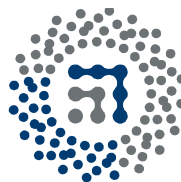




Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea



**ZTF-FCT**

Zientzia eta Teknologia Fakultatea  
Facultad de Ciencia y Tecnología

## Guía del Curso 2014-2015

# GRADO EN MATEMÁTICAS

## Segundo curso, grupo 16

### 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 DE SEGUNDO 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 .....	6
GUÍAS DE ASIGNATURAS .....	10

---

## 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	9 asignaturas obligatorias: <ul style="list-style-type: none"><li>• 1 anual de 12 ECTS</li><li>• 8 semestrales de 6 ECTS</li></ul>	
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 de segundo curso en el contexto del grado***

A partir de segundo curso, todas las asignaturas son específicas para el Grado en Matemáticas. Algunas de ellas constituyen una continuación natural de las desarrolladas en el primer curso y, el resto, corresponden a otras ramas de las matemáticas, iniciando así el estudio de las diferentes especialidades, tanto en matemática pura como 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 del alumnado (PAT) 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 de primero de grado tendrán asignados al comienzo del curso 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 el estudiante se reúna de forma periódica 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. En la página web

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

se puede encontrar la relación de libros disponibles y la forma de solicitar el préstamo de los mismos.

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

En el curso de segundo de grado, los estudiantes pueden optar por cursar las asignaturas “Matemática Discreta” y “Estructuras Algebraicas” en el idioma castellano o en inglés. El horario de estas dos asignaturas en ambas lenguas es el mismo.

## ***Profesorado del grupo***

ASIGNATURA	PROFESORADO	E-mail/teléfono/despacho	DEPARTAMENTO
Cálculo Diferencial e Integral II	Julián Aguirre	<a href="mailto:julian.aguirre@ehu.es">julian.aguirre@ehu.es</a> 94 601 2659 E.P0.22	Matemáticas
	Martín Blas Pérez	<a href="mailto:martinblas.perezpinilla@ehu.es">martinblas.perezpinilla@ehu.es</a> 94 601 5461 E.S1.9	Matemáticas
	Carlota Cuesta	<a href="mailto:carlotamaria.cuesta@ehu.es">carlotamaria.cuesta@ehu.es</a> 94 601 2647 E.P0.7	Matemáticas
Álgebra lineal y Geometría II	Luis Carlos de Andrés	<a href="mailto:luisc.deandres@ehu.es">luisc.deandres@ehu.es</a> 94 601 2513 E.S1.13	Matemáticas
Algebraic Structures	Josu Sangróniz	<a href="mailto:josu.sangroniz@ehu.es">josu.sangroniz@ehu.es</a> 94 601 5460 E.P1.4	Matemáticas
Estructuras Algebraicas	M <sup>a</sup> Lourdes Ortiz de Elguea	<a href="mailto:lourdes.ortizdeelguea@ehu.es">lourdes.ortizdeelguea@ehu.es</a> 94 601 5354 E.P0.3	Matemáticas
	Antonio Vera	<a href="mailto:antonio.vera@ehu.es">antonio.vera@ehu.es</a> 94 601 2520 E.P1.20	Matemáticas
Discrete Mathematics	Silvia Marcaida	<a href="mailto:silvia.marcaida@ehu.es">silvia.marcaida@ehu.es</a> 94 601 2646 E.S1.21	Matemática Aplicada y Estadística e IO
Matemática Discreta	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

ASIGNATURA	PROFESORADO	E-mail/teléfono/despacho	DEPARTAMENTO
Matemática Discreta	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
Métodos Numéricos I	Fernando Vadillo	<a href="mailto:fernando.vadillo@ehu.es">fernando.vadillo@ehu.es</a> 94 601 2503 E.P1.10	Matemática Aplicada y Estadística e IO
Análisis Complejo	Jon González	<a href="mailto:jon.gonzalez@ehu.es">jon.gonzalez@ehu.es</a> 94 601 8302 E.P0.6	Matemáticas
Cálculo de probabilidades	Ana M <sup>a</sup> Valle	<a href="mailto:anamaria.valle@ehu.es">anamaria.valle@ehu.es</a> 94 601 5467 E.S1.22	Matemática Aplicada y Estadística e IO
Curvas y Superficies	M <sup>a</sup> Luisa Fernández	<a href="mailto:marisa.fernandez@ehu.es">marisa.fernandez@ehu.es</a> 94 601 2517 E.S1.12	Matemáticas
	Raúl Ibáñez	<a href="mailto:raul.ibanez@ehu.es">raul.ibanez@ehu.es</a> 94 601 5358 E.S1.2	Matemáticas
	Joseba Santisteban	<a href="mailto:joseba.santisteban@ehu.es">joseba.santisteban@ehu.es</a> 94 601 5359 E.S1.10	Matemáticas
Coordinadora de Segundo Curso	Ana M <sup>a</sup> Valle	<a href="mailto:anamaria.valle@ehu.es">anamaria.valle@ehu.es</a> 94 601 5467 E.S1.22	Matemática Aplicada y Estadística e IO
Coordinadora de Grado	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 2 3
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 16 de 2º del Grado en Matemáticas figura en la siguiente tabla:

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8.40 9.30			M.NUMI(G01)[15]		
9.40 10.30			M.NUMI(G01)[1-13]{1/2} M.NUMI(G02)[1-14]{2/2} M.NUMI(G02)[15]		
10.40 11.30			M.NUMI(G01)[1-13]{1/2} M.NUMI(G02)[1-14]{2/2} M.NUMI(GA1)[15]		
14.00 14.50	ESTRU (T) [1-14] ESTRU(GA1)[15]	M. DISCR (T) [1-15]	M.NUMI(T)[1,2-14{1/2}] M.NUMI(S1)[5-15{1/2}] M.NUMI(GA1)[3]	CALC.II (T) [1-13]{1/2} CALC.II (T)[2] CALC.II(S1)[3-14{2/2}] CALC.II(GA1)[15] ESTRU(S2)[3-15]{2/2}	ALG.II(GA1)[1,6,15] ALG.II(T)[2,4,8-14{1/2}] ALG.II(S1)[3-13{1/2}]
15.00 15.50	M.NUMI (T) [1-15]	ALG.II (T) [1-14] ALG.II (GA1) [15]	M.DISCR(T)[1-2,4,6,10, 14] M.DISCR(GA1)[3,8,12] M.DISCR(S1)[5-15{1/2}] M.NUMI(S2)[5-15{1/2}]	CALC.II(S2)[3-14]{2/2} ESTRU (T)[1-3,13] ESTRU (T)[5-9] {1/2} ESTRU (GA1) [11,15] ESTRU (S1)[3-15]{2/2}	CALC.II (T) [1-11,14] CALC.II (GA1) [12-13,15]
15.55 16.45	ALG.II(T)[1-15]	CALC.II (T) [1-15]	ESTRU (T) [1-14] ESTRU (GA1) [15]	M.DISCR(T)[1-14] M.DISCR(GA1)[15]	M.NUMI (T) [1-14] {2/2} ALG.II (S2) [3-13]{1/2}
17.00 17.50	ALG.II (T) [1] ALG.II (GA) [2-15]	CALC.II (T) [1] CALC.II (GA1) [2-15]	ESTRU (T) [1] ESTRU (GA1) [2-15]	M. DISCR (T) [1] M.DISCR (GA1) [2-15]	M.NUMI(GA1)[1-14]{2/2}

