



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA

PROYECTO DOCENTE CURSO: 2005/06

14111 - INVESTIGACIÓN OPERATIVA

**ASIGNATURA:** 14111 - INVESTIGACIÓN OPERATIVA

**CENTRO:** Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica

**TITULACIÓN:** Ingeniero de Telecomunicación

**DEPARTAMENTO:** MATEMÁTICAS

**ÁREA:** Estadística E Investigación Operativa

**PLAN:** 13 - Año 200 **ESPECIALIDAD:**

**CURSO:** Cuarto curso **IMPARTIDA:** Segundo semestre **TIPO:** Optativa

**CRÉDITOS:** 4,5

**TEÓRICOS:** 3

**PRÁCTICOS:** 1,5

## Descriptor B.O.E.

Programación matemática. Métodos de optimización lineal y no lineal, con y sin restricciones. Problemas de asignación de recursos. Problemas de transporte. Introducción a los procesos estocásticos. Teoría de colas. Cadenas de Markov. Algoritmos de optimización para flujos en redes y multiprogramación. Teoría de grafos. Localización de centros, radios y por centros. Flujos en grafos. Problemas de transporte y asignación.

## Temario

TEMA 1. EL MODELADO DE LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN A TRAVÉS DE LA TEORÍA DE COLAS. (4 horas de teoría y una de problemas)

- 1.1 Introducción y conceptos básicos.
- 1.2 Aplicaciones y ejemplos.
- 1.3 Modelado de tráfico en redes de comunicaciones
- 1.4 Contrastes de bondad de ajuste entre datos empíricos y modelos teóricos.

TEMA 2. CONCEPTOS GENERALES SOBRE SISTEMAS DE COLAS. (2 horas y una de problemas)

- 2.1 Elementos básicos de un sistema de colas.
- 2.2 Notación de Kendall
- 2.3 Propiedades elementales de los sistemas de colas.

TEMA 3. PROCESOS ESTOCÁSTICOS BÁSICOS EN TEORÍA DE COLAS. (6 horas de teoría y dos de problemas)

- 3.1 Introducción. Planteamiento general.
- 3.2 Procesos de Markov
- 3.3 Cadenas de Markov en tiempo discreto
- 3.4 Cadenas de Markov en tiempo continuo
- 3.5 El proceso de Poisson

### 3.6 Procesos de renovación.

## TEMA 4. COLAS MARKOVIANAS I: COLAS COMO PROCESOS DE NACIMIENTO-MUERTE (8 horas de teoría y dos de problemas)

- 4.1 Procesos de nacimiento-muerte. Distribución de equilibrio
  - 4.1.1 Colas M/M/1
  - 4.1.2 Sistemas de capacidad finita: colas M/M/1/c
  - 4.1.3 Modelos con más de un servidor
  - 4.1.4 Modelos con población de clientes finita: M/M/c/N
- 4.2 Comportamiento transitorio. Distribución transitoria del modelo M/M/1
- 4.3 Colas multicanal

## TEMA 5. COLAS MARKOVIANAS II (4 horas de teoría y una de problemas)

- 5.1 Distribución de Erlang. Método de servicio en fases o etapas.
- 5.2 Modelos de Erlang. Colas M/E(r)/1. Colas E(r)/M/1
- 5.3 Sistemas con llegadas en bloques: M(x)/M/1
- 5.4 Sistemas con servicios por lotes

## TEMA 6. REDES DE COLAS MARKOVIANAS (4 horas de teoría y una de problemas)

- 6.1 Introducción.
- 6.2 Modelos elementales
- 6.3 Redes de jackson

## TEMA 7. SISTEMAS DE COLAS NO MARKOVIANOS: EL MODELO M/G/1 (2 horas de teoría y una de problemas)

- 7.1 Introducción
- 7.2 Definición del sistema de colas M/G/1.
- 7.3 Descripción del estado del sistema.
- 7.4 Método de la cadena de Markov encajada.
- 7.5 Distribución del número de clientes en el sistema.
- 7.6 Distribución del tiempo de espera en el equilibrio.
- 7.7 Análisis del periodo de ocupación.

### Conocimientos Previos a Valorar

Es conveniente haber cursado las siguientes asignaturas, algunas de ellas porque fundamentan métodos matemáticos previos para la investigación operativa, y otras porque constituyen el contexto de aplicación de los métodos que se imparten en esta asignatura:

MÉTODOS ESTADÍSTICOS  
AMPLIACIÓN DE MATEMÁTICAS  
SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN  
TRANSMISIÓN DE DATOS  
ARQUITECTURAS DE REDES

## Objetivos

Conocer y saber aplicar métodos de Investigación Operativa al análisis, evaluación y optimización del rendimiento y la calidad de servicio de redes de telecomunicaciones.

