



MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN  
DE PROCESOS



Centro de Investigación en Matemáticas, A. C.  
Unidad Aguascalientes

**Maestría en Modelación y Optimización de Procesos**



VIGENCIA

Estudios de Licenciatura concluidos en Ingeniería o egresados de otras áreas con conocimientos suficientes en estadística, matemáticas y programación.

ANTECEDENTES ACADEMICOS DE INGRESO

MODALIDAD	Escolarizada
DURACION DEL CICLO	Semestral, 15 semanas efectivas
CLAVE DEL PLAN DE ESTUDIOS	2016

Objetivos generales del PLAN DE ESTUDIOS

Dotar al estudiante de una adecuada preparación en método de modelación matemática, de optimización de procesos, cómputo científico basada en los estándares de calidad y disciplina propios del CIMAT. Este plan proporcionará al estudiante una formación vasta y sólida que le permita: analizar, proponer, planear e implementar soluciones a los problemas que enfrentan las organizaciones con un enfoque global que tengan impacto en lo tecnológico, económico, ambiental y social; así como impulsar y desarrollar en él una alta capacidad de innovación tecnológica.

Perfil del egresado

Los egresados tendrán la capacidad para abordar problemas y proponer, diseñar e implementar métodos para su solución con el uso de herramientas avanzadas e innovadoras de gran escala, además de transferir el conocimiento científico-tecnológico generado hacia el nivel gerencial de las organizaciones. De tal forma estará capacitado para:

- Diseñar procesos y productos sustentables que tomen en cuenta simultáneamente aspectos en conflicto, como los sociales, ambientales y técnico-económicos.
- Proponer metodologías avanzadas de calidad para el diseño e implementación de pruebas no destructivas en productos.
- Proponer modelos para incrementar el valor agregado de los procesos productivos y de innovación tecnológica.



## MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



- Diseñar y optimizar redes de transporte, comunicaciones y distribución de gran tamaño (large network).
- Optimizar líneas de producción con combinación de productos y diferentes tiempos de procesamiento.
- Diseñar e implementar prototipos, herramientas, equipos y sistemas con ayuda de métodos en computación para análisis, simulación, operación y control de procesos.
- Planificar y asesorar la integración de equipos complejos dentro de procesos productivos de manera optimizada.
- Dirigir proyectos de desarrollo e investigación donde surge la necesidad del uso integrado de métodos y modelos matemáticos y computacionales.
- Ser agente de cambio de la cultura organizacional tradicional que propicie.  
Promover y participar en procedimientos de cambio en la cultura organizacional con una perspectiva de responsabilidad social.



	LISTA DE ASIGNATURAS O UNIDADES DE APRENDIZAJE	CLAVE	SERIACION	HORAS		CREDITOS	INSTALACIONES
				CON DOCENTE	INDEPENDIENTES		
1er Semestre	Modelación Estadística I	MO16-ES101		45	83	8	A
	Modelación Numérica en Ingeniería I	MO16-MT101		45	83	8	A, L
	Métodos de Optimización I	MO16-OP101		45	83	8	A, L
	Laboratorio de Resolución de Problemas I	MO16-LB101		45	0	3	A
2º Semestre	Modelación Estadística II	MO16-ES201	MO16-ES101	45	83	8	A
	Modelación Numérica en Ingeniería II	MO16-MT201	MO16-MT101	45	83	8	A, L
	Métodos de Optimización II	MO16-OP201	MO16-OP101	45	83	8	A, L
	Laboratorio de Resolución de Problemas II	MO16-LB201		45	0	3	A
3er Semestre	OPTATIVA I						
	OPTATIVA II						
	OPTATIVA III						
4º Semestre	OPTATIVA IV						
	Proyectos con la Industria	MO16-IN401		45	83	8	A, O
	Seminario de Titulación	MO16-ST401		23	73	6	A, L

SUMA	SUMA	SUMA
428	654	68

ASIGNATURAS O UNIDADES DE APRENDIZAJE OPTATIVAS (21)	CLAVE	SERIACION	HORAS		CREDITOS	INSTALACIONES
			CON DOCENTE	INDEPENDIENTES		
Identificación, Control y Diseño de Sistemas	MO16-MDX01		45	83	8	A, L
Simulación de Procesos Discretos	MO16-MDX02		45	83	8	A, L
Sistemas Expertos	MO16-MDX03		45	83	8	A, L



MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN  
DE PROCESOS



Optimización Heurística	MO16-OPX01		45	83	8	A, L
Optimización y Análisis Multicriterio	MO16-OPX02		45	83	8	A, L
Ingeniería de Calidad	MO16-OPX03		45	83	8	A
Optimización Estadística	MO16-OPX04		45	83	8	A

NUMERO MINIMO DE HORAS QUE SE DEBERAN ACREDITAR EN LAS  
ASIGNATURAS OPTATIVAS, BAJO LA CONDUCCION DE UN DOCENTE

180

NUMERO MINIMO DE CREDITOS QUE SE DEBERAN ACREDITAR EN  
LAS ASIGNATURAS OPTATIVAS

32

Propuesta de evaluación y actualización periódica del plan de estudios

El CIMAT designará un **Comité Académico de Posgrado** (CAP) integrado por investigadores adscritos al CIMAT Unidad Aguascalientes. Este comité estará a cargo de los aspectos académicos del programa incluyendo la planeación académica, evaluación y seguimiento del programa. Sus decisiones se tomarán de manera colegiada, siguiendo estos lineamientos para la Maestría en Modelación y Optimización de Procesos y el Reglamento General de Estudios de Posgrado de CIMAT.

Opciones de Titulación

Para obtener el grado de Maestría, el estudiante deberá:

- I. Satisfacer los requisitos de los artículos del Capítulo III, Título Segundo del RGEP.
- II. Solicitar una Revisión de Expediente al Departamento de Servicios Escolares de CIMAT, en la que conste que el solicitante haya satisfecho todos los requisitos, tanto académicos como administrativos necesarios para su graduación.
- III. Atender en tiempo y forma el procedimiento vigente, aprobado por el CPD para presentación de exámenes de grado.
- IV. Elaborar y sustentar una tesina en un examen de grado y resultar aprobado por el jurado correspondiente.

Dr. José Antonio Stephan de la Peña Mena  
Director General





## MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

### Modelación Estadística I

CICLO (2)

**SEMESTRE I**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-ES101**

#### OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)

En este curso se introduce y profundiza, según el nivel inicial del estudiante, los conceptos básicos y avanzados de la probabilidad en una y dos variables para dotar al estudiante de elementos teóricos y prácticos para la aplicación a la confiabilidad e inferencia estadística.

El curso coadyuva al estudiante a:

- Conocer los conceptos fundamentales de la teoría de probabilidades.
- Conocer los términos y conceptos básicos en confiabilidad.
- Comprender la aplicación de los conceptos y modelos probabilísticos en confiabilidad.
- Comprender y aplicar los axiomas, resolver problemas aplicando el análisis combinatorio.
- Calcular probabilidad utilizando los conceptos de probabilidad condicional e independencia.
- Estimar probabilidades en diferentes escenarios con el fin de emplear las distribuciones de probabilidad.
- Aplicar métodos y técnicas en la distribución conjunta de variables aleatorias.
- Estudiar las técnicas y métodos en las propiedades de la esperanza.
- Comprender los conceptos de los resultados de los teoremas límite.
- Aplicar su capacidad de juicio crítico, lógico, deductivo y de modelación en la solución de problemas.

#### TEMAS Y SUBTEMAS (5)

### Unidad 1: Probabilidad

#### Objetivo:

Comprender los conceptos fundamentales y axiomas de la probabilidad. Describir diferentes situaciones en las que se estudia la probabilidad.

HORAS: 9

- 1.1 Introducción a la probabilidad.
- 1.2 Espacio muestra y eventos.
- 1.3 Axiomas de probabilidad.
- 1.4 Análisis combinatorio.
- 1.5 Datos en confiabilidad y distribuciones de tiempo de falla.
- 1.6 Sistemas reparables y no reparables.
- 1.7 Modelos de confiabilidad no-paramétricos.
- 1.8 Datos censurados

### Unidad 2: Distribuciones de Probabilidad

#### Objetivo:

Conocer diferentes modelos de las distribuciones de probabilidad y sus propiedades. Aplicar estos modelos para la solución de

- 2.1 Variables aleatorias discretas
- 2.2 Distribuciones: Binomial, Poisson, Geométrica, Binomial Negativa, Hipergeométrica Uniforme.
- 2.3 Variables aleatorias continuas.
- 2.4 Distribución: Normal.
- 2.5 Distribuciones en confiabilidad: Exponencial, Gama, Weibull,

problemas reales.

HORAS: 9

Gumbel, Lognormal, Beta, Cauchy.

2.6 Funciones de confiabilidad empírica para datos no censurados y censurados.

### Unidad 3: Distribución conjunta de variables aleatorias

Objetivo:

Comprender los conceptos básicos para construir las distribuciones de probabilidad conjunta y aplicarlos en la solución de problemas.

HORAS: 9

3.1 Definición y tipo de variables aleatorias.

3.2 Determinación del tipo de distribución de un conjunto de datos.

3.3 Generación de variables aleatorias.

3.4 Modelos de simulación.

3.5 Verificación y validación de los modelos de simulación.

3.6 Aplicaciones en confiabilidad.

### Unidad 4: Propiedades de la esperanza

Objetivo:

Aplicar las propiedades de esperanza aprendidas a la suma de variables aleatorias y estudiar las propiedades.

HORAS: 9

4.1 Introducción.

4.2 Esperanza de la suma de variables aleatorias

4.3 Covarianza, varianza de sumas y correlaciones.

4.4 Esperanza condicional y cálculos, varianza condicional.

4.5 Función generatriz de momentos.

4.6 Temas selectos en confiabilidad

### Unidad 5: Teoremas límite

Objetivo:

Conocer y comprender los conceptos para plantear los teoremas límites así como sus demostraciones.

HORAS: 9

5.1 La ley débil de los grandes números.

5.2 Teorema del límite central.

5.3 La ley fuerte de los grandes números.

5.4 Temas selectos.

#### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)

- Usar el lenguaje de programación R.
- La idea principal de este curso de modelación es motivar la parte relevante de probabilidad aplicada a confiabilidad. Existen muchos modelos en confiabilidad que requieren de la estructura de probabilidad, dar énfasis en ese punto.



# MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



## CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)

- Reportes escritos de la programación en R para diferentes temas a lo largo del curso.
- Presentación de proyectos que impliquen la aplicación de los temas vistos en casos de la realidad práctica.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y habilidades de aplicación de los estudiantes.

NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

### Modelación Numérica en Ingeniería I

CICLO (2)

**SEMESTRE I**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-MT101**

## OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)

Adquirir el conocimiento necesario que permita identificar y analizar la dependencia de la solución numérica de un problema lineal con los parámetros del problema y como medir esta relación así como el desarrollar habilidad en la comprensión, estudio y aplicación de los diferentes algoritmos para realizar cálculos en problemas lineales.

El curso coadyuda al estudiante a:

- Diseñar, aplicar e implementar algoritmos para la solución de problemas lineales, así como realizar un análisis de resultados.
- Adquirir habilidad en la comprensión de problemas lineales.
- Identificar la dependencia de la solución numérica de un problema lineal con los parámetros del problema.
- Analizar la dependencia de la solución numérica de un problema lineal con los parámetros del problema y abordar la problemática de manera eficiente.

## TEMAS Y SUBTEMAS (5)

### 1. Unidad 1: Modelos y Sistemas lineales

#### Objetivo:

El estudiante repasará los conocimientos básicos del álgebra lineal necesarios para las siguientes unidades.

- 1.1 Ejemplos
- 1.2 Álgebra matricial.
- 1.3 Espacios vectoriales.
  - 1.3.1 Matrices.
  - 1.3.2 Operaciones con matrices.
  - 1.3.3 Matrices como mapeos lineales.
  - 1.3.4 Traza y determinante.
  - 1.3.5 Rango y Kernel.
  - 1.3.6 Valores y vectores propios.
- 1.4 Aplicaciones.

