

SEMESTRE	CRÉDITOS	CARÁCTER	TIPO DE ENSEÑANZA	IDIOMA DE IMPARTICIÓN
2º	8	Optativa	Presencial	Español/Inglés
MÓDULO		Técnicas Avanzadas		
MATERIA		Geometría, Topología y Física		
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO		Escuela Internacional de Posgrado		
MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE		Máster Universitario en Matemáticas		
CENTRO EN EL QUE SE IMPARTE LA DOCENCIA		IEMath-GR (Univ. Granada), Facultad de Ciencias (Univ. Málaga)		
PROFESORES⁽¹⁾				
Antonio Viruel Arbáizar				
DIRECCIÓN		Dpto. Álgebra, Geometría y Topología, 3ª planta, Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga Correo electrónico: viruel@uma.es		
TUTORÍAS		Bajo demanda por correo electrónico https://masteres.ugr.es/doctomat/pages/info_academica/profesorado		
José Luis Flores Dorado				
DIRECCIÓN		Dpto. Álgebra, Geometría y Topología, 3ª planta, Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga Correo electrónico: floresj@uma.es		
TUTORÍAS		Bajo demanda por correo electrónico https://masteres.ugr.es/doctomat/pages/info_academica/profesorado		
Alfonso Romero Sarabia				
DIRECCIÓN		Dpto. Geometría y Topología, 2ª planta, Facultad de Ciencias. Despacho nº 19. Correo electrónico: aromero@ugr.es		
TUTORÍAS		Bajo demanda por correo electrónico https://masteres.ugr.es/doctomat/pages/info_academica/profesorado		

1 Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" (<http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/>)



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR
masteres.ugr.es



Miguel Sánchez Caja**DIRECCIÓN**

Dpto. Geometría y Topología, 2ª planta, Facultad de Ciencias. Despacho nº 23.
 Correo electrónico: sanchezm@ugr.es

TUTORÍAS

Bajo demanda por correo electrónico
https://masteres.ugr.es/doctomat/pages/info_academica/profesorado

COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS**COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES**

- CG1. Saber aplicar los conocimientos adquiridos y desarrollar la capacidad en la resolución de problemas en entornos nuevos o pocos conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con el Álgebra, el Análisis Matemático, la Geometría y Topología o la Matemática Aplicada.
- CG2. Ser capaz de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formar juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CG3. Ser capaz de comunicar sus conclusiones (y los conocimientos y razones últimas que los sustentan) a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades, utilizando en su caso, los medios tecnológicos y audiovisuales adecuados.
- CG4. Poseer las habilidades de aprendizaje que les permita continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- CG5. Utilizar con soltura herramientas de búsqueda de recursos bibliográficos.
- CG6. Usar el inglés, como lengua relevante en el ámbito científico.
- CG7. Saber trabajar en equipo y gestionar el tiempo de trabajo.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE1. Saber analizar y construir demostraciones, así como transmitir conocimientos matemáticos avanzados.
- CE2. Tener capacidad para elaborar y desarrollar razonamientos matemáticos avanzados.
- CE3. Asimilar la definición de un nuevo objeto matemático, en términos de otros ya conocidos y ser capaz de utilizar este objeto en diferentes contextos.
- CE4. Saber abstraer las propiedades estructurales (de objetos matemáticos, de la realidad observada y del mundo de las aplicaciones) distinguiéndolas de aquellas puramente ocasionales y poder comprobarlas o refutarlas.
- CE5. Resolver problemas matemáticos avanzados, planificando su resolución en función de las herramientas disponibles y de las restricciones de tiempo y recursos.
- CE6. Proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos complejos, utilizando las herramientas más adecuadas a los fines que se persigan.
- CE7. Saber elegir y utilizar aplicaciones informáticas, de cálculo numérico y simbólico, visualización gráfica, optimización u otras, para experimentar en matemáticas y resolver problemas complejos.

