



| Guía docente          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                    |                     |           |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|-----------|
| Datos Identificativos |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                    |                     | 2019/20   |
| Asignatura (*)        | Simulación Estadística                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                    | Código              | 614493122 |
| Titulación            | Mestrado Universitario en Técnicas Estadísticas (Plan 2019)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                    |                     |           |
| Descriptores          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                    |                     |           |
| Ciclo                 | Periodo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Curso              | Tipo                | Créditos  |
| Máster Oficial        | 2º cuatrimestre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Primero            | Optativa            | 5         |
| Idioma                | Castellano                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |                     |           |
| Modalidad docente     | Presencial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |                     |           |
| Prerrequisitos        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                    |                     |           |
| Departamento          | Matemáticas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                    |                     |           |
| Coordinador/a         | Fernández Casal, Rubén                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Correo electrónico | ruben.fcasal@udc.es |           |
| Profesorado           | Fernández Casal, Rubén                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Correo electrónico | ruben.fcasal@udc.es |           |
| Web                   | eio.usc.es/pub/mte/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                    |                     |           |
| Descripción general   | Se pretende que el alumno adquiera destreza en la identificación de problemas reales que pueden ser resueltos mediante simulación y su resolución en la práctica. Para ello se tratará de que el alumno conozca el funcionamiento de los principales algoritmos de generación de números aleatorios uniformes, así como de métodos generales y específicos para simular distintas distribuciones de probabilidad (tanto discretas como continuas y en el caso uni o multidimensional). También se pretende que el alumno conozca las principales aplicaciones de la simulación (especialmente en inferencia estadística), las ventajas y limitaciones de esta metodología y algunas de las técnicas más utilizadas. |                    |                     |           |

| Competencias del título |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código                  | Competencias del título                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| A16                     | CE1 - Conocer, identificar, modelar, estudiar y resolver problemas complejos de estadística e investigación operativa, en un contexto científico, tecnológico o profesional, surgidos en aplicaciones reales                                                                                                   |
| A18                     | CE3 - Adquirir conocimientos avanzados de los fundamentos teóricos subyacentes a las distintas metodologías de la estadística y la investigación operativa, que permitan su desarrollo profesional especializado.                                                                                              |
| A19                     | CE4 - Adquirir las destrezas necesarias en el manejo teórico-práctico de la teoría de la probabilidad y las variables aleatorias que permitan su desarrollo profesional en el ámbito científico/académico, tecnológico o profesional especializado y multidisciplinar.                                         |
| A20                     | CE5 - Profundizar en los conocimientos en los fundamentos teórico-prácticos especializados del modelado y estudio de distintos tipos de relaciones de dependencia entre variables estadísticas.                                                                                                                |
| A21                     | CE6 - Adquirir conocimientos teórico-prácticos avanzados de distintas técnicas matemáticas, orientadas específicamente a la ayuda en la toma de decisiones, y desarrollar la capacidad de reflexión para evaluar y decidir entre distintas perspectivas en contextos complejos.                                |
| A23                     | CE8 - Adquirir conocimientos teórico-prácticos avanzados de las técnicas destinadas a la realización de inferencias y contrastes relativos a variables y parámetros de un modelo estadístico, y saber aplicarlos con autonomía suficiente un contexto científico, tecnológico o profesional.                   |
| A24                     | CE9 - Conocer y saber aplicar con autonomía en contextos científicos, tecnológicos o profesionales, técnicas de aprendizaje automático y técnicas de análisis de datos de alta dimensión (big data).                                                                                                           |
| A25                     | CE10 - Adquirir conocimientos avanzados sobre metodologías para la obtención y el tratamiento de datos desde distintas fuentes, como encuestas, internet, o entornos "en la nube".                                                                                                                             |
| B1                      | CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación                                                                                                                                |
| B2                      | CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio                                                                  |
| B3                      | CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios |
| B4                      | CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades                                                                                                          |



