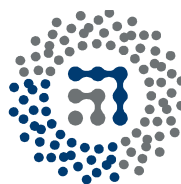




Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea



**ZTF-FCT**

Zientzia eta Teknologia Fakultatea  
Facultad de Ciencia y Tecnología

## Guía del Curso 2014-2015

### GRADO EN MATEMÁTICAS

#### Tercer curso, grupo 01

#### Índice

<b>1.- INFORMACIÓN DEL GRADO EN MATEMÁTICAS.....</b>	<b>2</b>
PRESENTACIÓN .....	2
COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN .....	2
ESTRUCTURA DE LOS ESTUDIOS DE GRADO .....	2
LAS ASIGNATURAS DEL TERCER CURSO EN EL CONTEXTO DEL GRADO .....	3
TIPOS DE ACTIVIDADES A REALIZAR .....	3
PLAN DE ACCIÓN TUTORIAL .....	3
BIBLIOTECA DE LA SECCIÓN DE MATEMÁTICAS .....	4
<b>2.- INFORMACIÓN ESPECÍFICA DEL CURSO .....</b>	<b>4</b>
PROFESORADO DEL GRUPO .....	4
CALENDARIO ESCOLAR.....	5
HORARIOS .....	5
GUÍAS DE ASIGNATURAS .....	9

---

## 1.- Información del Grado en Matemáticas

---

### ***Presentación***

Con las enseñanzas de Grado en Matemáticas se pretende conseguir una formación general en Matemáticas como disciplina científica, orientada a la preparación para el ejercicio de actividades de carácter profesional y con capacidad para aplicar las destrezas adquiridas en distintos ámbitos, ya sean científicos (en su doble vertiente docente e investigadora) como sus aplicaciones en los niveles superiores de la industria, la empresa y la administración.

Por tanto, el Título de Graduado o Graduada en Matemáticas se dirige a capacitar para la formulación matemática, análisis, resolución y, en su caso, tratamiento informático de problemas en diversos campos de las ciencias básicas, ciencias sociales y de la vida, ingeniería, finanzas, consultoría, etc.

### ***Competencias de la titulación***

La formación de graduados o graduadas en Matemáticas capacita para:

- Conocer la naturaleza, métodos y fines de los distintos campos de las Matemáticas junto con cierta perspectiva histórica de su desarrollo.
- Reconocer la presencia de las Matemáticas subyacente en la Naturaleza, en la Ciencia, en la Tecnología y en el Arte.
- Reconocer a las Matemáticas como parte integrante de la Educación y la Cultura.
- Desarrollar las capacidades analíticas y de abstracción, la intuición y el pensamiento lógico y riguroso a través del estudio de la Matemática.
- Utilizar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en la definición y planteamiento de problemas y en la búsqueda de sus soluciones tanto en contextos académicos como profesionales.
- Empezar posteriores estudios especializados, tanto en una disciplina matemática como en cualquiera de las ciencias que requieran buenos fundamentos matemáticos.

### ***Estructura de los estudios de grado***

El Grado en Matemáticas se organiza sobre asignaturas anuales o semestrales. Los estudiantes tendrán que cursar un máximo de 30 ECTS por cada semestre. El grado completo tendrá entonces 8 semestres de 30 créditos para completar los 240 ECTS en cuatro años.

El ECTS o crédito europeo mide el volumen o carga total del trabajo de aprendizaje del estudiante para alcanzar los objetivos previstos en el Plan de Estudios. Cada ECTS corresponde a una carga de trabajo del estudiante de 25 a 30 horas, de las cuales 10 son presenciales (sea mediante clase magistral, práctica de aula, práctica de ordenador o seminario).

La distribución temporal se resume en la siguiente tabla:

	Primer cuatrimestre	Segundo cuatrimestre
1º (60 ECTS de materias básicas)	Álgebra Lineal y Geometría I (12 ECTS)	
	Cálculo Diferencial e Integral I (12 ECTS)	
	Física General (12 ECTS)	
	Matemáticas básicas (6 ECTS)	Estadística descriptiva (6 ECTS)
	Introducción a la Computación (6 ECTS)	Fund. de Programación (6 ECTS)
2º (60 ECTS de materias obligatorias)	Cálculo Diferencial e Integral II (15 ECTS)	
	Álgebra Lineal y Geometría II (6 ECTS)	Análisis complejo (6 ECTS)
	Estructuras algebraicas (6 ECTS)	Cálculo de probabilidades (6 ECTS)
	Matemática discreta (6 ECTS)	Curvas y superficies (9 ECTS)
	Métodos numéricos I (6 ECTS)	
3º (60 ECTS de materias obligatorias)	Ecuaciones diferenciales (12 ECTS)	
	Álgebra Conmutativa (6 ECTS)	Ecuaciones Algebraicas (6 ECTS)
	Inferencia Estadística (6 ECTS)	Geometría Global de Curvas y Superficies (6 ECTS)
	Medida e Integración (6 ECTS)	Métodos numéricos II (6 ECTS)
	Topología (6 ECTS)	Modelización Matemática (6 ECTS)
4º	8 asignaturas optativas y un trabajo fin de grado. Se contemplan dos especialidades: “Matemática Pura” y “Matemática Aplicada, Estadística y Computación”.	

Más información en

<http://www.ehu.es/es/web/ztf-fct/grados#8>

### ***Las asignaturas del tercer curso en el contexto del grado***

Al igual que en el segundo curso, todas las asignaturas son específicas para el Grado en Matemáticas. Algunas de ellas constituyen una continuación natural de las desarrolladas en el segundo curso y el resto permiten seguir profundizando en el estudio de las diferentes ramas de la Matemática: Análisis Matemático, Álgebra, Geometría y Topología y Matemática Aplicada.

### ***Tipos de actividades a realizar***

El proceso de aprendizaje en el aula se desarrolla en diferentes modalidades docentes: clases magistrales, grupos de aula, prácticas de ordenador y seminarios, según el grado de participación activa del estudiante.

A lo largo del curso en todas las asignaturas están programadas diferentes actividades que el alumno debe realizar como parte de su aprendizaje. Estas actividades vienen recogidas de forma genérica en las fichas de cada asignatura y serán concretadas por los equipos docentes en el desarrollo de cada asignatura.

### ***Plan de acción tutorial***

La Facultad de Ciencia y Tecnología tiene un plan de tutorización (PAT) del alumnado desde el año 2001, cuando se creó la figura del profesor tutor. La función del tutor será la de guiar al estudiante

durante su periplo universitario. Todos los alumnos del grado tienen asignado un profesor tutor al que podrá recurrir, según sus necesidades, para que le oriente y asesore en el ámbito académico, personal y profesional. Se recomienda que cada estudiante mantenga un contacto regular con su tutor.

### ***Biblioteca de la sección de Matemáticas***

La sección de Matemáticas dispone de una colección de libros de divulgación matemática y de problemas de lógica a disposición de cualquier interesado. Se puede encontrar la relación de libros disponibles y la forma de solicitar el préstamo de los mismos en la página web

<http://moodletic.ehu.es/moodle/course/view.php?id=2066>

## **2.- Información específica del curso**

En el curso de tercero de grado, los estudiantes pueden optar por cursar la asignatura “Geometría Global de curvas y superficies” en el idioma castellano o en inglés. El horario de esta asignatura en ambas lenguas es el mismo.

### ***Profesorado del grupo***

ASIGNATURA	PROFESORADO	E-mail/teléfono/despacho	DEPARTAMENTO
Ecuaciones Diferenciales	María José de Velasco	<a href="mailto:mariajose.develasco@ehu.es">mariajose.develasco@ehu.es</a> 94 601 5465 E.P1.6	Matemáticas
Álgebra Conmutativa	Luis Martínez	<a href="mailto:luis.martinez@ehu.es">luis.martinez@ehu.es</a> 94 601 2651 E.P0.2	Matemáticas
Inferencia Estadística	Larraitz Aranburu	<a href="mailto:larraitz.aranburu@ehu.es">larraitz.aranburu@ehu.es</a> 94 601 2959 E.S1.16	Matemática Aplicada y Estadística e IO
Medida e Integración	Miguel Escobedo	<a href="mailto:miguel.escobedo@ehu.es">miguel.escobedo@ehu.es</a> 94 601 2649 E.P1.16	Matemáticas
Topología	Marta Macho	<a href="mailto:marta.macho@ehu.es">marta.macho@ehu.es</a> 94 601 5352 E.S1.1	Matemáticas
Ecuaciones Algebraicas	Lourdes Ortiz de Elguea	<a href="mailto:lourdes.ortizdeelguea@ehu.es">lourdes.ortizdeelguea@ehu.es</a> 94 601 5354 E.P0.3	Matemáticas
Geometría global de curvas y superficies	Jose J. Mencía	<a href="mailto:jj.mencia@ehu.es">jj.mencia@ehu.es</a> 94 601 2522 E.S1.15	Matemáticas
Global Geometry of curves and surfaces	Oscar J. Garay	<a href="mailto:oscarj.garay@ehu.es">oscarj.garay@ehu.es</a> 94 601 2519 E.S1.14	Matemáticas
Métodos Numéricos II	Eduardo Sainz de la Maza	<a href="mailto:eduardo.sainzdelamaza@ehu.es">eduardo.sainzdelamaza@ehu.es</a> 94 601 2498 E.S1.17	Matemática Aplicada y Estadística e IO