OBJETIVOS O RESULTADOS DE APRENDIZAJE (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

1. El alumno será capaz de reconocer las aplicaciones de la Geometría y la Topología Diferencial a problemas teóricos de la Física.
2. El alumno sabrá reconocer conceptos geométricos y herramientas que permiten entender y explicar Teorías en Física Moderna.
3. El alumno será capaz de aplicar invariantes homológicos y homotópicos al estudio de la Geometría Diferencial.

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

Firma (1): PEDRO ABELARDO GARCIA SANCHEZ

En calidad de:



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**



Este documento firmado digitalmente puede verificarse en <https://sede.ugr.es/verifirma/>
 Código seguro de verificación (CSV): 399233AD1EC71A6C49D35E9ED12A5653

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR
masteres.ugr.es

18/07/2020

Pág. 2 de 8

- I. Métodos Geométricos en Física Matemática avanzada.
- II. Invariantes geométricos, homotópicos y homológicos. Aplicaciones.

TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

TEMARIO TEÓRICO-PRÁCTICO:

Parte I. Geometría y Topología:

1. Grupos de Homotopía. Fibrados y Fibraciones.
2. CW-complejos. Aproximación celular. Teorema de Whitehead.
3. Homología y cohomología. Cofibraciones. Dualidad de Poincaré

Parte II. Geometría y Física:

- 1 Curvatura media de hipersuperficies espaciales en el espaciotiempo de Lorentz-Minkowski. El teorema de Calabi-Berenstein
- 2 Espaciotiempos de Friedman-Lemaître-Robertson-Walker generalizados y sus hipersuperficies espaciales.
3. Espaciotiempos globalmente hiperbólicos. Variación de la longitud para geodésicas coespaciales. Teorema de Hawking.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

Parte 1:

- A Comprehensive Introduction to Differential Geometry, Vol. 1 al V, Publish or Perish; 3rd edition (1999), Spivak, M.
- Algebraic Topology, <http://www.math.cornell.edu/~hatcher/#ATI>, 2002.; Hatcher, A.
- Algebraic Topology, McGraw-Hill, 1966.; Spanier, E.H.
- Algebraic topology-homotopy and homology, Springer-Verlag, 1975, Switzer R.M.
- Characteristic Classes, Princeton University Press, 1974.; Milnor, J.W. and Stasheff, J.D.
- Fiber Bundles, Springer, 1994.; Husemoller, D.
- Foundation of differentiable manifolds and Lie groups, Springer, 1983.; Warner, F.
- Introduction to Symplectic Topology, Oxford Science Publications, Oxford (1997).; McDuff, D. y Salamon, D.
- Lectures on Symplectic Geometry (2001), <http://www.math.ist.utl.pt/~acannas/Books/lsg.pdf>, Cannas da Silva, A.3

Parte 2:

- .A. Aledo, A. Romero and R.M. Rubio, The classical Calabi–Bernstein theorem revisited, J. Math. Anal. Appl., 431 (2015), 1172-1177.
- L.J. Alías, A. Romero and M. Sánchez, Uniqueness of complete spacelike hypersurfaces of constant mean curvature in Generalized Robertson-Walker spacetimes, Gen. Relativ. Gravit., 27 (1995), 71-84 .
- J.K. Beem, P.E. Ehrlich and K.L. Easley: *Global Lorentzian Geometry*. Second Edition, Pure and Appl. Math. 202, Marcel Dekker, 1996.
- M. Caballero, A. Romero and R.M. Rubio, New Calabi-Bernstein results for some elliptic nonlinear equations, Analysis and Applications 11, 1350002, 18 pp. (2013).
- S.Y. Cheng, S.T. Yau, Maximal spacelike hypersurfaces in the Lorentz-Minkowski space, Ann. Math., 104, 407-419 (1976).
- E. Minguzzi, M. Sánchez: *The causal hierarchy of spacetimes*. Recent developments in pseudo-Riemannian geometry. ESI Lect. Math. Phys., (Eur. Math. Soc. Publ. House, Zurich, 2008), H. Baum and D. Alekseevsky (eds.) p. 299 -358, ISBN=978-3-03719-051-7, arxiv: 0609119.
- B. O'Neill, Semi-Riemannian Geometry with applications to Relativity, Academic Press, 1983.