ASIGNATURAS			
Código	Nombre de la asignatura	Abreviatura	Modalidades docentes
26663	Cálculo Diferencial e Integral II	CALC.II	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario (Grupo 1) S2: Seminario (Grupo 2)
26666	Álgebra Lineal y Geometría II	ALG.II	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario (Grupo 1) S2: Seminario (Grupo 2)
26684	Estructuras Algebraicas Algebraic Structures	ESTRU	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario (Grupo 1) S2: Seminario (Grupo 2)
26011	Matemática Discreta Discrete Mathematics	M.DISCR	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario
26667	Métodos Numéricos I	M.NUMI	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario (Grupo 1) S2: Seminario (Grupo 2) GO1: Prácticas de Ordenador (Grupo 1) GO2: Prácticas de Ordenador (Grupo 2)

El horario del segundo cuatrimestre (semanas 16 a 30) para el Grupo 16 de 2º del Grado en Matemáticas figura en la siguiente tabla:

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9.40 10.40		CURV (G02)[18]			
10.40 11.30	CURV (G02) [19,20,27,29]	CURV (G01) [18,19,20,27,29]			
12.00 12.50	CURV (G02) [19,20,27,29]	CURV (G01) [19,20,27,29]			
14.00 14.50	C.PROB (T) [16,17- 29{1/2},30] C.PROB (S1) [18-28] {1/2} A.COMP. (S2) [18-28] {1/2}	CALC.II (T) [16- 24]{1/2} CALC.II(GA1)[30] CALC.II(S1)[17- 23{1/2},25-29] CURV.(S2)[17- 23{1/2},25-29]	CURV (GA1) [21,30] CURV (T)[16-20,22- 29]	CURV (T) [16-28] CURV (GA1) [29,30]	C.PROB (T) [16-29] C.PROB (GA1) [30]
15.00 15.50	A.COMP (T) [16-17,18- 28{2/2},29-30] A.COMP(S1)[18- 28]{1/2} C.PROB(S2)[18- 28]{1/2}	CURV (GA1) [16, 30] CURV(T) [18- 24]{1/2} CURV (S1) [17- 23{1/2}, 25-29] CALC.II(S2)[17- 23{1/2},25-29]	C.PROB (T) [16- 26{1/2},30] C.PROB (GA1) [17- 29{1/2}] C.PROB(G01)[28]	CALC.II (T) [16,18,30] CALC.II (GA1) [19-29]	CALC.II (T) [16-29] CALC.II (GA1) [30]
15.55 16.45	CURV(T)[16-30]	A. COMP (T) [16-30]	CALC.II(T) [16-30]	CURV(GA1)	C.PROB (GA1) [16- 26,28,30] C.PROB (G01)[27,29]
17.00 17.50	CALC.II (T) [16-30]	A.COMP (T) [16] A.COMP (GA1) [17- 30]	CALC.II(T) [16] CALC.II (GA1) [17-30]	A.COMP (T) [16,18- 26,28] A.COMP (GA1) [17,27,29,30]	
17.55 18.45	CURV(GA1) [18- 24{1/2},29,30]				

ASIGNATURAS			
Código	Nombre de la asignatura	Abreviatura	Modalidades docentes
26663	Cálculo Diferencial e Integral II	CALC.II	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Primer grupo de Seminario S2: Segundo grupo de Seminario
26683	Análisis Complejo	A.COMP	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario

ASIGNATURAS			
Código	Nombre de la asignatura	Abreviatura	Modalidades docentes
26689	Cálculo de Probabilidades	C.PROB	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario GO1: Prácticas de Ordenador
26693	Curvas y Superficies	CURV	T: Teoría GA1: Prácticas de Aula S1: Seminario (Grupo 1) S2: Seminario (Grupo 2) GO1: Prácticas de Ordenador (Grupo 1) GO2: Prácticas de Ordenador (Grupo 2)

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 la semana  $x_1$  a la semana  $x_2$  ambas 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  $x_2$ .

A cada alumno se le asignará un grupo de seminario ó práctica de ordenador en aquellas asignaturas que tengan más de un grupo de una modalidad docente. La distribución realizada se publicará al inicio de cada cuatrimestre.

ASIGNATURA		
26663 - Cálculo Diferencial e Integral II	Créditos ECTS :	15

### COMPETENCIAS/DESCRIPCION/OBJETIVOS

#### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

Comprender los conceptos métricos y topológicos básicos del espacio euclídeo  $n$ -dimensional.  
Comprender los conceptos de continuidad y diferenciabilidad de funciones de varias variables.  
Saber las técnicas del cálculo de derivadas de funciones de varias variables, derivadas parciales, derivadas direccionales y regla de la cadena.  
Saber aplicar los teoremas de la función implícita y función inversa en diferentes cálculos.  
Conocer las técnicas del cálculo de extremos (absolutos y relativos) de funciones de varias variables.  
Saber plantear y resolver integrales de Riemann de funciones de varias variables, integrales de línea y de superficie, así como conocer sus aplicaciones geométricas y físicas.  
Conocer el significado geométrico y físico de los teoremas vectoriales para el cálculo de integrales de línea y superficie.  
Calcular series de Fourier de funciones elementales y conocer sus propiedades y sus tipos de convergencia.

#### DESCRIPCIÓN

1. Espacios euclídeos.
2. Continuidad de funciones de varias variables.
3. Diferenciación de funciones de varias variables.
4. Introducción a los espacios métricos.
5. Sucesiones y series de funciones.
6. Integración múltiple.
7. Teorema de Fubini y cambio de variable.
8. Cálculo diferencial de funciones vectoriales.
9. Integración de funciones vectoriales.
10. Series de Fourier.

#### OBJETIVOS

Estudiar las propiedades de continuidad, diferenciabilidad e integración de funciones de varias variables y sus aplicaciones, así como el cálculo vectorial de funciones vectoriales. Se trata también en este curso una pequeña introducción a las series de Fourier.

### TEMARIO

1. ESPACIOS EUCLÍDEOS: Producto escalar, norma, desigualdad de Cauchy-Schwarz. Teoremas de Cantor, de Bolzano y de Heine-Borel. Sucesiones en  $\mathbb{R}^n$ , convergencia, teorema de Bolzano-Weierstrass, sucesión de Cauchy, teorema de Cauchy.
2. FUNCIONES CONTINUAS: Funciones en  $\mathbb{R}^n$ , gráficas, curvas de nivel, límites, límites direccionales, límites iterados. Funciones continuas, propiedades elementales. Funciones lineales, caracterización matricial. Continuidad. Norma en  $L(\mathbb{R}^n, \mathbb{R}^m)$ . Propiedades globales de la continuidad, conservación de la compacidad y la conexión, continuidad de la función inversa, continuidad uniforme.
3. DIFERENCIACIÓN: Derivadas direccionales y parciales, matriz jacobiana, condiciones de existencia de la diferencial, regla de la cadena. Teoremas del valor medio. Derivadas parciales de orden superior, hessiano, polinomio de Taylor. Teorema de la función inversa, teorema de la función implícita, teoremas de parametrización y del rango. Extremos locales y condicionados: multiplicadores de Lagrange.
4. INTRODUCCIÓN A LOS ESPACIOS MÉTRICOS: Distancia, convergencia de sucesiones, criterio de Cauchy, espacios completos. Conjuntos abiertos y cerrados. Continuidad. Compacidad.
5. SUCESIONES Y SERIES DE FUNCIONES: Convergencia puntual y uniforme, norma uniforme, criterio de Cauchy de convergencia uniforme, criterio de Weierstrass, sucesiones de funciones continuas. Teoremas de aproximación: Bernstein, Weierstrass, Stone-Weierstrass. Teorema de Ascoli-Arzelà.
6. INTEGRACIÓN: Sumas de Riemann, definición de integral, contenido y medida cero, criterio de Cauchy, existencia de la integral, contenido e integral, teorema de valor medio.
7. TEOREMA DE FUBINI Y CAMBIO DE VARIABLE: Integrales iteradas, teorema de Fubini, transformación de conjuntos, transformación por aplicaciones lineales y no lineales, cambio de variable, coordenadas polares, esféricas y cilíndricas.
8. CÁLCULO DIFERENCIAL DE FUNCIONES VECTORIALES: Definición de campo vectorial, línea de flujo, gradiente.

divergencia y rotacional. Curvas en el espacio euclídeo, tangente y longitud de arco.

