígenes y evolución de la Investigación Operativa. Naturaleza e Impacto de la Investigación de Operaciones. Contexto actual. Falacias Lógicas.

#### **1.B. Introducción a la Generación de Variables Aleatorias**

Características de los números aleatorios. Generación de números aleatorios. Métodos congruenciales. Generación a partir de distribuciones de probabilidad: método de la transformada inversa y método de transformada inversa estratificada. Muestreo por Hipercubos Latinos.

#### **1.C. Introducción a Modelos**

Definición del problema y recolección de información. Tipos de Modelos. Formulación de un modelo matemático. Bondades y limitaciones de los modelos matemáticos. Incertidumbre de los datos y de los resultados. Implementación. Verificación y validación. Ciclo de vida del modelo.

### **UNIDAD 2: Programación Lineal**

#### **2.A. Formulación y Resolución**

**Modelos de programación lineal.** Formulación y terminología: variables de decisión, restricciones y función objetivo. Suposiciones básicas: proporcionalidad, aditividad, divisibilidad, certidumbre. Solución gráfica (dos variables de decisión). **Método Simplex:** Fundamentos y terminología. Metodología de resolución. Tipos de variables: propias, de holgura, de excedente y artificiales. Tipos de soluciones: factibles, básicas y óptimas. Estrategia de manipulación de empates. Soluciones óptimas múltiples. **Algoritmo de Punto Interior.**

#### **2.B. Teoría de dualidad y análisis de sensibilidad**

Fundamentos y terminología. Formulación del problema dual. Relaciones primal-dual. Interpretación de la dualidad. Análisis de sensibilidad. Costos reducidos y precios sombra.

### **UNIDAD 3: Programación No Lineal y Metaheurística**

#### **3.A. Programación No Lineal**

Introducción gráfica de los problemas de programación no lineal. Tipos de problemas de programación no lineal. Problemas no lineales sin restricciones. Problemas no lineales con restricciones de igualdad: Método de Lagrange. Problemas no lineales con restricciones generalizadas: Condiciones de Karush-Kuhn-Tucker (KKT). Método del gradiente reducido generalizado (GRG).

#### **3.B. Metaheurística**

Metaheurística. Búsqueda Tabú. Fundamentos, terminología y algoritmia. Recocido Simulado. Fundamentos, terminología y algoritmia. Ecuación de Boltzmann. Manejo de óptimos locales. Algoritmos Genéticos y Estrategias Evolutivas. Fundamentos, terminología y algoritmia. Conceptos de Exploración y Explotación. Criterio de utilización.

### **UNIDAD 4: Modelos**

#### **4.A. Modelos básicos del campo profesional**

Modelo de la Dieta. Modelo del Viajante. Modelo de Planificación de la Producción. Modelo del Transporte; origen y destino ficticios; el modelo de transbordo. Modelo de Asignación.

#### **4.B. Modelos de redes**

Algoritmo de la ruta más corta. Modelo del árbol de expansión mínima. Modelo de flujo máximo. Modelo del flujo de costo mínimo.

#### **4.C. Modelos de secuenciación de tareas, de distribución en planta y de localización**

Modelos de Secuenciación de flujo en un sistema. Modelo de la Programación de Tareas en un Sistema. Modelo de la Programación de Máquinas. Modelo del Diseño de Distribución en una

Planta Industrial. Modelo de la Localización de una Instalación.

### **UNIDAD 5: Teoría de Juegos**

#### **5.A. Juegos Rectangulares**

Fundamentos y terminología. Clasificación de juegos. Formulación de juegos rectangulares. Juegos de dos personas y suma cero. Análisis de decisiones con esquemas cooperativos y no cooperativos. Casos del modelado y análisis de: la negociación para la radicación de una industria, la guerra de precios entre empresas y la negociación para la conformación de una Unión Transitoria de Empresas.

#### **5.B. Juegos Extensivos**

Juegos extensivos. Representación gráfica. Juegos con más de dos jugadores. Juegos con información perfecta. Juegos con recuerdo perfecto y estrategias de comportamiento. Juegos infinitos. Juegos continuos. Caso del modelado y análisis de la relación del Técnico y el Supervisor para la realización de actividades mantenimiento en la industria. Extensión del modelo.

### **UNIDAD 6: Análisis de Decisiones**

#### **6.A. Toma de Decisiones**

Fundamentos y terminología. Tomas de decisiones sin experimentación. Formulación. Criterio de pago máximo. Criterio de la máxima posibilidad. Regla de decisión de Bayes. Análisis de sensibilidad. Toma de decisiones con experimentación. Probabilidades a posteriori. El valor de la experimentación. Construcción de un árbol de decisión. Análisis de un árbol de decisión. Caso del análisis de alternativas en una exploración petrolera.