|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B5  | CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.                                                                                                                                                                       |
| B17 | CG1 - Conocer, comprender y saber aplicar los principios, metodologías y nuevas tecnologías en la estadística y la investigación operativa en contextos científico/académicos, tecnológicos o profesionales especializados y multidisciplinares, así como adquirir las destrezas y competencias descritas en los objetivos generales del título. |
| B18 | CG2 - Desarrollar autonomía para identificar, modelar y resolver problemas complejos de la estadística y la investigación operativa en contextos científico/académicos, tecnológicos o profesionales especializados y multidisciplinares.                                                                                                        |
| B19 | CG3 - Desarrollar la capacidad para realizar estudios y tareas de investigación y transmitir los resultados a públicos especializados, académicos y generalistas.                                                                                                                                                                                |
| B20 | CG4 - Integrar conocimientos avanzados y enfrentarse a la toma de decisiones a partir de información científica y técnica.                                                                                                                                                                                                                       |
| B21 | CG5 - Desarrollar la capacidad de aplicación de algoritmos y técnicas de resolución de problemas complejos en el ámbito de la estadística y la investigación operativa, manejando el software especializado adecuado.                                                                                                                            |
| C11 | CT1 - Desarrollar firmes capacidades de razonamiento, análisis crítico y autocrítico, así como de argumentación y de síntesis, contextos especializados y multidisciplinares.                                                                                                                                                                    |
| C12 | CT2 - Desarrollar destrezas avanzadas en el manejo de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), tanto para la obtención de información como para la difusión del conocimiento, en un ámbito científico/académico, tecnológico o profesional especializado y multidisciplinar.                                                       |
| C13 | CT3 - Ser capaz de resolver problemas complejos en entornos nuevos mediante la aplicación integrada de los conocimientos.                                                                                                                                                                                                                        |
| C14 | CT4 - Desarrollar una sólida capacidad de organización y planificación del estudio, asumiendo la responsabilidad de su propio desarrollo profesional, para la realización de trabajos en equipo y de forma autónoma.                                                                                                                             |
| C15 | CT5 - Desarrollar capacidades para el aprendizaje y la integración en el trabajo en equipos multidisciplinares, en los ámbitos científico/académico, tecnológico y profesional.                                                                                                                                                                  |

| Resultados de aprendizaje                                                                             |      |                         |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------|------|
| Resultados de aprendizaje                                                                             |      | Competencias del título |      |
| Conocer los fundamentos de la simulación estadística.                                                 | AM16 | BP1                     | CP11 |
|                                                                                                       | AM18 | BP2                     | CP12 |
|                                                                                                       | AM19 | BP3                     | CP13 |
|                                                                                                       | AM20 | BP4                     | CP14 |
|                                                                                                       | AM21 | BP5                     | CP15 |
|                                                                                                       | AM23 | BP17                    |      |
|                                                                                                       | AM24 | BP18                    |      |
|                                                                                                       | AM25 | BP19                    |      |
|                                                                                                       |      | BP20                    |      |
| Saber generar los principales modelos de probabilidad tanto unidimensionales como multidimensionales. |      | BP21                    |      |
|                                                                                                       | AM16 | BP1                     | CP11 |
|                                                                                                       | AM18 | BP2                     | CP12 |
|                                                                                                       | AM19 | BP3                     | CP13 |
|                                                                                                       | AM20 | BP4                     | CP14 |
|                                                                                                       | AM21 | BP5                     | CP15 |
|                                                                                                       | AM23 | BP17                    |      |
|                                                                                                       | AM24 | BP18                    |      |
|                                                                                                       | AM25 | BP19                    |      |
|                                                                                                       |      | BP20                    |      |
|                                                                                                       |      | BP21                    |      |



|                                                                                                                                                                      |      |      |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|
| Conocer y saber usar de forma autónoma el software necesario para aplicar los métodos de simulación al análisis de problemas reales en contextos multidisciplinares. | AM16 | BP1  | CP11 |
|                                                                                                                                                                      | AM18 | BP2  | CP12 |
|                                                                                                                                                                      | AM19 | BP3  | CP13 |
|                                                                                                                                                                      | AM20 | BP4  | CP14 |
|                                                                                                                                                                      | AM21 | BP5  | CP15 |
|                                                                                                                                                                      | AM23 | BP17 |      |
|                                                                                                                                                                      | AM24 | BP18 |      |
|                                                                                                                                                                      | AM25 | BP19 |      |
|                                                                                                                                                                      |      | BP20 |      |
|                                                                                                                                                                      |      | BP21 |      |