9. INTEGRACIÓN DE FUNCIONES VECTORIALES: Integrales curvilíneas. Integral de trayectoria, curvas orientadas, integral de línea, cambio de parametrización. Superficies parametrizadas, área, integral de superficie de funciones escalares, superficies orientadas, integral de superficie de funciones vectoriales. Teoremas de Green, de la divergencia y de Stokes. Campos conservativos.

10. SERIES DE FOURIER: Coeficientes de Fourier, ortogonalidad de senos y cosenos, desigualdad de Bessel.

Convergencia puntual: núcleo de Dirichlet, lema de Riemann-Lebesgue. Aplicación a funciones particulares. Convergencia uniforme. Derivación e integración término a término.

#### TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	90	15	45						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno	135	22,5	67,5						

**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 :

#### EVALUACION

- Examen escrito a desarrollar
- Trabajos individuales

#### Aclaraciones :

Convocatoria ordinaria  
=====

\* Por parciales

Un examen parcial del primer cuatrimestre 32%; Un examen parcial del segundo cuatrimestre 48%; Trabajos individuales 20%.

\* Mediante examen final

Examen final de la asignatura 80%. Trabajos individuales 20%.

Convocatoria extraordinaria  
=====

Examen final de la asignatura 80%. Trabajos individuales 20%.

#### MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

#### BIBLIOGRAFIA

##### Bibliografía básica

T.M. APOSTOL, Análisis Matemático, 2ª edición, Ed. Reverté, Barcelona, 1977.  
R.G. BARTLE, Introducción al Análisis Matemático, E. Limusa, México, 1980.  
F. BOMBAL, L. RODRIGUEZ. G. VERA, Problemas de Análisis Matemático. V. 1,2.  
W.H. FLEMING, Funciones de varias variables, Ed. CECSA, México. 1969.  
J.E. MARSDEN y M.J. HOFFMAN, Análisis clásico elemental, Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, 1998  
J.E. MARSDEN y A. TROMBA, Cálculo Vectorial, Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, Buenos Aires, 1991.  
J.M. MAZON, Cálculo diferencial: teoría y problemas, McGraw-Hill, 1997.  
M. SPIVAK, Cálculo en variedades, Ed. Reverté, Barcelona, 1979.

##### Bibliografía de profundización

W. RUDIN, Principios de Análisis Matemático, McGraw-Hill, 1980  
T. TAO, Analysis I, II, Hindustan Book Agency, 2006

##### Direcciones de internet de interés

Mathematical Tripos: IA Vector Calculus: [http://www.damtp.cam.ac.uk/user/sjc1/teaching/VC\\_2000.pdf](http://www.damtp.cam.ac.uk/user/sjc1/teaching/VC_2000.pdf)  
Lectures on Integration of Several Variables: [www.physics.nus.edu.sg/~phyteoe/mm4/m252.ps](http://www.physics.nus.edu.sg/~phyteoe/mm4/m252.ps)

**ASIGNATURA**

26666 - Álgebra Lineal y Geometría II

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

Saber trabajar en los espacios vectoriales cociente (bases, subespacios, aplicaciones lineales, etc.)

Ser capaz de obtener la forma canónica de Jordan de una matriz y comprender su significado.

Comprender la relación entre un espacio vectorial y su espacio dual.

Entender la noción de producto tensorial y saber operar tensores.

Conocer los elementos básicos de los espacios afines euclídeos y saber resolver los problemas principales que se plantean en ellos.

Saber obtener la forma canónica de una isometría. En particular, saber clasificarlas y describirlas en dimensión 2 y 3.

Comprender la noción de puntos del infinito y saber operar con coordenadas homogéneas en el espacio proyectivo.

Saber clasificar cónicas y cuádricas y calcular sus principales elementos.

Ser capaz de resolver problemas de determinación de cónicas.

**DESCRIPCIÓN**

1. Espacio vectorial cociente.

2. Triangularización y forma canónica de Jordan.

3. Espacio dual.

4. Espacios afines euclídeos.

5. Espacios proyectivos.

6. Cónicas y cuádricas.

**OBJETIVOS**

El objetivo de la asignatura es profundizar en algunos de temas de álgebra lineal y geometría tratados más superficialmente en la asignatura Álgebra lineal y Geometría I (formas canónicas, geometría afín, euclídea y proyectiva, cónicas y cuádricas).

**TEMARIO**

1. ESPACIO VECTORIAL COCIENTE: Espacio vectorial cociente. Bases y dimensión. Teorema de isomorfía para espacios vectoriales.

2. TRIANGULARIZACIÓN Y FORMA CANÓNICA DE JORDAN: Endomorfismos y matrices triangularizables. Subespacios fundamentales generalizados. Obtención de la forma canónica de Jordan. Teorema de Cayley-Hamilton. Polinomio mínimo.

3. ESPACIO DUAL: Espacio dual. Bases duales. Aplicación dual. Ortogonalidad. Introducción al Álgebra tensorial.

4. ESPACIOS AFINES EUCLÍDEOS: Espacios euclídeos: ortogonalidad y dualidad. Espacios afines. Subespacios afines. Sistemas de referencia afín. Coordenadas baricéntricas. Convexidad. Aplicaciones afines. Espacios afines euclídeos. Subespacios afines ortogonales. Clasificación de isometrías.

5. ESPACIOS PROYECTIVOS: Espacios proyectivos. Coordenadas homogéneas. Subespacios proyectivos. Espacio proyectivo dual. Homografías. Puntos e hiperplanos dobles. Tipos fundamentales de homografías.

6. CÓNICAS Y CUÁDRICAS: Clasificación afín, proyectiva y métrica de las cónicas y cuádricas. Haces.

**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: Magistral

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 :****EVALUACIÓN**

- Examen escrito a desarrollar
- Trabajos individuales
- Trabajos en grupo

**Aclaraciones :**

CONVOCATORIA ORDINARIA

Examen escrito: 80%

Trabajos individuales y/o en grupo: 20%

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

La calificación de los alumnos que no hayan superado previamente los apartados diferentes al examen escrito, dependerá únicamente de dicho examen escrito.

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

M. CASTELLET e I. LLERENA, Álgebra Lineal y Geometría, Reverté, 2000.

I.M. GUELFAND, Lecciones de Álgebra Lineal, Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco, 1986.