ASIGNATURA	PROFESORADO	E-mail/teléfono/despacho	DEPARTAMENTO
Modelización Matemática	Mikel Lezaun	<a href="mailto:mikel.lezaun@ehu.es">mikel.lezaun@ehu.es</a> 94 601 2502 E.P0.21	Matemática Aplicada y Estadística e IO
	Virginia Muto	<a href="mailto:virginia.muto@ehu.es">virginia.muto@ehu.es</a> 94 601 5458 E.P0.20	Matemática Aplicada y Estadística e IO
Coordinador de Tercer Curso	Carlos Gorria	<a href="mailto:carlos.gorria@ehu.es">carlos.gorria@ehu.es</a> 94 601 5343 E.P0.18	Matemática Aplicada y Estadística e IO
Coordinadora del Grado y del PAT	M <sup>a</sup> Asun García	<a href="mailto:mariasun.garcia@ehu.es">mariasun.garcia@ehu.es</a> 94 601 5472 E.P1.3	Matemáticas

### Calendario escolar

El calendario escolar aprobado por la Junta de la Facultad es el siguiente:

8 de septiembre: Inicio de las clases del primer cuatrimestre.

19 de diciembre: Fin de las clases del primer cuatrimestre.

8 de enero al 23 de enero: Periodo de exámenes (Convocatoria ordinaria para las asignaturas cuatrimestrales del primer cuatrimestre y exámenes parciales de las asignaturas anuales).

26 de enero: Inicio de las clases del segundo cuatrimestre.

13 de mayo: Fin de las clases del segundo cuatrimestre.

14 de mayo al 2 de junio: Periodo de exámenes (exámenes parciales de las asignaturas anuales y convocatoria ordinaria de las asignaturas cuatrimestrales del segundo cuatrimestre y de las asignaturas anuales).

18 de junio al 9 de julio: Convocatoria extraordinaria.

A continuación se muestran las fechas de las semanas 1 a 15 y 16 a 30 del curso:

Semana	Septiembre
1	8 9 10 11 12
2	15 16 17 18 19
3	22 23 24 25 26
4	29 30

Semana	Octubre
4	1 2 3
5	6 7 8 9 10
6	13 14 15 16 17
7	20 21 22 23 24
8	27 28 29 30 31

Semana	Noviembre
9	3 4 5 6 7
10	10 11 12 13 14
11	17 18 19 20 21
12	24 25 26 27 28

Semana	Diciembre
13	1 2 3 4 5
14	8 9 10 11 12
15	15 16 17 18 19

Semana	Enero
Exámenes	8 9
Exámenes	12 13 14 15 16
Exámenes	19 20 21 22 23
16	26 27 28 29 30

Semana	Febrero
17	2 3 4 5 6
18	9 10 11 12 13
19	16 17 18 19 20
20	23 24 25 26 27

Semana	Marzo					
21	2	3	4	5	6	
22	9	10	11	12	13	
23	16	17	18	19	20	
24	23	24	25	26	27	
25	30	31				

Semana	Abril					
25	1					
26	13	14	15	16	17	
27	20	21	22	23	24	
28	27	28	29	30		

Semana	Mayo					
28						1
29	4	5	6	7	8	
30	11	12	13			

### Horarios

El horario del primer cuatrimestre (semanas 1 a 15) para el Grupo 01 de 3º del Grado en Matemáticas figura en la siguiente tabla:

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8.40 9.30	TOPO (T)	ALG.CON (T) [4-15]	INF. EST (T)	MED.INT (GA1)	EC.DIF (T) [4-15]
9.40 10.30	INF. EST (T)	EC.DIF (T)	TOPO (GA1)	MED.INT (T)	EC.DIF (GA1)
10.40 11.30	EC.DIF (T) [1-15] {1/3} MED.INT (T) [1-15] {2/3} TOPO (T) [1-15] {3/3}	ALG. CON (T)[1-3] MED.INT (S1) [4-15] {1/2} TOPO (S1) [4-15] {2/2}	TOPO (T)	ALG.CON (T)	ALG.CON (GA1) [5,9,13] ALG.CON (T) [1-3, 7,11,15] INF. EST (GA1) [4-15] {1/2}
12.00 12.50	ALG.CON (GA1)[1-3] ALG.CON (S1) [4-15] {2/2} EC.DIF (S1) [4-15] {1/2}	INF. EST (GO1) [6-14] {1/2} INF. EST (GO1) [15] INF. EST (S1)[3-13] {1/2}		EC.DIF (GA1) [7-15] {2/3} EC.DIF (T) [1-3,5] MED.INT(GA1) [7-15] {1/3} MED.INT (T) [4] TOPO (GA1) [7-15] {3/3} TOPO (T) [6]	MED.INT (T)
13.00 13.50	ALG.CON (GA1) [4-15]	INF. EST (GO1) [6-14] {1/2} INF. EST (GO1) [15] INF. EST (GA1) [3-13] {1/2}			

ASIGNATURAS			
Código	Nombre de la asignatura	Abreviatura	Modalidades docentes
26690	Ecuaciones Diferenciales	EC.DIF	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario
26685	Algebra Conmutativa	ALG.CON	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario
26692	Inferencia Estadística	INF. EST	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario GO1: Prácticas de Ordenador
26680	Medida e Integración	MED.INT	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario

ASIGNATURAS			
Código	Nombre de la asignatura	Abreviatura	Modalidades docentes
26687	Topología	TOPO	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario

El horario del segundo cuatrimestre (semanas 16 a 30) para el Grupo 01 de 3º del Grado en Matemáticas figura en la siguiente tabla:

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8.40 9.30	GEOM. GLO (T)	EC.DIF (T) [16-30] {1/3} EC.ALG (T) [22-30] {2/3} GEOM. GLO (GA1) [18] MOD.MAT (S2) [17, 19-30]{3/3}}	GEOM. GLO (T)	MET.NUMII (GA1) [17] MOD.MAT (GO1) [18] EC.DIF (S1) [19-30] {1/2} MOD.MAT (S1) [19-30] {2/2}	MET.NUMII (GA1) [16-30] {1/2} MOD.MAT (GO1) [16-30] {2/2}
9.40 10.30	MOD.MAT (T)	EC.DIF (T)	EC.DIF (GA1)	MOD.MAT (T)	MOD.MAT (GA1) [16-30] {1/2} MOD.MAT (GO1) [16-30] {2/2}
10.40 11.30	EC.ALG (GA1)	MOD.MAT (GA) [18] EC.ALG (S1) [16-17,19-30] {1/2} MET.NUMII (S1) [19-30] {2/2}	EC.ALG (T)	EC.ALG (T)	GEOM. GLO(GA1)
12.00 12.50	MET.NUMII (T)	MET.NUMII (GO1) [17-29] {1/2} GEOM. GLO (T) [17-29] {2/2} MOD.MAT (S2) [30]		MET.NUMII (T)	EC.DIF (T) [16-19,21-25,27-30] EC. ALG (GA1) [20,26]
13.00 13.50		GEOM. GLO (GA1) [16,30] MET.NUMII (GO1) [17-29] {1/2} GEOM. GLO (S1) [17-29] {2/2}		EC.DIF (T) [19, 20, 26] MET.NUMII (GO1) [21] EC.DIF (GA) [22-30] {1/3} EC.ALG (GA1) [23,29]	

ASIGNATURAS			
Código	Nombre de la asignatura	Abreviatura	Modalidades docentes
26690	Ecuaciones Diferenciales	EC.DIF	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario
26686	Ecuaciones Algebraicas	EC.ALG	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario
26688	Geometría Global de Curvas y Superficies Global Geometry of Curves and Surfaces	GEOM. GLO	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario

ASIGNATURAS			
Código	Nombre de la asignatura	Abreviatura	Modalidades docentes
26682	Métodos Numéricos II	MET.NUMII	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario GO1: Prácticas de Ordenador
26681	Modelización Matemática	MOD.MAT	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario GO1: Prácticas de Ordenador

Al lado de la abreviatura de cada asignatura y su modalidad docente aparece una de las leyendas siguientes:

- $[x_1-x_2]$ : significa que se da esa modalidad docente de las semanas  $x_1$  a la semana  $x_2$  inclusive.
- $[x_1-x_2]\{1/2\}$ : significa que se da esa modalidad docente las semanas  $x_1, x_1+2, x_1+4, \dots$  hasta llegar a la semana  $x_2-1$  ó  $x_2$ .
- $[x_1-x_2]\{2/2\}$ : significa que se da esa modalidad docente las semanas  $x_1+1, x_1+3, x_1+5, \dots$  hasta llegar a la semana  $x_2-1$  ó  $x_2$ .
- $[x_1-x_2]\{1/3\}$ : significa que se da esa modalidad docente las semanas  $x_1, x_1+3, x_1+6, \dots$  hasta llegar a la semana  $x_2-2, x_2-1$  ó  $x_2$ .
- $[x_1-x_2]\{2/3\}$ : significa que se da esa modalidad docente las semanas  $x_1+1, x_1+4, x_1+7, \dots$  hasta llegar a la semana  $x_2-2, x_2-1$  ó  $x_2$ .
- $[x_1-x_2]\{3/3\}$ : significa que se da esa modalidad docente las semanas  $x_1+2, x_1+5, x_1+8, \dots$  hasta llegar a la semana  $x_2-2, x_2-1$  ó  $x_2$ .

