

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN BÁSICA

COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y VINCULACIÓN UNIVERSITARIA

PROGRAMA DE UNIDAD DE APRENDIZAJE

## I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN

1. **Unidad Académica:** Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Ensenada; Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Tijuana; Facultad de Ingeniería, Mexicali; Facultad de Ingeniería y Negocios, Tecate; y Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Valle de las Palmas.
2. **Programa Educativo:** Ingeniero Industrial
3. **Plan de Estudios:** 2019-2
4. **Nombre de la Unidad de Aprendizaje:** Investigación de Operaciones 2
5. **Clave:** 34915
6. HC: 01 HL: 02 HT: 02 HPC: 00 HCL: 00 HE: 01 CR: 06
7. **Etapa de Formación a la que Pertece:** Disciplinaria
8. **Carácter de la Unidad de Aprendizaje:** Obligatoria
9. **Requisitos para Cursar la Unidad de Aprendizaje:** Investigación de Operaciones 1



Equipo de diseño de PUA

Juan Ceballos Corral  
Alfredo González Carrasco  
Velia Verónica Ferreiro Martínez  
Teresa Carrillo Gutiérrez

Fecha: 13 de septiembre de 2018

Firma

Vo.Bo. de subdirector(es) de  
Unidad(es) Académica(s)

Alejandro Mungaray Moctezuma  
Angélica Reyes Mendoza  
José Luis González Vázquez  
María Cristina Castañón Bautista  
Humberto Cervantes de Ávila

Firma

## **II. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE**

El alumno obtendrá los conocimientos básicos de las técnicas de modelos probabilísticos de investigación de operaciones, para la optimización de los distintos procesos que integran los sistemas de producción de bienes y servicios. Estos modelos son útiles para la toma de decisiones en ámbitos muy complejos donde interviene no solo el aspecto matemático, sino también “decisiones” y criterios del personal al momento de definir el futuro económico de un área de trabajo, unidad de negocio, corporativo, de organismos del sector servicios o gubernamental, etc. Esta unidad de aprendizaje se encuentra en la etapa disciplinaria, es obligatoria y pertenece al área de conocimiento de Producción. Tiene como requisito para cursarla acreditar la asignatura de Investigación de Operaciones 1.

## **III. COMPETENCIA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE**

Desarrollar modelos de optimización matemática, para la toma de decisiones en la solución de problemas y en las mejoras de los sistemas de producción de bienes y servicios, utilizando técnicas de investigación de operaciones, con un alto sentido de responsabilidad y trabajo en equipo.

## **IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO**

Aplica un modelo probabilístico para resolver un problema con los datos de una situación real. Entrega un informe que contenga: la descripción del problema, obtención de datos, procesamiento de datos (aplicación del modelo) y conclusión o interpretación de los resultados.

## V. DESARROLLO POR UNIDADES

### UNIDAD I. Optimización de redes

#### **Competencia:**

Identificar los tipos y aplicación de los diferentes modelos de redes, mediante el análisis de algoritmos especiales, para la toma de decisiones en la optimización de los sistemas de producción, de manera eficiente, creativa en base al trabajo en equipo.

#### **Contenido:**

- 1.1 Problema de ruta más corta Redes cílicas y a cílicas
- 1.2 Problema Árbol Mínima Expansión
- 1.3 Problema Flujo Máximo
- 1.4 Problema Flujo Costo Mínimo
- 1.5 PERT/CPM
  - 1.5.1 PERTCPM con tiempos determinísticos
  - 1.5.2 PERT/CPM con tiempos inciertos
  - 1.5.3 PERT/COSTO

**Duración:** 4 horas

## UNIDAD II. Cadenas de Markov

**Competencia:**

Identificar la aplicación de las cadenas de Markov, mediante el análisis de procesos estocásticos, para la solución de problemas en los sistemas de producción, de manera eficiente, creativa y trabajo en equipo.

