



## Teaching Guide

Identifying Data					2022/23
Subject (*)	Statistical Simulation		Code	614493122	
Study programme	Mestrado Universitario en Técnicas Estadísticas (Plan 2019)				
Descriptors					
Cycle	Period	Year	Type	Credits	
Official Master's Degree	2nd four-month period	First	Optional	5	
Language	Spanish				
Teaching method	Hybrid				
Prerequisites					
Department	Matemáticas				
Coordinador	Fernández Casal, Rubén	E-mail	ruben.fcasal@udc.es		
Lecturers	Fernández Casal, Rubén	E-mail	ruben.fcasal@udc.es		
Web	rubencasal.github.io/simbook				
General description	<p>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).</p> <p>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.</p>				

## Study programme competences / results

Code	Study programme competences / results
A16	CE1 - Coñecer, identificar, modelar, estudar e resolver problemas complexos de estatística e investigación operativa, nun contexto científico, tecnolóxico ou profesional, xurdidos en aplicacións reais.
A18	CE3 - Adquirir coñecementos avanzados dos fundamentos teóricos subxacentes ás distintas metodoloxías da estatística e a investigación operativa, que permitan o seu desenvolvemento profesional especializado.
A19	CE4 - Adquirir as destrezas necesarias no manexo teórico-práctico da teoría de probabilidade e as variables aleatorias que permitan o seu desenvolvemento profesional no eido científico/académico, tecnolóxico ou profesional especializado e multidisciplinar.
A20	CE5 - Profundizar no coñecemento dos fundamentos teórico-prácticos especializados de modelado e estudo de distintos tipos de relacións de dependencia entre variables estatísticas.
A21	CE6 - Adquirir coñecementos teórico-prácticos avanzados de distintas técnicas matemáticas, orientadas especificamente á axuda na toma de decisións, e desenvolver a capacidade de reflexión para avaliar e decidir entre distintas perspectivas en contextos complexos.
A23	CE8 - Adquirir coñecementos teórico-prácticos avanzados das técnicas destinadas á realización de inferencias e contrastes relativos a variables e parámetros dun modelo estatístico, e saber aplicarlos con autonomía suficiente nun contexto científico, tecnolóxico ou profesional.
A24	CE9 - Coñecer e saber aplicar con autonomía en contextos científicos, tecnolóxicos ou profesionais, técnicas de aprendizaxe automático e técnicas de análise de datos de alta dimensión (big data).
A25	CE10 - Adquirir coñecementos avanzados sobre metodoloxías para a obtención e o tratamento de datos derivados de distintas fontes, como enquisas, internet, ou entornos "na nube".
B1	CB6 - Posuír e comprender coñecementos que acheguen unha base ou oportunidade de ser orixinais no desenvolvemento e/ou aplicación de ideas, a miúdo nun contexto de investigación
B2	CB7 - Que os estudantes saiban aplicar os coñecementos adquiridos e a súa capacidade de resolución de problemas en ámbitos novos ou pouco coñecidos dentro de contextos máis amplos (ou multidisciplinares) relacionados coa súa área de estudo
B3	CB8 - Que os estudantes sexan capaces de integrar coñecementos e enfrontarse á complexidade de formular xuízos a partir dunha información que, sendo incompleta ou limitada, inclúa reflexións sobre as responsabilidades sociais e éticas vinculadas á aplicación dos seus coñecementos e xuízos
B4	CB9 - Que os estudantes saiban comunicar as súas conclusións e os coñecementos e razóns últimas que as sustentan a públicos especializados e non especializados dun modo claro e sen ambigüidades



