



Título del trabajo: Avances en modelización estocástica: Modelos Multi-estados
Tutor/a: Juan Eloy Ruiz Castro
Cotutor/a:
Departamento responsable: Estadística e Investigación Operativa
Perfil y número de estudiantes al que va dirigido (máximo 3): 1 <i>(Rellenar sólo en caso de que la propuesta esté realizada a través de estudiante)</i>
Estudiante que propone el trabajo (Nombre, Apellidos, DNI):
Tipo de trabajo <i>(consultar (*)</i> 1
Competencias <i>(estas son la mínimas; consultar (**) si se considera añadir otras)</i> <i>Competencias generales:</i> G02, G03, G04, G05, G06, G07, G08, G09. <i>Competencias específicas:</i> E01, E02, E03, E04, E05, E08, E09, E10.
Resultados de aprendizaje <i>(estos son los mínimos; añadir otros si se considera)</i> <ul style="list-style-type: none">• Adquirir competencias globales ligadas al desarrollo y aplicación de los conocimientos del Grado.• Adquirir competencias ligadas a la búsqueda y organización de información y documentación relevante sobre el tema objeto de estudio.• Aplicar el "pensamiento estadístico" y tener capacidad para enfrentarse a las distintas etapas de un estudio estadístico (desde el planteamiento del problema hasta la exposición de resultados).• Saber presentar, de forma escrita y oral, la memoria, los resultados y las conclusiones del trabajo realizado.
Antecedentes y resumen del tema propuesto: <p>Hoy día es de especial interés, en el análisis de tiempos de vida, el estudio de la evolución de individuos (supervivencia) y el análisis del comportamiento de sistemas (fiabilidad) que atraviesan distintos estados a lo largo del tiempo. Los modelos multi-estados son modelos que estudian el problema mencionado anteriormente.</p> <p>El campo de aplicación de los modelos multi-estados es muy amplio resaltando el de supervivencia y fiabilidad. En el primero de ellos han sido aplicados en el estudio y análisis de la evolución de enfermas de cáncer de mama que atraviesan distintos estados, en el estudio de trasplante de corazón,... En el campo de la fiabilidad se han considerado modelos multi-estados (MSS) en la modelización de sistemas que atraviesan distintas etapas en su funcionamiento como son sistemas con degradación, mantenimiento preventivo,...</p> <p>Son diversas las técnicas utilizadas en la modelización de sistemas multi-estados. Los procesos de Markov y las distribuciones tipo fase permiten el estudio y modelización de sistemas multi-estados de una forma algorítmica, bien estructurada, obteniendo medidas de interés implementables computacionalmente.</p> <p>Las distribuciones tipo fase fueron introducidas y desarrolladas en profundidad por Neuts (1981). Estas distribuciones han sido consideradas en distintos campos de aplicación como fiabilidad, supervivencia, teoría de colas,... por sus buenas</p>



propiedades que permiten la algoritmización de resultados y su implementación computacional. En la literatura es cada vez más abundante la aparición de la familia de distribuciones tipo fase, especialmente en el caso continuo. Aunque el caso discreto tenga una menor aparición, su interés es alto con un gran campo de aplicaciones (sistemas discretos, observaciones periódicas, inspecciones,...).

Se realizará una revisión bibliográfica actualizada y se aplicarán los resultados obtenidos en el campo de la fiabilidad o supervivencia.

Breve descripción de las actividades presenciales y no presenciales a realizar:

Actividades presenciales (15-30%)	Planteamiento, orientación y supervisión	35 horas
	Exposición del trabajo	10 horas
	Otras:	
Actividades no presenciales (70-85%)	Preparación del trabajo	150 horas
	Elaboración de la memoria	50 horas
	Otras:	55 horas
Total (12 ECTS)		300 horas

Objetivos que se pretenden alcanzar:

- Realizar un estudio bibliográfico. Estudiar y analizar artículos científicos.
- Analizar las propiedades principales de los procesos de Markov.
- Introducir los modelos multi-estados en el estudio de los tiempos de vida.
- Aplicar los modelos multi-estados.

Bibliografía básica para la puesta en marcha del trabajo:

- Buchholz, P., Kriege, J. and Felko, I. (2010) *Input Modeling with Phase-Type distributions and Markov models. Theory and Applications*. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London.
- Kulkarni, V. G. (1995) *Modeling and Analysis of Stochastic Systems*. Chapman and Hall.
- Kulkarni, V. G. (1999) *Modeling, Analysis, Design, and Control of Stochastic Systems*. Springer-Verlag New York, Inc.
- Lisnianski, A. and Frenkel, I. (2012) *Recent Advances in System Reliability. Signatures, Multi-state Systems and Statistical Inference*. Springer-Verlag, London.
- Ruiz-Castro, J.E. (2016) Complex multi-state systems modelled through Marked Markovian Arrival Processes. *European Journal of Operational Research*, 252, 3, 852-865.
- Ruiz-Castro, J.E. (2016) Markov counting and reward processes for analyzing the performance of a complex system subject to random inspections. *Reliability Engineering and Sys-*



tem Safety, 145, 155-168.