**Contenido:****Duración:** 4 horas

- 2.1 Procesos estocásticos
- 2.2 Cadenas de Markov
- 2.3 Probabilidad de transición
  - 2.3.1 Probabilidad de transición de un paso
  - 2.3.2 Probabilidad de transición de  $n$  pasos
- 2.4 Clasificación de Estados en Una Cadena de Markov
- 2.5 Probabilidad de Transición a Largo Plazo de las Cadenas de Markov
- 2.6 Tiempos de Primera Pasada y Tiempos de Recurrencia
- 2.7 Estados Absorbentes

## UNIDAD III. Teoría de colas

### Competencia:

Analizar la aplicación de la teoría de colas, mediante el uso de modelos probabilísticos especializados de Poisson, para optimizar la operación de los sistemas que utilizan líneas de espera, con actitud crítica, analítica y proactiva.

### Contenido:

**Duración:** 4 horas

- 3.1 Componentes de un Modelo de Colas
- 3.2 Propiedades de la Distribución en la Teoría de Colas
- 3.3 Procesos de Nacimiento y Muertes Puras
- 3.4 Modelos de Líneas de Espera
  - 3.4.1 Modelo de colas de Poisson
  - 3.4.2 Ecuaciones de flujo de Little
  - 3.4.3 Notación Kendall
  - 3.4.4 Modelo M/M/1
  - 3.4.5 Modelo M/M/s
- 3.5 Análisis Económico de Líneas de Espera

## **UNIDAD IV. Análisis de decisiones y teoría de juegos**

### **Competencia:**

Analizar la aplicación de las técnicas de análisis de decisiones y teoría de juegos, mediante el uso de la teoría existente, para la toma de decisiones en ambientes de gran incertidumbre, con una actitud crítica y trabajo en equipo.

### **Contenido:**

**Duración:** 4 horas

- 4.1 Características generales de la Teoría de Decisiones
- 4.2 Criterios de Decisión Bajo Certidumbre
- 4.3 Criterios de Decisión Bajo Riesgo
  - 4.3.1 Valor económico esperado
  - 4.3.2 Pérdida por oportunidad esperada
- 4.4 Criterios de Decisión Bajo Incertidumbre:
  - 4.4.1 Criterio de Laplace
  - 4.4.2 Criterio Minimax
  - 4.4.3 Criterio de Savage
  - 4.4.4 Criterio de Hurwicz.
- 4.5 Teoría de Juegos
  - 4.5.1 Formulación de juegos de dos personas y suma cero
  - 4.5.2 Juegos con estrategias mixtas

## VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TALLER

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
UNIDAD I				
1	Formular modelos de redes, mediante el uso de algoritmos de solución específicos, para el planteamiento de problemas en las distintas áreas de los sistemas de producción y planeación de proyectos, de manera eficiente y creativa	<p>Desarrollo de modelos matemáticos de redes que contemplen planteamiento de problemas, formulación y solución de modelos matemáticos, e interpretación de resultados, referentes a los problemas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruta más corta</li> <li>• Árbol de expansión mínima</li> <li>• Flujo Máximo</li> <li>• Flujo restringido de redes</li> <li>• PERT/CPM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Proyector</li> <li>• Pizarrón</li> <li>• Marcadores</li> <li>• Software especializado</li> <li>• Internet</li> </ul>	8 horas
UNIDAD II				
2	Formular modelos probabilísticos cambiantes en el tiempo, mediante el uso de cadenas de Markov, para el planteamiento de problemas en las distintas áreas de los sistemas de producción, de manera eficiente y creativa	<p>Desarrollo de modelos matemáticos de cadenas de Markov que contemplen planteamiento de problemas, formulación y solución de modelos matemáticos, e interpretación de resultados, en los temas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos Estocásticos</li> <li>• Cadenas de Markov</li> <li>• Probabilidad de Transición de n pasos</li> <li>• Probabilidad de Transición a Largo Plazo</li> <li>• Tiempos de Primera Pasada y Tiempos de Recurrencia</li> <li>• Estados Absorbentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Proyector</li> <li>• Pizarrón</li> <li>• Marcadores</li> <li>• Software especializado</li> <li>• Internet</li> </ul>	8 horas
UNIDAD III				
3	Formular modelos de líneas de espera, mediante el uso de la	Desarrollo de modelos probabilísticos de líneas de espera que contemplen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Proyector</li> </ul>	8 horas