B5	CB10 - Que os estudantes posúan as habilidades de aprendizaxe que lles permitan continuar estudando dun modo que haberá de ser en gran medida autodirixido ou autónomo.
B17	CG1 - Coñecer, comprender e saber aplicar os principios, metodoloxías e novas tecnoloxías na estatística e a investigación operativa en contextos científico/académicos, tecnolóxicos ou profesionais especializados e multidisciplinares, así como adquirir as destrezas e competencias descritas nos obxectivos xerais do título.
B18	CG2 - Desenvolver autonomía para identificar, modelar e resolver problemas complexos da estatística e da investigación operativa en contextos científico/académicos, tecnolóxicos ou profesionais especializados e multidisciplinares.
B19	CG3 - Desenvolver a capacidade para realizar estudos e tarefas de investigación e transmitir os resultados a públicos especializados, académicos e xeneralistas.
B20	CG4 - Integrar coñecementos avanzados e enfrontarse á toma de decisións a partir de información científica e técnica.
B21	CG5 - Desenvolver a capacidade de aplicación de algoritmos e técnicas de resolución de problemas complexos no eido da estatística e a investigación operativa, manexando o software especializado axeitado.
C11	CT1 - Desenvolver firmes capacidades de razoamento, análise crítica e autocrítica, así como de argumentación e de síntese, contextos especializados e multidisciplinares.
C12	CT2 - Desenvolver destrezas avanzadas no manexo de Tecnoloxías da Información e a Comunicación (TIC), tanto para a obtención de información como para a difusión do coñecemento, nun ámbito científico/académico, tecnolóxico ou profesional especializado e multidisciplinar.
C13	CT3 - Ser capaz de resolver problemas complexos en novos escenarios mediante a aplicación integrada dos coñecementos.
C14	CT4 - Desenvolver unha sólida capacidade de organización e planificación do estudo, asumindo a responsabilidade do seu propio desenvolvemento profesional, para a realización de traballos en equipo e de xeito autónomo.
C15	CT5 - Desenvolver capacidades para o aprendizaxe e a integración no traballo en equipos multidisciplinares, nos ámbitos científico/académico, tecnolóxico e profesional.

Learning outcomes

Learning outcomes	Study programme competences / results		
Conocer los fundamentos de la simulación estadística.	AC16	BJ1	CJ11
	AC18	BJ2	CJ12
	AC19	BJ3	CJ13
	AC20	BJ4	CJ14
	AC21	BJ5	CJ15
	AC23	BJ17	
	AC24	BJ18	
	AC25	BJ19	
		BJ20	
		BJ21	
Saber generar los principales modelos de probabilidad tanto unidimensionales como multidimensionales.	AC16	BJ1	CJ11
	AC18	BJ2	CJ12
	AC19	BJ3	CJ13
	AC20	BJ4	CJ14
	AC21	BJ5	CJ15
	AC23	BJ17	
	AC24	BJ18	
	AC25	BJ19	
		BJ20	
		BJ21	



Conocer y saber usar de forma autónoma el software necesario para aplicar los métodos de simulación al análisis de problemas reales en contextos multidisciplinares.	AC16	BJ1	CJ11
	AC18	BJ2	CJ12
	AC19	BJ3	CJ13
	AC20	BJ4	CJ14
	AC21	BJ5	CJ15
	AC23	BJ17	
	AC24	BJ18	
	AC25	BJ19	
		BJ20	
		BJ21	

Contents	
Topic	Sub-topic
1. Introducción.	Conceptos básicos: sistema real, modelo, experimentación real y simulación. Ventajas e inconvenientes de la simulación. Tipos de números aleatorios: puros, pseudo-aleatorios y cuasi-aleatorios. Números aleatorios en R.
2. Generación de números pseudoaleatorios.	Propiedades deseables de un generador de números pseudoaleatorios uniformes. Métodos de los cuadrados medios y de Lehmer. Métodos congruenciales. Análisis de la calidad de un generador.
3. Análisis de los resultados de simulación.	Diagnóstico de la convergencia. Estimación de la precisión. Determinación del número de generaciones. Problemas de estabilización y dependencia.
4. Simulación de variables continuas.	Método de inversión. Método de aceptación/ rechazo y variantes. Ejemplos de métodos específicos para generación de distribuciones notables.
5. Simulación de variables discretas.	Método de la transformación cuantil. Algoritmos basados en búsqueda secuencial. Método de la tabla guía. Método de Alias. Cálculo directo de la función cuantil. Ejemplos de métodos específicos para generación de distribuciones discretas notables.
6. Simulación de distribuciones multidimensionales.	Método de aceptación/rechazo. Métodos basados en la factorización de la matriz de covarianzas. Método de las distribuciones condicionadas. Simulación condicional e incondicional. Simulación basada en cópulas. Simulación de distribuciones multivariantes discretas.
7. Aplicaciones de la simulación en Inferencia Estadística.	Distribución en el muestreo. Intervalos de confianza. Contrastes de hipótesis. Comparación de estimadores. Introducción al remuestreo Bootstrap.
8. Integración y Optimización Monte Carlo.	Integración Monte Carlo. Muestreo de importancia. Optimización Monte Carlo. Temple simulado. Algoritmos genéticos de optimización.
9. Técnicas de reducción de la varianza.	Variabes antitéticas. Números aleatorios comunes. Muestreo estratificado. Variables de control. Condicionamiento.
10. Introducción a los métodos de cadenas de Markov Monte Carlo.	Muestreo de Gibbs. Algoritmo Metropolis Hastings. Diagnóstico de un algoritmo MCMC.