#### **6.B. Árboles de Decisión Extendidos**

Fundamentos y terminología. Árboles de Eventos. Casos de la planta de irradiación y de la instalación química. Árboles de Fallas. Caso del sistema de bombeo y de la señal de alarma. Árboles de Decisión Humana. Caso del modelado de la toma de decisiones en una actividad de mantenimiento en la industria.

### **UNIDAD 7: Teoría de Colas**

#### **7.A. Modelos**

Introducción y presentación. Aplicaciones. Fundamentos y terminología. Estructura básica de los modelos de colas: población de entrada, cola, disciplina de la cola, mecanismo de servicio. Distribuciones Exponencial y de Poisson. Estados: transitorio y estable. Medidas de desempeño en estado estable. Fórmula de Little. Notación de Kendall y tipificación de los modelos. Modelo M/M/1.

#### **7.B. Modelos estocásticos**

Introducción a la simulación de colas. Caracterización estadística de variables. Líneas de espera. Modelo. Simulación. Caracterización estadística de resultados.

### **UNIDAD 8: Teoría de Inventarios**

#### **8.A. Modelo de lote económico**

Introducción y presentación. Aplicaciones. Fundamentos y terminología. Componentes y características de los modelos de inventarios. Modelo de lote económico: básico, con faltantes planeados y con descuentos por cantidad. Caso de múltiples productos. Relación del modelo EOQ y el modelo JIT.

#### **8.B. Modelos estocásticos**

Introducción a los modelos estocásticos de simulación de inventarios. Caracterización estadística de variables. Modelo. Simulación. Caracterización estadística de resultados.

### **UNIDAD 9: Programación de proyectos**

#### **9.A. Redes y grafos programación de proyectos**



Fundamentos y terminología. Redes y grafos. Elementos de redes. Enfoques. Construcción. Definición de Tareas. Criterios de división. Estimación de recursos necesarios para su ejecución. Diagramas de Red. Estimación de duraciones de las tareas. Diagramas de Gantt. Alternativas y aplicaciones. Programación de recursos. Diagramas de Carga (uso de recursos). Balanceo y eficiencia del uso de recursos. Optimización.

### **9.B. Modelos**

Definición de proyecto. Modelos de Programación: Método del Camino Crítico (CPM) y Modelo de Revisión y Evaluación de Programas (PERT). Cálculo de la ruta crítica. Holgura. Estimaciones de tiempo para cada tarea (tiempo optimista, pesimista y más probable). Cálculo del tiempo esperado del proyecto. Distribución del tiempo esperado del proyecto. Probabilidad de concretar el proyecto en una fecha determinada. Construcción de curvas de inversión. Determinación del costo de oportunidad del proyecto. Aceleración del Proyecto. Determinación de tareas a acelerar. Optimización: determinación del punto de trabajo con costo total mínimo. Riesgo y gestión del riesgo del proyecto.

## **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

La metodología de enseñanza de la materia se asienta en la exposición teórica, la teórico-práctica, la exposición y discusión de relevantes casos y de casos de la realidad industrial. Se pretende lograr una sinérgica interacción con los estudiantes en una educación práctica guiada por el logro de la aprehensión del conocimiento por parte del estudiantado y de las correspondientes competencias. Para esto último la teoría y la práctica se articulan sin discontinuidad en su desarrollo y con una clara articulación con las asignaturas correlativas. Las clases se organizan con un esquema de aula invertida brindando al estudiantes material preparado especialmente (videos y textos) y bibliografía para apoyar con enfoques alternativos las enseñanza de la asignatura.

Por la naturaleza de la asignatura los recursos didácticos incluyen soporte informático adecuado y acceso de Internet.

Los estudiantes son motivados a la resolución de problemas con claras vertientes del mundo real, sin perder de vista la necesidad de la simplicidad didáctica de ciertos ejemplos y la gradualidad en la complejidad de los problemas a encarar por el estudiantado.

El desarrollo de las clases se hará con la metodología de aula invertida, en la cual el estudiante tendrá a su disposición antes del día de la clase un video en el cual el docente explicará el tema desde lo teórico a lo práctico, asimismo dispondrá de material para poder imprimir que contendrá el material expuesto y los ejercicios que se desarrollarán en clase. Este esquema permitirá enriquecer las interacciones entre los estudiantes y los docentes. Los estudiantes tendrán más tiempo para indagar y profundizar con el docente los conocimientos presentados y se podrán realizar ejercicios adicionales y con mayor grado de complejidad.

En el caso de las clases con presencia virtual se utilizará la plataforma que disponga la Unidad Académica o alternatively aquella que pueda brindar la calidad de conexión necesaria para la realización de una clase con presencia virtual de todos los estudiantes y docentes de la Cátedra. La plataforma deberá asegurar la posibilidad de interacción con audio en vivo con los estudiantes y la posibilidad de compartir imágenes de pantalla o cámara.

