Guía docente de la asignatura

Sistemas Estocásticos. Estimación de Señales (M42/56/2/46)

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 02/07/2025

Máster	Máster Universitario en Estadística Aplicada
MÓDULO	Módulo II: Formación para la Investigación
RAMA	Ciencias
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO	Escuela Internacional de Posgrado

Semestre	Primero	**Créditos**	4	**Tipo**	Optativa	**Tipo de enseñanza**	Enseñanza Virtual

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Para realizar este curso es necesario tener conocimientos sobre Estadística, Probabilidad y Procesos Estocásticos a nivel de la formación que proporcionan las titulaciones de Estadística, Matemáticas y Física.

En el caso de utilizar herramientas de IA para el desarrollo de la asignatura, el estudiante debe adoptar un uso ético y responsable de las mismas. Se deben seguir las recomendaciones contenidas en el documento de "Recomendaciones para el uso de la inteligencia artificial en la UGR" publicado en esta ubicación: https://ceprud.ugr.es/formacion-tic/inteligencia-artificial/recomendaciones-ia#contenidoo

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

1. Fundamentos de la teoría de sistemas dinámicos.

2. Fundamentos del problema de estimación.

3. Estimación en sistemas lineales discretos.

4. Estimación en sistemas lineales discretos con observaciones inciertas.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 5A5D506B7B12D750594A16FF181B6D9C
06/05/2026 - 10:59
Pág. 1 de 8

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Los titulados han de saber 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.
- CG02 - Los titulados han de ser 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.
- CG03 - Los titulados han de saber 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
- CG04 - Los titulados deben poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- CG05 - Los titulados han de demostrar una comprensión sistemática del campo de estudio y el dominio de las habilidades y métodos de investigación relacionados con dicho campo.
- CG06 - Los titulados deben demostrar la capacidad de concebir, diseñar, poner en práctica y adoptar un proceso sustancial de investigación con seriedad académica.
- CG07 - Los titulados han de realizar una contribución a través de una investigación original que amplíe las fronteras del conocimiento desarrollando un corpus sustancial, del que parte merezca la publicación referenciada a nivel nacional o internacional.
- CG08 - Los titulados deben ser críticos en el análisis, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas.
- CG09 - Los titulados deben saber comunicarse con sus colegas, con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de sus áreas de conocimiento.
- CG10 - Los titulados han de ser capaces de fomentar, en contextos académicos y profesionales, el avance tecnológico, social o cultural dentro de una sociedad basada en el conocimiento.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:59
Código seguro de verificación (CSV): 5A5D506B7B12D750594A16FF181B6D9C Pág. 2 de 8

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Conocer métodos para el Análisis de Datos
- CE02 - Conocer diferentes técnicas de Muestreo
- CE03 - Adquirir conocimientos avanzados en Probabilidad y Procesos Estocásticos
- CE04 - Profundizar en las técnicas de Modelización Estocástica
- CE05 - Adquirir conocimientos avanzados en Inferencia Estadística
- CE07 - Saber identificar y aplicar diferentes Modelos Econométricos
- CE08 - Conocer técnicas de teoría de Fiabilidad
- CE10 - Dominar el uso de diferentes entornos de Computación Estadística
- CE12 - Ser capaz de resolver problemas a través de técnicas de Simulación Estocástica
- CE13 - Saber llevar a cabo el diseño, programación e implantación programas de computación estadística
- CE15 - Ser capaza de identificar la información relevante para resolver un problema
- CE16 - Utilizar correcta y racionalmente programas de ordenador de tipo estadístico
- CE17 - Adquirir capacidades de elaboración y construcción de modelos y su validación
- CE18 - Ser capaz de realizar un análisis de datos
- CE19 - Saber gestionar bases de datos
- CE20 - Ser capaz de realizar una correcta representación gráfica de datos
- CE21 - Conocer, identificar y seleccionar fuentes estadísticas
- CE22 - Ser capaz de interpretar resultados a partir de modelos estadísticos
- CE23 - Adquirir capacidad para elaborar previsiones y escenarios
- CE24 - Ser capaz de extraer conclusiones y redactar informes

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Mostrar interés por la calidad y la excelencia en la realización de diferentes tareas
- CT02 - Comprender y defender la importancia que la diversidad de culturas y costumbres tienen en la investigación o práctica profesional
- CT03 - Tener un compromiso ético y social en la aplicación de los conocimientos adquiridos
- CT04 - Ser capaz de trabajar en equipos interdisciplinarios para alcanzar objetivos comunes desde campos expertos diferenciados.
- CT05 - Incorporar los principios del Diseño Universal en el desempeño de su profesión