**ASIGNATURA**

26690 - Ecuaciones Diferenciales

**Créditos ECTS :** 12

**COMPETENCIAS/DESCRIPCION/OBJETIVOS**

**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

Aplicar los principales métodos para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias.  
 Asimilar y enunciar con precisión los conceptos básicos y los resultados fundamentales de la teoría de existencia y unicidad de ecuaciones diferenciales, utilizando conceptos previos de análisis matemático. También resultados sobre dependencia respecto de las condiciones iniciales.  
 Conocer demostraciones rigurosas de resultados sobre ecuaciones diferenciales e idear nuevas demostraciones de resultados propuestos.  
 Utilizar métodos analíticos, gráficos y computacionales para la resolución de ecuaciones diferenciales concretas.  
 Resolver sistemas lineales de ecuaciones diferenciales ordinarias.  
 Relacionar distintos problemas de la Geometría, la Física y el mundo real con las ecuaciones diferenciales.  
 Extraer información cualitativa sobre la solución de una ecuación diferencial ordinaria, sin necesidad de resolverla.  
 Resolver ecuaciones diferenciales y transmitir los métodos de resolución de manera escrita y oral con el lenguaje matemático adecuado.  
 Traducir problemas reales en términos de ecuaciones diferenciales ordinarias y ecuaciones en derivadas parciales.  
 Entender el comportamiento de las ecuaciones diferenciales en entornos de puntos regulares o singulares y la noción de estabilidad en los puntos de equilibrio.

**DESCRIPCIÓN**

1. Introducción.
2. Métodos elementales de resolución.
3. Teoría de existencia.
4. Ecuaciones lineales.
5. Solución por desarrollo en serie.
6. Sistemas lineales.
7. Sistemas autónomos.
8. Separación de variables.
9. Las ecuaciones de Laplace, de ondas y del calor.

**OBJETIVOS**

Aplicar los métodos principales en la resolución de las ecuaciones diferenciales tanto ordinarias como en derivadas parciales.  
 Resolver sistemas lineales de ecuaciones diferenciales ordinarias.  
 Interpretar algunos problemas reales en términos de ecuaciones diferenciales.  
 Obtener información cualitativa sobre las soluciones de ecuaciones diferenciales.

**TEMARIO**

1. INTRODUCCIÓN: definiciones, concepto de solución, clasificación, descripción geométrica de las soluciones, familias de curvas y trayectorias isogonales, problemas de origen científico-tecnológico.
2. MÉTODOS ELEMENTALES DE RESOLUCIÓN: ecuaciones de variables separadas, ecuaciones homogéneas, ecuaciones lineales, ecuación de Bernoulli, ecuación de Riccati, ecuaciones exactas, factores integrantes, ecuaciones de segundo orden que se reducen a dos ecuaciones de primer orden.
3. TEORÍA DE EXISTENCIA: el problema de Cauchy, condición de Lipschitz, las aproximaciones de Picard, existencia y unicidad de solución, intervalo de existencia, dependencia de condiciones iniciales y parámetros.
4. ECUACIONES LINEALES: ecuaciones homogéneas, fórmula de Liouville, reducción de orden, ecuaciones no homogéneas: variación de las constantes, ecuaciones con coeficientes constantes, las ecuaciones de Euler.
5. SOLUCIÓN POR DESARROLLO EN SERIE: puntos regulares, puntos singulares regulares; ecuación indicial: raíces reales simples que no difieren en un entero, raíces reales simples que difieren en un entero, raíz real doble; funciones de Bessel.
6. SISTEMAS LINEALES: sistemas homogéneos, matriz fundamental, fórmula de Jacobi, sistemas con coeficientes constantes, el método de reducción, la exponencial matricial, el método de vectores propios.
7. SISTEMAS AUTÓNOMOS: el plano de fases, órbitas, puntos críticos, estabilidad y estabilidad asintótica; estabilidad de los sistemas lineales, clasificación de los puntos críticos; sistemas no lineales: estabilidad por linealización, sistemas conservativos, teoremas de Poincaré y Liapunov.
8. MÉTODO DE SEPARACIÓN DE VARIABLES. SERIES DE FOURIER. PROBLEMAS DE STURM-LIOUVILLE: Método de separación de variables para EDPs de segundo orden y dos variables en condiciones simples (ecuación de difusión del calor, ecuación de ondas, ecuación de Laplace). Serie de Fourier (de senos y cosenos) de una función, serie de Fourier respecto a un sistema ortogonal, convergencia puntual y convergencia  $L^2$ . Problema de Sturm-Liouville, valores propios y funciones propias, existencia de valores propios, ortogonalidad de las funciones propias, problemas de S-L no homogéneos; función de Green. Problemas S-T periódicos.
9. LAS ECUACIONES DE LAPLACE, DE ONDAS Y DEL CALOR: Ecuaciones en derivadas parciales de orden uno. Existencia de solución. Método de las características. Ecuaciones en derivadas parciales de orden dos de coeficientes constantes. Clasificación. Reducción a la forma canónica. Método de las características. Resolución de la ecuación hiperbólica en un semiplano, en un cuadrante. Resolución mediante separación de variables del problema de la cuerda vibrante. Resolución mediante separación de variables del problema de la distribución de temperaturas en una barra finita y en una placa circular. Resolución mediante separación de variables de la ecuación de Laplace en un rectángulo y en un recinto circular. Principio del máximo. Problema de Cauchy.

## TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	72	12	36						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno	108	18	54						

**Leyenda:** M: Maestral S: Seminario GA: P. de Aula GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador  
GCL: P. Clínicas TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

### Aclaraciones :

## EVALUACION

- Examen escrito a desarrollar
- Realización de prácticas (ejercicios, casos o problemas)
- Exposición de trabajos, lecturas...

### Aclaraciones :

#### CONVOCATORIA ORDINARIA:

Exámenes escritos tanto de teoría como de ejercicios.

Criterios:

- Precisión en los razonamientos y en las definiciones.
  - Corrección del lenguaje matemático.
  - Métodos de argumentación claros y ordenados explicando los pasos.
  - Exactitud en los resultados de los ejercicios.
- (Peso: %85)

Trabajos de los seminarios (escritos y orales).

Criterios:

- Respuestas correctas y buena utilización del lenguaje matemático
  - Claridad en los razonamientos
  - En las explicaciones orales orden y precisión
  - Orden y precisión en la resolución de problemas
  - Asistencia
- (Peso: %15)

#### CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA:

Examen escrito (Peso %100)

## MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

## BIBLIOGRAFIA

### Bibliografía básica

#### BIBLIOGRAFÍA

BOYCE-DIPRIMA, Ecuaciones diferenciales y problemas con valores en la frontera, Limusa.

M. BRAUN, Differential Equations and Their Applications, Springer Verlag, New York 1978.

M. W. HIRSCH, S. SMALE, Ecuaciones diferenciales, sistemas dinámicos y álgebra lineal, Alianza Editorial, Alianza Universidad, Textos nº 61.

KISELIOV, KRASNOW Y MAKARENKO, Problemas de ecuaciones diferenciales ordinarias, MIR.

R. K. NAGGLE Y E. B. SAFF. Fundamentos de Ecuaciones Diferenciales. 2ª edición. Addison-Wesley Iberoamericana. 1992.

II. PERAL ALONSO, Primer curso de ecuaciones en derivadas parciales, Addison-Wesley/Universidad Autónoma de Madrid, 1995.

F. SIMMONS, Ecuaciones Diferenciales con Aplicaciones y Notas Históricas, McGraw Hill, 1977.

ASIGNATURA		
26685 - Álgebra Conmutativa	Créditos ECTS :	6

#### COMPETENCIAS/DESCRIPCION/OBJETIVOS

##### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

Conocer los conceptos básicos de la teoría de anillos y cuerpos (subanillos, ideales, cocientes, homomorfismos, característica, cuerpo de cocientes,...).

Conocer las propiedades de divisibilidad de los polinomios en una y varias indeterminadas y, en particular, saber aplicar los principales criterios de irreducibilidad.

Saber construir bases de Groebner de ideales de polinomios en varias indeterminadas y cómo se aplican, por ejemplo, para decidir si un polinomio pertenece a un ideal o para eliminar variables en sistemas de ecuaciones polinómicas.

Conocer los tipos de anillos conmutativos más importantes (íntegros, de factorización única, euclídeos y principales) y la relación entre ellos.

Conocer los conceptos básicos de la teoría de módulos sobre anillos.