### Unidad 2: Métodos directos de solución

#### Objetivo:

Conocer los métodos directos

- 2.1 Eliminación gaussiana (GEM).
- 2.2 Análisis de error en solución de sistemas lineales.

en la resolución de sistemas lineales  $Ax=b$ . Conocer la problemática que surge de la aritmética de punto flotante y los diferentes tipos de error así como su cuantificación.

- 2.2.1 Aritmética de punto flotante.
- 2.2.2 Error relativo y absoluto.
- 2.2.3 Normas matriciales y número de condición.
- 2.2.4 Estabilidad.
- 2.3 GEM con pivoteo.
- 2.4 Factorización LU.
- 2.5 Factorización Cholesky.

### Unidad 3: Mínimos cuadrados y factorización QR.

Objetivo:

Conocer la poderosa herramienta que son los mínimos cuadrados así como los métodos para implementarlo.

- 3.1 Mínimos cuadrados
- 3.2 Factorización QR.
- 3.3 Ortogonalización Gram-Schmidt
- 3.4 Triangulación de Householder
- 3.5 Condicionamiento y estabilidad de los algoritmos de mínimos cuadrados.

### Unidad 4: Métodos iterativos

Objetivo:

Conocer los métodos iterativos de resolución de sistemas lineales.

- 4.1 Jacobi, Gauss Seidel
- 4.2 SOR
- 4.3 Gradiente conjugado (precondicionado)
- 4.4 Aplicaciones

### Unidad 5: Problemas de valores propios

Objetivo:

Estudiar los diferentes algoritmos para calcular los eigenvalores de una matriz y la relación de estos últimos con la resolución de problemas lineales.

- 5.1 Ubicación geométrica
- 5.2 Método de la potencia
  - 5.2.1 Aproximación del eigenvalor de magnitud mayor
  - 5.2.2 Potencia inversa
- 5.3 Deflation.
- 5.4 Problema generalizado ( $Ax=\lambda Bx$ )
- 5.5 Método de Jacobi

#### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)

El software libre que será utilizado durante el curso es Octave y/o Python, es decir el material de curso, ejemplos y tareas tendrán que realizarse en este software. El curso consistirá de sesiones teóricas, cada una de ellas acompañadas de ejemplos y ejercicios prácticos.

#### CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)





## MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



- Reportes escritos de los algoritmos realizados durante las diferentes unidades, así como de su análisis y las conclusiones obtenidas.
- Trabajos escritos en las diferentes unidades.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Elaboración de un proyecto final.





## MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

### Métodos de Optimización I

CICLO (2)

**SEMESTRE I**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-OP101**

#### OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)

Introducir al estudiante en la optimización como herramienta en el proceso de toma de decisiones. Se proporcionará al estudiante de conocimientos sólidos para modelar, formular y resolver problemas de optimización, tanto en la industria como en la ciencia. En este curso se revisan numerosos casos prácticos para ilustrar el proceso completo de optimización, desde la determinación del modelo al análisis de la solución obtenida mediante los métodos estudiados.

El curso coadyuva al estudiante a:

- Conocer definiciones formalmente correctas de los conceptos básicos en la optimización.
- Ser capaz de modelar las situaciones reales como formulaciones matemáticas, especialmente aquellas que involucran la toma de decisiones en escenarios complejos.
- Buscar y utilizar eficientemente la información científica y tecnológica del estado del arte, combinando elementos de las ciencias básicas con las necesidades y desarrollos de la investigación aplicada.
- Conocer las herramientas de optimización disponibles en el mercado, su posible adecuación a los problemas del ámbito científico, empresarial e industrial, así como plantear novedosas metodologías para el desarrollo de nuevas aplicaciones.
- Resolver problemas de optimización.
- Proponer soluciones innovadoras en una amplia área de aplicaciones de la ingeniería y la ciencia.
- Ser capaz de sintetizar y comunicar los resultados, las conclusiones de los modelos y las soluciones propuestas de una forma rigurosa y clara.

#### TEMAS Y SUBTEMAS (5)

### Unidad 1: Introducción a la optimización

#### Objetivo:

Introducir al estudiante a una colección de situaciones o problemas típicos en el contexto científico e industrial que pueden ser tratados mediante modelos de optimización.

HORAS: 6

- 1.1 Terminología
- 1.2 Estructura del problema
- 1.3 La modelación
- 1.4 Incertidumbre y modelación
- 1.5 Calidad y eficiencia

### Unidad 2: Modelos de optimización

#### Objetivo:

Conocer los diferentes modelos clásicos de optimización. Se muestra cómo en algunos casos, el mismo problema puede ser abordado mediante diferentes modelos, haciendo énfasis en el equilibrio entre la complejidad del modelo para describir con precisión el problema, y la dificultad de resolver éste si es muy complejo.  
HORAS: 15

- 2.1 El modelo de programación lineal
- 2.2 El modelo de programación entera
- 2.3 El modelo de programación binaria
- 2.4 El modelo de programación entera mixta
- 2.5 El modelo de programación no lineal

### Unidad 3: Métodos de solución

Objetivo:

Diseñar, implementar y analizar metodologías específicas para los problemas concretos que se plantean. Además, se muestra con ejemplos y situaciones prácticas las ventajas e inconvenientes de los diferentes métodos.

HORAS: 15

#### 3.1 Métodos genéricos

- Basado en permutaciones
- Basado en variables enteras/binarias
- Basado en variables continuas

#### 3.2 Métodos específicos

- Procedimientos heurísticos
- Procedimientos metaheurísticos

### Unidad 4: Aplicaciones

Objetivo:

Conocer y manejar librerías comerciales avanzadas de optimización (CPLEX, GUROBI, AMPL). Además, conocer y manejar librerías de acceso libre disponibles por la comunidad científica (COIN-OR) para resolver de manera eficiente distintas clases de problemas de optimización.  
HORAS: 9

#### 4.1 Software para desarrollar aplicaciones: Librerías y lenguajes

#### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)

- Utilizar R o Python como lenguaje de programación para el prototipado de aplicaciones.



## MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



- Planear varias actividades tendientes a que los estudiantes elaboren sus aplicaciones de optimización.
- Buscar artículos y reportes de investigación que ilustran estudios de caso en problemas de optimización para que los estudiantes puedan reproducir los resultados, analizarlos e interpretarlos.

### **CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)**

- Reportes escritos de los modelos y los métodos de solución vistos durante las diferentes unidades, así como de su análisis, interpretación y conclusiones obtenidas.
- Elaboración de un proyecto final, con un caso de estudio de los propuestos durante clase, donde se analicen e interpreten los resultados.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.







MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN  
DE PROCESOS



NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

**Laboratorio de Resolución de Problemas I**

CICLO (2)

**SEMESTRE I**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-LB101**

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)**

Introducir al estudiante en la práctica de las tareas que se requieren para realizar actividades de consultoría para las organizaciones. Conocer las bases de la vinculación entre la academia y los sectores público y privado. Conocer de manera práctica, mediante estudio de casos, las circunstancias y dificultades que se puede enfrentar al realizar actividades de asesoría especializada. Estar al tanto de los elementos requeridos para gestionar apoyos de las instancias federales para proyectos de innovación tecnológica.

El curso coadyuva al estudiante a:

- Advertir los mecanismos básicos para la prestación de servicios de consultoría y vinculación.
- Conocer el planteamiento y desarrollo de caso de éxito en actividades de consultoría especializada en su área de interés.
- Estar al tanto de los elementos necesarios para gestionar apoyos financieros de las instancias federales para la elaboración de proyectos de innovación tecnológica.
- Advertir ejemplos de trabajo en equipos multidisciplinarios.
- Conocer sugerencias para la elaboración de protocolos, reportes de avance y administrar las recomendaciones.
- Enterarse de formas concretas para interactuar y presentar resultados de manera adecuada y clara para el cliente.
- Hacerle consciente sobre su papel como agente para el cambio y mejora en las organizaciones.
- Reconocer algunos mecanismos de intervención que hayan probado ser adecuados para resolver problemáticas específicas de las organizaciones.
- Discutir y analizar los casos presentados, proponer rutas de solución distintas a las planteadas e incluso sugerir soluciones alternativas.

**TEMAS Y SUBTEMAS (5)**

**Unidad 1: La Investigación Aplicada a la Consultoría de Organizaciones**

*Objetivo:*

El estudiante comprenderá la naturaleza, objeto, profesionalismo y alcance de la investigación aplicada y su utilidad en la realización de proyectos de consultoría.

HORAS: 15

- 1.1. Concepto de la investigación aplicada.
- 1.2. Antecedentes en el ámbito empresarial.
- 1.3. Amplitud y alcance de la investigación aplicada a los servicios de consultoría.
- 1.4. Presentación y discusión de casos de éxito en la investigación aplicada a la Consultoría de Organizaciones.

## Unidad 2: Casos de Éxito en la Consultoría de Organizaciones

### Objetivo:

El estudiante conocerá y analizará casos de éxito concretos de la consultoría, en su área de estudio, presentados por asesores profesionales.

HORAS: 15

- 2.1 Elementos de la Consultoría de Organizaciones.
- 2.2 Antecedentes en el ámbito empresarial.
- 2.3 Presentación y discusión de casos de éxito en la Consultoría de Organizaciones

## Unidad 3: Introducción a la Gestión de Recursos para la Vinculación

### Objetivo:

El estudiante identificará los elementos y fases de la gestión de recursos para la Vinculación y la Investigación Aplicada a la Innovación y Consultoría de Organizaciones.

HORAS: 15

- 3.1 Elementos de la gestión
- 3.2 Opciones existentes para la obtención de recursos para la investigación aplicada, la innovación y la vinculación.
- 3.3 Presentación y discusión de casos de éxito en la gestión de recursos para la vinculación.

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)

- El curso estará basado en la realización de charlas con expertos que ofrecen servicios de consultoría a empresas, para vincular con sus vivencias los temas vistos.
- Habrá una introducción al tema por parte del coordinador del Laboratorio y/o invitados
- Exposición de casos de estudio por parte del invitado.
- Fomentar actividades encaminadas a:
  - La proposición de otras estrategias de solución
  - La propuesta de soluciones alternativas
  - Sugerencias investigación o trabajo para la continuación y/o ampliación de la solución al caso presentado.
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la gestión de una consultoría.
- Propiciar que las temáticas permitan al estudiante la integración de contenidos de otras asignaturas.



## MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



### CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)

- Lectura de artículos y reportes de interés sobre el tema.
- Elaboración de trabajos (reportes, bitácoras, resúmenes, mapas conceptuales, etc.) en donde el alumno proponga metodologías, mejoras, rutas de solución y/o soluciones alternativas a la presentada por el invitado.
- Participar en eventos académicos que profundicen en la teoría subyacente para la solución presentada.



NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

**Modelación Estadística II**

CICLO (2)

**SEMESTRE I**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-ES201**

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)**

Desarrollar habilidad en la comprensión, estudio y aplicación de la modelación estadística desde un aspecto práctico y formalizando la parte teórica de los métodos. En esa dirección se plantea, aplicar la descripción de datos e inferencia estadística en problemas de ingeniería y confiabilidad.

El curso coadyuva al estudiante a:

- Diseñar, aplicar e implementar los métodos estadísticos en la solución de ejercicios, en la interpretación de resultados.
- Construir sus propios programas en R para la aplicación de la modelación estadística.
- Adquirir habilidad en la comprensión de conceptos teóricos de los modelación estadística en ingeniería y confiabilidad.
- Aplicar métodos y técnicas estadísticas para hacer simulaciones que le permitan ganar un mayor conocimiento sobre procedimientos estadísticos.
- Aplicar su capacidad de juicio crítico, lógico, deductivo y de modelación para la toma de decisiones

**TEMAS Y SUBTEMAS ( )**

**Unidad 1: Introducción a la Inferencia Estadística**

Objetivo:

Reparar nociones esenciales de las distribuciones de probabilidad. Conocer los principios básicos de muestreo, así como estudiar las distribuciones de probabilidad sus aplicaciones y análisis.

