

# **Facultad de Ciencias**

## **Grado en Física**

**GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA :**

**Dinámica de Fluidos Astrofísicos**  
**(2019 - 2020)**

## 1. Datos descriptivos de la asignatura

<b>Asignatura: Dinámica de Fluidos Astrofísicos</b>	<b>Código: 279190901</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Centro: <b>Facultad de Ciencias</b></li><li>- Lugar de impartición: <b>Facultad de Ciencias</b></li><li>- Titulación: <b>Grado en Física</b></li><li>- Plan de Estudios: <b>2009 (Publicado en 2009-11-25)</b></li><li>- Rama de conocimiento: <b>Ciencias</b></li><li>- Itinerario / Intensificación:</li><li>- Departamento/s: <b>Astrofísica</b></li><li>- Área/s de conocimiento: <b>Astronomía y Astrofísica</b></li><li>- Curso: <b>4</b></li><li>- Carácter: <b>Optativo</b></li><li>- Duración: <b>Primer cuatrimestre</b></li><li>- Créditos ECTS: <b>6,0</b></li><li>- Modalidad de impartición: <b>Presencial</b></li><li>- Horario: <b>Enlace al horario</b></li><li>- Dirección web de la asignatura: <a href="http://www.campusvirtual.ull.es">http://www.campusvirtual.ull.es</a></li><li>- Idioma: <b>Castellano e Inglés (3 ECTS en Inglés)</b></li></ul>	

## 2. Requisitos para cursar la asignatura

Necesario tener aprobado al menos 90 créditos.

## 3. Profesorado que imparte la asignatura

<b>Profesor/a Coordinador/a: FERNANDO MORENO INSERTIS</b>
- Grupo:
<b>General</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Nombre: <b>FERNANDO</b></li><li>- Apellido: <b>MORENO INSERTIS</b></li><li>- Departamento: <b>Astrofísica</b></li><li>- Área de conocimiento: <b>Astronomía y Astrofísica</b></li></ul>

**Contacto**

- Teléfono 1:
- Teléfono 2:
- Correo electrónico: **fminsert@ull.es**
- Correo alternativo:
- Web: **<http://www.campusvirtual.ull.es>**

**Tutorías primer cuatrimestre:**

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
09-09-2019	18-11-2019	Lunes	12:00	13:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento Astrofísica
09-09-2019	18-11-2019	Martes	12:00	13:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento Astrofísica
09-09-2019	18-11-2019	Miércoles	12:00	13:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento Astrofísica
09-09-2019	18-11-2019	Jueves	12:00	13:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento Astrofísica
18-11-2019	31-01-2020	Lunes	13:00	14:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento
18-11-2019	31-01-2020	Martes	13:00	14:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento
18-11-2019	31-01-2020	Miércoles	13:00	14:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento
18-11-2019	31-01-2020	Jueves	13:00	14:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento

Observaciones:

Tutorías segundo cuatrimestre:						
Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Jueves	10:00	13:00	Instituto de Astrofísica de Canarias - EX.1A IAC	
Todo el cuatrimestre		Viernes	10:00	13:00	Instituto de Astrofísica de Canarias - EX.1A IAC	
Observaciones:						

#### 4. Contextualización de la asignatura en el plan de estudio

Bloque formativo al que pertenece la asignatura: **Física Optativa**  
Perfil profesional:

#### 5. Competencias

##### Competencias Generales

**CG1** - Conocer el trabajo en el laboratorio, el uso de la instrumentación, tecnología y métodos experimentales más utilizados, adquiriendo la habilidad y experiencia para realizar experimentos de forma independiente. Ello le permitirá ser capaz de observar, catalogar y modelizar los fenómenos de la naturaleza.

**CG3** - Desarrollar una clara percepción de situaciones aparentemente diferentes pero que muestran evidentes analogías físicas, lo que permite la aplicación de soluciones conocidas a nuevos problemas. Para ello es importante que el alumnado, además de dominar las teorías físicas, adquiera un buen conocimiento y dominio de los métodos matemáticos y numéricos más comúnmente utilizados.

**CG4** - Desarrollar la habilidad de identificar los elementos esenciales de un proceso o una situación compleja que le permita construir un modelo simplificado que describa, con la aproximación necesaria, el objeto de estudio y permita realizar predicciones sobre su evolución futura. Así mismo, debe ser capaz de comprobar la validez del modelo introduciendo las modificaciones necesarias cuando se observen discrepancias entre las predicciones y las observaciones y/o los resultados experimentales.