- Ruiz-Castro, J.E. (2014) Preventive maintenance of a multi-state device subject to internal failure and damage due to external shocks, *IEEE Transactions on Reliability*, 63, 2, 646-660.
- Tijms, H. C. (2003) *A First Course in Stochastic Models*. John Wiley and Sons, Chichester.

Tipo de trabajo (*):

1. Estudio de profundización en algún tema concreto de Estadística, o como proyecto de aplicación de la misma a estudios o problemas de otros ámbitos científicos o sociales.
2. Realización completa de todas las fases de un proyecto estadístico, bien con auxilio de prácticas en empresas o con prácticas propuestas y dirigidas por el tutor.
3. Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la Estadística.
4. Elaboración de un informe o un proyecto de naturaleza profesional.
5. Elaboración de un plan de empresa.
6. Simulación de encargos profesionales.
7. Trabajos bibliográficos sobre el estado actual de una temática relacionada con la Estadística.
8. Creación y/o empleo de herramientas informáticas para su uso en Estadística.
9. Trabajos de inicio a la investigación.
10. Trabajos cuya finalidad sea la divulgación de la Estadística en diversos contextos.
11. Trabajos sobre Historia de la Estadística.
12. Trabajos relacionados con la docencia de la Estadística.

Competencias (**)

Competencias generales:

G01. Poseer los conocimientos básicos de los distintos módulos que, partiendo de la base de la educación secundaria general, y apoyándose en libros de texto avanzados, se desarrollan en la propuesta de título de Grado en Estadística que se presenta.

G02. Saber aplicar los conocimientos básicos de cada módulo a su trabajo o vocación de una forma profesional y poseer las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de la Estadística y ámbitos en que esta se aplica directamente.

G03. Saber reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

G04. Poder transmitir información, ideas, problemas y sus soluciones, de forma escrita u oral, a un público tanto especializado como no especializado.



- G05. Haber desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- G06. Saber utilizar herramientas de búsqueda de recursos bibliográficos.
- G07. Poder comunicarse en otra lengua de relevancia en el ámbito científico.
- G08. Poseer habilidades y aptitudes que favorezcan el espíritu emprendedor en el ámbito de aplicación y desarrollo de su formación académica.
- G09. Fomentar y garantizar el respeto a los Derechos Humanos, a los principios de accesibilidad universal, igualdad, y no discriminación; y los valores democráticos, de la cultura de la paz y de igualdad de género.

Competencias específicas:

- E01. Conocer los fundamentos básicos del razonamiento estadístico, en el diseño de estudios, en la recogida de información, en el análisis de datos y en la extracción de conclusiones.
- E02. Conocer, saber seleccionar y saber aplicar, técnicas de adquisición de datos para su tratamiento estadístico.
- E03. Conocer los fundamentos teóricos y saber aplicar modelos y técnicas estadísticas en estudios y problemas reales en diversos ámbitos científicos y sociales.
- E04. Saber seleccionar los modelos o técnicas estadísticas para su aplicación en estudios y problemas reales en diversos ámbitos científicos y sociales, así como conocer herramientas de validación de los mismos.
- E05. Comprender la importancia de la Investigación Operativa como metodología de optimización, toma de decisiones y diseño de modelos particulares para la resolución de problemas en situaciones específicas.
- E06. Comprender y utilizar básicamente el lenguaje matemático.
- E07. Conocer los conceptos y herramientas matemáticas necesarias para el estudio de los aspectos teóricos y prácticos de la Probabilidad, la Estadística y la Investigación Operativa.
- E08. Conocer y saber utilizar aplicaciones informáticas de análisis estadístico, cálculo numérico y simbólico, bases de datos, visualización gráfica y optimización, que sean útiles para la aplicación y desarrollo de las técnicas estadísticas.
- E09. Conocer los conceptos básicos y habilidades propias de un ámbito científico o social en el que la Estadística o la Investigación operativa sean una herramienta fundamental.
- E10. Tomar conciencia de la necesidad de asumir las normas de ética profesional y las relativas a la protección de datos y del secreto estadístico, como premisas que deben guiar la actividad profesional como profesionales de la Estadística.