HORAS: 12

- 1.1 Estadística descriptiva.
- 1.2 Elementos básicos de probabilidad y las distribuciones de probabilidad.
- 1.3 Muestreo aleatorio simple, estratificado, sistemático y conglomerado
- 1.4 Parámetros y estimadores.
- 1.5 Distribución de probabilidad empírica.
- 1.6 Distribución muestral para la media propiedades y aplicaciones.
- 1.7 Enunciar el teorema de límite central.
- 1.8 Simulación de casos muestras pequeñas y grandes, cuando la variable  $X$  es normal y no normal y analizar resultados.
- 1.9 Distribución muestral para la diferencia de medias propiedades y aplicaciones.
- 1.10 Problemas: Modelación estadística en innovación tecnológica.

**Unidad 2: Principio de Prueba de Hipótesis e Intervalos de Confianza**

Objetivo:

- 2.1 Ideas principales para realizar una prueba de hipótesis, errores



Comprender, estudiar y aplicar los conceptos básicos para realizar pruebas de hipótesis estadística sobre diferentes parámetros.

HORAS: 12

- tipo I y tipo II. Función de potencia. Pruebas uniformemente más potentes. Nivel de significancia.
- 2.2 Pruebas para la distribución normal, considerando diferentes situaciones.
- 2.3 Intervalos de confianza para la media poblacional, proporción y varianza.
- 2.4 Pruebas generalizadas de la razón de verosimilitud.
- 2.5 Pruebas condicionales.
- 2.6 Temas selectos de pruebas de hipótesis.
  - 2.6.1 Pruebas de Bondad de Ajuste: Ji-Cuadrada, Cramer-VonMises, Komolgorov-Smirnov.
  - 2.6.2 Estadística No paramétrica.
- 2.7 Problemas: Modelación estadística en innovación tecnológica.

### Unidad 3: Modelos de Regresión

Objetivo:

Examinar situaciones en las que la variable aleatoria depende de una u otras variables. Comprender y explicar los métodos estadísticos para estimar un modelo de regresión.

HORAS: 12

- 3.1 Ejemplos donde se requiere un modelo de regresión.
- 3.2 Estimación del modelo por mínimos cuadrados, por máxima verosimilitud. Análisis de las propiedades estadísticas de los estimadores.
- 3.3 Modelo de regresión múltiple, procedimientos de estimación y propiedades de los estimadores.
- 3.4 Modelo de riesgo proporcional.
- 3.5 Modelos de regresión con datos censurados.
- 3.6 Problemas: Modelación estadística en innovación tecnológica.

### Unidad 4: Modelos de pruebas de vida acelerada

Objetivo:

Comprender los conceptos de los planes de vida acelerada y evaluar su utilidad en la práctica.

HORAS: 9

- 4.1 Aplicaciones de las pruebas de vida acelerada.
- 4.2 Planes de pruebas de vida acelerada.
- 4.3 Métodos de aceleración.
- 4.4 Modelo de Arrhenius.
- 4.5 Modelo de potencia inversa.
- 4.6 Otros modelos de vida acelerada.

#### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)

Utilizar el lenguaje de programación R en cada uno de los temas.

Se propone que los ejemplos y ejercicios tengan aplicaciones en el contexto de confiabilidad. La finalidad es plantear el carácter de modelación estadística y se tienen muchos temas en esta materia para la aplicación. Por ejemplo mantenimiento preventivo e inspección, modelos de garantía, procesos renovables, número de fallas esperadas entre otros.

Plantear una serie de proyectos que contemplen los temas vistos en clase.



## MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



### CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)

- Reportes escritos de los proyectos planteados para las diferentes unidades, así como de su análisis, interpretación y conclusiones del análisis de datos y los métodos aplicados.
- Evaluación de una selección de problemas planteados en las unidades.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.



NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

**Modelación Numérica en Ingeniería II**

CICLO (2)

**SEMESTRE II**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-MT201**

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)**

Desarrollar habilidad en la comprensión, análisis y estudio de fenómenos físicos presentes en las diferentes áreas de las ciencias e ingeniería para desarrollar modelos matemáticos que permitan describirlos de forma adecuada. Estos modelos permiten entender el efecto que tiene los diferentes parámetros que intervienen en estos fenómenos y poder estudiarlos y entender su comportamiento y realizar predicciones a futuro.

El curso coadyuva al estudiante a:

- Estudiar las diferentes ecuaciones diferenciales más importantes que modelan fenómenos físicos.
- Conocer y manejar los métodos básicos de resolución de ecuaciones diferenciales.
- Adquirir habilidad en la comprensión de fenómenos físicos para desarrollar modelos matemáticos que los describan.
- Aplicar métodos y técnicas de resolución de ecuaciones diferenciales para desarrollar simulaciones que le permitan describir fenómenos físicos.
- Conocer las ideas básicas del área de problemas inversos mediante ejemplos representativos en problemas industriales.

**TEMAS Y SUBTEMAS (5)**

**Unidad 1: Ecuaciones diferenciales de primer orden**

Objetivo:

Estudiar las ecuaciones diferenciales de primer orden, la existencia y unicidad de sus soluciones así como los métodos de solución. Por último estudiar los métodos numéricos que se utilizan en este tipo de ecuaciones.

- 1.1 Ejemplos de modelación.
- 1.2 Métodos de solución.
- 1.3 Existencia y unicidad.
- 1.4 Métodos numéricos.

**Unidad 2: Ecuaciones diferenciales de segundo orden**

Objetivo:

Estudiar las ecuaciones diferenciales de segundo orden y los métodos analíticos

- 2.1 Modelos de la mecánica.
- 2.2 Circuitos eléctricos.
- 2.3 Propiedades algebraicas y métodos analíticos.

y numéricos de solución.

2.4 Métodos numéricos.

### Unidad 3: Sistemas Lineales

Objetivo:

Estudiar los sistemas lineales así como los métodos numéricos para la solución de estos.

- 3.1 Modelos.
- 3.2 Método de valores propios.
- 3.3 Métodos numéricos.

### Unidad 4: Leyes de conservación

Objetivo:

Estudiar algunos modelos provenientes de las leyes de conservación, los métodos de solución así como algunos métodos numéricos para este tipo de modelos.

- 4.1 Modelos.
- 4.2 Linealización y solución.
- 4.3 Métodos numéricos.
  - 4.3.1 Diferencias finitas
  - 4.3.2 Esquemas en Diferencias finitas
  - 4.3.3 Upwind y CFL
  - 4.3.4 Convergencia y Estabilidad

### Unidad 5: Difusión

Objetivo:

Estudiar el fenómeno de la difusión.

- 5.1 La ecuación de difusión.
- 5.2 El principio del máximo y unicidad.
- 5.3 Métodos numéricos.

### Unidad 6: Fenómenos de onda

Objetivo:

Estudiar los fenómenos de onda.

- 6.1 Acústica.
  - 6.1.1 Dinámica de gases.
  - 6.1.2 Linealización de la ecuación de dinámica de gases.
- 6.2 La cuerda vibrante.
  - 6.2.1 Modelo no lineal.
  - 6.2.2 Modelo lineal.
- 6.3 Propiedades de la ecuación de onda
  - 6.3.1 La fórmula de d'Alambert
  - 6.3.2 Rapidez de propagación finita
  - 6.3.3 Conservación de energía

### Unidad 7 : Problemas de potencial



Objetivo:

Estudiar los problemas de potencial.

- 7.1 Flujo potencial, flujo Poiseuille.
- 7.2 Electrostática.
- 7.3 La propiedad del valor medio.
- 7.4 Principio del máximo.
- 7.5 Métodos numéricos.

**ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)**

- Utilizar Python como lenguaje de programación.

**CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)**

- Reportes escritos de las simulaciones realizadas así como de su análisis y las conclusiones obtenidas.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Elaboración de un proyecto final, en el cual se realice una simulación de un sistema real, y se analicen e interpreten los resultados, a fin de proponer acciones de mejora.



MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN  
DE PROCESOS



NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

**Métodos de Optimización II**

CICLO (2)

**SEMESTRE II**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-OP201**

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)**

Introducir al estudiante a los modelos y técnicas avanzadas de optimización. El curso proveerá los fundamentos para modelar y resolver problemas de optimización global, bajo incertidumbre, y a gran escala. Se exponen diversas aplicaciones de dichos problemas, así como las diferentes técnicas de solución numérica exacta y aproximada.

El curso coadyuva al estudiante a:

- Conocer definiciones formalmente correctas de los conceptos básicos en la optimización global, estocástica y a gran escala.
- Ser capaz de modelar las situaciones reales como formulaciones matemáticas, especialmente aquellas que involucran la toma de decisiones en escenarios complejos.
- Buscar y utilizar eficientemente la información científica y tecnológica del estado del arte, combinando elementos de las ciencias básicas con las necesidades y desarrollos de la investigación aplicada.
- Conocer las herramientas de optimización disponibles en el mercado, su posible adecuación a los problemas del ámbito científico, empresarial e industrial, así como plantear novedosas metodologías para el desarrollo de nuevas aplicaciones.
- Resolver problemas de optimización.
- Proponer soluciones innovadoras en una amplia área de aplicaciones de la ingeniería y la ciencia.
- Ser capaz de sintetizar y comunicar los resultados, las conclusiones de los modelos y las soluciones propuestas de una forma rigurosa y clara.

**TEMAS Y SUBTEMAS (5)**

**Unidad 1: Introducción a la optimización global**

Objetivo:

Introducir al estudiante a los conceptos teóricos y metodológicos de los problemas de optimización global, los cuales son una clase de problemas con características tales que no pueden resolver con las técnicas clásicas de optimización no lineal.

HORAS: 12

- 1.1 Resultados fundamentales de convexidad y optimización.
- 1.2 Ideas y conceptos básicos
- 1.3 Formulación general
- 1.4 Optimización global vs local
- 1.5 Métodos deterministas vs estocásticos
- 1.6 Aplicaciones

## Unidad 2: Introducción a la optimización estocástica

Objetivo:

Introducir al estudiante a los conceptos teóricos y metodológicos de problemas de toma de decisiones bajo la presencia de incertidumbre y riesgo.

HORAS: 12

- 2.1 Aspectos de modelaje bajo incertidumbre
- 2.2 Propiedades básicas de problemas estocásticos
- 2.3 El valor de información y de la solución estocástica
- 2.4 Métodos para problemas lineales de dos etapas
- 2.5 Problemas lineales de múltiples etapas
- 2.6 Técnicas de aproximación y acotamiento
- 2.7 Técnicas basadas en muestreo Monte Carlo
- 2.8 Aplicaciones

## Unidad 3: Introducción a la optimización a gran escala

Objetivo:

Introducir al estudiante a los conceptos teóricos y metodológicos de los problemas reales de optimización de tamaño gigantesco (a gran escala), así como las técnicas especiales basadas en métodos descomposición con variables y restricciones complicantes.

HORAS: 12

- 3.1 Estructuras típicas de las restricciones en problemas a gran escala
- 3.2 Técnicas de descomposición de Dantzig-Wolfe
- 3.3 Método de descomposición de Benders
- 3.4 Método de descomposición cruzada

## Unidad 4: Aplicaciones

Objetivo:

Conocer y manejar librerías comerciales avanzadas de optimización (CPLEX, GUROBI, AMPL). Además, conocer y manejar librerías de acceso libre disponibles por la comunidad científica (COIN-OR) para resolver de manera eficiente distintas clases de problemas de optimización.

- 4.1 Modelación algebraica en GAMS
- 4.2 Software para desarrollar aplicaciones: Librerías y lenguajes

HORAS: 9

**ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)**

- Utilizar R o Python como lenguaje de programación para el prototipado de aplicaciones.
- Utilizar el lenguaje de modelación algebraica GAMS.
- Planear varias actividades tendientes a que los estudiantes elaboren sus aplicaciones de optimización.
- Buscar artículos y reportes de investigación que ilustran estudios de caso en problemas de optimización para que los estudiantes puedan reproducir los resultados, analizar e interpretarlos.

**CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)**

- Reportes escritos de los modelos y los métodos de solución vistos durante las diferentes unidades, así como de su análisis, interpretación y conclusiones obtenidas.
- Análisis y discusión de artículos científicos donde se apliquen técnicas de descomposición a problemas en diversas áreas del conocimiento.
- Elaboración de un proyecto final, con un caso de estudio de los propuestos durante clase, donde se analicen e interpreten los resultados.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.





MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN  
DE PROCESOS



NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

**Laboratorio de Resolución de Problemas II**

CICLO (2)

**SEMESTRE II**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-LB201**

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)**

Que el estudiante continúe en la práctica de las tareas que se requieren para realizar actividades de consultoría para las organizaciones. Conocer las bases de la vinculación entre la academia y los sectores público y privado. Conocer de manera práctica, mediante estudio de casos, las circunstancias y dificultades que se puede enfrentar al realizar actividades de asesoría especializada. Estar al tanto de los elementos requeridos para gestionar apoyos de las instancias federales para proyectos de innovación tecnológica.

El curso coadyuva al estudiante a:

- Advertir los mecanismos básicos para la prestación de servicios de consultoría y vinculación.
- Conocer el planteamiento y desarrollo de caso de éxito en actividades de consultoría especializada en su área de interés.
- Estar al tanto de los elementos necesarios para gestionar apoyos financieros de las instancias federales para la elaboración de proyectos de innovación tecnológica.
- Advertir ejemplos de trabajo en equipos multidisciplinarios.
- Conocer sugerencias para la elaboración de protocolos, reportes de avance y administrar las recomendaciones.
- Enterarse de formas concretas para interactuar y presentar resultados de manera adecuada y clara para el cliente.
- Hacerle consciente sobre su papel como agente para el cambio y mejora en las organizaciones.
- Reconocer algunos mecanismos de intervención que hayan probado ser adecuados para resolver problemáticas específicas de las organizaciones.
- Discutir y analizar los casos presentados, proponer rutas de solución distintas a las planteadas e incluso sugerir soluciones alternativas.

**TEMAS Y SUBTEMAS (5)**

**Unidad 1: Aplicaciones de la Investigación en la Consultoría de Organizaciones**

Objetivo:

El estudiante comprenderá la naturaleza, objeto, profesionalismo y alcance de la investigación aplicada y su utilidad en la realización de proyectos de consultoría.

- 1.1 Presentación y discusión de casos de éxito en la investigación aplicada a la Consultoría de Organizaciones.

HORAS: 15

## Unidad 2: Consultoría de Organizaciones: Presentación de Casos de Éxito

### Objetivo:

El estudiante observará y profundizará en casos de éxito concretos de la consultoría, en su área de estudio, presentados por asesores profesionales.

HORAS: 15

2.1 Presentación y discusión de casos de éxito en la Consultoría de Organizaciones.

## Unidad 3: Alternativas para la Gestión de Recursos para la Vinculación

### Objetivo:

Conocer la poderosa herramienta que son los mínimos cuadrados así como los métodos para implementarlo.

HORAS: 15

- 3.1 Opciones existentes para la obtención de recursos para la investigación aplicada, la innovación y la vinculación.
- 3.2 Presentación y discusión de casos de éxito en la gestión de recursos para la vinculación.

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)

- El curso estará basado en la realización de charlas con expertos que ofrecen servicios de consultoría a empresas, para vincular con sus vivencias los temas vistos.
- Habrá una introducción al tema por parte del coordinador del Laboratorio y/o invitados
- Exposición de casos de estudio por parte del invitado.
- Fomentar actividades encaminadas a:
  - La proposición de otras estrategias de solución
  - La propuesta de soluciones alternativas
  - Sugerencias investigación o trabajo para la continuación y/o ampliación de la solución al caso presentado.
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la gestión de una consultoría.
- Propiciar que las temáticas permitan al estudiante la integración de contenidos de otras asignaturas.

### CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)

- Lectura de artículos y reportes de interés sobre el tema.

Página 26 de 58



## MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



- Elaboración de trabajos (reportes, bitácoras, resúmenes, mapas conceptuales, etc.) en donde el alumno proponga metodologías, mejoras, rutas de solución y/o soluciones alternativas a la presentada por el invitado.
- Participar en eventos académicos que profundicen en la teoría subyacente para la solución presentada.



NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

**Gestión y Operación de Proyectos**

CICLO (2)

**SEMESTRE IV**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-IN401**

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)**

Formar al estudiante para brindar apoyo al sector industrial mediante el impulso de habilidades orientadas a desarrollar la capacidad de análisis y diagnóstico de los problemas presentes en las organizaciones, plantear medidas de solución o mitigación a dichos problemas además de supervisar y prestar asistencia en la aplicación de las recomendaciones sugeridas para permitir a la organización ser más eficaz y eficiente.

El curso coadyuva al estudiante a:

- Desarrollar una actitud crítica, creativa y comprometida.
- Aplicar herramientas que le permitan asumir responsablemente su trabajo, manejar conflictos, motivar al equipo de trabajo y tener una comunicación efectiva.
- Trabajar en equipos multidisciplinarios.
- Interactuar y presentar resultados de manera adecuada con el cliente.
- Redactar protocolos, reportes de avance y administrar las recomendaciones.
- Establecer mecanismos de intervención adecuados a la problemática que se presenta en las organizaciones para intervenir y/o asesorar.
- Promover y fortalecer una conciencia sobre su papel como agente para el cambio y mejoras en las organizaciones.

**TEMAS Y SUBTEMAS (5)**

**Unidad 1: Generalidades de la consultoría**

Objetivo:

Que el estudiante comprenda la naturaleza, objeto, profesionalismo y alcance de una consultoría.

HORAS: 3

- 1.1 Concepto de la consultoría.
- 1.2 Antecedentes en el ámbito empresarial.
- 1.3 Amplitud y alcance de los servicios de consultoría.
- 1.4 Profesionalismo y ética (relación consultor-cliente).

**Unidad 2: La consultoría en las empresas**

Objetivo:

Que el estudiante identifique los propósitos de la consultoría y la necesidad de recurrir a ella.

- 2.1 Naturaleza y objeto de la consultoría.
- 2.2 Razones para acudir a los consultores.
- 2.3 Métodos de consultoría colaborativa.



HORAS: 6

### Unidad 3: Proceso de consultoría

Objetivo:

Que el estudiante identifique y aplique los elementos y fases del método de consultoría además de elaborar un informe de resultados.

HORAS: 36

- 3.1 Elementos del método de consultoría
  - 3.1.1 Contacto inicial.
  - 3.1.2 Diagnóstico preliminar.
  - 3.1.3 Estrategia y planificación de la tarea.
  - 3.1.4 Presentación de propuesta.
  - 3.1.5 Contrato de consultoría
- 3.2 Diagnóstico
  - 3.2.1 Marco conceptual.
  - 3.2.2 Objetivos y problemas del diagnóstico.
  - 3.2.3 Fuentes de información.
  - 3.2.4 Análisis de hechos.
  - 3.2.5 Información de resultados preliminares.
- 3.3 Planificación e implementación de propuesta.
  - 3.3.1 Presentación de propuestas de solución.
  - 3.3.2 Implementación de la propuesta.
- 3.4 Cierre de consultoría.

#### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)

- Exposición de conceptos por parte del profesor.
- Fomentar actividades encaminadas a la búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la gestión de una consultoría.
- Propiciar que las temáticas permitan al estudiante la integración de contenidos de otras asignaturas.
- Realizar charlas con expertos en ofrecer servicios de consultoría a empresas para vincular con sus vivencias los temas vistos.

#### CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)

- Lectura de artículos y reportes de interés sobre el tema.
- Elaboración de trabajos: reportes, bitácoras, resúmenes, mapas conceptuales.
- Participar en eventos académicos.

NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

**Seminario de Titulación**

CICLO (2)

**SEMESTRE IV**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-ST401**

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)**

Servir de guía de apoyo, razonada y concreta que permita al estudiante una ordenada elaboración y presentación tanto escrita como oral de su proyecto científico encaminado a la obtención del grado.

El curso coadyuda al estudiante a:

- Relacionar los conocimientos y habilidades teóricas y metodológicas, desarrolladas en anteriores semestres, con su proyecto de titulación.
- Detectar las dificultades que presentan los procesos de investigación.
- Elaborar un texto con un formato consistente en cuanto a la estructura y la forma.
- Ubicar la importancia de su investigación en el horizonte de desarrollo de un determinado campo de acción.
- Comprender la importancia de su trabajo en el campo de la Ingeniería para contribuir a la solución de problemas.
- Presentar públicamente los resultados de su investigación.

**TEMAS Y SUBTEMAS (5)**

**Unidad 1: Elaboración de proyecto de titulación**

Objetivo:

Que el estudiante consolide la redacción del trabajo de titulación y esté preparado para defender su trabajo en público.

HORAS: 45

- 1.1 Presentación del seminario.
- 1.2 Elaboración de proyecto de titulación.
- 1.3 Presentación y evaluación de avances.

**ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)**

El curso dará seguimiento al proceso elaboración del proyecto de titulación. El trabajo será evaluado de forma colegiada por un comité integrado por el responsable del seminario, el o los directores de tesis e invitados.

La dinámica de este curso estará mayoritariamente determinada por la interacción entre el Director de Tesis y el estudiante en el desarrollo de su Proyecto de titulación. Ambas partes determinarán el



## MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



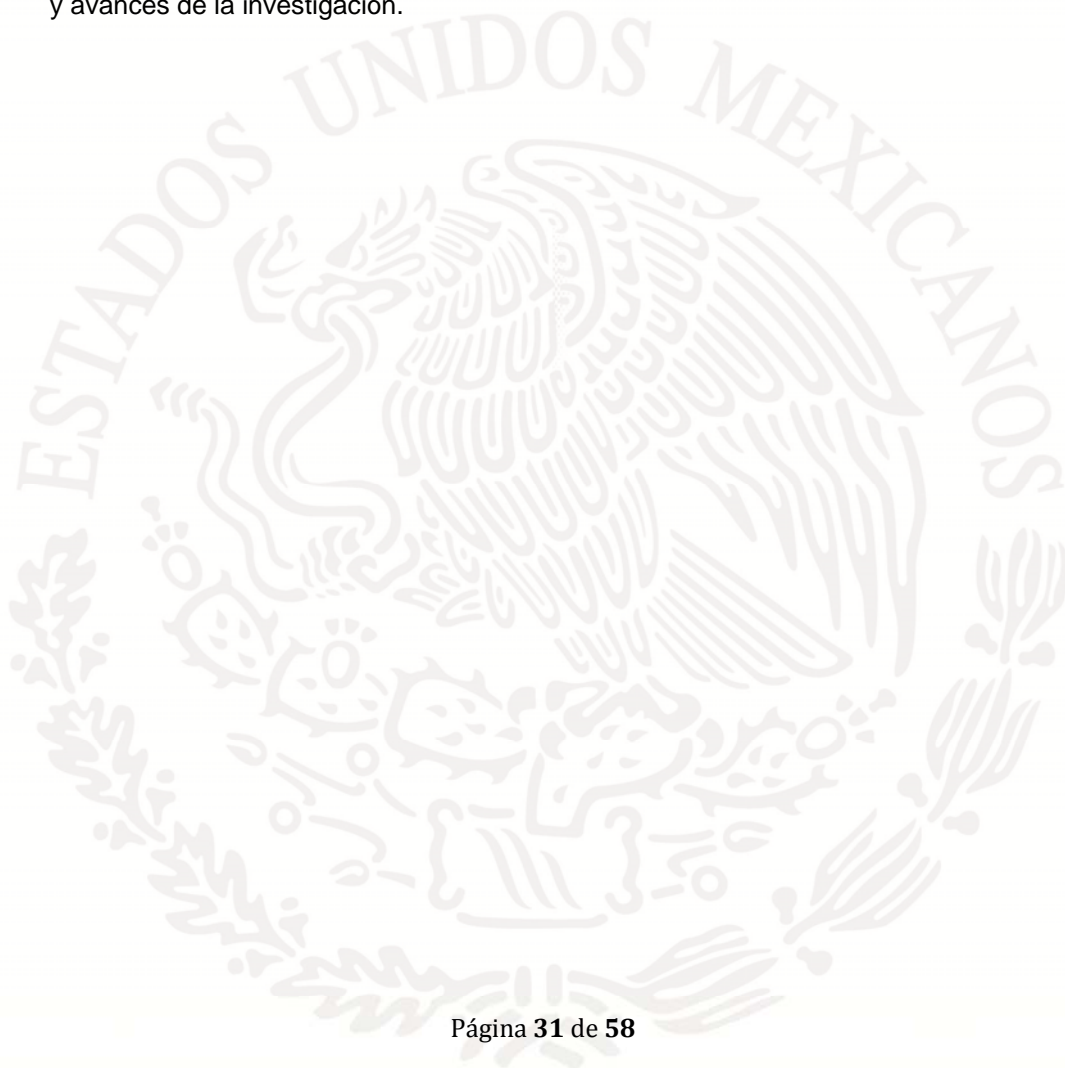
plan de trabajo, la periodicidad de sus reuniones de asesoría y las actividades a ejecutar para el desarrollo de la investigación.