Para ello se precisa:

- 1.- Modelar el tráfico que circula por las redes de comunicaciones. Este modelado se realiza mediante procesos estocásticos, dado el comportamiento intrínsecamente aleatorio de los usuarios de estos sistemas.
- 2.- Modelar el comportamiento de dispositivos de conmutación y multiplexación. Ello requiere el conocimiento de métodos de teoría de colas.
- 3.- Modelar el comportamiento de protocolos de comunicaciones y algoritmos de control de tráfico. También en este caso los modelos fundamentales proceden de la teoría de colas.
- 4.- Conocer y utilizar métodos de optimización para, una vez modelado un sistema de comunicaciones (tráfico+dispositivos+protocolos), poder ajustar los parámetros del mismo con el objetivo de optimizar su rendimiento y/o la calidad de servicio ofrecida al usuario. En este contexto se sitúan la programación matemática, los métodos de asignación de recursos, los problemas de transporte y los algoritmos de optimización para flujos en redes que hacen uso de la teoría de grafos.

## Metodología de la Asignatura

Clases teóricas y de problemas que se imparten en el aula. El tiempo dedicado a cada tema incluye la resolución de la correspondiente hoja de problemas. Se realizarán también prácticas de ordenador en el Laboratorio Docente del Departamento de Matemáticas.

## Evaluación

La evaluación de la asignatura se llevará a efecto mediante la realización de un examen al finalizar el cuatrimestre y la presentación de un trabajo práctico.

En el examen debe obtenerse AL MENOS una puntuación de 5, sobre un máximo de 10.

El trabajo práctico puede consistir en:

1. El análisis crítico de algún protocolo de comunicaciones (incluyendo políticas de gestión o control de tráfico) o diseño de dispositivos de conmutación y/o multiplexación, desde la perspectiva de su rendimiento o calidad de servicio ofrecida, evaluados mediante las técnicas vistas a lo largo del curso.
2. La simulación de un sistema de comunicación y la correspondiente evaluación de rendimiento o calidad, y ajuste al sistema real.

Los trabajos podrán realizarse por grupos de un máximo de dos alumnos, debiendo ser entregado un informe al profesor. Los trabajos se puntuarán de 0 a 10 puntos, y su calificación se sumará a la obtenida en el examen.

Calificación global=(nota del examen + nota del trabajo)/2

## Descripción de las Prácticas

- 1.- Conocimiento y utilización del software QTS-Plus, específicamente orientado al modelado de sistemas de colas. (2 horas)
- 2.- Conocimiento y utilización del software 'R', orientado al análisis estadístico, incluyendo simulación. (2 horas)
- 3.- Conocimiento de otros programas orientados a la evaluación del rendimiento de sistemas de colas. (2 horas)

Las prácticas se realizarán en el centro de cálculo del Departamento de Matemáticas.

## Bibliografía

---

### [1] QoS & traffic management in IP & ATM networks /

*David McDysan.*

*McGraw-Hill, New York : (2000)*

*0-07-134959-6*

---

### [2] Fundamentals of queueing theory/

*Donald Gross, Carl M. Harris.*

*John Wiley & Sons, New York : (1998) - (3rd ed.)*

*0-471-17083-6*

---

### [3] Introduction to queueing networks /

*E. Gelenbe and G. Pujolle.*

*John Wiley & Sons, Chichester : (1987)*

*0471904643*

---

### [4] Regenerative stochastic simulation /

*Gerald S. Shedler.*

*Academic Press, Boston : (1992)*

*0126393605*

---

### [5] Queueing theory for telecommunications /

*John N. Daigle.*

*Addison-Wesley, Reading (Massachusetts) : (1992)*

*0201067552*

---

### [6] Fit mit Fernsehen /

*Marcel Meier ... [et al.].*

*Paul Haupt, Bern : (1966) - (2 Aufl.)*

---

### [7] Traffic processes in queueing networks: a Markov renewal approach /

*Ralph L. Disney and Peter C. Kiessler.*

*Johns Hopkins University Press, Baltimore : (1987)*

*0801834546*

---

### [8] Introduction to queueing theory /

*Robert B. Cooper.*

*The MacMillan Company, New York : (1972)*

---

### [9] A course in simulation /

*Sheldon M. Ross.*

*, MacMillan, (1990)*

---

**[10] QoS measurement and evaluation of telecommunications quality of service /**

*William C. Hardy.*

*John Wiley & Sons., Chichester : (2001)*

*0-471-49957-9*

---

**[11] Discrete system simulation /**

*William G. Bulgren.*

*Prentice Hall., Englewood Cliffs (New Jersey) : (1982)*

*0132157640*

---

**[12] Queueing networks: Customers, signals and product form solutions /**

*Xiuli Chao ; Masakiyo Miyazawa ; Michael Pinedo.*

*John Wiley & Sons., Chichester (England) : (1999)*

*0471983098*

## Equipo Docente

**JUAN JOSÉ GONZÁLEZ HENRÍQUEZ**

(COORDINADOR)

**Categoría:** TITULAR DE ESCUELA UNIVERSITARIA

**Departamento:** MATEMÁTICAS

**Teléfono:** 928458717 **Correo Electrónico:** [juanjose.gonzalez@ulpgc.es](mailto:juanjose.gonzalez@ulpgc.es)