Conocer el teorema de estructura para módulos finitamente generados sobre anillos principales y sus aplicaciones (forma canónica de Jordan y forma de Smith).

##### DESCRIPCIÓN

1. Generalidades sobre anillos.
2. Divisibilidad y factorización en anillos.
3. Polinomios en varias indeterminadas.
4. Bases de Gröbner.
5. Módulos.
6. Módulos sobre dominios de ideales principales.

##### OBJETIVOS

Conocer los principales tipos de anillos conmutativos y, en particular, los anillos de polinomios en varias indeterminadas. Saber cómo son los módulos sobre dominios de ideales principales y sus aplicaciones más importantes.

#### TEMARIO

1. GENERALIDADES SOBRE ANILLOS: Anillos y subanillos. Ideales y anillos cociente. Homomorfismos e isomorfismos.
2. DIVISIBILIDAD Y FACTORIZACIÓN EN ANILLOS: Dominios de factorización única. Dominios de ideales principales. Dominios euclídeos. Aplicaciones: algunos teoremas clásicos de aritmética.
3. POLINOMIOS EN VARIAS INDETERMINADAS: Lema de Gauss. Factorización en los anillos de polinomios. Criterios de irreducibilidad.
4. BASES DE GRÖBNER: Órdenes monomiales en el anillo de polinomios y el algoritmo división. Teorema de la base de Hilbert. Propiedades básicas de las bases de Gröbner. Algoritmo de Buchberger. Aplicaciones.
5. MÓDULOS: Módulos, primeras propiedades y ejemplos. Submódulos, módulos cociente. Homomorfismos de módulos. Sumas directas. Módulos libres.
6. MÓDULOS SOBRE DOMINIOS DE IDEALES PRINCIPALES: Módulos sobre dominios de ideales principales: anuladores y descomposición primaria. El teorema de estructura para módulos finitamente generados sobre dominios de ideales principales. Matrices sobre dominios de ideales principales: forma normal de Smith. Aplicaciones: sistemas de ecuaciones lineales diofánticas, grupos abelianos finitamente generados y formas canónicas racional y de Jordan.

#### TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno	54	9	27						

**Leyenda:** M: Maestría S: Seminario GA: P. de Aula GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador  
GCL: P. Clínicas TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

#### Aclaraciones :

#### EVALUACION

- Examen escrito a desarrollar
- Realización de prácticas (ejercicios, casos o problemas)
- Trabajos individuales
- Trabajos en grupo

**Aclaraciones :****CONVOCATORIA ORDINARIA**

La nota final se obtendrá realizando la media ponderada de las siguientes calificaciones:

- O1. Examen escrito final: 70%
- O2. Examen escrito parcial: 10%
- O3. Problemas o trabajos individuales (incluyendo la participación en los seminarios): 10%
- O4. Trabajos en grupo: 10%

La nota mínima que es necesario obtener en el examen escrito final para poder aprobar la asignatura es de 4,5 puntos sobre 10.

La asistencia a los seminarios es obligatoria, salvo causa justificada, que se deberá demostrar con el correspondiente documento.

**CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA**

Distinguimos las dos situaciones siguientes a la hora de calcular la calificación de un alumno:

**SITUACIÓN A.** Alumnos para los que la media aritmética de las notas sin ponderar de los apartados O2, O3 y O4 de la convocatoria ordinaria sea mayor o igual que 5.

**SITUACIÓN B.** El resto de alumnos.

En el caso de los alumnos en la situación A, la nota de la convocatoria extraordinaria será la media ponderada de las siguientes calificaciones:

- Examen escrito de la convocatoria extraordinaria: 70%
- Nota de los apartados O2, O3 y O4 de la convocatoria ordinaria: 10% cada apartado

En este caso, será necesario tener una nota de al menos 4,5 en el examen escrito de la convocatoria extraordinaria.

Para los alumnos correspondientes a la situación B, el 100% de la nota corresponderá al examen escrito de la convocatoria extraordinaria. Por lo tanto, será necesario tener una nota mayor o igual que 5 en dicho examen para aprobar la asignatura.

**MATERIALES DE USO OBLIGATORIO****BIBLIOGRAFIA****Bibliografía básica**

- M.F. ATIYAH, I.G. MACDONALD. Introducción al Álgebra Conmutativa. Reverté, 1973.
- P. CAMERON. Introduction to algebra. Oxford University Press, segunda edición, 2008.
- D. COX, J. LITTLE, D. O'SHEA. Ideals, Varieties and Algorithms. Springer, segunda edición, 1997.

**Bibliografía de profundización**

- N. JACOBSON. Basic Algebra. W.H. Freeman and Company, 1985.
- S. LANG. Undergraduate algebra. Springer, tercera edición, 2005.
- M. REID. Undergraduate Commutative Algebra. Cambridge University Press, 1996.
- A. VERA. Introducción al Álgebra. (2 volúmenes). AVL, 1986.

ASIGNATURA		
26692 - Inferencia Estadística	Créditos ECTS :	6
COMPETENCIAS/DESCRIPCION/OBJETIVOS		
<p><b>COMPETENCIAS ESPECÍFICAS</b>  Familiarizarse con las principales distribuciones de probabilidad y las técnicas usuales de análisis de datos e inferencia estadística  Familiarizarse con recursos informáticos apropiados para el tratamiento de las situaciones mencionadas y manejar correctamente algunos de ellos.  Seleccionar correctamente la técnica de análisis estadístico adecuada, en función del objetivo que se persigue en el estudio de esas situaciones.  Realizar correctamente los cálculos y/o visualizaciones gráficas que requieran tales situaciones, utilizando los recursos teóricos y/o computacionales apropiados.  Interpretar con sentido crítico los resultados de los análisis realizados.</p>		
<p><b>DESCRIPCIÓN</b>  1. Muestreo  2. Estimación.  3. Contraste de hipótesis.  4. Contrastes no paramétricos.  5. Análisis de la varianza.  6. R-Project y SPSS.</p>		
<p><b>OBJETIVOS</b>  Saber inferir resultados obtenidos a partir de muestras aleatorias, utilizando técnicas de estimación y de contrastes de hipótesis.  Utilizar correctamente recursos informáticos apropiados</p>		

TEMARIO
1. DISTRIBUCIONES EN EL MUESTREO 1.1 Nociones generales 1.2 Distribuciones asociadas a la media, varianza y proporción. 2. ESTIMACIÓN 2.1. Estimación puntual. Métodos para obtener estimadores. Propiedades de los estimadores. 2.2. Estimación por intervalos. Definición de intervalo de confianza. Intervalos de confianza clásicos para una población. Intervalos de confianza clásicos para dos poblaciones. Intervalos para poblaciones no necesariamente normales. 3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS 3.1. Fundamentos de los contrastes de hipótesis. Clasificación de los contrastes. Probabilidades de errores de tipo I y de tipo II. Nivel de significación. Cálculo del p-valor. 3.2. Contrastes uniformemente más potentes (UMP). Lema de Neyman-Pearson. Contrastes simples. Contrastes unilaterales. 3.3. Control de las probabilidades de error y el tamaño de la muestra. 3.4. Test de la razón de verosimilitud. 3.5. Contrastes clásicos para dos poblaciones. 4. CONTRASTES NO PARAMÉTRICOS 4.1. Introducción. 4.2. Contrastes de bondad de ajuste. Test ji-cuadrado de Pearson. Test de Kolmogorov-Smirnov. 4.3. Contrastes de independencia y de homogeneidad. 4.4. Contrastes de aleatoriedad. Contraste de las rachas de Wald-Wolfowitz. Test de la Mediana. 4.5. Contraste de localización. Contraste de los signos. Test de Wilcoxon. 4.6. Contrastes para dos poblaciones. Contraste de Kolmogorov-Smirnov. Contraste de Wilcoxon-Mann-Whitney. 5. ANÁLISIS DE LA VARIANZA 5.1. Introducción. 5.2. Análisis de la varianza para una clasificación simple o de un único factor (ANOVA). 5.3. Contraste de igualdad de medias, varias poblaciones independientes, caso no normal. Test de Kruskal-Wallis. 5.4. Análisis de la varianza para una clasificación con varios factores. 6. R-PROJECT Y SPSS 6.1. R Project (Software de libre disposición). Lectura de datos. Comandos de Cálculo de Probabilidades e Inferencia estadística. Interpretación de resultados. 6.2. SPSS (Social Package Statistical Sciences). Lectura de datos. Comandos de Cálculo de Probabilidades e Inferencia estadística. Interpretación de resultados.

## TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	30	6	12		12				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno	45	9	18		18				

**Leyenda:** M: Maestría S: Seminario GA: P. de Aula GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador  
GCL: P. Clínicas TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

### Aclaraciones :

Al comienzo del curso se publicarán en la plataforma virtual Moodle apuntes de la asignatura junto con las tablas de las distribuciones que se utilizarán a lo largo del curso. Estará a disposición del alumnado un manual de comandos e instrucciones de ayuda para la realización de las prácticas de ordenador. También, se publicará la lista de problemas a resolver en las prácticas de aula.

Clases teóricas con soporte de transparencias.