El profesor encargado del seminario organizará sesiones de presentación de los avances de investigación de los estudiantes así como de temas relacionados con el trabajo científico actual.

### **CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)**

La evaluación del curso deberá comprender los siguientes aspectos:

- Entregar al profesor titular de la materia por lo menos dos avances de la investigación durante el semestre con el aval correspondiente de su director de tesis.
- Participar activamente en el desenvolvimiento de las sesiones y actividades programadas dentro del seminario.
- Exponer obligatoriamente dos avances de tesis aprobados por el correspondiente director de tesis a lo largo del semestre.
- Informe del Director de Tesis sobre el desempeño del estudiante en el trabajo de asesorías y avances de la investigación.



NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

**Identificación, Control y Diseño de Sistemas**

CICLO (2)

**SEMESTRE III o IV**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-MDX01**

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)**

Conocer los conceptos básicos en el área de problemas inversos, control, identificación y diseño de sistemas así como estudiar los métodos clásicos de resolución de un problema mal planteado. El curso coadyuva al estudiante a:

- Diseñar e implementar algoritmos de solución de problemas inversos.
- Identificar, diseñar y controlar sistemas
- Adquirir habilidad en la comprensión de fenómenos físicos para desarrollar modelos matemáticos que los describan.
- Conocer los métodos clásicos de regularización de un problema mal planteado.

**TEMAS Y SUBTEMAS (5)**

**Unidad 1: Introducción a los problemas mal planteados**

Objetivo:

Estudiar los problemas mal planteados así como algunos ejemplos de ellos.

- 1.1 Problema bien planteado según Hadamard
- 1.2 Definición de problema directo e inverso.
- 1.3 Ejemplos.
- 1.4 Modelos matemáticos y errores de medición.
- 1.5 Crimen inverso.
- 1.6 Identificación, diseño y control.

**Unidad 2: Identificación y problemas inversos.**

Objetivo:

Estudiar algunos casos de estudio de problemas industriales así como problemas lineales mal planteados.

- 2.1 Ecuación del calor en la industria del acero.
- 2.2 El problema de dispersión (Scattering).
- 2.3 Métodos de regularización para problemas lineales mal planteados.

**Unidad 3: Diseño y control**

Objetivo:

Estudiar los elementos

- 3.1 Ejemplos de sistemas de control.
- 3.2 Sistemas de control continuos.



básicos de la teoría y diseño de control.

3.3 Sistemas de control por computadora.  
3.4 Sistemas de identificación.

#### Unidad 4: Ejemplos clásicos

Objetivo:

Estudiar ejemplos clásicos de la identificación, diseño y control de sistemas.

4.1 Tomografía de rayos X.  
4.2 Tomografía por impedancia eléctrica.  
4.3 Tomografía óptica.  
4.4 Otros

#### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)

- Utilizar Python como lenguaje de programación.

#### CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)

- Reportes escritos de las simulaciones realizadas durante las diferentes unidades, así como de su análisis y las conclusiones obtenidas.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Elaboración de un proyecto final, con un caso de estudio de los propuestos durante clase, donde se analicen e interpreten los resultados.

NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

**Simulación de Procesos Discretos**

CICLO (2)

**SEMESTRE III o IV**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-MDX02**

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)**

Utilizar herramientas de simulación de eventos discretos para modelar, analizar, experimentar y mejorar sistemas complejos de producción o servicios con un enfoque integral con el propósito de identificar problemas y contar con elementos para elaborar y sustentar propuestas de mejora considerando criterios técnicos, económicos, de sustentabilidad, así como de responsabilidad social.

El curso coadyuda al estudiante a:

- Modelar, implementar, administrar y mejorar sistemas integrados de abastecimiento, producción y distribución de bienes y servicios.
- Formular alternativas de configuración interna de planta.
- Evaluar configuraciones de redes de distribución entre la planta con los almacenes y centros finales.
- Aplicar métodos y técnicas para la evaluación y el mejoramiento de la productividad.
- Aplicar su capacidad de juicio crítico, lógico, deductivo y de modelación.

**TEMAS Y SUBTEMAS (5)**

**Unidad 1: Introducción a la Simulación de eventos discretos**

Objetivo:

Que el estudiante identifique las aplicaciones de la simulación, se familiarice con la terminología empleada y aplique las etapas de un proyecto de simulación.

HORAS: 4.5

- 1.1 Introducción a la simulación
- 1.2 Estructura y características de la simulación de eventos discretos
- 1.3 Sistemas, Modelos y Control
- 1.4 Mecanismos de tiempo fijo y tiempo variable
- 1.5 Etapas de un proyecto de simulación

**Unidad 2: Números aleatorios y pseudoaleatorios**

Objetivo:

Que el estudiante distinga entre números aleatorios y pseudoaleatorios, y sea capaz de generar y validar estos

- 2.1 Números aleatorios
- 2.2 Números pseudoaleatorios
- 2.3 Pruebas estadísticas para números pseudoaleatorios
- 2.4 Obtención de números pseudoaleatorios

últimos por medio de pruebas estadísticas.  
HORAS: 4.5

### Unidad 3: Simulación de variables aleatorias

Objetivo:

Que el estudiante genere variables aleatorias discretas, continuas y para distribuciones empíricas a través de diversos métodos matemáticos.  
HORAS: 4.5

- 3.1 Definición y tipo de variables aleatorias
- 3.2 Generación de variables aleatorias
- 3.3 Modelos de simulación
- 3.4 Verificación y validación de los modelos de simulación

### Unidad 4: Lenguaje de simulación y aplicaciones

Objetivo:

Que el estudiante conozca los lenguajes de simulación y utilice un simulador para eventos discretos.  
HORAS: 31.5

- 4.1 Antecedentes de los lenguajes de simulación y simuladores
- 4.2 Aprendizaje y uso de un simulador
  - 4.2.1 Características del software
  - 4.2.2 Construcción de modelos
- 4.3 Interpretación de resultados y generación de propuestas de mejora.
- 4.4 Aplicaciones

#### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)

Dada la naturaleza del curso, se utilizará presentaciones por parte del profesor para que el estudiante conozca los fundamentos de la simulación de eventos discretos, sobretodo en la primera unidad. Posteriormente se requerirá el uso de equipo computacional y programas específicos para el desarrollo de las restantes unidades haciendo más interactivo el curso. Se deberá emplear un paquete estadístico (Minitab, SigmaPlot,...) para realizar pruebas de bondad de ajuste y pruebas estadísticas, un lenguaje de propósito general (C, C++, Delphi, Visual's, etc.) como software de apoyo, además de utilizar un simulador (ProModel, ARENA, Tecnomatix Plant Simulation, Enterprise Dynamics, FlexSim, etc.). Se emplearán casos de aplicación así como la investigación documental de aplicaciones prácticas de simulación. Se sugiere la realización de un proyecto final integrador aplicando la simulación a un problema real con el fin de complementar los conocimientos adquiridos.

#### CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)

- Reportes escritos de las simulaciones realizadas durante las diferentes unidades, así como de su análisis y las conclusiones obtenidas.



## MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



- Discusión de experiencias documentales concretas que podrían analizarse y resolverse a través de la simulación de sistemas.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos.
- Elaboración de un proyecto final, en el cual se realice una simulación de un sistema real, y se analicen e interpreten los resultados, a fin de proponer acciones de mejora.





NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

**Sistemas Expertos**

CICLO (2)

**SEMESTRE III o IV**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-MDX04**

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)**

Concebir, diseñar, construir e implementar soluciones concretas basadas en sistemas expertos amigables para el usuario final.

El curso coadyuda al estudiante a:

- Representar de forma cuantitativa aspectos y variables cualitativas presentes en el sistema.
- Desarrollar y utilizar herramientas y tecnologías de vanguardia al modelar y manejar la incertidumbre.
- Aplicar métodos y técnicas para la obtención de información.
- Utilizar técnicas y métodos cualitativos y cuantitativos para la toma de decisiones.

**TEMAS Y SUBTEMAS (5)**

**Unidad 1: Antecedentes y generalidades**

Objetivo:

Que el estudiante reconozca que elementos conforman un sistema experto y que lo diferencie de los sistemas computacionales tradicionales.

HORAS: 6

- 1.1 Conceptos básicos de Inteligencia Artificial
- 1.2 Definición de un Sistema Experto
  - 1.2.1 El experto y la experiencia
  - 1.2.2 Los dominios
  - 1.2.3 Ventajas
- 1.3 Diferencia entre sistema convencional y experto
- 1.4 Tipos de Sistemas Expertos
- 1.5 Arquitectura de un Sistema Experto
  - 1.5.1 Base de conocimiento
  - 1.5.2 Motor de inferencia
  - 1.5.3 Memoria de trabajo
  - 1.5.4 Módulo de explicación/justificación
- 1.6 Módulo de aprendizaje

**Unidad 2: Ingeniería del conocimiento y manejo de incertidumbre**

Objetivo:

Que el estudiante distinga las alternativas de representación de conocimiento así como las formas de tratar conocimiento incierto del dominio de los

- 2.1 Definición de conocimiento
- 2.2 Representación del conocimiento
- 2.3 Causas de la incertidumbre
- 2.4 Incertidumbre en las reglas de producción
  - 2.4.1 Proporcionadas por el experto
  - 2.4.2 Proporcionadas por el usuario

expertos.  
HORAS: 6

2.5 Métodos para el manejo de la incertidumbre

### Unidad 3: Lógica difusa

Objetivo:

Que el estudiante conozca los conceptos básicos y se enfrente a una lógica no clásica (bivalente) para la solución de problemas.

HORAS: 12

- 3.1 Los conjuntos difusos
  - 3.1.1 Propiedades y estructura
- 3.2 Representación del conocimiento difuso
- 3.3 Razonamiento aproximado
- 3.4 Inferencia, clasificación y control difusa
- 3.5 Aplicaciones y toma de decisiones

### Unidad 4: Redes neuronales artificiales

Objetivo:

Que el estudiante conozca los conceptos básicos y aplique la técnica de redes neuronales artificiales para la solución de problemas.

HORAS: 12

- 4.1 Analogía cerebral
- 4.2 Definición y conceptos básicos
  - 4.2.1 Neurona
  - 4.2.2 Arquitectura de una red neuronal
- 4.3 Características del procesamiento neuronal
- 4.4 Clasificación de modelos neuronales
  - 4.4.1 Modelos "Feedback"
  - 4.4.2 Modelos "Feedforward"
- 4.5 Aplicaciones y toma de decisiones

### Unidad 5: Futuro y tendencia de los Sistemas Expertos

Objetivo:

Que el estudiante visualice las tendencias futuras y expectativas dentro del campo de los Sistemas Expertos.

HORAS: 9

- 5.1 Tendencias como: Inteligencia Artificial Distribuida, Reconocimiento de lenguaje natural, Interfaces inteligentes, Visión artificial, Sistemas Expertos evolutivos.

#### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)

Se utilizarán presentaciones con el propósito de que el estudiante conozca los fundamentos de los Sistemas Expertos y sus aplicaciones tanto en las organizaciones como en la vida cotidiana. Los asistentes resolverán casos de forma grupal en donde sea factible el desarrollo de un Sistema Experto. Dado el gran número de casos documentados en donde se ha aplicado este tipo de



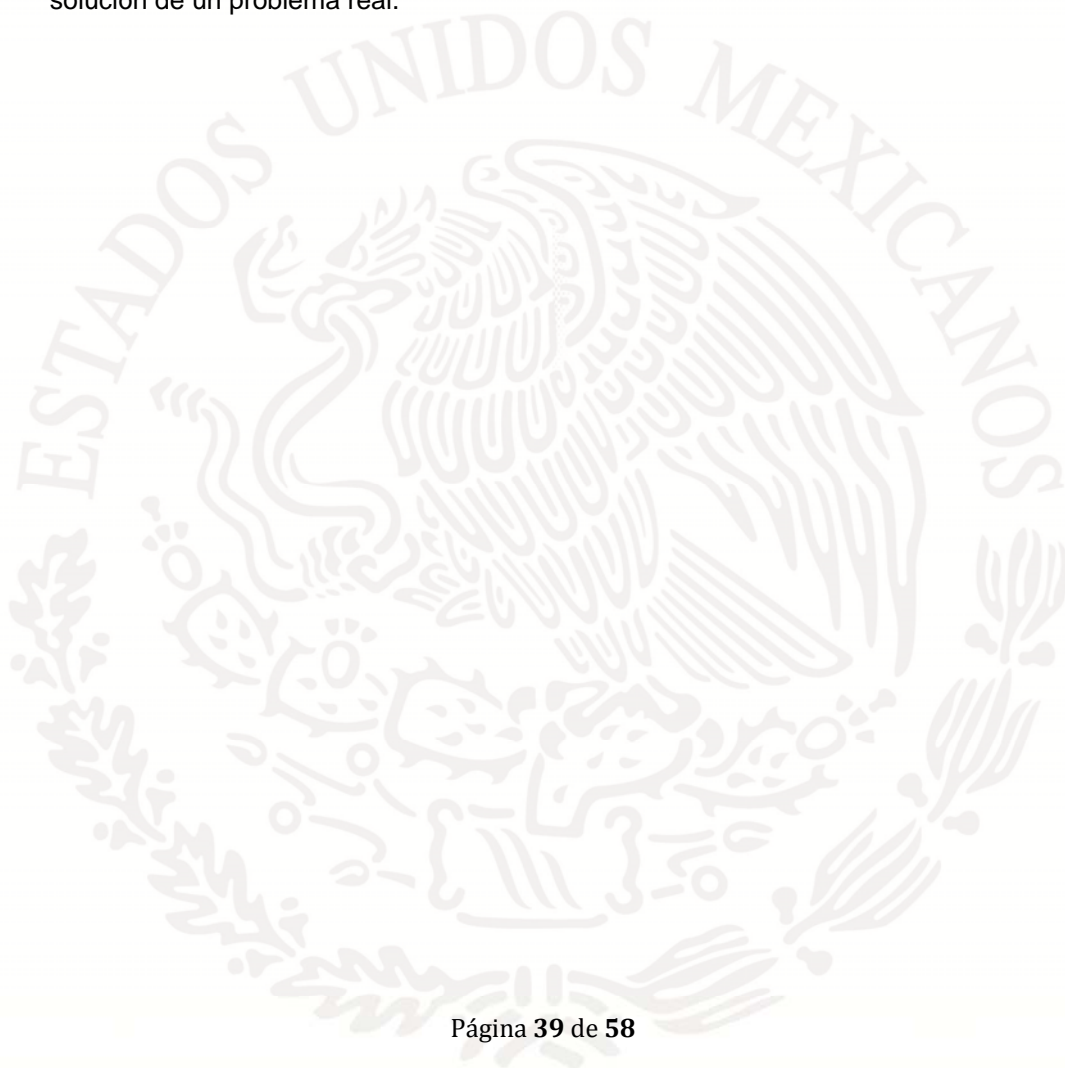
## MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



herramientas se recomienda dedicar sesiones para el análisis y discusión de trabajos seleccionados con el fin de resaltar su importancia en el mundo actual. Se sugiere la realización de un proyecto final en el cual se aplique alguna de las técnicas estudiadas a un problema real con el fin de complementar los conocimientos adquiridos. Durante el curso deberán considerarse el uso de un programa computacional especializado en el desarrollo de este tipo de técnicas.

### CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)

- Reportes escritos de la resolución de casos efectuados durante las diferentes unidades, así como de su análisis y las conclusiones obtenidas.
- Discusión de experiencias documentadas sobre aplicación de sistemas expertos para la solución de problemas dentro de las organizaciones.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos.
- Elaboración de un proyecto final en donde se proponga el uso de un sistema experto para solución de un problema real.



NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

**Optimización Heurística**

CICLO (2)

**SEMESTRE III o IV**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-OPX01**

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)**

Introducir al estudiante al diseño de métodos de optimización aproximada. Además, el estudiante conocerá las técnicas más avanzadas de optimización aproximada (heurísticas), entre las que se incluyen principalmente los métodos de búsqueda tabú, búsqueda dispersa y procedimientos miopes ávidos, así como su aplicación a la solución de diversos problemas de toma de decisiones que se dan en la práctica.

El curso coadyuva al estudiante a:

- Conocer definiciones formalmente correctas de los conceptos básicos de las heurísticas y las metaheurísticas.
- Buscar y utilizar eficientemente la información científica y tecnológica del estado del arte, combinando elementos de las ciencias básicas con las necesidades y desarrollos de la investigación aplicada.
- Conocer las herramientas de optimización disponibles en el mercado, su posible adecuación a los problemas del ámbito científico, empresarial e industrial, así como plantear novedosas metodologías para el desarrollo de nuevas aplicaciones.
- Proponer soluciones innovadoras en una amplia área de aplicaciones de la ingeniería y la ciencia.
- Ser capaz de sintetizar y comunicar los resultados, las conclusiones de los modelos y las soluciones propuestas de una forma rigurosa y clara.

**TEMAS Y SUBTEMAS (5)**

**Unidad 1: Problemas de optimización**

Objetivo:

Estudiar la estructura de los problemas de optimización.

HORAS: 9

- 1.1 Proceso de solución
- 1.2 Instancias del problema
- 1.3 Espacio de búsqueda
- 1.4 Propiedades de los problemas de optimización

**Unidad 2: Métodos de optimización**

Objetivo:

Estudiar los métodos heurísticos existentes para las distintas clases y estructuras de problemas de optimización.

HORAS: 12

- 2.1 Métodos de optimización numérica y analítica
- 2.2 Métodos de optimización para problemas continuos
- 2.3 Métodos de optimización para problemas discretos
- 2.4 Métodos de optimización heurística



### Unidad 3: Métodos heurísticos modernos

Objetivo:

Diseñar, implementar y analizar los elementos necesarios para construir métodos de solución heurística de propósito general.

HORAS: 12

3.1 Elementos de diseño

- Representación
- Operador de búsqueda
- Función de aptitud
- Inicialización

3.2 Estrategias de búsqueda

- Métodos de búsqueda local
- Métodos de búsqueda basados en recombinaciones

3.3 Criterios de diseño

### Unidad 4: Metaheurísticas

Objetivo:

Estudiar las técnicas más avanzadas de optimización aproximada, en las que su diseño se basa en explotar de manera inteligente la estructura de los problemas.

HORAS: 12

4.1 Conceptos preliminares de metaheurísticas

4.2 Métodos de búsqueda miope ávida aleatoria (GRASP)

4.3 Métodos de búsqueda tabú

4.4 Métodos de búsqueda dispersa

4.5 Métodos de simulado recocido

4.6 Tratamiento de problemas específicos.

#### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)

- Utilizar R o Python como lenguaje de programación para el prototipado de aplicaciones.
- Planear varias actividades tendientes a que los estudiantes elaboren sus aplicaciones de optimización.
- Buscar artículos y reportes de investigación que ilustran estudios de caso en problemas de optimización para que los estudiantes puedan reproducir los resultados, analizar e interpretarlos.

#### CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)

- Reportes escritos de los métodos de solución vistos durante las diferentes unidades, así como de su análisis, interpretación y conclusiones obtenidas.



MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN  
DE PROCESOS



- Elaboración de un proyecto final, con un caso de estudio de los propuestos durante clase, donde se analicen e interpreten los resultados.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.



NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

**Optimización y Análisis Multicriterio**

CICLO (2)

**SEMESTRE III o IV**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-OPX02**

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)**

Conocer los conceptos básicos de la teoría de decisiones y aplicar las técnicas del enfoque multicriterio para analizar problemas complejos de decisión mediante un proceso sistemático y ofrecer al decisor un apoyo integral para la toma de decisiones dentro de la organización.

El curso coadyuda al estudiante a:

- Establecer un compromiso entre los distintos objetivos que plantean y escoger la opción que sea la que ofrezca las mayores probabilidades de mejorar.
- Contextualizar el proceso de toma de decisiones e identificar sistemáticamente los elementos del proceso de decisión.
- Modelar las preferencias del decisor y estructurar de forma adecuada la situación problemática.
- Aplicar métodos y técnicas multicriterio para la clasificación y selección de alternativas.
- Promover y fortalecer una conciencia sobre su papel como agente para el cambio y mejoras en las organizaciones.

**TEMAS Y SUBTEMAS (5)**

**Unidad 1: Proceso de Toma de Decisiones**

Objetivo:

Que el estudiante conozca los fundamentos básicos del análisis de decisiones en la ingeniería y sea capaz de abstraer de la realidad los elementos de un problema de decisión.

HORAS: 4.5

- 1.2 Conceptos básicos de análisis de decisiones
- 1.3 El análisis de decisiones y la ingeniería
- 1.4 Ventajas del análisis sistémico de decisiones
- 1.5 Elementos de un problema de decisión
  - 1.4.1 Formulación del problema
  - 1.4.2 Objetivos
  - 1.4.3 Generación de alternativas
  - 1.4.4 Definición de eventos inciertos

**Unidad 2: Métodos Multicriterio para la Toma de Decisiones**

Objetivo:

Que el estudiante identifique los elementos característicos

- 2.1 Introducción a la decisión multicriterio
- 2.2 Métodos multicriterio discretos
  - 2.2.1 Proceso Analítico Jerárquico (AHP)



## MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



de los métodos multicriterio más utilizados en la actualidad.  
HORAS: 15

- 2.2.2 Teoría Utilitaria MultiAtributo (MAUT)
- 2.2.3 Sobre clasificación (ELECTRE, PROMETHEE)
- 2.3 Métodos multicriterio satisfacientes
  - 2.3.1 Programación por metas
- 2.4 Métodos multicriterio de optimización multiobjetivos
  - 2.4.1 Método de ponderaciones
  - 2.4.2 TOPSIS

### Unidad 3: Aplicaciones y tendencias

#### Objetivo:

Que el estudiante analice casos en los cuales fueron empleados métodos multicriterio para la solución de problemas y que visualice las tendencias en este campo.  
HORAS: 25.5

- 3.1 Aplicaciones
- 3.2 Tendencias en análisis multicriterio

#### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)

Se utilizará presentaciones por parte del profesor para que el estudiante conozca los fundamentos de la teoría en toma de decisiones y de los métodos multicriterio más utilizados. La investigación documental de casos en donde las técnicas multicriterio fueron utilizadas permitirá la visualización del campo de aplicación. Se sugiere realizar un caso sencillo en donde se pueda aplicar alguno de los métodos estudiados o su pertinencia en algún caso de estudio propuesto en la literatura científica.

#### CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)

- Trabajos de casos de aplicación de las técnicas de análisis multicriterio.
- Discusión de experiencias documentales concretas de utilización de herramientas multicriterio.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos.
- Elaboración de un proyecto final, o en su caso un reporte donde se sugiera la pertinencia del uso de técnicas multicriterio para la solución de un problema planteado en la literatura científica.





## MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

**Ingeniería de Calidad**

CICLO (2)

**SEMESTRE 2**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-OPX03**

### OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)

Conocer otras líneas de la Modelación y Optimización de Procesos en el contexto de la Ingeniería de Calidad. Estas incluyen Temas de Control Estadístico del Proceso y del diseño de experimentos para casos discretos y modelos mixtos.

El curso coadyuva al estudiante a:

- Conocer los fundamentos de las herramientas estadísticas básicas y avanzadas para el control estadístico de procesos.
- Aplicar las herramientas en la mejora continua de productos y procesos.
- Diseñar, aplicar e implementar los métodos estadísticos en la solución de ejercicios, en la interpretación de resultados en el caso de modelos lineales generalizados, (glm).
- Construir sus propios programas en R para la aplicación de diseños de experimentos en glm.
- Adquirir habilidad en la comprensión de conceptos teóricos y prácticos de diseños de experimentos en glm.
- Aplicar métodos y técnicas estadísticas para hacer simulaciones que le permitan ganar un mayor conocimiento sobre la aplicación de diseños de experimentos.
- Aplicar su capacidad de juicio crítico, lógico, deductivo y de modelación para la toma de decisiones

### TEMAS Y SUBTEMAS (5)

#### Unidad 1: Control Estadístico del Proceso

##### Objetivo:

Conocer las ideas principales desarrolladas en la historia de los sistemas de calidad. Explicar cómo se pueden utilizar estas ideas en los sistemas actuales de producción y servicios.

HORAS: 3

- 1.1 Historia de los sistemas de calidad.
- 1.2 Panorama general.
- 1.3 Herramientas básicas para la calidad.

#### Unidad 2: Cartas de Control

Objetivo:

Conocer y Comprender los aspectos básicos y avanzados de las cartas de control. Utilizar R para construir las diferentes cartas de control. Interpretar las diferentes gráficas de control.

HORAS: 7.5

- 2.1 Cartas de Control para variables continuas.
- 2.2 Cartas de Control para variables discretas.
- 2.3 Cartas de Control para casos especiales: Control Modificado, suma acumulada, de medias ponderadas.
- 2.4 Capacidad del Proceso.
- 2.5 Prácticas con el lenguaje R.

### Unidad 3: Temas selectos de Control Estadístico del Proceso

Objetivo:

Conocer y Comprender los conceptos de muestreo de aceptación. Estudiar las ideas principales de los estudios Gage R&R.

HORAS: 4.5

- 3.1 Muestreo de aceptación.
- 3.2 Estudios Gage R & R.
- 3.3 Práctica con el lenguaje R.

### Unidad 4: Modelo lineal Generalizado

Objetivo:

Conocer y Comprender los dos aspectos básicos de glm, la distribución de la respuesta y el modelo que liga la media de la respuesta con las variables de regresión. Utilizar R en los cálculos y aplicaciones la metodología glm.

HORAS: 9

- 4.1 La familia de la distribución exponencial.
- 4.2 Clasificación de los glm.
- 4.3 Estimación de los parámetros del modelo.
  - Máxima Verosimilitud.
  - Quasi-Verosimilitud.
- 4.4 Inferencia y análisis de residuales.
- 4.5 Práctica con el lenguaje R.
- 4.6 Aplicaciones del glm.

### Unidad 5: Efectos aleatorios en glm

Objetivo:

Comprender las nociones de

- 5.1 Repaso del estudio con efectos fijos.
- 5.2 Introducir el concepto de efectos mixtos.



## MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



los métodos estadísticos, cuando los niveles de los factores se seleccionan de manera aleatoria.

HORAS: 7.5

- 5.3 Procedimiento de estimación con el modelo mixto.
- 5.4 Análisis estadístico para los coeficientes de regresión.

### Unidad 6: Diseño de experimentos para los glm

Objetivo:

Comprender y aplicar las técnicas estadísticas del diseño de experimentos en el caso de los glm.

HORAS: 9

- 6.1 Diseño de experimentos y los glm.
- 6.2 Estructura y análisis de los diseños factoriales fraccionados.
- 6.3 Presentar casos de estudios reales.
- 6.4 Práctica con el lenguaje R.

### Unidad 7: Diseños y Metodología de superficie de respuesta

Objetivo:

Realizar una serie de artículos que relacionan la metodología de superficie de respuesta y el diseño de experimentos.

HORAS: 4.5

- 7.1 Reportes de aplicación que relacionan el diseño de experimentos y la metodología de superficie de respuesta.

#### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)

- Este curso en el contenido temático está muy amplio, una sugerencia es plantearlo por temas según las inquietudes e intereses de los participantes.
- Si el estudiante no llevó el curso de métodos estadísticos II, repasar los temas de modelos de regresión no lineal, modelos de regresión logística y Poisson. Para la parte de diseño de experimentos para datos discretos.
- El libro de referencia editado por Khuri ayudará a cubrir los temas propuestos en la unidad 4.

#### CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)

- Reportes escritos de los proyectos planteados para las diferentes unidades, así como de su análisis, interpretación y conclusiones del análisis de datos y los métodos aplicados.
- Evaluación de una selección de problemas planteados en las unidades.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.



MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN  
DE PROCESOS





NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE (1)

**Optimización Estadística**

CICLO (2)

**SEMESTRE 2**

CLAVE DE LA ASIGNATURA (3)

**MO16-OPX04**

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA (4)**

Utilizar los métodos matemáticos en la optimización estadística de procesos con el fin de encontrar la mejora continua en de problemas industriales, científicos y tecnológicos. Además, en este programa se mostrarán nuevos procedimientos y métodos estadísticos con la finalidad de optimizar procesos.

El curso coadyuva al estudiante a:

- Conocer la metodología de superficie de respuesta, como una estrategia experimental y de investigación que lleva a determinar el punto óptimo de operación del proceso.
- Comprender la modelación de procesos mediante técnicas de análisis de regresión.
- Optimizar modelos de primer y segundo orden aplicando técnicas analíticas y gráficas.
- Conocer, aplicar e interpretar algunos métodos de optimización simultánea
- Diseñar, aplicar e implementar los métodos de optimización estadísticos en la solución de ejercicios, en la interpretación de resultados.
- Programar los algoritmos de optimización utilizando R.
- Adquirir habilidad en la comprensión de conceptos teóricos y prácticos de la optimización estadística.
- Aplicar métodos y técnicas estadísticas para hacer simulaciones que le permitan ganar un mayor conocimiento sobre la aplicación de la optimización estadística.
- Aplicar su capacidad de juicio crítico, lógico, deductivo y de modelación para la toma de decisiones

**TEMAS Y SUBTEMAS (5)**

**Unidad 1: Elementos de la Superficie de Respuesta**

Objetivo:

Comprender la metodología de la optimización estadística del proceso como un componente importante en la mejora continua en la industria, en la investigación científica aplicada al desarrollo tecnológico.

HORAS: 6

- 1.1 Introducción a la metodología de superficie de respuesta (MSR).
- 1.2 Cuando el objetivo es determinar el punto óptimo de operación.
- 1.3 El tratamiento ganador y el punto óptimo.
- 1.4 Metodología de superficie de respuesta.
- 1.5 Relación modelo-diseño.
- 1.6 Casos de estudio en la industria.

### Unidad 2: Modelos de primer y segundo orden

Objetivo:

Comprender el procedimiento de modelación estadística y el análisis de los modelos de primer y segundo orden en diseños factoriales.

Considerar diferentes casos que describan ejemplos en la industria, tecnología y ciencias.

HORAS: 6

- 2.1 Regresión lineal simple y múltiple.
- 2.2 Estimación de los parámetros.
- 2.3 Pruebas de hipótesis en regresión: Significancia de parámetros, significancia del modelo, la prueba de falta de ajuste.
- 2.4 Intervalos de confianza: Para la respuesta promedio, para observaciones futuras.
- 2.5 Diagnóstico del modelo: Análisis gráfico de residuos, coeficiente de determinación, observaciones influyentes.
- 2.6 Selección de variables en el modelo.
- 2.7 Transformaciones en regresión para estabilizar la varianza.

### Unidad 3: Diseños de superficie de respuesta

Objetivo:

Estudiar los diseños de primer y segundo orden para el proceso de optimización y conocer sus propiedades.

HORAS: 12

- 3.1 Diseños de primer orden.
- 3.2 Diseños de segundo orden: Diseño central compuesto, diseño de Box-Behnken.
- 3.3 Propiedades estadísticas de los diseños: Ortogonalidad, rotabilidad precisión uniforme.
- 3.4 Casos de Estudio en la Industria.

### Unidad 4: Técnicas de optimización

Objetivo:

Comprender y aplicar las técnicas de optimización estadística.

HORAS: 9

- 4.1 Gráficos de superficie y de contornos.
- 4.2 Escalamiento ascendente (descendente).
- 4.3 Análisis canónico (caracterizando la superficie).
- 4.4 Análisis de cordillera.
- 4.5 Casos estudio en la industria.

### Unidad 5: Temas selectos de la metodología de superficie de respuesta

Objetivo:

Aplicar las técnicas de optimización estadística en varios casos.

HORAS:12

- 5.1 Optimización simultánea de varias respuestas: Método gráfico Método de la función de deseabilidad.
- 5.2 Experimentación secuencial: Operación evolutiva (EVOP).
- 5.3 Temas selectos de MSR.
- 5.4 Casos de Estudio en la industria.



## MAESTRÍA EN MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS



### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (6)

- Planear varias actividades tendientes a que los asistentes elaboren sus programas de optimización utilizando el lenguaje R.
- Buscar artículos y reportes de investigación que ilustren estudios de caso en problemas de optimización para que los asistentes puedan reproducir los resultados, analizar e interpretarlos.

### CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION (7)

- Reportes escritos de los proyectos planteados para las diferentes unidades, así como de su análisis, interpretación y conclusiones del análisis de datos y los métodos aplicados.
- Evaluación de una selección de problemas planteados en las unidades.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.



### ANEXO 3 LISTADO DE ACERVO BIBLIOGRÁFICO

#### Modelación Estadística I

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Introduction to probability and mathematical statistics	Bain, Lee J. and Engelhardt, Max	Cengage Learning	2000
2	Libro	Reliability Engineering	Rao, S.S.	Pearson	2015
3	Libro	Introduction to Probability	Dimitri P. Bertsekas, John N. Tsitsiklis	Athena-Scientific	2008
4	Libro	Introduction to Mathematical Statistics	Hogg, Robert V., Joseph Mc Kean and Tanis, Craig Allen T.	Pearson	2012
5	Libro	Probability and statistics for the engineering and the sciences	DeVore, Jay L.	Thomson Publishing	1995
6	Libro	Probability and Random Processes	Geoffrey R. Grimmett, David R. Stirzaker	Oxford	2001
7	Libro	Statistical Analysis of Reliability Data	M.J. Crowder, A.C. Kimber, R.L. Smith and T.J. Sweeting	Chapman & Hall	1994
8	Libro	Statistical Methods for Reliability Data	William Q. Meeker, Luis A. Escobar	Wiley Series	1998
9	Libro	Reliability Engineering	Elsayed A. Elsayed	Wiley Series	2012
10	Libro	Reliability and Six Sigma	U.Dinesh Kumar, John Crocker, T. Chitra, and Haritha Saranga	Springer	2006
11	Libro	Statistical Analysis of Reliability and Life-Testing Models: Theory and Methods	Lee Bain and Max Englehardt	Marcel Dekker	1991

#### Modelación Numérica en Ingeniería I

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Numerical Mathematics	Quarteroni, A.Q. , Sacco, R. , Saleri, F.	Springer	2007
2	Libro	Numerical methods for engineers: a programming approach	Griffiths, D. V., Smith I.M.	CRC Press	1991
3	Libro	Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations	Dennis, J. E. , Schnabel, R.B.	SIAM	1996
4	Libro	A unified introduction to linear algebra; models methods and theory	Tucker, A.	Prentice Hall	1988
5	Libro	Industrial mathematics : modeling in industry, science, and government	MacCluer, C. R.	Prentice Hall	2000