E. HERNÁNDEZ, Álgebra y Geometría, Addison Wesley, 1999.

J. IKRAMOV, Problemas de Álgebra Lineal, Mir, 1990.

I.V. PROSKURIAKOV, Problemas de Álgebra Lineal, Mir, 1986.

**Bibliografía de profundización**

W. H. GREUB, Linear Algebra, Springer-Verlag, 1981.

S. LANG, Linear Algebra 3rd. ed., Springer-Verlag, 1987.

**Revistas****Direcciones de internet de interés**

[http://www.aq.upm.es/Departamentos/Matematicas/erosado/Apuntes\\_08.pdf](http://www.aq.upm.es/Departamentos/Matematicas/erosado/Apuntes_08.pdf)

**SUBJECT**

26684 - Algebraic Structures

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

Understand what an abstract group is from known examples of groups in other courses: groups of numbers, residue classes, matrices, etc.

Know the basic concepts in group theory (subgroups, normal subgroups, factor groups, homomorphisms,...).

Know how to operate with elements in some important groups (cyclic groups, direct products, permutation groups,...) and their main properties.

Understand the basic concepts in the theory of rings and fields (subrings, ideals, quotients, homomorphisms, field characteristic, field of fractions,...).

Understand the properties of divisibility of univariate polynomials and, in particular, the use of the main irreducibility criteria.

**DESCRIPTION**

1. Groups. Fundamentals.
2. Normal subgroups and group quotients.
3. Group homomorphisms.
4. Cyclic and abelian groups.
5. Symmetric groups.
6. Rings and fields.
7. Univariate polynomials.

**OBJECTIVES**

Introduce the main algebraic structures (groups, rings and fields), the concepts related to them and their main properties.

**TEMARIO**

1. GROUPS. FUNDAMENTALS: Concept of group. Examples (groups of numbers,  $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$  and its units, groups of matrices, groups of symmetries,...). Subgroups. Subgroup generated by a set. Cosets and index of a subgroup. Lagrange's Theorem. Products of subgroups. The order of an element. Cyclic groups.

2. NORMAL SUBGROUPS AND GROUP QUOTIENTS: Conjugacy and its properties. Normal subgroups. Construction of group quotients. Subgroups of a group quotient.

3. GROUP HOMOMORPHISMS: Group homomorphisms. The kernel and the image of a group homomorphism. Isomorphic groups. The Isomorphism Theorems.

4. CYCLIC AND ABELIAN GROUPS: The subgroups of a cyclic group. Direct products. Classification of the abelian finite groups. Classification of some groups of small order.

5. THE SYMMETRIC GROUP: Permutations, decomposition in disjoint cycles. Signature. The symmetric and alternating groups. Conjugacy in the symmetric group. Cayley's Theorem. Simplicity of the alternating groups.

6. RINGS AND FIELDS: Rings and fields, first properties. Characteristic and prime field. Integral domains. The field of fractions of an integral domain. Subrings, ideals and ring homomorphisms. Maximal ideals and fields. The Chinese Remainder Theorem.

7. UNIVARIATE POLYNOMIALS: Factorization of univariate polynomials. Irreducibility criteria. Quotients of polynomial rings. Finite fields.

**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 :**

Masterclasses and problem sessions. Students must participate actively in class solving the proposed problems.

**EVALUACION**

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

**Aclaraciones :****ORDINARY EXAMINATION:**

There will be two written exams: one partial and one final. The final mark will take into account the student's attitude in his/her learning process. It will be calculated averaging the marks in the different activities according to the following weights:

- 60-70% final written exam.
- 10% partial written exam.
- 20-30% classroom work and individual or group homework.

To pass the course a mark of at least 4 points out of 10 in the final exam is required.

**EXTRAORDINARY EXAMINATION:**

- 100% final written exam.

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

- J.D. DIXON, Problems in Group Theory. Dover, 1973.  
S. LANG, Undergraduate Algebra, 2nd ed. Springer, New York, 2001.  
G. NAVARRO, Un curso de álgebra. Universidad de Valencia, 2002.  
A. VERA; F. VERA, Introducción al Álgebra, I. Ellacuría, Bilbao, 1984.  
A. VERA; F. VERA, Aljébrarako Sarrera, I. Ellacuría, 1991.  
A. VERA; J. VERA, Problemas de Álgebra, I: Teorías de Grupos y de Cuerpos. AVL, 1995.

**Bibliografía de profundización**

- J.F. HUMPHREYS, A Course in Group Theory. Oxford University Press, 1996.  
I.M. ISAACS, Algebra. A Graduate Course. Brooks/Cole Publishing Company, Pacific Grove, California, 1994.  
H. KURZWEIL; B. Stellmacher, The Theory of Finite Groups. An Introduction. Universitext, Springer, New York, 2004.  
J.S. ROSE, A course on Group Theory. Cambridge University Press, 1978.

**Revistas****Direcciones de internet de interés**

- <http://mathworld.wolfram.com/topics/GroupTheory.html>  
[http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/HistTopics/Development\\_group\\_theory.html](http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/HistTopics/Development_group_theory.html)  
<http://www.springerlink.com/content/u503q3/>

**ASIGNATURA**

26684 - Estructuras Algebraicas

Créditos ECTS : 6

**COMPETENCIAS/DESCRIPCION/OBJETIVOS****COMPETENCIAS ESPECIFICAS**

Entender el concepto abstracto de grupo a partir de los ejemplos vistos en otras asignaturas: grupos de números, de clases de restos, de matrices, etc.

Conocer los conceptos básicos de la teoría de grupos (subgrupos, subgrupos normales, cocientes, homomorfismos,...).

Saber operar con algunos grupos importantes (cíclicos, productos directos, simétricos,...) y conocer sus principales propiedades.

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 indeterminada y, en particular, saber aplicar los principales criterios de irreducibilidad.

**DESCRIPCIÓN**

1. Grupos. Generalidades.
2. Subgrupos normales y grupos cocientes.
3. Homomorfismos de grupos.
4. Grupos cíclicos y abelianos.
5. El grupo simétrico.
6. Anillos y cuerpos.
7. Polinomios en una indeterminada.

**OBJETIVOS**

Introducir las principales estructuras algebraicas (grupos, anillos y cuerpos) junto con sus conceptos y propiedades fundamentales.

**TEMARIO**

1. GRUPOS. GENERALIDADES: Concepto de grupo. Ejemplos (grupos de números,  $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$  y sus unidades, grupos de matrices, grupos de simetrías,...). Subgrupos. Subgrupo generado por un subconjunto. Cocientes e índice de un subgrupo. Teorema de Lagrange. Producto de subgrupos. Orden de un elemento. Grupos cíclicos.

2. SUBGRUPOS NORMALES Y GRUPOS COCIENTE: La conjugación y sus propiedades. Subgrupos normales. Construcción del grupo cociente. Subgrupos del grupo cociente.

3. HOMOMORFISMOS DE GRUPOS: Homomorfismos de grupos. Núcleo e imagen de un homomorfismo. Grupos isomorfos. Los teoremas de isomorfía.

4. GRUPOS CÍCLICOS Y ABELIANOS: Subgrupos de los grupos cíclicos. Productos directos. Clasificación de los grupos abelianos finitos. Clasificación de algunos grupos de orden bajo.

5. EL GRUPO SIMÉTRICO: Permutaciones, descomposición en ciclos disjuntos. Signatura. Grupos simétrico y alternado. Conjugación en el grupo simétrico. El teorema de Cayley. Simplicidad de los grupos alternados.