| Contenidos                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tema                                                              | Subtema                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1. Introducción.                                                  | Conceptos de sistema real, modelo y definición de simulación. Experimentación real y simulación. Simulación necesaria e innecesaria. Ventajas e inconvenientes de la simulación. Contenidos de la asignatura.                                                          |
| 2. Generación de números pseudoaleatorios uniformes en (0,1).     | Introducción. Propiedades deseables de un generador de números pseudoaleatorios uniformes. Métodos de los cuadrados medios y de Lehmer. Métodos congruenciales. Medidas estadísticas de calidad de un generador de números pseudoaleatorios.                           |
| 3. Análisis de los resultados de simulación.                      | Diagnóstico de la convergencia. Estimación de la precisión. Problemas de estabilización y dependencia.                                                                                                                                                                 |
| 4. Métodos universales para la generación de variables continuas. | Método de inversión. Método de aceptación/ rechazo y sus variantes. Ejemplos de métodos específicos para generación de distribuciones notables.                                                                                                                        |
| 5. Métodos universales para la generación de variables discretas. | Método de la transformación cuantil. Algoritmos basados en búsqueda secuencial. Métodos de truncamiento. Algoritmos basados en árboles binarios. Método de la tabla guía. Método de Alias. Ejemplos de métodos específicos para generación de distribuciones notables. |
| 6. Simulación de distribuciones multidimensionales.               | Método de las distribuciones condicionadas. Método de aceptación/rechazo. Simulación de datos dependientes: métodos basados en la factorización de la matriz de covarianzas y simulación basada en cópulas. Simulación discreta multivariante.                         |
| 7. Aplicaciones de la simulación.                                 | Aplicaciones en inferencia estadística. Introducción al remuestreo Bootstrap. Integración Monte Carlo. Muestreo de importancia. Optimización Monte Carlo. Temple simulado. Algoritmos genéticos de optimización.                                                       |
| 8. Técnicas de reducción de la varianza.                          | Variables antitéticas. Números aleatorios comunes. Muestreo estratificado. Variables de control. Condicionamiento.                                                                                                                                                     |
| 9. Introducción a los métodos de cadenas de Markov Monte Carlo.   | Muestreo de Gibbs. Algoritmo Metropolis Hastings. Diagnóstico de un algoritmo MCMC.                                                                                                                                                                                    |

| Planificación          |                                                                                     |                    |                                          |               |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------|---------------|
| Metodologías / pruebas | Competencias                                                                        | Horas presenciales | Horas no presenciales / trabajo autónomo | Horas totales |
| Sesión magistral       | A25 A24 A23 A21<br>A20 A19 A18 A16 B1<br>B2 B3 B5 B17 B18<br>B20 B21 C11 C12<br>C13 | 20                 | 30                                       | 50            |



|                                                                                                                                   |                                                                                                    |   |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------|------|
| Prácticas a través de TIC                                                                                                         | A16 A19 A24 B2 B3<br>B4 B5 B17 B18 B19<br>B20 B21 C11 C12<br>C13 C14 C15                           | 7 | 10.5 | 17.5 |
| Seminario                                                                                                                         | A16 A18 A19 A20<br>A21 A23 A24 A25 B1<br>B2 B3 B4 B5 B17 B18<br>B19 B20 B21 C11<br>C12 C13 C14 C15 | 7 | 10.5 | 17.5 |
| Solución de problemas                                                                                                             | A16 A18 A19 A20<br>A21 A23 A24 A25 B1<br>B2 B3 B4 B5 B17 B18<br>B19 B20 C11 C12<br>C13 C14 C15     | 1 | 10   | 11   |
| Prueba objetiva                                                                                                                   | A16 A18 A19 A20<br>A21 A23 A24 A25 B1<br>B2 B3 B4 B5 B17 B18<br>B19 B20 B21 C11<br>C12 C13         | 3 | 17   | 20   |
| Atención personalizada                                                                                                            |                                                                                                    | 9 | 0    | 9    |
| (*)Los datos que aparecen en la tabla de planificación són de carácter orientativo, considerando la heterogeneidad de los alumnos |                                                                                                    |   |      |      |