#### Métodos de Optimización I

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje



	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Linear Programming and Network Flows	Bazaraa, M., Jarvis, J.	John Willey & Sons.	1990
2	Libro	Nonlinear Programming	Bertsekas, Dimitri P.	Athena Scientific	1999
3	Libro	Model Building in Mathematical Programming	Williams, H.P.	John Willey & Sons.	1999
4	Libro	Integer Programming	Wolsey, L.	John Willey & Sons.	1998
5	Libro	Combinatorial Optimization	Cook, W., Cunningham, Pulleyblank, Schrijver, A.	John Willey & Sons.	1998
6	Libro	Numerical Optimization	Nocedal, Jorge and Wright, Stephen J.	Springer	2006
7	Libro	Handbook of Applied Optimization	P.M. Pardalos Y M.G.C. Resende	Oxford University Press	2002

### Laboratorio de Resolución de Problemas I

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	La consultoría de empresas: guía para la profesión.	Kubr, M.	Limusa	2002
2	Libro	Como ser un consultor exitoso.	Cohen, W.A.	Editorial Norma	2003
3	Libro	Consultoría ¿profesión o salvavidas?	Sama, M.	Editorial Trillas	2002
4	Libro	Management Consulting: A Guide for Students.	Biggs, D.	Cengage Learning EMEA	2010
5	Libro	Flawless Consulting: A Guide to Getting Your Expertise Used.	Block, P.	John Wiley & Sons	2011

### Modelación Estadística II

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Introduction to probability and mathematical statistics	Bain, Lee J. and Engelhardt, Max	Cengage Learning	2000
2	Libro	Introduction to Mathematical Statistics	Hogg, Robert V., Joseph Mc Kean and Tanis, Craig Allen T.	Pearson	2012
3	Libro	Probability and Statistics with R	Ugarte María. D., Militino, Ana F. and Arnholt, Alan T.	Taylor & Francis Group	2008
4	Libro	Modern Industrial Statistics: with applications in R, MINITAB and JMP.	Ron S. Kenett, Shelemyahu Zacks and Daniele Amberti	Wiley	2014
5	Libro	Reliability Engineering	Rao, S.S.	Pearson	2015
6	Libro	Statistical Methods for Reliability Data	William Q. Meeker, Luis A. Escobar	Wiley Series	1998
7	Libro	Methods for Statistical Analysis of Reliability and Life Analysis	MANN, N. R., R.E. Schafer and N.D. Singpurwalla.	J Wiley and Sons	1974

8	Libro	Reliability Engineering	Elsayed A. Elsayed	Wiley Series	2012
9	Libro	Reliability and Six Sigma	U.Dinesh Kumar, John Crocker, T. Chitra, and Haritha Saranga	Springer	2006
10	Libro	Statistical Analysis of Reliability and Life-Testing Models: Theory and Methods	Lee Bain and Max Englehardt	Marcel Dekker	1991

### Modelación Numérica en Ingeniería II

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Numerical Mathematics	Quarteroni, A.Q. , Sacco, R. , Saleri, F.	Springer	2007
2	Libro	Numerical Recipes in C	Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling W.T., Flannery, B.P.	Cambridge University	2007
3	Libro	Industrial Mathematics: A Course in Solving Real- World Problems	Friedman, A., Littman, W	SIAM	1994
4	Libro	Applied Numerical Modelling For Engineers	Cogan, D., Cogan, A.	Oxford University	1997
5	Libro	Numerical methods for engineers: a programming approach	Griffiths, D. V., Smith I.M.	CRC Press	1991
6	Libro	Applied Partial Differential Equations	Logan, D.J.	Springer	2015
7	Libro	Introduction To Partial Differential Equations With Matlab	Cooper, J.	Birkhäuser	2000

### Métodos de Optimización II

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Introduction to Global Optimization	R. Horst, P.M. Pardalos and N.V. Thoi	Kluwer Academic Publishers	2000
2	Libro	Global Optimization in Engineering Design	I.E. Grossman	Kluwer	1996
3	Libro	Introduction to Stochastic Programming	J.R. Birge y F. Louveaux	Springer-Verlag	1997
4	Libro	Optimization of Stochastic Models: The Interface between Simulation and Optimization	G.C. Pflug	Kluwer	1996
5	Libro	Optimization Theory for Large Scale Systems	L.S. Lasdon	Dover Publications	2002
6	Libro	Large Scale Linear and Integer Optimization: A Unified Approach	R.K. Martin	Kluwer	1999

### Laboratorio de Resolución de Problemas II

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	La consultoría de empresas: guía para la profesión.	Kubr, M.	Limusa	2002
2	Libro	Como ser un consultor exitoso.	Cohen, W.A.	Editorial Norma	2003
3	Libro	Consultoría ¿profesión o salvavidas?	Sama, M.	Editorial Trillas	2002
4	Libro	Management Consulting: A Guide for Students.	Biggs, D.	Cengage Learning EMEA	2010
5	Libro	Flawless Consulting: A Guide to Getting Your Expertise Used.	Block, P.	John Wiley & Sons	2011

### Gestión y Operación de Proyectos

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	La consultoría de empresas: guía para la profesión.	Kubr, M.	Limusa	2002
2	Libro	Como ser un consultor exitoso.	Cohen, W.A.	Editorial Norma	2003
3	Libro	Consultoría ¿profesión o salvavidas?	Sama, M.	Editorial Trillas	2002
4	Libro	Management Consulting: A Guide for Students.	Biggs, D.	Cengage Learning EMEA	2010
	Libro	Flawless Consulting: A Guide to Getting Your Expertise Used.	Block, P.	John Wiley & Sons	2011

### Seminario de Titulación

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Consejos al investigador: guía práctica para hacer una tesis	Dussallant Christie, J.	RIL Editores	2006
2	Libro	How to write a Master's Thesis	Bui, Y.N.	SAGE Publications	2013
3	Libro	A manual for writers of Research Papers, Theses and Dissertations: Chicago Style for Students and Researchers	Turabian, K.L.	University of Chicago Press	2007
4	Libro	Doing your Masters Dissertation	Hart, C.	SAGE Publications	2004

### Identificación, Diseño y Control de Sistemas

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Modern Control Engineering	Ogata, K.	Prentice Hall	2009
2	Libro	Inverse Problems: Activities for Undergraduates	Groetsch, C.W.	MAA	1999
3	Libro	Inverse Problems	Engl, H.W.	SMM	1995
4	Libro	Statistical And Computational Inverse Problems	Kaipio, J., Somersalo, E.	Springer	2005



5	Libro	Digital Control Systems: Design, Identification and Implementation	Landau, I. D., Zito, G.	Springer	2006
---	-------	--	-------------------------	----------	------

### Simulación de Procesos Discretos

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Discrete-Event System Simulation	Banks, J., Carson II, J.S., Nelson, B.L. & Nicol D.M.	Pearson/Prentice Hall	2013
2	Libro	Simulation modeling and analysis	Law, A.	McGraw Hill	2013
3	Libro	Modelado y simulación de eventos discretos	Urquía Moraleda, A. & Martín Villalba, C.	Editorial UNED	2013
4	Libro	Discrete-Event Simulation: Modeling, Programming, and Analysis	Fishman, G.	Springer	2013
5	Libro	Use Cases of Discrete Event Simulation: Appliance and Research	Bangsow, S.	Springer	2012

### Sistemas Expertos

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Fuzzy Logic with Engineering Applications	Ross, T.J.	John Wiley & Sons	2009
2	Libro	An Introduction to Fuzzy Logic Applications	Harris, J.	Springer	2012
3	Libro	A First Course in Fuzzy Logic	Nguyen, H.T. & Walker E.A.	CRC Press	2005
4	Libro	Artificial Neural Networks: An Introduction	Priddy, K.L. & Keller, P.E.	SPIE Press	2005
5	Libro	Las Redes Neuronales Artificiales	Flórez López, R. & Fernández Fernández, J.M.	Netbiblo	2008
6	Libro	Neural Networks: A Systematic Introduction	Rojas, R.	Springer	2013
7	Libro	Introduction to Neuro-Fuzzy Systems	Fuller, R.	Springer	2013
8	Libro	Expert Systems: Principles and Programming	Giarratano, J.C.	Thomson Course Technology	2005

### Optimización Heurística

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Tabu Search	F. Glover, M. Laguna	Kluwer	1997
2	Libro	Intelligent Optimization Techniques: Genetic Algorithms, Tabu Search, Simulated Annealing and Neural Networks	D. Karaboga, D.C. Pham	Springer-Verlag	1999
3	Libro	Scatter Search: Methodology and Implementations in C	M. Laguna Y R. Martí	Kluwer	2003



4	Libro	Simulated Annealing: Theory and Applications	P. J. M. Van Laarhoven, E.H. Aarts	Kluwer	1988
5	Libro	Introduction to Evolutionary Computing	A.E. Eiben, J.E. Smith	Springer	2003
6	Libro	Genetic Algorithm in Search, Optimization and machine Learning	D.E. Goldberg	Addison-Wesley	1989
7	Libro	Optimización Heurística y Redes Neuronales	A. Díaz, F. Glover, H.M. Ghaziri, J.L. González, M. Laguna, P. Moscazo, F.T. Tseng	Editorial Paraninfo	1996

### Optimización y Análisis Multicriterio

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Multicriteria Decision Aid and Artificial Intelligence: Links, Theory and Applications	Doumpos, M. & Grigoroudis, E.	John Wiley & Sons	2013
2	Libro	Handbook of Multicriteria Analysis	Zopounidis, C. & Pardalos, P.	Springer	2012
3	Libro	Multi-criteria Decision Analysis: Methods and Software	Ishizaka, A. & Nemery, P.	John Wiley & Sons	2013
4	Libro	Decision Making and Optimization	Gavalec, M., Ramík, J. & Zimmermann, K.	Springer	2015
5	Libro	Multicriterion Analysis in Engineering and Management	Shrinivasa Raju, K. Nagesh Kumar, D.	PHI Learning	2010
6	Libro	Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Applications with Recent Developments	Kahraman, C.	Springer	2008

### Ingeniería de Calidad

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Response Surface Methodology and Related Topics	Khuri A. I	World Scientific. Singapore	2005
2	Libro	Statistical Quality Control	Montgomery D.C.	John Wiley and Sons	2013
3	Libro	Generalized Linear Models	Myers R.H., Montgomery D.C., Vining G.G., and Robinson	John Wiley and Sons	2010
4	Libro	Experiments: planning, analysis, and parameter design optimization	Wu, C. F. J. and Hamada, M	John Wiley	2008

### Optimización Estadística

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
--	------	--------	-------	-----------	-----

<b>1</b>	Libro	Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery	Box G.E.P., Hunter, W.G. y Hunter J.S.	John Wiley & Sons	2005
<b>2</b>	Libro	Experimentos: Estrategia y Análisis en Ciencia y Tecnología	Castaño T. E. y Domínguez D. J.	CIMAT	2010
<b>3</b>	Libro	Process Optimization. A Statistical Approach	Del Castillo E.	Springer	2007
<b>4</b>	Libro	Análisis y Diseño de Experimentos	Gutiérrez, P. H. y De la Vara S. R.	Mc Graw Hill	2010
<b>5</b>	Libro	Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments	Myers, R., Montgomery, D.C.	Wiley, John & Sons	2009
<b>6</b>	Libro	Experiments with Mixtures	Cornell, J.A.	Wiley, John & Sons	1990
<b>7</b>	Libro	Response Surface Design and Analysis	Khuri A. Y. and Cornell, J.A.	Marcel Dekker	2006
<b>8</b>	Libro	Response Surface Methodology and Related Topics	Khuri A. I.	World Scientific Publishing	2006
<b>9</b>	Libro	Experiments: planning, analysis, and parameter design optimization	Wu, C. F. J. and Hamada, M	Wiley, John & Sons	2008