	<p>teoría de colas, para el planteamiento de problemas en las distintas áreas de los sistemas de producción, de manera eficiente y creativa</p>	<p>planteamiento de problemas, formulación y solución de modelos matemáticos, e interpretación de resultados, en los temas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos de Nacimiento y Muertes Puras</li> <li>• Modelo de colas de Poisson M/M/1</li> <li>• Modelo de colas de Poisson M/M/s</li> <li>• Análisis Económico de Líneas de Espera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarrón</li> <li>• Marcadores</li> <li>• Software especializado</li> <li>• Internet</li> </ul>	
<b>UNIDAD IV</b>				
4	<p>Formular modelos de análisis de decisiones y teoría de juegos, mediante el uso de algoritmos de solución específicos, para el planteamiento de problemas en las distintas áreas de los sistemas de producción, de manera eficiente y creativa</p>	<p>Desarrollo de modelos probabilísticos de análisis de decisiones y teoría de juegos, que contemplen planteamiento de problemas, formulación y solución de modelos matemáticos, e interpretación de resultados, en los temas de:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Criterios de Decisión Bajo Certidumbre</li> <li>2. Criterios de Decisión Bajo Riesgo</li> <li>3. Criterios de Decisión Bajo Incertidumbre: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterio de Laplace</li> <li>• Criterio Minimax</li> <li>• Criterio de Savage</li> <li>• Criterio de Hurwicz.</li> </ul> </li> <li>4. Formulación de juegos de dos personas y suma cero</li> <li>5. Juegos con estrategias mixtas</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Proyector</li> <li>• Pizarrón</li> <li>• Marcadores</li> <li>• Software especializado</li> <li>• Internet</li> </ul>	8 horas

## VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
UNIDAD I				
1	Resolver problemas de optimización de redes, mediante el uso de software especializado y conocimientos adquiridos en clase, para dar solución a escenarios reales en los sistemas productivos, de manera eficiente, creativa y trabajando en equipo.	<p>El alumno realiza un reporte escrito donde resolverá una serie de ejercicios utilizando el software disponible, además, describirá los alcances y aplicaciones de los modelos de optimización de redes en la Investigación de Operaciones. Los modelos de redes que se aplican son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Árbol de expansión mínima</li> <li>• Ruta más corta</li> <li>• Flujo máximo</li> <li>• Flujo restringido de redes</li> <li>• PERT/CPM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Proyector</li> <li>• Pizarrón</li> <li>• Marcadores</li> <li>• Software especializado</li> <li>• Internet</li> </ul>	6 horas
2	Aplicar una técnica matemática de redes, mediante el uso de software especializado, para desarrollar un modelo de aplicación de un caso real, de manera creativa y eficiente.	Se desarrolla una aplicación de redes a un caso real, empleando la aplicación computacional. El alumno entregará un reporte de resultados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Proyector</li> <li>• Pizarrón</li> <li>• Marcadores</li> <li>• Software especializado</li> <li>• Internet</li> </ul>	2 horas
UNIDAD II				
3	Resolver problemas de procesos de Markov, mediante el uso de software especializado y conocimientos adquiridos en clase, para dar solución a escenarios reales en los sistemas productivos, de manera eficiente, creativa y trabajando en equipo.	<p>El alumno realiza un reporte escrito donde resolverá una serie de ejercicios utilizando el software disponible, además, describirá los alcances y aplicaciones de las cadenas de Markov en la Investigación de Operaciones. Los modelos a desarrollar son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecuaciones Chapman-Kolmogorov</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Proyector</li> <li>• Pizarrón</li> <li>• Marcadores</li> <li>• Software especializado</li> <li>• Internet</li> </ul>	6 horas