| Metodologías              |                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Metodologías              | Descripción                                                                                                                                                                                                                             |
| Sesión magistral          | Sesiones expositivas, en las que los presentarán conceptos y/o procedimientos, aportando información básica necesaria para entender una perspectiva teórica o un procedimiento práctico, promoviendo la participación del estudiantado. |
| Prácticas a través de TIC | Sesiones interactivas de prácticas de laboratorio (informática) o de resolución de problemas, donde los docentes apoyarán y supervisarán la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos por parte del alumnado.                  |
| Seminario                 | Actividades de aprendizaje colaborativo, en las que los docentes coordinarán la realización de trabajos en grupo.                                                                                                                       |
| Solución de problemas     | Actividades de aprendizaje autónomo, en las que los docentes guiarán la realización de trabajos individuales por parte del alumnado.                                                                                                    |
| Prueba objetiva           | Prueba escrita para la evaluación del aprendizaje que constará de una parte teórica y de otra práctica.                                                                                                                                 |

| Atención personalizada                                                                                 |                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Metodologías                                                                                           | Descripción                                                                                    |
| Sesión magistral<br>Prácticas a través de TIC<br>Prueba objetiva<br>Seminario<br>Solución de problemas | Atención al alumno tanto durante el desarrollo de las clases como en los horarios de tutorías. |

| Evaluación   |              |             |              |
|--------------|--------------|-------------|--------------|
| Metodologías | Competencias | Descripción | Calificación |



|                           |                                                                                                    |                                                                                    |    |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Sesión magistral          | A25 A24 A23 A21<br>A20 A19 A18 A16 B1<br>B2 B3 B5 B17 B18<br>B20 B21 C11 C12<br>C13                | Avaliaranse os coñecementos adquiridos mediante a realización dunha proba escrita. | 30 |
| Prácticas a través de TIC | A16 A19 A24 B2 B3<br>B4 B5 B17 B18 B19<br>B20 B21 C11 C12<br>C13 C14 C15                           | Avaliaranse os coñecementos adquiridos mediante a realización dunha proba escrita. | 30 |
| Seminario                 | A16 A18 A19 A20<br>A21 A23 A24 A25 B1<br>B2 B3 B4 B5 B17 B18<br>B19 B20 B21 C11<br>C12 C13 C14 C15 | Presentación dos traballos resoltos.                                               | 40 |
| Otros                     |                                                                                                    |                                                                                    |    |

## Observaciones evaluación

## Fuentes de información

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Básica</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gentle, J.E. (2003). Random number generation and Monte Carlo methods. Springer-Verlag</li> <li>- Robert, C.P. y Casella G. (2010). Introducing Monte Carlo Methods with R. Springer</li> <li>- Cao, R. (2002). Introducción a la simulación y a la teoría de colas. Netbiblo</li> <li>- Jones, O., Maillardet, R. y Robinson A. (2009). Introduction to Scientific Programming and Simulation Using R. CRC</li> </ul>                                                                          |
| <b>Complementaria</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Devroye, L. (1986). Non-uniform random variate generation. Springer-Verlag</li> <li>- Bratley, P. (1990). A guide to simulation. Springer-Verlag</li> <li>- Ross, S.M. (1999). Simulación. Prentice Hall</li> <li>- Ripley, B.D. (1987). Stochastic Simulation. Wiley</li> <li>- Evans, M. y Swartz, T. (2000). Approximating integrals via Monte Carlo and . Oxford University Press</li> <li>- Robert, C.P. y Casella, G. (2004). Monte Carlo statistical methods. Springer-Verlag</li> </ul> |

## Recomendaciones

### Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente

### Asignaturas que se recomienda cursar simultáneamente

### Asignaturas que continúan el temario

### Otros comentarios

(\*) La Guía Docente es el documento donde se visualiza la propuesta académica de la UDC. Este documento es público y no se puede modificar, salvo cosas excepcionales bajo la revisión del órgano competente de acuerdo a la normativa vigente que establece el proceso de elaboración de guías