6. ANILLOS Y CUERPOS: Anillos y cuerpos, primeras propiedades. Característica y subcuerpo primo. Dominios de integridad. Cuerpo de cocientes de un dominio de integridad. Subanillos, ideales y homomorfismos de anillos. Ideales maximales y cuerpos. El teorema chino de los restos.

7. POLINOMIOS EN UNA INDETERMINADA: Factorización de polinomios en una indeterminada. Criterios de irreducibilidad. Cocientes de los anillos de polinomios. Cuerpos finitos.

**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: Magistral S: Seminario GA: P. de Aula GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador

**Aclaraciones :**

Clases magistrales y de problemas de aula. Los alumnos deben participar activamente en clase resolviendo los problemas planteados.

**EVALUACION**

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

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

Habrá 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:

- 60-70% examen escrito final.
- 10% examen escrito parcial.
- 20-30% prácticas de aula, trabajos individuales y/o en grupo.

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

**CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA:**

- 100% examen escrito final.

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

- J.D. DIXON, Problems in Group Theory. Dover, 1973.  
S. LANG, Undergraduate Algebra, 2nd ed. Springer, New York, 2001.  
G. NAVARRO, Un curso de  lgebra. Universidad de Valencia, 2002.  
A. VERA; F. VERA, Introducción al  lgebra, I. Ellacuría, Bilbao, 1984.  
A. VERA; F. VERA,  lgebrarako Sarrera, I. Ellacuría, 1991.  
A. VERA; J. VERA, Problemas de  lgebra, I: Teorías de Grupos y de Cuerpos. AVL, 1995.

**Bibliografía de profundización**

- J. F. HUMPHREYS, A Course in Group Theory. Oxford University Press, 1996.  
I. M. ISAACS, Algebra. A Graduate Course. Brooks/Cole Publishing Company, Pacific Grove, California, 1994.  
H. KURZWEIL; B. Stellmacher, The Theory of Finite Groups. An Introduction. Universitext, Springer, New York, 2004.  
J.S. ROSE, A course on Group Theory. Cambridge University Press, 1978.

**Revistas****Direcciones de internet de interés**

- <http://mathworld.wolfram.com/topics/GroupTheory.html>  
[http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/HistTopics/Development\\_group\\_theory.html](http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/HistTopics/Development_group_theory.html)  
<http://www.sorinaerlink.com/content/u503a3/>

**SUBJECT**

26011 - Discrete Mathematics

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

To be familiarized with the main types of mathematical proof and with the techniques of solving problems (observation-conjecture-proof).

To know and use properly the basic elements of the set theory.

To know how to solve combinatorial problems using basic techniques, generating functions and recurrence relations.

To be familiarized with combinatorial identities and the main families of numbers with combinatorial meaning.

To know the concepts, techniques and basic results of the graph theory and to be familiarized with some of its multiple applications.

**DESCRIPTION**

1. Basic combinatorics.

2. Combinatorial identities.

3. Generating functions and recurrence relations.

4. Main families of numbers.

5. Graphs.

**OBJECTIVES**

To present the main combinatorial techniques, the main families of numbers with combinatorial meaning, and the graphs with their multiple applications.

**TEMARIO**

1. BASIC COMBINATORICS: Basic resources in the combinatorial reasoning. The principle of inclusion and exclusion. The pigeonhole principle.

2. COMBINATORIAL IDENTITIES: Binomial and multinomial coefficients. Binomial and multinomial formulae. Related identities.

3. GENERATING FUNCTIONS AND RECURRENCE RELATIONS: Generating function of a sequence of numbers. Applications to combinatorial problems. Recurrence relations and combinatorial problems. Recurrence relations and generating functions. Obtaining the general term.

4. MAIN FAMILIES OF NUMBERS: Numbers of Fibonacci. Numbers of Catalan. Numbers of Bell. Numbers of Stirling. Numbers of Euler.

5. GRAPHS: Basic concepts. Paths. Distances. Trees. Planar graphs. Coloring.

**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 :**

Exam (80%), tasks (20%).

The minimum grade required to pass is 5 points (over 10) provided that at least 4 points (over 10) are gotten in the exam.

The grade obtained in the tasks might be kept for the "July call" (convocatoria extraordinaria). Grades will never be kept from one year to another.

**MATERIALES DE USO OBLIGATORIO**

## BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía básica

- D.I.A. COHEN, Basic Techniques of Combinatorial Theory, Wiley, New York, 1978.  
J.M. HARRIS, J.L. HIRST, M.J. MOSSINGHOFF, Combinatorics and Graph Theory, Springer, New York, 2008.  
N. HARTSFIELD, G. RINGEL, Pearls in Graph Theory, Dover, New York, 1994.  
R.L. GRAHAM, D.E. KNUTH, O. PATASHNIK, Concrete Mathematics, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1994.

### Bibliografía de profundización

- V.K. BALAKRISHNAN, Combinatorics, Schaum's Outline Series, McGraw-Hill, 1995.  
R.C. BOSE, B. MANVEL, Introduction to Combinatorial Theory, Wiley, New York, 1984.  
F. GARCIA MERAYO, Matemática Discreta, Paraninfo, Madrid, 2001.  
J. HEBER NIETO SAID, Teoría Combinatoria, La Universidad del Zulia, 1996. <http://www.jhnieto.org/tc.pdf>  
D.A. MARCUS, Combinatorics: A Problem Oriented Approach, The Mathematical Association of America, 1998.  
R. J. TRUDEAU, Introduction to Graph Theory, Dover Publications, Inc, Nueva York, 1993.  
N. Ya. VILENKIN, Combinatorics, Academic Press, New York, 1971.  
H.S. WILF, Generatingfunctionology, Academic Press, Boston, 1990. <http://www.math.upenn.edu/~wilf/gfology2.pdf>

### Revistas

- The Electronic Journal of Combinatorics <http://www.combinatorics.org/>  
The Fibonacci Quarterly <http://www.fq.math.ca/>

### Direcciones de internet de interés

- Combinatorics <http://mathworld.wolfram.com/topics/Combinatorics.html>  
Pascal triangle [http://en.wikipedia.org/wiki/Pascal%27s\\_triangle](http://en.wikipedia.org/wiki/Pascal%27s_triangle)  
Pigeon principle [http://www.cut-the-knot.org/do\\_you\\_know/pigeon.shtml](http://www.cut-the-knot.org/do_you_know/pigeon.shtml)  
Fibonacci numbers <http://www.maths.surrey.ac.uk/hosted-sites/R.Knott/Fibonacci/>  
Catalan numbers <http://mathforum.org/advanced/robertd/catalan.html>  
Stirling Number of the First Kind <http://mathworld.wolfram.com/StirlingNumberoftheFirstKind.html>  
Stirling Number of the Second Kind <http://mathworld.wolfram.com/StirlingNumberoftheSecondKind.html>  
The Encyclopedia of Integer Sequences <http://oeis.org/>  
Graphs [http://en.wikipedia.org/wiki/Graph\\_theory](http://en.wikipedia.org/wiki/Graph_theory)

**ASIGNATURA**

26011 - Matemática Discreta

Créditos ECTS : 6

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

Estar familiarizado con los principales tipos de demostración matemática y las técnicas de resolución de problemas (observación-conjetura-demostración).

Conocer y manejar los elementos básicos de la teoría de conjuntos.