Prácticas de aula para la resolución de problemas.

Seminarios.

Clases de conocimientos del software en las aulas informáticas de la Facultad de Ciencia y Tecnología.

## EVALUACION

- Examen escrito a desarrollar
- Realización de prácticas (ejercicios, casos o problemas)
- Trabajos individuales
- Trabajos en grupo
- Exposición de trabajos, lecturas...

### Aclaraciones :

Calificación convocatoria ordinaria:

Examen escrito: 65%.

Realización de prácticas de ordenador: 15%

Seminarios: 5%.

Trabajos en grupo: entrega de problemas, trabajos y elaboración de un informe estadístico: 15%

Calificación convocatoria extraordinaria:

Examen escrito: 65%.

Realización de prácticas de ordenador: 15%

Seminarios: 5%.

Trabajos en grupo: entrega de problemas, trabajos y elaboración de un informe estadístico: 15%

No haber superado las actividades evaluables complementarias al examen escrito no exime al alumnado de demostrar la capacidad y conocimientos para realizar esas actividades, con lo que se propondrá una prueba que garantice la evaluación de dichos conocimientos y compute para la nota final en la misma proporción que en la convocatoria ordinaria. La prueba puede ser una exposición oral, una demostración ante un ordenador o una descripción escrita de los conocimientos prácticos abordados en las actividades complementarias.

## MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

## BIBLIOGRAFIA

### Bibliografía básica

#### BIBLIOGRAFÍA

J. KICKINSON y S. CHAKABORTI, Non Parametric Statistical Inference, Dekker Inc., 1992.

D. Peña Sanchez de Rivera; Estadística. Modelos y métodos. 1. Fundamentos. 2. Modelos lineales y series temporales.

Alianza Universidad textos, 1992.

V.K. ROHATGI, Statistical Inference, Wiley, 2003.

L. RUIZ-MAYA, Problemas de Estadística, Editorial AC, 1989.

### Bibliografía de profundización

Casella G; Berger RL. Statistical Inference. Duxbury Press, 2008.

J. M. Casas-Sánchez; Inferencia estadística. Centro de Estudios Ramón Areces, 1997

DeGroot MH.; Probabilidad y Estadística. Addison-Wesley, 1988.

Rohatgi VK.; An Introduction to Probability Theory and Mathematical Statistics. John Wiley and Sons, 2000.

Walpole; Myers. Probabilidad y estadística. Mc Graw-Hill, 1992.

### Direcciones de internet de interés

Enlaces de interés

Software libre R-project: <http://www.r-project.org>

A.J. Arriaza et al. Estadística básica con R y R commander. UCA, 2008. <http://knuth.uca.es/moodle/course/view.php?id=37>

SPSS: <http://www.spss.com/es/>

Mathematica: <http://www.wolfram.com/>

Latex: <http://www.slideshare.net/digna/1-introduccion-a-latex>

Tablas no-paramétricas, <http://www.jstatsoft.org/v08>

Texto electrónico: <http://www.statsoft.com/textbook/>

ASIGNATURA		
26680 - Medida e Integración	Créditos ECTS :	6

## COMPETENCIAS/DESCRIPCION/OBJETIVOS

### COMPETENCIAS

Conocer los fundamentos y técnicas básicas de la teoría de la medida y de la integración de Lebesgue.  
 Relacionar la noción de medida con la de integración.  
 Conocer y utilizar los teoremas de la convergencia monótona, convergencia dominada, el lema de Fatou, el teorema de Fubini y el teorema del cambio de variable.  
 Conocer las propiedades básicas espacios de Hilbert y de Banach.  
 Desarrollar con el rigor necesario los resultados fundamentales de la teoría.

### DESCRIPCIÓN

1 Medida de Lebesgue en  $\mathbb{R}^n$ . Espacios de medida.  
 2 La integral de Lebesgue y sus propiedades.  
 3 Teorema de Fubini y cambio de variable.  
 4 Teoría elemental de los espacios de Hilbert.  
 5 Espacios de Banach y espacios  $L_p$ .

### OBJETIVOS

Presentar la teoría de la integración de Lebesgue y sus propiedades, además de una introducción a los espacios de Hilbert y Banach, lo que constituye la base del análisis matemático moderno.

## TEMARIO

1. MEDIDA DE LEBESGUE EN  $\mathbb{R}^n$ . ESPACIOS DE MEDIDA: La integral de Riemann y sus limitaciones. Medida de conjuntos de  $\mathbb{R}^n$ : medida exterior y medida de Lebesgue. Conjuntos no medibles. Sigma-álgebras, medidas y espacios de medida: propiedades elementales y ejemplos.  
 2. LA INTEGRAL DE LEBESGUE Y SUS PROPIEDADES: Integración de funciones simples. Funciones medibles. Integración de funciones positivas y de funciones con signo arbitrario. Teoremas de convergencia para integrales. Diferenciación bajo el signo integral.  
 3. TEOREMA DE FUBINI Y CAMBIO DE VARIABLE: Integrales de funciones de varias variables. Teoremas de Tonelli y Fubini. Cambio de variable.  
 4. TEORÍA ELEMENTAL DE LOS ESPACIOS DE HILBERT: Producto escalar. Sistemas ortogonales y ortonormales. Espacios de Hilbert, proyecciones. Bases ortonormales. Teorema de Riesz-Fischer. Funcionales lineales, teorema de representación.  
 5. ESPACIOS DE BANACH Y ESPACIOS  $L_p$ : Espacio normado. Espacios  $L_p$ . Desigualdades de Hölder y Minkowski.  $L_2$  como espacio de Hilbert.

## TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno	54	9	27						

**Leyenda:** M: Maestría S: Seminario GA: P. de Aula GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador  
 GCL: P. Clínicas TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

### Aclaraciones :

## EVALUACION

- Examen escrito a desarrollar
- Examen escrito tipo test
- Realización de prácticas (ejercicios, casos o problemas)
- Trabajos individuales
- Trabajos en grupo
- Exposición de trabajos, lecturas...

### Aclaraciones :

Examen escrito: no menos del 80% de la nota; hay que conseguir al menos 4 puntos sobre 10.  
 Evaluación de trabajos y participación en los seminarios: no más del 20% de la nota.

Convocatoria extraordinaria: examen escrito en el que se preguntará sobre todo el temario de la asignatura. Se puntuará sobre 10 puntos y no se tendrán en cuenta los trabajos realizados a lo largo del curso.

## BIBLIOGRAFIA

### Bibliografía básica

J. A. Facenda y F. J. Freniche, Integración de funciones de varias variables, Pirámide, Madrid, 2002.

### Bibliografía de profundización

J. Cerdà, Análisis real, Universitat de Barcelona, Barcelona, 2000.

G. B. Folland, Real Analysis, John-Wiley-Interscience, New York, 1984.

M. De Guzman y R. Rubio, Integración: teoría y técnicas, Alhambra, Madrid, 1979.

H. L. Royden, Real Analysis, Macmillan, New York, 1963.

W. Rudin, Análisis real y complejo, Alhambra, Madrid, 1979.

E. M. Stein y R. Shakarchi, Real Analysis, Princeton University Press, 2005.

T. Tao, An Introduction to Measure Theory, American Mathematical Society, 2011.

P.L. Ulyánov y M.T. Dyachenko, Análisis real : medida e integración, Addison-Wesley : UAM, 2000.

R. Wheeden y A. Zygmund, Measure and integral, Marcel Dekker, 1977.

### Revistas

### Direcciones de internet de interés

<http://ocw.pucv.cl/cursos-1/teoria-de-la-medida-e-integracion>

<http://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-125-measure-and-integration-fall-2003/>

**ASIGNATURA**

26687 - Topología

Créditos ECTS : 6

**COMPETENCIAS/DESCRIPCION/OBJETIVOS****COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

Conocer y asimilar los conceptos, métodos y resultados básicos (con sus demostraciones) de los espacios topológicos y métricos.

Conocer y saber utilizar los conceptos de continuidad, compacidad y conexión.

Reconocer las estructuras topológicas en ejemplos concretos.

Construir ejemplos de espacios topológicos usando las nociones de subespacio topológico, espacio producto y espacio cociente.

Utilizar la convergencia de sucesiones para estudiar continuidad y compacidad.

**DESCRIPCIÓN**

Estudio de las técnicas y nociones básicas de la topología.

**OBJETIVOS**

Conocer y manejar los conceptos básicos de la Topología.

Aprender a clasificar espacios con herramientas de tipo topológico.

**TEMARIO**

1. ESPACIOS TOPOLÓGICOS: Topología. Conjuntos abiertos y cerrados. Base y subbase de una topología. Entornos. Bases de entornos. Distancia. Espacios métricos. Bolas abiertas y cerradas.

2. CONJUNTOS EN ESPACIOS TOPOLÓGICOS: Interior de un conjunto. Clausura de un conjunto. Puntos de acumulación y puntos aislados. Conjunto derivado. Frontera de un conjunto.

3. CONTINUIDAD: Aplicaciones continuas. Homeomorfismos. Propiedades topológicas. Sucesiones en espacios métricos: convergencia y continuidad secuencial.