**CG5** - Conocer las posibilidades de aplicar la Física en el mundo laboral, docente y de investigación, desarrollo tecnológico e innovación y en las actividades de emprendeduría

**CG6** - Saber organizar y planificar el tiempo de estudio y de trabajo, tanto individual como en grupo; ello les llevará a aprender a trabajar en equipo y a apreciar el valor añadido que esto supone.

**CG7** - Ser capaz de participar en debates científicos y de comunicar tanto de forma oral como escrita a un público especializado o no cuestiones relacionadas con la Ciencia y la Física. También será capaz de utilizar en forma hablada y escrita otro idioma, relevante en la Física y la Ciencia en general, como es el inglés.

**CG8** - Poseer la base necesaria para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía, tanto desde la formación científica, (realizando un master y/o doctorado), como desde la actividad profesional.

### Competencias Básicas

**CB2** - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

**CB3** - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética

**CB4** - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado

**CB5** - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

### Competencias Específicas

**CE4** - Conocer los hitos más importantes de la historia del pensamiento científico y de la Física en particular.

**CE5** - Desarrollar una visión panorámica de la Física actual y sus aplicaciones

**CE6** - Tener un buen conocimiento sobre la situación en el momento presente en, por lo menos, una de las especialidades actuales de la física.

**CE7** - Comprobar la interrelación entre las diferentes disciplinas científicas

**CE11** - Adquirir destreza en la modelización matemática de fenómenos físicos.

**CE12** - Observar fenómenos naturales y realizar experimentos científicos.

**CE13** - Registrar de forma sistemática y fiable la información científica.

**CE14** - Analizar, sintetizar, evaluar y describir información y datos científicos

**CE15** - Medir magnitudes esenciales en experimentos científicos.

**CE16** - Evaluar y analizar cuantitativamente los resultados experimentales

**CE17** - Realizar informes sintetizando los resultados de experimentos científicos y sus conclusiones más importantes.

**CE18** - Utilizar la instrumentación científica actual y conocer sus tecnologías innovadoras.

**CE19** - Desarrollar la "intuición" física.

**CE20** - Utilizar herramientas informáticas en el contexto de la matemática aplicada.

**CE23** - Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud, así como de desarrollar una clara percepción de las situaciones que son físicamente diferentes, pero que muestran analogías, permitiendo el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.

**CE24** - Afrontar problemas y generar nuevas ideas que puedan solucionarlos

**CE25** - Ser capaces de realizar experimentos de forma independiente.

**CE26** - Dominar la expresión oral y escrita en lengua española, y también en lengua inglesa, dirigida tanto a un público especializado como al público en general.

**CE27** - Haber desarrollado habilidades para la popularización de las cuestiones concernientes a la cultura científica y de aspectos aplicados a la física clásica y moderna.

**CE28** - Adquirir hábitos de comportamiento ético en laboratorios científicos y en aulas universitarias.

**CE29** - Organizar y planificar el tiempo de estudio y trabajo, tanto individual como en grupo.

**CE30** - Saber discutir conceptos, problemas y experimentos defendiendo con solidez y rigor científico sus argumentos.

**CE31** - Saber escuchar y valorar los argumentos de otros compañeros.

**CE32** - Saber trabajar e integrarse en un equipo científico multidisciplinar

**CE33** - Ser capaz de identificar lo esencial de un proceso / situación y establecer un modelo de trabajo del mismo.

## 6. Contenidos de la asignatura

## Contenidos teóricos y prácticos de la asignatura

### NOTAS:

- (1). Las prácticas son optativas y se llevarán a cabo usando el lenguaje de programación Python. Se ofertarán al menos dos a cada alumno durante el curso.
- (2) los temas complementarios optativos indicados en el programa se podrán ofertar en función de la marcha del curso y del interés por parte de los alumnos.

### TEMA 1 – CÓMO TRATAR UN MEDIO CONTINUO Y DEFORMABLE

- 1.1 – Imagen de Euler e imagen de Lagrange: mapas 3D frente a seguimiento de elementos de fluido.
- 1.2 – El movimiento relativo de elementos próximos: tensor de expansión, rotación y deformación.
- 1.3 – Masa, impulso y energía de volúmenes de fluido. Fuerzas de volumen y fuerzas de superficie.

#### Práctica numérica optativa:

- seguimiento de elementos de fluido en un mapa bidimensional.