Planning				
Methodologies / tests	Competencies / Results	Teaching hours (in-person & virtual)	Student's personal work hours	Total hours
Guest lecture / keynote speech	A16 A18 A19 A20 A21 A23 A24 A25 B1 B2 B3 B5 B17 B18 B20 B21 C11 C12 C13	20	30	50



ICT practicals	A16 A19 A24 B2 B3 B4 B5 B17 B18 B19 B20 B21 C11 C12 C13 C14 C15	7	10.5	17.5
Seminar	A16 A18 A19 A20 A21 A23 A24 A25 B1 B2 B3 B4 B5 B17 B18 B19 B20 B21 C11 C12 C13 C14 C15	7	10.5	17.5
Problem solving	A16 A18 A19 A20 A21 A23 A24 A25 B1 B2 B3 B4 B5 B17 B18 B19 B20 C11 C12 C13 C14 C15	1	10	11
Objective test	A16 A18 A19 A20 A21 A23 A24 A25 B1 B2 B3 B4 B5 B17 B18 B19 B20 B21 C11 C12 C13	3	17	20
Personalized attention		9	0	9

(\*)The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies	
Methodologies	Description
Guest lecture / keynote speech	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.
ICT practicals	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.
Seminar	Actividades de aprendizaje colaborativo, en las que los docentes coordinarán la realización de trabajos en grupo.
Problem solving	Actividades de aprendizaje autónomo, en las que los docentes guiarán la realización de trabajos individuales por parte del alumnado.
Objective test	Prueba escrita para la evaluación del aprendizaje que constará de una parte teórica y de otra práctica.

Personalized attention	
Methodologies	Description
Guest lecture / keynote speech ICT practicals Objective test Seminar Problem solving	Atención al alumno tanto durante el desarrollo de las clases como en los horarios de tutorías.

Assessment			
Methodologies	Competencies / Results	Description	Qualification



Guest lecture / keynote speech	A16 A18 A19 A20 A21 A23 A24 A25 B1 B2 B3 B5 B17 B18 B20 B21 C11 C12 C13	Avaliaranse os coñecementos adquiridos mediante a realización dunha proba escrita.	30
ICT practicals	A16 A19 A24 B2 B3 B4 B5 B17 B18 B19 B20 B21 C11 C12 C13 C14 C15	Avaliaranse os coñecementos adquiridos mediante a realización dunha proba escrita.	30
Seminar	A16 A18 A19 A20 A21 A23 A24 A25 B1 B2 B3 B4 B5 B17 B18 B19 B20 B21 C11 C12 C13 C14 C15	Presentación dos traballos resoltos.	40
Others			

### Assessment comments

### Sources of information

<b>Basic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cao, R. (2002). Introducción a la simulación y a la teoría de colas. Netbiblo</li> <li>- Fernández-Casal, R. y Cao, R. (2022). Simulación Estadística. <a href="https://rubenfcasal.github.io/simbook">https://rubenfcasal.github.io/simbook</a></li> <li>- Gentle, J.E. (2003). Random number generation and Monte Carlo methods. Springer-Verlag</li> <li>- Jones, O., Maillardet, R. y Robinson A. (2009). Introduction to Scientific Programming and Simulation Using R. CRC</li> <li>- Robert, C.P. y Casella G. (2010). Introducing Monte Carlo Methods with R. Springer</li> </ul>
<b>Complementary</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bratley, P. (1990). A guide to simulation. Springer-Verlag</li> <li>- Devroye, L. (1986). Non-uniform random variate generation. Springer-Verlag</li> <li>- Evans, M. y Swartz, T. (2000). Approximating integrals via Monte Carlo and . Oxford University Press</li> <li>- Ripley, B.D. (1987). Stochastic Simulation. Wiley</li> <li>- Ross, S.M. (1999). Simulación. Prentice Hall</li> <li>- Robert, C.P. y Casella, G. (2004). Monte Carlo statistical methods. Springer-Verlag</li> </ul>

### Recommendations

Subjects that it is recommended to have taken before

Subjects that are recommended to be taken simultaneously

Subjects that continue the syllabus

Other comments

(\*)The teaching guide is the document in which the URV publishes the information about all its courses. It is a public document and cannot be modified. Only in exceptional cases can it be revised by the competent agent or duly revised so that it is in line with current legislation.