Saber resolver problemas combinatorios utilizando técnicas básicas, funciones generatrices y recurrencias.

Estar familiarizado con identidades combinatorias y las principales familias de números que tienen significado combinatorio.

Conocer los conceptos, técnicas y resultados básicos de la teoría de grafos y estar familiarizado con algunas de sus múltiples aplicaciones.

**DESCRIPCIÓN**

1. Combinatoria básica.

2. Identidades combinatorias.

3. Funciones generatrices y recurrencias.

4. Familias importantes de números.

5. Grafos.

**OBJETIVOS**

Presentar las principales técnicas de combinatoria enumerativa, las principales familias de números con significado combinatorio, y los grafos y sus múltiples aplicaciones.

**TEMARIO**

1. COMBINATORIA BÁSICA: Recursos básicos del razonamiento combinatorio. Principio de inclusión-exclusión.

Principio del palomar.

2. IDENTIDADES COMBINATORIAS: Coeficientes binomiales y multinomiales. Fórmulas del binomio y el multinomio.

Identidades relacionadas.

3. FUNCIONES GENERATRICES Y RECURRENCIAS: Función generatriz de una sucesión numérica. Aplicaciones a problemas combinatorios. Recurrencias y problemas combinatorios. Recurrencias y funciones generatrices. Obtención del término general.

4. FAMILIAS IMPORTANTES DE NÚMEROS: Números de Fibonacci. Números de Catalan. Números de Bell. Números de Stirling. Números de Euler.

5. GRAFOS: Conceptos introductorios. Caminos. Distancias. Árboles. Planaridad. Coloraciones.

**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 :**

Examen teórico-práctico (80%), prácticas y trabajos (20%).

Se requiere una nota mínima de un 5 (sobre 10) para aprobar la asignatura siempre y cuando se alcance al menos un 4 (sobre 10) en el examen teórico-práctico.

Para la convocatoria extraordinaria se podrá guardar la nota de prácticas y trabajos de ese curso. En ningún caso se

guardarán notas de un curso para cursos posteriores.

## MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

### BIBLIOGRAFIA

#### Bibliografía básica

- D.I.A. COHEN, Basic Techniques of Combinatorial Theory, Wiley, New York, 1978.  
J.M. HARRIS, J.L. HIRST, M.J. MOSSINGHOFF, Combinatorics and Graph Theory, Springer, New York, 2008.  
N. HARTSFIELD, G. RINGEL, Pearls in Graph Theory, Dover, New York, 1994.  
R.L. GRAHAM, D.E. KNUTH, O. PATASHNIK, Concrete Mathematics, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1994.

#### Bibliografía de profundización

- V.K. BALAKRISHNAN, Combinatorics, Schaum's Outline Series, McGraw-Hill, 1995.  
R.C. BOSE, B. MANVEL, Introduction to Combinatorial Theory, Wiley, New York, 1984.  
F. GARCIA MERAYO, Matemática Discreta, Paraninfo, Madrid, 2001.  
J. HEBER NIETO SAID, Teoría Combinatoria. La Universidad del Zulia, 1996. <http://www.jhnieto.org/tc.pdf>  
D.A. MARCUS, Combinatorics: A Problem Oriented Approach, The Mathematical Association of America, 1998.  
R. J. TRUDEAU, Introduction to Graph Theory, Dover Publications, Inc, Nueva York, 1993.  
N. Ya. VILENKIN, Combinatorics, Academic Press, New York, 1971.  
H.S. WILF, Generatingfunctionology, Academic Press, Boston, 1990. <http://www.math.upenn.edu/~wilf/gfology2.pdf>

#### Revistas

- The Electronic Journal of Combinatorics <http://www.combinatorics.org/>  
The Fibonacci Quarterly <http://www.fq.math.ca/>

#### Direcciones de internet de interés

- Combinatoria <http://mathworld.wolfram.com/topics/Combinatorics.html>  
Triangulo de Pascal [http://en.wikipedia.org/wiki/Pascal%27s\\_triangle](http://en.wikipedia.org/wiki/Pascal%27s_triangle)  
Principio del palomar [http://www.cut-the-knot.org/do\\_you\\_know/pigeon.shtml](http://www.cut-the-knot.org/do_you_know/pigeon.shtml)  
Numeros de Fibonacci <http://www.maths.surrey.ac.uk/hosted-sites/R.Knott/Fibonacci/>  
Numeros de Catalan <http://mathforum.org/advanced/robertd/catalan.html>  
Numero de Stirling de primer orden <http://mathworld.wolfram.com/StirlingNumberoftheFirstKind.html>  
Numero de Stirling de segundo orden <http://mathworld.wolfram.com/StirlingNumberoftheSecondKind.html>  
Enciclopedia de Números Enteros <http://oeis.org/>  
Grafos [http://en.wikipedia.org/wiki/Graph\\_theory](http://en.wikipedia.org/wiki/Graph_theory)

**ASIGNATURA**

26667 - Métodos Numéricos I

**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.

Evaluar los resultados obtenidos y obtener conclusiones después de un proceso de cómputo.

**DESCRIPCIÓN**

1. Introducción al Cálculo Numérico.

2. Nociones básicas de MATLAB.

3. Resolución de sistemas de ecuaciones lineales.

4. Resolución de ecuaciones y sistemas no lineales.

**OBJETIVOS**

Explicar al alumno que aprender Matemáticas no sólo es adquirir conocimientos, sino también resolver problemas porque puede haber Matemáticas sin teoremas mas no sin problemas.

Ofrecer una presentación sistemática de algunos de los métodos y técnicas básicas del Análisis Numérico, relacionados con la resolución numérica de sistemas de ecuaciones.

Enseñar al alumno a convivir con el error y la importancia del costo operativo y eficiencia de los algoritmos.

Enseñar al alumno algún lenguaje de programación científica, para este curso hemos elegido MATLAB.

**TEMARIO**

1. INTRODUCCIÓN AL CÁLCULO NUMÉRICO: Aritmética del ordenador y propagación de errores.

2. NOCIONES BÁSICAS DE MATLAB.

3. RESOLUCIÓN DE SISTEMAS DE ECUACIONES LINEALES: Métodos directos. Métodos de mínimos cuadrados y sistemas sobredeterminados.

4. RESOLUCIÓN DE ECUACIONES Y SISTEMAS NO LINEALES: Los métodos de búsqueda de raíces para ecuaciones no lineales. Métodos del punto fijo y método de Newton.

**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

GCL: P. Clínicas

TA: Taller

TI: Taller Ind.

GCA: P. de Campo

**Aclaraciones :**

Será imprescindible la realización de prácticas de ordenador en un lenguaje de programación, en esta asignatura utilizaremos MATLAB.

**EVALUACION**

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

**Aclaraciones :**

En la convocatoria ordinaria la evaluación tendrá el siguiente reparto:

Examen final: 50%

Prácticas de ordenador: 20%

Seminarios: 10%

Pruebas parciales: 20%

Para aplicar los porcentajes anteriores será necesario alcanzar una nota mínima 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 calificables 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% de examen como único método de evaluación.

#### **MATERIALES DE USO OBLIGATORIO**

C.B. Moler: Numerical Computing with MATLAB, SIAM, 2004.  
J.M. Sanz-Serna: Diez lecciones de Cálculo Numérico, Universidad de Valladolid, 2010.  
J. Stoer and R. Bulirsch: Introduction to Numerical Analysis. Springer-Verlag, Inc., 1993.  
K.E. Atkinson: An Introduction to Numerical Analysis, John Wiley & Sons, 1989.  
U.M. Ascher and C. Greif: A First Course in Numerical Analysis, SIAM, 2011.