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probabilidades de estados largo plazo</li> <li>• Tiempos de recurrencia y de primera pasada</li> <li>• Estados absorbentes</li> </ul>		
4	Aplicar una técnica matemática cadenas de Markov, mediante el uso de software especializado, para desarrollar un modelo de aplicación de un caso real, de manera creativa y eficiente.	Se desarrolla una aplicación de cadenas de Markov a un caso real, empleando la aplicación computacional. El alumno entregará un reporte de resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Proyector</li> <li>• Pizarrón</li> <li>• Marcadores</li> <li>• Software especializado</li> <li>• Internet</li> </ul>	2 horas
<b>UNIDAD III</b>				
5	Resolver problemas de teoría de colas, mediante el uso de software especializado y conocimientos adquiridos en clase, para dar solución a escenarios reales en los sistemas productivos, de manera eficiente, creativa y trabajando en equipo.	El alumno realiza un reporte escrito donde resolverá una serie de ejercicios utilizando el software disponible, además, describirá los alcances y aplicaciones de la teoría de colas en la Investigación de Operaciones. Los modelos a desarrollar son: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelos M/M/1</li> <li>• Modelos M/M /s</li> <li>• Análisis económico de líneas de espera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Proyector</li> <li>• Pizarrón</li> <li>• Marcadores</li> <li>• Software especializado</li> <li>• Internet</li> </ul>	6 horas
6	Aplicar una técnica matemática teoría de colas, mediante el uso de software especializado, para desarrollar un modelo de aplicación de un caso real, de manera creativa y eficiente.	Se desarrolla una aplicación de teoría de colas a un caso real, empleando la aplicación computacional. El alumno entregará un reporte de resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Proyector</li> <li>• Pizarrón</li> <li>• Marcadores</li> <li>• Software especializado</li> <li>• Internet</li> </ul>	2 horas
<b>UNIDAD IV</b>				

7	<p>Resolver problemas de análisis de decisiones y teoría de juegos, mediante el uso de software especializado y conocimientos adquiridos en clase, para dar solución a escenarios reales en los sistemas productivos, de manera eficiente, creativa y trabajando en equipo.</p>	<p>El alumno realiza un reporte escrito donde resolverá una serie de ejercicios utilizando el software disponible, además, describirá los alcances y aplicaciones de análisis de decisiones y teoría de juegos en la Investigación de Operaciones. Los modelos a desarrollar son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Decisiones bajo certidumbre</li> <li>• Decisiones bajo riesgo</li> <li>• Decisiones bajo incertidumbre</li> <li>• Juego suma cero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Proyector</li> <li>• Pizarrón</li> <li>• Marcadores</li> <li>• Software especializado</li> <li>• Internet</li> </ul>	6 horas
8	<p>Aplicar una técnica matemática de análisis de decisiones y teoría de juegos, mediante el uso de software especializado, para desarrollar un modelo de aplicación de un caso real, de manera creativa y eficiente.</p>	<p>Se desarrolla una aplicación de análisis de decisiones y teoría de juegos a un caso real, empleando la aplicación computacional. El alumno entregará un reporte de resultados</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Proyector</li> <li>• Pizarrón</li> <li>• Marcadores</li> <li>• Software especializado</li> <li>• Internet</li> </ul>	2 horas

## VII. MÉTODO DE TRABAJO

**Encuadre:** El primer día de clase el docente debe establecer la forma de trabajo, criterios de evaluación, calidad de los trabajos académicos, derechos y obligaciones docente-alumno.

### Estrategia de enseñanza (docente)

- Proporcionará las guías de trabajo y el calendario de actividades a desarrollar.
- Establecerá una serie actividades de investigación de campo y documental para complementar la información.
- Expondrá de forma clara los casos y ejercicios de las cuatro unidades y siempre que sea posible apoyándose en las tecnologías de información y comunicación disponibles.
- Podrá asignar con anticipación máximo una exposición (individual o en equipo) de un tema específico para que los alumnos lo desarrollen y expongan frente al grupo antes de que termine la semana #13 del semestre.