- M. Sánchez, On the geometry of Generalized Robertson-Walker spacetimes: geodesics, Gen. Rel. Grav., 30, 914-932 (1998).
- M Sánchez, On the geometry of generalized Robertson-Walker spacetimes: curvature and Killing fields, J. Geom. Phys., 31 (1999), 1-15.

ENLACES RECOMENDADOS (OPCIONAL)

<http://www.math.ist.utl.pt/~acannas/Books/lsg.pdf>

<http://www.math.cornell.edu/~hatcher/#ATI>

<https://arxiv.org/pdf/math/0603190.pdf>

METODOLOGÍA DOCENTE

Las actividades formativas se desarrollarán desde una metodología participativa y aplicada que se centra en el trabajo del estudiante tanto presencial como no presencial.

Cada crédito ECTS se corresponde con 25 horas de trabajo del alumno y para esta materia un 30% se desarrollará en el aula y por teledocencia incluyendo también en este porcentaje las tutorías, seminarios, exposiciones y exámenes. El 70% restante se ocupará con actividades no presenciales centradas en la tutorización online y en el estudio y trabajo del alumno.

Con objeto de conseguir las competencias esperadas se realizarán:

- *Actividades presenciales:* Sesiones teóricas y prácticas incentivando la participación de los estudiantes.
- *Actividades no presenciales:* Estudio, trabajo individual, tutorías online, trabajo en grupo y autoevaluaciones que facilitarán el estudio de los contenidos, el análisis y la resolución de problemas.

Las actividades en el aula se realizarán en 6 sesiones de 2'5 horas por cada curso de 2 créditos ECTS ofertado. En cada universidad (Granada y Málaga) se impartirán cuatro créditos. Salvo situaciones justificadas los estudiantes de una universidad concreta deben seguir de forma presencial directa las sesiones de la asignatura impartidas en su universidad y telemática en el caso de que se impartan en una distinta a la de su matrícula.

EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

CONVOCATORIA ORDINARIA

El sistema de evaluación será único, de forma que todos los alumnos deberán seguir el mismo sistema, a excepción de los casos descritos más abajo.

Los procedimientos para la evaluación se centran en tareas enviadas y trabajos propuestos por cada profesor, que el estudiante deberá resolver y entregar conforme a la siguiente valoración:

- Análisis de las tareas y trabajos: 80%.
- Asistencia y participación activa en las clases y otras actividades propuestas: 20%.

Las pruebas de evaluación se adecuarán a la normativa sobre la materia específica de la universidad donde el alumno se encuentra matriculado y se tendrá en cuenta en lo relativo a procedimiento y plazos.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA



Tal y como establece la normativa al respecto, los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. La calificación de los estudiantes en la convocatoria extraordinaria se ajustará a las reglas establecidas en la Guía Docente de la asignatura. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de un examen de las mismas características que el recogido en el caso de estudiantes de Evaluación Única Final.

EVALUACIÓN POR INCIDENCIAS

En la evaluación por incidencias se tendrá en cuenta la normativa de en la universidad en la que el alumno esté matriculado. De esta forma, los estudiantes que no puedan concurrir a pruebas de evaluación que tengan asignadas una fecha de realización por el Centro o por la Comisión Académica del Master, podrán solicitar al Coordinador del Máster la evaluación por incidencias.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

Atendiendo a la normativa vigente sobre evaluación y calificación de los estudiantes en cada universidad, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por motivos laborales, estado de salud, discapacidad o cualquier otra causa debidamente justificada que les impida seguir el régimen de evaluación continua, podrá acogerse a una evaluación única final. Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura, lo solicitará a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua. Por ello en las convocatorias oficiales se desarrollará un examen que se dividirá en los siguientes apartados:

- Prueba evaluativa escrita, del mismo temario teórico que el resto de sus compañeros.
- Prueba evaluativa escrita del temario práctico (ejercicios, resolución de problemas), de características similares a las realizadas por sus compañeros.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Aunque se hará uso de la teledocencia para todas las actividades programadas en el aula, salvo situaciones justificadas, los estudiantes deben seguir de forma presencial las sesiones que tengan lugar en su universidad.