#### **BIBLIOGRAFIA**

##### **Bibliografía básica**

C.B. Moler: Numerical Computing with MATLAB, SIAM, 2004.  
J.M. Sanz-Serna: Diez lecciones de Cálculo Numérico, Universidad de Valladolid, 2010.  
J. Stoer and R. Bulirsch: Introduction to Numerical Analysis. Springer-Verlag, Inc., 1993.  
K.E. Atkinson: An Introduction to Numerical Analysis, John Wiley & Sons, 1989.  
U.M. Ascher and C. Greif: A First Course in Numerical Analysis, SIAM, 2011.

##### **Bibliografía de profundización**

L.N. Trefethen, D. Bau: Numerical Linear Algebra, SIAM, 1997.  
N.J. Higham: Accuracy and Stability of Numerical Algorithms, SIAM, 1996.  
A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri: Numerical Mathematics, Springer, 2000.

**ASIGNATURA**

26683 - Análisis Complejo

Créditos ECTS : 6

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

Conocer las principales propiedades de las funciones de variable compleja. Reconocer las funciones analíticas, las funciones armónicas y las funciones elementales.

Asimilar los enunciados y las aplicaciones de los distintos teoremas integrales de Cauchy.

Desarrollar funciones en series de Taylor y Laurent

Conocer las principales aplicaciones y consecuencias del teorema de los residuos.

Calcular integrales por el método de los residuos. Aplicarlo al cálculo de integrales impropias.

Conocer las propiedades básicas de las transformaciones conformes y sus propiedades geométricas.

**DESCRIPCIÓN**

1. El cuerpo de los números complejos.

2. Funciones derivables.

3. Funciones elementales.

4. Integración compleja.

5. Fórmula integral de Cauchy.

6. Serie de Laurent. Puntos singulares.

7. Residuos y polos.

8. Transformaciones conformes.

**OBJETIVOS**

El curso está dedicado a los fundamentos de la teoría de funciones de variable compleja. Los estudiantes que superan este curso deberían ser capaces de aplicar el Análisis complejo en otras materias y de seguir un curso más avanzado.

**TEMARIO**

1. EL CUERPO DE LOS NÚMEROS COMPLEJOS: Operaciones con complejos, módulo y argumento, representación polar y forma exponencial, raíces, proyección estereográfica.

2. FUNCIONES DERIVABLES: Límites y continuidad, derivación, holomorfía, propiedades de las funciones holomorfas, ecuaciones de Cauchy-Riemann, funciones armónicas y armónicas conjugadas.

3. FUNCIONES ELEMENTALES: Series en  $\mathbb{C}$ , series de potencias complejas, funciones analíticas propiedades, serie de Taylor, función exponencial, logaritmos y ramas de la función logaritmo, exponentes complejos, funciones trigonométricas, hiperbólicas y sus inversas.

4. INTEGRACIÓN COMPLEJA: Integrales sobre curvas, funciones primitivas, teorema integral de Cauchy.

5. FORMULA INTEGRAL DE CAUCHY: Fórmula integral de Cauchy y fórmula generalizada, integral de tipo Cauchy, teorema de Morera, teorema de Liouville. Principio del módulo máximo.

6. SERIE DE LAURENT. PUNTOS SINGULARES: Desarrollo en serie de Laurent, unicidad de los coeficientes. Singularidades aisladas. Funciones meromorfas.

7. RESIDUOS Y POLOS: Residuos, teorema de Cauchy de los residuos, aplicaciones de los residuos, cálculo de integrales impropias en la recta, principio del argumento, teorema de Rouché.

8. TRANSFORMACIONES CONFORMES: Significado geométrico del módulo y el argumento de la derivada, transformaciones conformes, estudio geométrico de algunas transformaciones: lineales, homográficas, potencias y raíces, exponenciales y logaritmos, trigonométricas. Introducción a las superficies de Riemann.

**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

## EVALUACION

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

### Aclaraciones :

#### CONVOCATORIA ORDINARIA:

La nota final de la asignatura será una suma ponderada de todas las actividades realizadas, como sigue:

Examen escrito de teoría y problemas: 80% de la nota final.

Resolución de problemas en clase, problemas propuestos, participación en seminarios: 20% de la nota final.

#### CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA:

Examen escrito de teoría y problemas: 100% de la nota final.

## MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

## BIBLIOGRAFIA

### Bibliografía básica

- L. V. AHLFORS, Complex Variables, McGraw-Hill, 1978.
- E. APARICIO, Teoría de funciones de variable compleja. UPV-EHU, 1998.
- J. W. BROWN, R. V. CHURCHILL, Variable compleja y aplicaciones, 7ª ed. McGraw-Hill, 2007.
- J. B. CONWAY, Functions of One Complex Variable. Springer-Verlag, 1986.
- N. LEVINSON, R. M. REDHEFFER, Curso de variable compleja, Reverté, 1990.
- J. E. MARSDEN, M. J. HOFFMANN, Basic Complex Analysis, W.H. Freeman and Co. USA, 1987.
- B. P. PALKA, An introduction to Complex Function Theory. Springer-Verlag, 1991.
- E. M. STEIN, R. SHAKARCHI, Complex Analysis, Princeton University Press, 2003.
- I. VOLKOVYSKI, G. LUNTS, I. ARAMANOVICH, Problemas de la teoría de funciones de Variable Compleja, MIR, 1972.

### Bibliografía de profundización

#### Revistas

#### Direcciones de internet de interés

Hay un curso online en <http://math.fullerton.edu/mathews/complex.html>.

Se pueden encontrar muchos cursos escritos, en formato pdf. Por ejemplo: el de George Cain (<http://people.math.gatech.edu/~cain/winter99/complex.html>), en inglés, y el de B. Cuartero y F. Ruiz ([http://www.unizar.es/analisis\\_matematico/varcompleja/prg\\_varcompleja.html](http://www.unizar.es/analisis_matematico/varcompleja/prg_varcompleja.html)), en castellano.

**ASIGNATURA**

26689 - Cálculo de Probabilidades

Créditos ECTS : 6

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

Conocer los conceptos y resultados fundamentales del cálculo de probabilidades.  
 Estar familiarizado con las principales distribuciones de probabilidad.  
 Usar correctamente la terminología relacionada con los fenómenos aleatorios.  
 Modelizar correctamente situaciones típicas relativas a fenómenos aleatorios.  
 Realizar correctamente los cálculos y/o visualizaciones gráficas que se requieran para analizar fenómenos aleatorios, utilizando los recursos teóricos y/o computacionales apropiados.  
 Interpretar con sentido crítico los resultados de los análisis realizados.

**DESCRIPCIÓN**

1. Probabilidad.
2. Variables aleatorias. Distribuciones de probabilidad.
3. Vectores aleatorios. Distribuciones de probabilidad.
4. Esperanza matemática.
5. Momentos. Varianza.
6. Leyes de grandes números.

**OBJETIVOS**

Presentar los conceptos, técnicas y resultados básicos del cálculo de probabilidades.