4. CONSTRUCCIÓN DE ESPACIOS TOPOLÓGICOS: Subespacios. Aplicaciones combinadas. Embebimientos. Topología producto. Proyecciones. Topología cociente. Identificaciones.

5. COMPACIDAD: Espacios y conjuntos compactos. Productos de espacios compactos. Compacidad secuencial. Compacidad en espacios Hausdorff.

6. CONEXIÓN Y CONEXIÓN POR CAMINOS: Espacios y conjuntos conexos. Componentes conexas. Caminos en un espacio topológico. Conexión por caminos. Componentes conexas por caminos.

**TIPOS DE DOCENCIA**

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno	54	9	27						

**Legenda:**

M: Macistral

S: Seminario

GA: P. de Aula

GL: P. Laboratorio

GO: P. Ordenador

GCL: P. Clínicas

TA: Taller

TI: Taller Ind.

GCA: P. de Campo

**Aclaraciones :****EVALUACION**

- Examen escrito a desarrollar
- Realización de prácticas (ejercicios, casos o problemas)
- Trabajos individuales

**Aclaraciones :**

Examen escrito. (Peso: %85)

Criterios:

- Precisión en los razonamientos y en las definiciones.
- Correcta utilización del lenguaje matemático.
- Método correcto de razonamiento, explicando de una manera clara y ordenada los argumentos y pasos intermedios.

Seminarios (Peso: %5)

Criterios:

- Respuestas correctas y buena utilización del lenguaje matemático.
- Claridad en los argumentos.
- En las exposiciones orales, orden y precisión.

Resolución de problemas escritos (Peso: %10)

Criterios:

- Respuestas correctas y buena utilización del lenguaje matemático.
- Claridad en los argumentos.
- En la entrega de problemas, orden y precisión.

Convocatoria extraordinaria (julio):

La calificación del alumnado que no haya superado previamente los apartados diferentes al examen escrito dependerá únicamente de dicho examen escrito.

## **MATERIALES DE USO OBLIGATORIO**

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Bibliografía básica**

Teoría

R. AYALA, E. DOMINGUEZ y A. QUINTERO; Elementos de Topología General, Addison-Wesley Iberoamericana, 1997.  
J. R. MUNKRES; Topología, Prentice Hall, 2002.  
S. WILLARD; General Topology, Dover Publications Inc, 2004.

Problemas

G. FLEITAS MORALES Y MARGALEF ROIG, Problemas de Topología General, Alhambra, 1980.  
G. FLORY; Ejercicios de Topología y Análisis, Reverté, 1978.  
E.G. MILEWSKI, Problem solvers. Topology, Research & Education Association, 1994.

### **Bibliografía de profundización**

I. ADAMSON; A General Topology Workbook, Birkhäuser, 1995.  
E. BURRONI y J. PENON; La géométrie du caoutchouc. Topologie, Ellipses, 2000.  
L. A. STEEN y J. A. SEEBACH; Counterexamples in Topology, Dover, 1995.  
O. YA. VIRO, O. A. IVANOV, N. YU. NETSVETAEV y V. M. KHARLAMOV; Elementary Topology. Problem Textbook, AMS, 2008.

### **Revistas**

Americal Mathematical Monthly

### **Direcciones de internet de interés**

Topology without tears:  
<http://uob-community.ballarat.edu.au/~smorris/topology.htm>

Topology Atlas:  
<http://at.yorku.ca/topology/>

**ASIGNATURA**

26686 - Ecuaciones Algebraicas

Créditos ECTS : 6

**COMPETENCIAS/DESCRIPCION/OBJETIVOS****COMPETENCIAS ESPECÍFICAS:**

- Saber operar en extensiones de cuerpos sencillas.
- Conocer las propiedades de las extensiones normales y de Galois y saber calcular el grupo de Galois de extensiones sencillas.
- Saber aplicar el teorema fundamental de la teoría de Galois para calcular los subcuerpos intermedios de extensiones sencillas.
- Saber caracterizar las ecuaciones algebraicas resolubles por radicales.

**DESCRIPCIÓN:**

1. El problema de la resolubilidad de las ecuaciones algebraicas.
2. Extensiones de cuerpos.
3. Extensiones normales y extensiones simples.
4. Extensiones de Galois. Aplicaciones (cuerpos finitos, el Teorema Fundamental del Algebra.)
5. Resolubilidad de las ecuaciones algebraicas.

**OBJETIVOS**

Conocer qué es el grupo de Galois de un polinomio y saber calcularlo en casos sencillos. Entender la relación de este grupo con la resolubilidad, o no, por radicales del polinomio.

**TEMARIO**

1. EL PROBLEMA DE LA RESOLUBILIDAD DE LAS ECUACIONES ALGEBRAICAS: Qué es resolver una ecuación algebraica. Resolución por radicales de las ecuaciones de grado menor o igual que 4. Repaso de Anillos de polinomios: divisibilidad y criterios de irreducibilidad. Cuerpos, generalidades. Estructura del Grupo aditivo y del grupo multiplicativo de un cuerpo. Característica de un cuerpo y subcuerpo primo.
2. EXTENSIONES DE CUERPOS: Extensiones de cuerpos. Elementos algebraicos y trascendentes. Extensiones simples, extensiones algebraicas y extensiones finitas. Cuerpo de escisión de un polinomio: existencia y unicidad.
3. EXTENSIONES NORMALES Y EXTENSIONES SEPARABLES: Extensiones normales. Caracterización de las extensiones finitas normales. Extensiones finitas separables: el teorema del elemento primitivo.
4. EXTENSIONES DE GALOIS: Automorfismos de un cuerpo. Extensiones de Galois y grupo de Galois. El teorema fundamental de la teoría de Galois. Aplicaciones (cuerpos finitos, el Teorema Fundamental del Algebra).
5. RESOLUBILIDAD DE LAS ECUACIONES ALGEBRAICAS: Grupos resolubles. El teorema de Galois sobre la resolubilidad por radicales de las ecuaciones algebraicas.

**TIPOS DE DOCENCIA**

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno	54	9	27						

**Legenda:**

M: Maestría

S: Seminario

GA: P. de Aula

GL: P. Laboratorio

GO: P. Ordenador

GCL: P. Clínicas

TA: Taller

TI: Taller Ind.

GCA: P. de Campo

**Aclaraciones :**

Clases magistrales y de problemas de aula. Los alumnos deben participar activamente en el aula resolviendo los problemas propuestos.

**EVALUACION**

- Examen escrito a desarrollar
- Realización de prácticas (ejercicios, casos o problemas)
- Trabajos individuales
- Exposición de trabajos, lecturas...

**Aclaraciones :**

Habrán dos pruebas escritas, una parcial y otra final. En la nota final se tendrá en cuenta el interés y disposición de cada alumno/a para el aprendizaje. La nota final de la asignatura es una suma ponderada de todas las actividades realizadas, como sigue:

- 80% examen final escrito.
- 10% examen parcial escrito.
- 10% prácticas de aula: realización y exposición de ejercicios, problemas, etc. en la pizarra.

Para superar la asignatura, es necesario obtener al menos 4 puntos sobre 10 en el examen escrito final.

En la convocatoria extraordinaria (julio) la calificación de los alumnos dependerá únicamente del examen escrito.

## BIBLIOGRAFIA

### Bibliografía básica

#### BIBLIOGRAFÍA

- 1.- CLARK, A. Elementos de Algebra Abstracta. Alhambra, Madrid, 1979.
- 2.- De VIOLA-PRIOLI, A.M.; VIOLA-PRIOLI, J.E. Teoría de Cuerpos y Teoría de Galois. Reverté, Barcelona, 2006.
- 3.- NAVARRO, G. Un curso de Algebra. Universidad de Valencia, 2002.
- 4.- STEWART, I. Galois Theory. Chapman & Hall, 2nd ed., London, 1989.
- 5.- VERA LÓPEZ, A. Introducción al Algebra, II. Ellacuría, Bilbao, 1986.
- 6.- VERA, A.; VERA, J. Problemas de Algebra, I: Teorías de Grupos y de Cuerpos. AVL, 1995.

### Bibliografía de profundización

- 1.-GARLING, D. J. H. A course in Galois Theory. Cambridge University Press, Cambridge, 1986.
- 2.-HUNGERFORD, T.W. Algebra. Springer-Verlag, New York, 1984.
- 3.-LANG, S. Algebra. 3rd. ed. Springer, 2005.
- 4.-MORANDI, P. Field and Galois Theory, Springer, New York, 1996.
- 5.-VERA, A.; ARREGI, J.M. Problemas de Algebra, II: Teorías de Grupos, Cuerpos y Anillos. AVL, 1989.

### Revistas

### Direcciones de internet de interés

- <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Galois.html>  
<http://mathworld.wolfram.com/topics/AlgebraicEquations.html>

**ASIGNATURA**

26688 - Geometría Global de Curvas y Superficies

**Créditos ECTS :** 6**COMPETENCIAS/DESCRIPCION/OBJETIVOS****COMPETENCIAS**

Establecer las relaciones entre la teoría local y las propiedades globales de las curvas y superficies en  $R^3$ .  
 Asimilar las propiedades y teoremas más destacados.  
 Usar el cálculo diferencial e integral y la topología para el estudio de las propiedades globales de las curvas y superficies.  
 Aplicar las ecuaciones diferenciales y las integrales de línea y de superficie para determinar propiedades globales de curvas y superficies.