<b>Actividad</b>	<b>Carga horaria por semestre</b>
Teoría y resolución de ejercicios simples	40
Formación práctica	
Formación Experimental – Laboratorio	0
Formación Experimental - Trabajo de campo	0
Resolución de problemas de ingeniería	20
Proyecto y diseño	30
<b>Total</b>	<b>90</b>

<b>Porcentaje de Horas Presenciales</b>	13,3 % del Total
<b>Porcentaje de Horas a Distancia</b>	86,7 % del Total

## **BIBLIOGRAFÍA**

### ***Bibliografía básica***

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
W. Winston	Investigación de Operaciones. Aplicaciones y Algoritmos	International Thomson Editores	2005	4
F. Hillier & G. Lieberman	Introducción a la Investigación de Operaciones	Mc Graw-Hill	1991 1997 2002 2012	6 6 3 2
Eppen G.D.; Gould, F.; Schmidt, C.; Moore, J.; Weatherford, L. & Larry, R.	Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa	Prentice-Hall	2005	2
H. Taha	Investigación de Operaciones	Alfaomega	1991 1994 2004 2012	3 11 6 2

### ***Bibliografía complementaria***

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Anderson D.R., Sweeney D.J. y Williams T.A.	Métodos cuantitativos para los negocios	Cengage Learning	2004	1
N. Munier	PERT, CPM y Técnicas relacionadas	Proinvert	1975	4
Kanlesh, M.; Solow, D.	Investigación de operaciones: el arte de la toma de decisiones	Prentice-Hall	1996	1

## **EVALUACIONES**

### Requisitos mínimos para obtener la regularidad

Los requisitos mínimos para obtener la regularidad en la materia serán:

1. Se tomarán 2 (dos) exámenes parciales durante el cursado. Los exámenes parciales se tomarán dentro del horario normal de cursado. Los exámenes recuperatorios se tomarán en la semana 14 y un examen global en la semana 15. Los alumnos que no aprueben los exámenes parciales pueden rendir uno o ambos recuperatorios y si no aprueban podrán rendir un global que incluirá todos los temas dictados. Los alumnos que no aprueben ningún examen podrán rendir un examen global de todos los temas dictados.
2. Cada examen deberá ser aprobado con el 60%.
3. Asimismo, los alumnos realizarán en forma grupal y en lo posible en coordinación con las Cátedras de Planeamiento y Control de Operaciones y Proyecto Final de Estudios un proyecto cuya evaluación cuenta como un 3<sup>er</sup> parcial y también deberá ser aprobado.
4. Si el estudiante ha aprobado el proceso de evaluación de los 2 exámenes parciales, incluyendo los recuperatorios si le fue necesario o incluso si requirió el examen global y ha aprobado el Proyecto habrá obtenido la regularidad de la asignatura.

### Examen final

El examen final tendrá carácter integrador y se evaluarán las competencias desarrolladas por el estudiante. Competencias que han sido detalladas oportunamente y que serán revisadas periódicamente teniendo en cuenta la retroalimentación que produce el proceso de Evaluación Final del alumno y el trabajo de encuestas del SAPOE.

Respecto de las respuestas de los estudiantes se tendrá en cuenta: la exactitud, la coherencia, la consistencia, la organización lógica, la suficiencia, la relevancia, la pertinencia, la claridad en el uso del lenguaje, la precisión en el empleo del vocabulario específico de la disciplina, la exhaustividad y la adecuación del registro lingüístico utilizado asociado a un alumno del 7to. semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial.

Tanto el examen presencial para estudiantes regulares como el que se realice con presencia virtual, indagarán al estudiante en sus competencias en el desarrollo de proyectos, mediante un ejercicio y en el resto de las competencias mediante la exposición de temas y su discusión sobre la resolución de casos del ámbito de la Ingeniería Industrial.

En el caso del examen con presencia virtual el mismo se registrá por la Res. Nº 45/2020-FI.

En el examen libre el estudiante deberá resolver un proyecto completo y aprobar un examen de competencias que tendrá el carácter del examen global de la materia para poder acceder a rendir como estudiante regular sin la necesidad de volver a ser evaluado sobre el proyecto; pero si sobre el resto de los temas.



***Programa de examen***

Bolilla 1:	1A	2A	3A	5A	6A	7A
Bolilla 2:	2A	3B	5A	6A	8A	9A
Bolilla 3:	1C	2B	3A	4C	5A	7A
Bolilla 4:	2A	3B	4A	5B	6B	7B
Bolilla 5:	1B	2A	3A	4A	5A	6A
Bolilla 6:	2B	3B	4C	5B	6B	8B
Bolilla 7:	1B	2B	3B	4B	6B	7A
Bolilla 8:	2A	3A	4C	5A	8A	9B
Bolilla 9:	1B	2B	3A	4A	6B	8A

***Dr. Ing. Jorge E. Núñez McLeod***  
***Profesor Titular de Investigación Operativa***  
***15 de Febrero 2022***