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- 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.
- 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.
- 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

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 5A5D506B7B12D750594A16FF181B6D9C
06/05/2026 - 10:59
Pág. 3 de 8

modo claro y sin ambigüedades.
- 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.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Los titulados han de saber 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.
- CG02 - Los titulados han de ser 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.
- CG03 - Los titulados han de saber 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
- CG04 - Los titulados deben poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- CG05 - Los titulados han de demostrar una comprensión sistemática del campo de estudio y el dominio de las habilidades y métodos de investigación relacionados con dicho campo.
- CG06 - Los titulados deben demostrar la capacidad de concebir, diseñar, poner en práctica y adoptar un proceso sustancial de investigación con seriedad académica.
- CG07 - Los titulados han de realizar una contribución a través de una investigación original que amplíe las fronteras del conocimiento desarrollando un corpus sustancial, del que parte merezca la publicación referenciada a nivel nacional o internacional.
- CG08 - Los titulados deben ser críticos en el análisis, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas.
- CG09 - Los titulados deben saber comunicarse con sus colegas, con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de sus áreas de conocimiento.
- CG10 - Los titulados han de ser capaces de fomentar, en contextos académicos y profesionales, el avance tecnológico, social o cultural dentro de una sociedad basada en el conocimiento.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Conocer métodos para el Análisis de Datos
- CE02 - Conocer diferentes técnicas de Muestreo
- CE03 - Adquirir conocimientos avanzados en Probabilidad y Procesos Estocásticos
- CE04 - Profundizar en las técnicas de Modelización Estocástica
- CE05 - Adquirir conocimientos avanzados en Inferencia Estadística
- CE07 - Saber identificar y aplicar diferentes Modelos Econométricos
- CE08 - Conocer técnicas de teoría de Fiabilidad
- CE10 - Dominar el uso de diferentes entornos de Computación Estadística
- CE12 - Ser capaz de resolver problemas a través de técnicas de Simulación Estocástica
- CE13 - Saber llevar a cabo el diseño, programación e implantación programas de computación estadística
- CE15 - Ser capaza de identificar la información relevante para resolver un problema
- CE16 - Utilizar correcta y racionalmente programas de ordenador de tipo estadístico
- CE17 - Adquirir capacidades de elaboración y construcción de modelos y su validación

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 5A5D506B7B12D750594A16FF181B6D9C
06/05/2026 - 10:59
Pág. 4 de 8

- CE18 - Ser capaz de realizar un análisis de datos
- CE19 - Saber gestionar bases de datos
- CE20 - Ser capaz de realizar una correcta representación gráfica de datos
- CE21 - Conocer, identificar y seleccionar fuentes estadísticas
- CE22 - Ser capaz de interpretar resultados a partir de modelos estadísticos
- CE23 - Adquirir capacidad para elaborar previsiones y escenarios
- CE24 - Ser capaz de extraer conclusiones y redactar informes

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Mostrar interés por la calidad y la excelencia en la realización de diferentes tareas
- CT02 - Comprender y defender la importancia que la diversidad de culturas y costumbres tienen en la investigación o práctica profesional
- CT03 - Tener un compromiso ético y social en la aplicación de los conocimientos adquiridos
- CT04 - Ser capaz de trabajar en equipos interdisciplinarios para alcanzar objetivos comunes desde campos expertos diferenciados.
- CT05 - Incorporar los principios del Diseño Universal en el desempeño de su profesión

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

OBJETIVOS:

- Conocer y comprender los fundamentos y nociones básicas de la teoría de sistemas dinámicos. Reconocer los elementos para la descripción matemática de un sistema.
- Conocer los fundamentos del problema de estimación.
- Adquirir destreza en la resolución de problemas de predicción, filtrado y suavizamiento en sistemas lineales discretos y en la obtención de algoritmos para el cálculo de los estimadores.
- Adquirir habilidad en la formulación y resolución del problema de estimación de señales a partir de observaciones inciertas.

El alumno sabrá/comprenderá:

- Los fundamentos y nociones básicas de la teoría de sistemas dinámicos. Reconocer los elementos para la descripción matemática de un sistema.

- Los fundamentos del problema de estimación.

- Resolución de problemas de predicción, filtrado y suavizamiento en sistemas lineales discretos y en la obtención de algoritmos para el cálculo de los estimadores.