**PROGRAMA BREVE**

1. Geometría global de curvas planas y alabeadas.
2. Una caracterización de las superficies compactas orientables.
3. El teorema de Gauss-Bonnet.
4. Rigidez de la esfera.
5. Superficies completas. El teorema de Hopf-Rinow.
6. Técnicas variacionales y aplicaciones geométricas.

**OBJETIVOS**

Usar el Cálculo diferencial e integral y la Topología para el estudio de las propiedades globales de las curvas y superficies.  
 Aplicar las ecuaciones diferenciales y las integrales de línea y de superficie para determinar propiedades globales de curvas y superficies.

**TEMARIO**

1. GEOMETRÍA GLOBAL DE CURVAS PLANAS Y ALABEADAS: Teorema de la curva de Jordan. Desigualdad isoperimétrica. Teorema de los cuatro vértices. Fórmula de Cauchy-Crofton. Teorema de rotación de las tangentes. Teorema de Fenchel. Teorema de Fary-Milnor.
2. UNA CARACTERIZACIÓN DE LAS SUPERFICIES ORIENTABLES: Entornos tubulares. Caracterización de las superficies compactas orientables.
3. EL TEOREMA DE GAUSS-BONNET: Teorema de Gauss-Bonnet local. Característica de Euler-Poincaré. Teorema de Gauss-Bonnet global y aplicaciones.
4. LA RIGIDEZ DE LA ESFERA: Teorema de Liebmann. Fórmulas de Minkowski y Herglotz. Teorema de Cohn-Vossen.
5. SUPERFICIES COMPLETAS. EL TEOREMA DE HOPF-RINOW: Completitud geodésica y completitud métrica. Teorema de Hopf-Rinow.
6. TÉCNICAS VARIACIONALES Y APLICACIONES GEOMÉTRICAS: Primera variación de la longitud de arco, geodésicas. Segunda variación de la longitud de arco, teorema de Bonnet. Campos de Jacobi y puntos conjugados, superficies con curvatura gaussiana no positiva.

**TIPOS DE DOCENCIA**

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno	54	9	27						

**Leyenda:** M: Maestría S: Seminario GA: P. de Aula GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador  
 GCL: P. Clínicas TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

**Aclaraciones :****EVALUACION**

- Examen escrito a desarrollar

**Aclaraciones :**

Convocatorias ordinaria y extraordinaria: examen escrito con preguntas y problemas

**BIBLIOGRAFIA****Bibliografía básica**

- M. P. DO CARMO, Geometría diferencial de curvas y superficies, Alianza Universidad Textos 135, Alianza Editorial, 1990.  
 S. S. CHERN, Curves and Surfaces in Euclidean Spaces, Studies in Global Geometry and Analysis, MAA Studies in Math., The Mathematical Association of America, 1967.  
 L.A. CORDERO, M. FERNÁNDEZ y A. GRAY, Geometría diferencial de curvas y superficies con Matemática®, Addison-Wesley Iberoamericana, 1995.  
 A.F. COSTA, M. GAMBOA y A.M. PORTO, Notas de Geometría diferencial de curvas y superficies, Sanz y Torres, 1996.  
 A.S. FEDENKO, Problemas de geometría diferencial, Editorial MIR, 1991.  
 W. KLINGENBERG, Curso de Geometría diferencial, Alhambra, 1978.  
 R. S. MILLMAN y G. D. PARKER, Elements of Differential Geometry, Prentice Hall Inc., 1977.  
 S. MONTIEL y A. ROS, Curvas y superficies, Proyecto Sur, 1998.  
 A. PRESSLEY, Elementary Differential Geometry, Springer Verlag, 2001.

**SUBJECT**

26688 - Global Geometry of Curves and Surfaces

**Créditos ECTS :** 6**COMPETENCIAS/DESCRIPCION/OBJETIVOS****COMPETENCIES**

Interpreting and understanding the relations amongst local and global properties of curves and surfaces in  $R^3$ .

Manipulating and making use of the main properties and results.

Implementation of Integral and Differential Calculus and Topology processes to infer global properties of curves and surfaces.

Selecting differential equations methods and devising strategies to obtain applications in global properties.

**SHORT PROGRAMME**

1. Global Geometry of curves in the 2 and 3 dimensional euclidean spaces.

2. A characterization of compact orientable surfaces.

3. The Gauss-Bonnet theorem.

4. Rigidity of the sphere.

5. Complete surfaces. The Hopf-Rinow theorem.

6. Geometric applications of Variational techniques.

**GOALS**

Apply standard methods of differential analysis and topology to the study of global properties of curves and surfaces in euclidean spaces.

Use basic techniques of ordinary differential equations to construct appropriate models and solve problems.

**TEMARIO**

1. GLOBAL GEOMETRY OF PLANAR AND SPACE CURVES : Jordan's Theorem for plane curves. Isoperimetric inequality. Four vertex Theorem. Cauchy-Crofton Formula. The Turning Tangent Theorem. Fenchel's Theorem. Fary-Milnor Theorem.
2. A CHARACTERIZATION OF COMPACT ORIENTABLE SURFACES: Tubular neighborhoods. Characterization of compact orientable surfaces.
3. THE GAUSS-BONNET THEOREM: The local Gauss-Bonnet theorem. The Euler-Poincaré number. The global Gauss-Bonnet theorem and applications.
4. RIGIDITY OF THE SPHERE: Theorem of Liebmann. Formulas of Minkowski and Herglotz. Theorem of Cohn-Vossen.
5. COMPLETE SURFACES. THE HOPF-RINOW THEOREM: Geodesic completeness and metric completeness. The Hopf-Rinow theorem.
6. VARIATIONAL TECHNIQUES AND GEOMETRIC APPLICATIONS: First variation of the arc-length: geodesics. Second variation of the arc-length, Bonnet's theorem. Jacobi vector fields and conjugate points. Surfaces with non-positive, gaussian curvature.

**TIPOS DE DOCENCIA**

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno	54	9	27						

**Leyenda:**

M: Maestría

S: Seminario

GA: P. de Aula

GL: P. Laboratorio

GO: P. Ordenador

GCL: P. Clínicas

TA: Taller

TI: Taller Ind.

GCA: P. de Campo

**Aclaraciones :****EVALUACION**

- Examen escrito a desarrollar

**Aclaraciones :**

Ordinary and extraordinary exams: Written exam with questions and problems.

**BIBLIOGRAFIA****Bibliografía básica**

- M. P. DO CARMO, Geometría diferencial de curvas y superficies, Alianza Universidad Textos 135, Alianza Editorial, 1990.
- S. S. CHERN, Curves and Surfaces in Euclidean Spaces, Studies in Global Geometry and Analysis, MAA Studies in Math., The Mathematical Association of America, 1967.
- L.A. CORDERO, M. FERNÁNDEZ y A. GRAY, Geometría diferencial de curvas y superficies con Matemática®, Addison-Wesley Iberoamericana, 1995.
- A.F. COSTA, M. GAMBOA y A.M. PORTO, Notas de Geometría diferencial de curvas y superficies, Sanz y Torres, 1996.
- A.S. FEDENKO, Problemas de geometría diferencial, Editorial MIR, 1991.
- W. KLINGENBERG, Curso de Geometría diferencial, Alhambra, 1978.
- R. S. MILLMAN y G. D. PARKER, Elements of Differential Geometry, Prentice Hall Inc., 1977.
- S. MONTIEL y A. ROS, Curvas y superficies, Proyecto Sur, 1998.
- A. PRESSLEY, Elementary Differential Geometry, Springer Verlag, 2001.

**ASIGNATURA**

26682 - Métodos Numéricos II

**Créditos ECTS :** 6**COMPETENCIAS/DESCRIPCION/OBJETIVOS****COMPETENCIAS ESPECÍFICAS:**

Implementar algoritmos en un lenguaje de programación estructurada.

Usar algoritmos de resolución numérica, programar en ordenador métodos numéricos y aplicarlos de manera efectiva.

Analizar la conveniencia de uno u otro método numérico para un problema concreto.

**DESCRIPCIÓN:**

1. INTRODUCCIÓN A LA INTERPOLACIÓN NUMÉRICA

2. MÉTODOS DE INTEGRACIÓN Y DERIVACIÓN NUMÉRICA

RESOLUCIÓN NUMÉRICA DE ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS:

3. INTRODUCCION

4. MÉTODOS DE UN PASO. R-K.

5. MÉTODOS LINEALES MULTIPASO

6. MÉTODOS EN DIFERENCIAS REGRESIVAS

7. SISTEMAS STIFF

**OBJETIVOS:**

El objetivo fundamental es poder ofrecer una presentación sistemática de algunos de los métodos y técnicas más importantes y básicas del Análisis Numérico, relacionados con la resolución numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias.