### Estrategia de aprendizaje (alumno)

- Asistirá de forma presencial a cada una de las horas establecidas para esta UA.
- Realizará y entregará en tiempo y forma todos sus reportes de actividades de investigación, esto incluye al análisis y la resolución de los casos presentados en clase y los ejercicios que se entreguen para realizarlos fuera del salón de clases.
- Realizará autoevaluaciones para monitorear y después fortalecer su aprovechamiento académico.
- Entregará un trabajo final aplicado a un caso real de su elección o asignado por el docente. Podrá ser en equipo o individual (de acuerdo a lo que establezca el académico). El formato del trabajo final será proporcionado por el académico.

## VIII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación será llevada a cabo de forma permanente durante el desarrollo de la unidad de aprendizaje de la siguiente manera:

### Criterios de acreditación

- Para tener derecho a examen ordinario y extraordinario, el estudiante debe cumplir con los porcentajes de asistencia que establece el Estatuto Escolar vigente.
- Calificación en escala del 0 al 100, con un mínimo aprobatorio de 60.

### Criterios de evaluación

- |                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| - 3 Exámenes .....                  | 30%         |
| - Prácticas de laboratorio .....    | 30%         |
| (Portafolio de problemas resueltos) |             |
| - Tareas .....                      | 10%         |
| - Evidencia de desempeño .....      | 30%         |
| - (Aplica un modelo probabilístico) |             |
| <b>Total.....</b>                   | <b>100%</b> |

## IX. REFERENCIAS

Básicas	Complementarias
<p>David R. Anderson, Dennis J. Sweeney, Thomas A. Williams, Jeffrey D. Camm, James J. Cochran, Michael J. Fry &amp; Jeffrey W. Ohlmann. (2016). <i>Métodos cuantitativos para los negocios</i>. México: Thomson.</p> <p>Frederick S. Hiller &amp; Gerald L. Lieberman. (2015). <i>Investigación de Operaciones</i>. 10<sup>ma</sup> ed. México: McGraw Hill.</p> <p>Hamdy A. Taha. (2017). <i>Investigación de Operaciones</i> 9<sup>na</sup>. México: Pearson. Edición.</p>	<p>Anderson, Sweeney y Williams. (2015). <i>Métodos cuantitativos para los negocios</i>. 13<sup>va</sup> Ed. México: Cengage Learning.</p> <p>Eppen G.D., Gould F.J., Schmidt C.P., Moore Jeffrey H. &amp; Weatherford Larry R. (2000). <i>Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa</i>. 5ta. Ed .México: Prentice-Hall. [clásica]</p> <p>Frederick S. Hiller &amp; Gerald L. Lieberman. (2014). <i>Fundamentos de investigación de operaciones</i>. México: McGraw Hill.</p> <p>Frederick S. Hiller &amp; Gerald L. Lieberman. (2017). <i>Introduction to Operations Research</i>. McGraw Hill. Tenth Edition.</p> <p>Hamdy A. Taha. (2017). <i>Operations Research an Introduction</i>. Pearson. Tenth Edition.</p> <p>Iris A. Martínez, León G. Vértiz, Jesús F. López, León G. Jiménez &amp; Luis A. Moncayo. (2014). <i>Investigación de Operaciones</i>. México: Grupo Editorial Patria.</p> <p>Maynard Kong. (2010). <i>Investigación de Operaciones: Programación lineal, Problemas de transporte, análisis de redes</i>. Fondo Editorial. [clásica]</p>

## X. PERFIL DEL DOCENTE

El docente de esta asignatura debe contar con título de Ingeniero Industrial, Electrónica, Civil o área afín; preferentemente con: estudios de posgrado, cursos de actualización docente, experiencia en optimización de procesos y desarrollo de modelos matemáticos; métodos cuantitativos para toma de decisiones. Debe ser proactivo, analítico y que fomente el trabajo en equipo