El alumno será capaz:

- Adquirir habilidad en la formulación y resolución del problema de estimación de señales a partir de observaciones inciertas.

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:59
Código seguro de verificación (CSV): 5A5D506B7B12D750594A16FF181B6D9C Pág. 5 de 8

Tema 1. Fundamentos de la teoría de sistemas dinámicos.

- Etapas en el estudio de un sistema dinámico.
- Descripción matemática de un sistema dinámico.
- Sistemas lineales en tiempo continuo.
- Sistemas lineales en tiempo discreto.
- Análisis cualitativo de sistemas lineales

Tema 2. Fundamentos del problema de estimación.

- Formulación del problema de estimación.
- Solución del problema de estimación.
- Estimación lineal mínimo cuadrática.

Tema 3. Estimación en sistemas lineales discretos.

- Modelo de espacio de estados
- Predicción óptima
- Filtrado óptimo
- Suavizamiento óptimo

Tema 4. Estimación en sistemas lineales discretos con observaciones inciertas.

- Sistemas con observaciones inciertas
- Estimación óptima de mínimos cuadrados
- Estimación lineal mínimo cuadrática

PRÁCTICO

TEMARIO PRÁCTICO:

- Se realizarán relaciones de problemas y programas de los algoritmos estudiados mediante el software R o MATLAB

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- Aoki, M. (1989). Optimization of Stochastic Systems. Topics in discrete-time dinamics. Academic Press.
- Anderson, B. y Moore, J. (1979). Optimal Filtering. Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey.
- Evensen, G. (2007). Data Assimilation. The Ensemble Kalman Filter. Springer- Verlag, Berlin.
- Grewal, M.S. Y Andrews, A.P. (2001). Kalman Filtering: Theory and practice. John Wiley & Sons.
- Haykin, S. (2001). Kalman Filtering and Neural Networks. John Wiley & Sons.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 5A5D506B7B12D750594A16FF181B6D9C
06/05/2026 - 10:59
Pág. 6 de 8

- Kailath,T. Sayed, A.H. y Hassibi, B. (2000). Linear Estimation.
- Simon, D. (2006). Optimal State Estimation. John Wiley & Sons. Prentice Hall.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- Chui, C.K. y Chen, G. (1999). Kalman Filtering with real-time applications. Springer-Verlag, New York.
- Weinert, H.L. (2001). Fixed Interval Smoothing for State Space Models. Kluwer Academic.

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral/expositiva
- MD02 Sesiones de discusión y debate
- MD03 Resolución de problemas y estudio de casos prácticos
- MD04 Prácticas de laboratorio o clínicas
- MD05 Seminarios
- MD06 Ejercicios de simulación
- MD07 Análisis de fuentes y documentos
- MD08 Realización de trabajos en grupo
- MD09 Realización de trabajos individuales

EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

EVALUACIÓN ORDINARIA

El artículo 17 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que la convocatoria ordinaria estará basada preferentemente en la evaluación continua del estudiante, excepto para quienes se les haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

- Valoración de los conocimientos adquiridos mediante la realización de un trabajo con los principales contenidos de los temas 1 y 2 (hasta 3 puntos).
- Resolución de las relaciones de problemas propuestos (hasta 3.5 puntos cada una).

La superación del curso se obtendrá con una puntuación acumulada de 5 o más puntos.

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:59
Código seguro de verificación (CSV): 5A5D506B7B12D750594A16FF181B6D9C Pág. 7 de 8

forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

- Valoración de los conocimientos adquiridos mediante la realización de un trabajo con los principales contenidos de los temas 1 y 2 (hasta 3 puntos).
- Resolución de las relaciones de problemas propuestos (hasta 3.5 puntos cada una).

La superación del curso se obtendrá con una puntuación acumulada de 5 o más puntos.

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas.

Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases, lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

- Valoración de los conocimientos adquiridos mediante la realización de un trabajo con los principales contenidos de los temas 1 y 2 (hasta 3 puntos).
- Resolución de las relaciones de problemas propuestos (hasta 3.5 puntos cada una).

La superación del curso se obtendrá con una puntuación acumulada de 5 o más puntos.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Para realizar este curso es necesario tener conocimientos sobre Estadística, Probabilidad y Procesos Estocásticos a nivel de la formación que proporcionan las titulaciones de Estadística, Matemáticas y Física.

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos (https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 5A5D506B7B12D750594A16FF181B6D9C
06/05/2026 - 10:59
Pág. 8 de 8