Será requisito imprescindible la realización de prácticas de ordenador en algún lenguaje de programación o mediante la utilización de paquetes en los que se manejen y apliquen algunos de los métodos estudiados.

**TEMARIO****TEMAS**

1. INTRODUCCIÓN A LA INTERPOLACIÓN NUMÉRICA: Interpolación polinomial. Interpolación de Lagrange. Interpolación de Hermite. Interpolación racional.

2. MÉTODOS DE INTEGRACIÓN Y DERIVACIÓN NUMÉRICA: Fórmulas de Newton Cotes. Extrapolación de Richardson. Integración de Romberg. Fórmulas de integración general. Cuadratura Gaussiana.

**RESOLUCIÓN NUMÉRICA DE ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS**

3. INTRODUCCION: Reducción de ecuaciones de orden elevado. Ecuaciones en diferencias lineales. El método de Euler.

4. MÉTODOS DE UN PASO: Métodos Runge-Kutta. Estabilidad de los métodos Runge-Kutta.

5. MÉTODOS LINEALES MULTIPASO: Estabilidad de los métodos lineales multipaso; Métodos Predictor-Corrector; Estabilidad de los métodos Predictor-Corrector.

6. MÉTODOS EN DIFERENCIAS REGRESIVAS: Métodos Adams en diferencias regresivas. La fórmula BDF.

7. SISTEMAS STIFF: Interpretación del concepto. Definiciones de estabilidad para sistemas Stiff. Aproximaciones de Pádè de la exponencial. Métodos para sistemas Stiff.

**TIPOS DE DOCENCIA**

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	30	6	9		15				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno	45	9	13,5		22,5				

**Leyenda:**

M: Maestría

S: Seminario

GA: P. de Aula

GL: P. Laboratorio

GO: P. Ordenador

## EVALUACION

- Examen escrito a desarrollar
- Realización de prácticas (ejercicios, casos o problemas)
- Exposición de trabajos, lecturas...

### Aclaraciones :

Examen escrito (65% de la nota)

Prácticas de ordenador (20% de la nota)

Problemas y trabajos (15% de la Nota)

Se podrá exigir una calificación mínima de 4 en el examen escrito para aplicar los porcentajes anteriores.

En la convocatoria extraordinaria se usará el mismo criterio que en la ordinaria.

El hecho de no haber superado las actividades evaluables complementarias al examen escrito no exime al alumnado de demostrar la capacidad y conocimientos para realizar esas actividades, con lo que se podrá proponer una prueba que garantice la evaluación de dichos conocimientos y compute para la nota final en la misma proporción que en la convocatoria ordinaria. La prueba puede ser una exposición oral, una demostración ante un ordenador, la entrega de un trabajo o una descripción escrita de los conocimientos prácticos abordados en las actividades complementarias.

En ciertos casos debidamente justificados el profesor podrá considerar el 100% del examen como único método de evaluación.

## MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

## BIBLIOGRAFIA

### Bibliografía básica

#### BIBLIOGRAFÍA

D. KINCAID Y W. CHENEY: Análisis Numérico. Las matemáticas del cálculo científico. Addison-Wesley Iberoamericana, 1994.

S.D. LAMBERT: Computational Methods in Ordinary Differential Equations, John Wiley & Sons, 1973.

S.D. LAMBERT: Numerical Methods for Ordinary Differential Systems, John Wiley & Sons, 1991.

E. HAIRER Y S.P. NORSETT Y G. WARNER: Solving Ordinary Differential Equations I. Non Stiff Problems, Springer, 1987.

J. STOER Y R. BULIRSCH: Introduction to Numerical Analysis. Springer-Verlag, Inc., 1993.

**ASIGNATURA**

26681 - Modelización Matemática

**Créditos ECTS :** 6**COMPETENCIAS/DESCRIPCION/OBJETIVOS****COMPETENCIAS ESPECÍFICAS:**

Adquirir una visión sobre la capacidad y potencia de las matemáticas para resolver problemas prácticos, sobre sus aplicaciones en ámbitos muy variados.

Desarrollar la capacidad de dar soluciones, de tomar decisiones, de proponer métodos operativos a las otras ciencias e ingenierías.

Proporcionar capacidad para usar las matemáticas. Las matemáticas también son una herramienta que hay que aprender a utilizar.

**DESCRIPCION:**

1. Introducción a la modelización matemática.
2. Matemáticas en la actual sociedad de la información e imagen.
3. Modelos en biología.
4. Modelos de la física.
5. Prácticas.

**OBJETIVOS:**

El objetivo general del curso es promover una reflexión sobre la modelación matemática, sobre las aplicaciones de las matemáticas, sobre usos actuales de las matemáticas, y modelizar, construir modelos matemáticos. En esta asignatura se estudiarán modelos matemáticos de la física y de la biología y aplicaciones de las matemáticas en la actual sociedad de la información y de la imagen. La asignatura también tendrá una vertiente práctica, se propondrán distintas situaciones que habrá que traducir a lenguaje matemático, que habrá que modelizar y luego resolver para obtener una solución. Se entremezclan, pues, cuestiones de carácter general sobre la modelación matemática y el estudio de modelos operativos, con la construcción y análisis de modelos. Se insistirá en que los modelos se justifican por su adecuación con los datos experimentales del fenómeno que describen o por su validez práctica de acuerdo con la necesidad que pretende satisfacer.

También se prestará una especial importancia a los aspectos históricos de la formulación de los distintos modelos matemáticos.

**TEMARIO****1. INTRODUCCIÓN A LA MODELIZACIÓN MATEMÁTICA.****2. MATEMÁTICAS EN LA ACTUAL SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN Y DE LA IMAGEN.**

Matemáticas de Google. Compresión de imágenes. Digitalizar. Códigos correctores. Información segura. Firma digital.

**3. MODELOS EN BIOLOGÍA.**

Modelos de crecimiento de una población. Modelos de interacción entre especies. Modelos referentes a la salud.

**4. MODELOS EN LA FÍSICA.**

Deformaciones de un medio continuo. Leyes de conservación. Introducción a la mecánica de fluidos.

**5. PRÁCTICAS.****TIPOS DE DOCENCIA**

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	30	6	9		15				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno	45	9	13,5		22,5				

**Legenda:**

M: Macistral

S: Seminario

GA: P. de Aula

GL: P. Laboratorio

GO: P. Ordenador

GCL: P. Clínicas

TA: Taller

TI: Taller Ind.

GCA: P. de Campo

**Aclaraciones :**

Los contenidos de la asignatura se desarrollaran en las clases magistrales, complementandose con las clases de problemas donde se plantearan y resolverán casos prácticos. En estas sesiones se divulgarán las ideas y conocimientos necesarios para realizar las prácticas de ordenador y los trabajos individuales que se discutirán en los seminarios. Tanto las sesiones de ordenador como los seminarios serán de asistencia obligatoria.

**EVALUACIÓN**

- Examen escrito a desarrollar
- Realización de prácticas (ejercicios, casos o problemas)
- Trabajos individuales
- Exposición de trabajos, lecturas...

**Aclaraciones :**

Examen escrito: 65%

Realización, redacción y exposición de trabajo individual: 20%

Entrega de ejercicios y participación activa en las diferentes sesiones: 15%

Para aprobar la asignatura será necesario alcanzar una nota de 4.0 en el examen final escrito.

En la convocatoria extraordinaria se usará el mismo criterio que en la ordinaria.

El hecho de no haber superado las actividades evaluables complementarias al examen escrito no exime al alumnado de demostrar la capacidad y conocimientos para realizar esas actividades, con lo que se podrá proponer una prueba que garantice la evaluación de dichos conocimientos y compute para la nota final en la misma proporción que en la convocatoria ordinaria. La prueba puede ser una exposición oral, una demostración ante un ordenador, la entrega de un trabajo o una descripción escrita de los conocimientos prácticos abordados en las actividades complementarias.

En ciertos casos debidamente justificados el profesor podrá considerar el 100% del examen como único método de evaluación.

## **MATERIALES DE USO OBLIGATORIO**

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Bibliografía básica**

M. BRAUN: Differential Equations and Their Applications: An Introduction to Applied Mathematics, 4th ed, Springer, 1992.

L. EDELSTEIN-KESHET: Mathematical Models in Biology, SIAM, 2005.

R. HABERMAN: Mathematical Models: Mechanical Vibrations, Population Dynamics, and Traffic Flow, SIAM, 1998.

P.C. HANSEN, J.G. NAGY Y D.P. OLEARY: Deblurring Images: Matrices, Spectra, and Filtering, SIAM, 2006.

E. KALNAY: Atmospheric Modelling, Data Assimilation and Predictability, Cambridge University Press, 2004.

O. PAPINI Y J WOLFMAN: Algèbre discrète et codes correcteurs, Springer, 1995.

### **Bibliografía de profundización**

[http://calvino.polito.it/fismat/poli/pdf/lecture\\_notes/BnDeDm-LNs.pdf](http://calvino.polito.it/fismat/poli/pdf/lecture_notes/BnDeDm-LNs.pdf)