



|  |  |                           |                        |
|--|--|---------------------------|------------------------|
| <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: 2017</b>   | <b>Semestre: 7º</b>                    | <b>Horas Semestre: 90</b> | <b>Horas Semana: 6</b> |

### OBJETIVOS

Que el alumno de Ingeniería Industrial:

- Adquiera los conocimientos necesarios para la optimización de los sistemas productivos con el enfoque integrador de su carrera.
- Desarrolle las competencias necesarias para 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.
- Desarrolle las competencias necesarias que le permitan la formulación de modelos matemático-estadísticos de los sistemas analizados, con vistas a la optimización de los mismos.
- Desarrolle las competencias necesarias que le permitan hacer un uso criterioso de las diferentes técnicas.
- Desarrolle las competencias necesarias que le permitan la gestión de proyectos desde la óptica de la Investigación de Operaciones.

### CONTENIDOS

#### **UNIDAD 1: Introducción**

##### **1.A. Introducción**

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

##### **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 y Lógica**

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. Conceptos de Lógica

##### **1.D. Introducción a la Simulación**

Concepto de simulación. La simulación en el contexto de la Investigación Operativa. Tipos de simulación: discreta y continua. Aplicaciones de la simulación.

#### **UNIDAD 2: Programación Lineal**

##### **2.A. Introducción**

Introducción: algunos modelos de Programación Lineal exitosos en distintas aplicaciones en la Ingeniería y en otras áreas. Características de los 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).

##### **2.B. Método Simplex**

Fundamentos y terminología. Metodología geométrica de resolución (dos variables de decisión). Forma standard. Metodología algebraica 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 y alternas. Degeneración. Problemas incompatibles y problemas no acotados. Programación por objetivos. Métodos alternativos (programación lineal paramétrica, técnica de la cota superior, algoritmo de punto interior, etc.).

##### **2.C. 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.

Regla del 100%.

### **UNIDAD 3: Problemas de Transporte, Asignación y Redes**

#### **3.A. Problemas de Transporte**

Fundamentos y terminología. Modelo del problema de transporte. Propiedad de las soluciones factibles. Formulación del modelo. Origen y destino ficticios. Metodologías de resolución de problemas de transporte. Prueba de optimalidad. El problema de transbordo. Enfoque de Programación Lineal.

#### **3.B. Problemas de Asignación**

Fundamentos y terminología. Modelo del problema de asignación. Propiedad de las soluciones factibles. Formulación del modelo. Metodologías de resolución de problemas de asignación. Prueba de optimalidad. Enfoque de Programación Lineal.

#### **3.C. Problemas de Redes**

Fundamentos y terminología. Modelo del problema de red. Propiedad de las soluciones factibles. Formulación del modelo. Algoritmo de la ruta más corta. Problema del árbol de expansión mínima. Problema de flujo máximo. Problema del flujo de costo mínimo. Prueba de optimalidad. Enfoque de Programación Lineal.

### **UNIDAD 4: Programación No Lineal y Metaheurística**

#### **4.A. Programación No Lineal**

Introducción gráfica de los problemas de programación no lineal. Tipos de problemas de programación no lineal. Condiciones de Karush-Kuhn-Tucker (KKT) para optimización restringida. Método del gradiente reducido generalizado (GRG).

#### **4.B. Heurística y Metaheurística**

Heurística. Fundamentos y terminología. Heurística codiciosa (caminata aleatoria). Metaheurística. Fundamentos y terminología. Búsqueda Tabú. Recocido Simulado. Algoritmos Genéticos y Estrategias Evolutivas.

### **UNIDAD 5: Teoría de Juegos**

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

Fundamentos y terminología. Clasificación de juegos. Formulación de juegos rectangulares. Juegos rectangulares con puntos de silla. Teorema fundamental de los juegos rectangulares. Juegos de dos personas y suma cero. Análisis de decisiones con esquemas cooperativos y no cooperativos.

#### **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 Técnico y el Supervisor.

### **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.

#### **6.B. Árboles de Decisión**

Fundamentos y terminología. Construcción de un árbol de decisión. Análisis de un árbol de decisión. Árboles de Eventos. Árboles de Fallas.

### **UNIDAD 7: Teoría de Colas**

#### **7.A. Fundamentos**

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. Resultados transitorios y resultados estables. Aspecto económico. Notación de Kendall y tipificación de los modelos.

#### **7.B. Modelos**

Modelo M/M/1. Otros modelos: M/M/s, M/M/s/K, tasas de servicio y/o tasas de llegadas dependientes del estado del sistema, colas con distribuciones no exponenciales, disciplina de prioridades, etc. Redes de colas. Líneas de espera y simulación.

## **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. Caso de Fabricación.

### **8.B. Modelos estocásticos**

Modelos de decisión única. Problemas similares al del vendedor de periódicos. Determinístico y estocástico. Stock de seguridad. Diagrama ABC. Curvas de cambio.

## **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 alumnos en una educación práctica guiada por el logro de la aprehensión del conocimiento por parte del alumnado 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.

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

Los alumnos 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 alumnado.

| <b>Actividad</b>                          | <b>Carga horaria por semestre</b> |
|---|-----------------------------------|
| Teoría y resolución de ejercicios simples | 40                                |
| <b>Formación práctica</b>                 |                                   |
| 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>                         |

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Bibliografía básica**

| <b>Autor</b> | <b>Título</b>   | <b>Editorial</b>               | <b>Año</b> | <b>Ejemplares en biblioteca</b> |
|--------------|---|--------------------------------|------------|---------------------------------|
| W. Winston   | Investigac. de Operaciones. Aplicaciones y Algoritmos | International Thomson Editores | 2005       | 4                               |



|  |   |               |                              |                   |
|--|---|---------------|------------------------------|-------------------|
| F. Hillier & G. Lieberman  | Introducción a la Investigación de Operaciones            | McGraw-Hill   | 1991<br>1997<br>2002<br>2012 | 6<br>6<br>3<br>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<br>1994<br>2004<br>2012 | 3<br>11<br>6<br>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 15 después de entregados los resultados fuera del horario del cursado. Los alumnos que no aprueben los exámenes parciales pueden rendir un recuperatorio del examen 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. Finalmente si el alumno ha aprobado los 2 exámenes parciales o el examen global y el Proyecto deberá presentar la Carpeta de Trabajos Prácticos, para asentar en la misma la obtención de la regularidad.

Examen final

El examen final tendrá carácter integrador y se evaluarán las capacidades desarrolladas por el alumno. Capacidades 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.

Por otro lado, durante el examen final se tendrán en cuenta en la evaluación del alumno el correcto uso del vocabulario técnico en particular y, de la expresión oral y escrita en general, asociado a un alumno del 7to. semestre de la Carrera.

**Programa de examen**

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