ADAPTACIÓN A POSIBLES ESCENARIOS EXCEPCIONALES



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR
masteres.ugr.es



Este documento firmado digitalmente puede verificarse en <https://sede.ugr.es/verifirma/>
Código seguro de verificación (CSV): **399233AD1EC71A6C49D35E9ED12A5653**

18/07/2020
Pág. 5 de 8

ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL

HORARIO (Según lo establecido en el POD)

Los horarios de puede consultar en https://masteres.ugr.es/doctomat/pages/info_academica/profesorado

HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)

Correo electrónico, mensajería instantánea, foros en la plataforma de docencia, videoconferencia (depende de la sede: zoom, Adobe Connect, Google meet u otras plataformas disponibles).

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

Dependiendo del número de alumnos matriculados en la asignatura y de la capacidad del aula, las clases se podrán dar de forma presencial. Los alumnos que así lo necesiten podrán asistir utilizando las salas de videoconferencia asociadas al máster.

Si el número de alumnos es muy elevado y es imposible la reserva de un aula más grande, las clases se impartirán de forma virtual o el grupo se dividirá en tantos subgrupos como fuese necesario. Las sesiones de las clases presenciales se alternarán entre los subgrupos creados. En cada sesión, los subgrupos que no tengan clase presencial, asistirán de forma remota y síncrona a través de las salas de videoconferencia habilitadas en el máster.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

Convocatoria Ordinaria

La evaluación es continua. Los trabajos se entregan en las plataformas docentes correspondientes. Las defensas se pueden hacer por videoconferencia.

La revisión se realizará a través de correo electrónico, teléfono o videoconferencia a petición del alumnado.

Convocatoria Extraordinaria



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR
masteres.ugr.es



Este documento firmado digitalmente puede verificarse en <https://sede.ugr.es/verifirma/>
Código seguro de verificación (CSV): 399233AD1EC71A6C49D35E9ED12A5653

18/07/2020
Pág. 6 de 8

Si no fuese posible la evaluación presencial, se hará remotamente utilizando un sistema de videoconferencia.

Las calificaciones se notificarán a través de las actas preliminares o mediante la plataforma de docencia. La revisión se realizará a través de correo electrónico, teléfono o vídeo conferencia a petición del alumnado.

Evaluación Única Final

Si no fuese posible la evaluación presencial, se hará remotamente utilizando un sistema de videoconferencia.

Las calificaciones se notificarán a través de las actas preliminares o mediante la plataforma de docencia. La revisión se realizará a través de correo electrónico, teléfono o vídeo conferencia a petición del alumnado.

La solicitud de esta modalidad dependerá de la sede en la que esté matriculado el alumno.

ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL

HORARIO

(Según lo establecido en el POD)

HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL

(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)

Los horarios de puede consultar en https://masteres.ugr.es/doctomat/pages/info_academica/profesorado

Correo electrónico, mensajería instantánea, foros en la plataforma de docencia, videoconferencia (depende de la sede: zoom, Adobe Connect, Google meet u otras plataformas disponibles).

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

Las clases se impartirán en las mismas salas de videoconferencia que utilizan cada una de las sedes para los alumnos que no pertenecen a esa sede.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)



Convocatoria Ordinaria

La evaluación es continua. Los trabajos se entregan en las plataformas docentes correspondientes. Las defensas se pueden hacer por videoconferencia.

Las calificaciones se notificarán a través de las actas preliminares o mediante la plataforma de docencia. La revisión se realizará a través de correo electrónico, teléfono o videoconferencia a petición del alumnado.

Convocatoria Extraordinaria

Si no fuese posible la evaluación presencial, se hará remotamente utilizando un sistema de videoconferencia.

Las calificaciones se notificarán a través de las actas preliminares o mediante la plataforma de docencia. La revisión se realizará a través de correo electrónico, teléfono o video conferencia a petición del alumnado.

Evaluación Única Final

Si no fuese posible la evaluación presencial, se hará remotamente utilizando un sistema de videoconferencia.

La revisión se realizará a través de correo electrónico, teléfono o video conferencia a petición del alumnado.

La solicitud de esta modalidad dependerá de la sede en la que esté matriculado el alumno.