**TEMARIO**

1. PROBABILIDAD: Fenómenos aleatorios. Sucesos. Espacios de probabilidad. Ejemplos. Reglas básicas del cálculo de probabilidades. Probabilidad condicionada. Sucesos independientes.
2. VARIABLES ALEATORIAS: Concepto. Distribución de probabilidad. Función de distribución. Variables discretas y continuas. Principales ejemplos de distribuciones.
3. VECTORES ALEATORIOS: Concepto. Distribución de probabilidad. Ejemplos principales. Distribuciones marginales. Independencia de variables aleatorias. Distribuciones condicionales.
4. ESPERANZA MATEMÁTICA: Concepto y propiedades principales. Cálculo de esperanzas con variables discretas y continuas.
5. MOMENTOS: Concepto. Función generatriz de probabilidad. Función generatriz de momentos. Varianza. Covarianza. Correlación.
6. LEYES DE GRANDES NÚMEROS: Modos de convergencia de variables aleatorias. Leyes fuertes y débiles de grandes números. El teorema central del límite.

**TIPOS DE DOCENCIA**

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	30	6	21		3				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno	45	9	31,5		4,5				

**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 :****EVALUACION**

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

**Aclaraciones :**

CONVOCATORIA ORDINARIA:  
 Examen final escrito (75 % )

Realización de prácticas, trabajos, exposiciones, pruebas parciales (25 %)  
Para aprobar la asignatura será necesario obtener al menos 4 sobre 10 en el examen final.

**CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA:**

Examen escrito (97%)

Examen de prácticas de ordenador (3%)

Si la calificación de las prácticas de ordenador en la convocatoria ordinaria es al menos 4 sobre 10 no es necesario realizar el examen de prácticas de ordenador en la convocatoria extraordinaria.

**MATERIALES DE USO OBLIGATORIO**

**BIBLIOGRAFIA**

**Bibliografía básica**

G. GRIMMETT y D. WELSH, Probability: an introduction, Oxford Science Publications.

J. PITMAN, Probability, Springer-Verlag.

S.M. ROSS. A First Course in Probability. Prentice Hall.

**ASIGNATURA**

26693 - Curvas y Superficies

**Créditos ECTS :** 9**COMPETENCIAS/DESCRIPCION/OBJETIVOS****COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

Conocer los instrumentos analíticos y topológicos necesarios para el estudio de curvas y superficies.

Ser capaz de utilizar el cálculo diferencial e integral y la topología euclídea en la resolución de problemas geométricos.

Conocer los principales teoremas de la teoría local de curvas y superficies, y ser capaz de utilizarlos para resolver cuestiones geométricas.

Distinguir entre conceptos locales y globales, intrínsecos y extrínsecos.

Manejar el triedro de Frenet para el estudio de la teoría local de curvas. Calcular longitudes de curvas, la curvatura y la torsión.

Trabajar con las superficies regulares mediante sus coordenadas. Calcular las diversas curvaturas de una superficie.

Utilizar los conceptos aprendidos para el estudio de ejemplos concretos, como superficies de revolución, regladas y minimales.

Trabajar con campos de vectores tangentes y normales a una superficie y entender el transporte paralelo de vectores a lo largo de curvas sobre superficies.

Estudiar y calcular las geodésicas en las superficies.

Ser capaz de utilizar software y medios informáticos para la visualización de las curvas y superficies y el cálculo de sus elementos.

**DESCRIPCIÓN**

1. Curvas en el espacio euclídeo.

2. Superficies regulares.

3. La aplicación de Gauss.

4. Geometría intrínseca de una superficie.

5. Geodésicas.

**OBJETIVOS**

Se estudian los resultados básicos clásicos sobre curvas y superficies en el espacio euclídeo tridimensional, con el fin de adquirir el conocimiento de las herramientas y la metodología propias de la geometría diferencial.

**TEMARIO**

1. CURVAS EN EL ESPACIO EUCLIDEO: Curvas parametrizadas regulares, parametrizaciones equivalentes, el parámetro natural, curvatura, triedro de Frenet, fórmulas de Frenet, torsión, teorema fundamental de existencia y unicidad de curvas.

2. SUPERFICIES REGULARES: Superficies regulares, funciones diferenciables en una superficie, aplicaciones entre superficies regulares, difeomorfismos, vectores tangentes a una superficie, plano tangente, diferencial de una aplicación entre superficies, difeomorfismos locales, la primera forma fundamental, orientación en superficies, caracterización de la orientabilidad.

3. LA APLICACION DE GAUSS: La aplicación de Gauss y la aplicación de Weingarten, la segunda forma fundamental, curvatura normal, teorema de Meusnier, curvaturas y direcciones principales, líneas de curvatura, teorema de Olinde-Rodrigues, curvatura de Gauss y curvatura media, clasificación de los puntos de una superficie, direcciones asintóticas, indicatriz de Dupin, direcciones conjugadas, la aplicación de Gauss en coordenadas locales, ecuaciones de Weingarten, expresiones de la curvatura de Gauss y de la curvatura media.

4. GEOMETRIA INTRINSECA DE UNA SUPERFICIE: Isometrías e isometrías locales, aplicaciones conformes y localmente conformes, símbolos de Christoffel, ecuaciones de Mainardi-Codazzi, teorema egregium de Gauss, teorema de Bonnet.

5. GEODÉSICAS: Derivada covariante de un campo de vectores, transporte paralelo a lo largo de una curva, geodésicas, curvatura geodésica, fórmula de Liouville, ecuaciones diferenciales de las geodésicas, la aplicación exponencial, coordenadas polares geodésicas.

**TIPOS DE DOCENCIA**

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	45	9	27		9				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno	67,5	13,5	40,5		13,5				

**Aclaraciones :**

Es obligatoria la asistencia a los seminarios y las prácticas de ordenador.

**EVALUACION**

- Examen escrito a desarrollar
- Trabajos individuales
- Exposición de trabajos, lecturas...

**Aclaraciones :**

La nota se obtendrá a partir del 85% del examen escrito, el 10% de los trabajos individuales y el 5% del trabajo en los seminarios.

Convocatoria Extraordinaria: Dado que las prácticas de ordenador tienen carácter obligatorio, si el alumno o la alumna no ha realizado dichas prácticas durante el curso regular deberá realizar un prueba práctica en la que demuestre el dominio de las citadas prácticas.

En caso de haber realizado las prácticas de manera satisfactoria durante el curso regular la evaluación se limitará a un examen escrito.

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

- M. P. DO CARMO, Diferencial de Curvas y Superficies, Alianza Universidad Textos 135, Alianza Editorial, 1990.  
L. A. CORDERO, M. FERNANDEZ y A. GRAY, Geometría Diferencial de Curvas y Superficies con Mathematica, Addison-Wesley Iberoamericana, 1995.  
A. GRAY, Modern Differential Geometry of Curves and Surfaces, Addison-Wesley, 1997.  
C.C. HSIUNG, A First Course in Differential Geometry, International Press, 1997.  
E. KREYSZIG, Differential Geometry, Dover, 1991.  
J. McCLEARY, Geometry from a Differential Viewpoint, Cambridge Univ. Press, 1994.  
R. S. MILLMAN y G. D. PARKER, Elements of Differential Geometry, Prentice-Hall.  
A. MONTESDEOCA, Apuntes de Geometría Diferencial de Curvas y Superficies, Col. Textos Univ. Gob. Canarias, 1996.  
S. MONTIEL, A. ROS, Curvas y Superficies, Proyecto Sur, 1997.  
J. OPREA, Differential Geometry and its Applications, Prentice Hall, 1997.