### TEMA 2. LEYES DE CONSERVACIÓN PARA UN MEDIO CONTINUO.

- 2.1 – Variación temporal de contenidos de un trozo de fluido: teorema de Reynolds.
- 2.2 – Ley de conservación de la masa. Definición precisa de los conceptos densidad volumétrica y flujo de magnitudes físicas.
- 2.3 – Ecuación del impulso.
- 2.4 – Ecuación de la energía total. Ecuaciones separadas para energía cinética y energía interna. La combinación de mecánica y termodinámica en un fluido.
- 2.5 – Forma conservativa de una ecuación para un medio continuo. Cierre de las ecuaciones. Carácter no lineal.

### TEMA 3. FLUIDOS IDEALES

- 3.1 – Ecuación de Euler.
- 3.2 – Movimiento potencial alrededor de obstáculos. Presión de empuje.
- 3.3 – Ejemplos de movimiento compresible: (a) el viento solar; (b) la acreción esférica sobre objetos astrofísicos.
- 3.4 – Vorticidad. Principio de la circulación de Kelvin.

#### Temas complementarios optativos:

- Aerodinámica. Perfiles aerodinámicos. Circulación de Zhukovski. Fuerza de sustentación en alas de avión: teorema de Kutta–Zhukovski.
- Equilibrio estático de una esfera de gas: el caso de los interiores estelares.

#### Prácticas numéricas optativas:

- cálculo de perfiles aerodinámicos. Fuerza de sustentación en casos prácticos
- movimiento del gas en arcos de la corona solar. Régimen supersónico y subsónico.

- cálculo numérico de la solución de viento solar.
- trazado de líneas de corriente alrededor de obstáculos

#### **TEMA 4. FUNDAMENTACIÓN MICROSCÓPICA DE LAS ECUACIONES DE LOS FLUIDOS.**

- 4.1 – La aproximación del continuo: criterio de separación de escalas.
- 4.2 – El concepto de Equilibrio Termodinámico Local.
- 4.3 – Cálculo elemental de teoría cinética de presión y viscosidad
- 4.4 – La ecuación de la entropía. Flujo de entropía. Fuentes de entropía y procesos irreversibles en el fluido.

#### **TEMA 5. VISCOSIDAD.**

- 5.1 – Fuerzas de superficie. Tensor de esfuerzos. Teorema de Cauchy
- 5.2 – La ecuación del impulso con tensor genérico de esfuerzos.
- 5.3 – El tensor de esfuerzos viscosos como fenómeno de transporte microscópico. Fluidos Newtonianos.
- 5.4 – Ecuación de Navier–Stokes. Número de Reynolds.
- 5.5 – La ecuación de la energía para el caso viscoso.

##### **Temas complementarios optativos:**

- El electromagnetismo y la física de continuos. Tensor de esfuerzos de Maxwell. Presión y tensión electromagnéticas. Densidad de impulso y flujo de energía del campo.
- Densidades y flujos en la relatividad de Einstein: tensor de energía–impulso de la relatividad y leyes de conservación de los fluidos.
- Capas límite.
- Los discos de acreción alrededor de objetos astrofísicos

#### **TEMA 6. ONDAS LINEALES EN LOS GASES**

- 6.1 – Tratamiento perturbativo de ecuaciones no lineales. Linealización de las ecuaciones de los gases. Ondas de sonido (o de presión).
- 6.2 – Tratamiento de Fourier. Ecuación de autovalores. Relación de dispersión. Modos normales.
- 6.3 – Ondas de sonido de amplitud no pequeña: la no linealidad y la transición a las ondas de choque.

##### **Temas complementarios optativos:**

- Equilibrio inhomogéneo. Aproximación WKB. Velocidad de fase y velocidad de grupo. Trazado de rayos.
- Ondas de gravedad en interiores estelares.

##### **Prácticas numéricas optativas:**

- descomposición de perturbaciones iniciales en modos normales en un problema 1D
- trazado de rayos de ondas de presión en un gas inhomogéneo

#### **TEMA 7. FRENTE DE CHOQUE**

7.1 – Los frentes de choque: un fenómeno omnipresente en el Universo.

7.2 – Ecuaciones de conservación a través de un frente de choque. Relaciones de salto de Rankine – Hugoniot. Números de Mach: régimen supersónico y subsónico.

7.3 – Choques débiles. Choques fuertes: termalización de la energía cinética entrante.

7.4 – Ejemplos en tierra y ejemplos astrofísicos. Explosiones. Restos de Supernova. Columnas de acreción sobre enanas blancas o estrellas de neutrones.

**Tema complementario optativo:**

– La transmisión de información en los gases. Curvas características. Los choques como resultado natural ineludible de las compresiones.

**Práctica numérica optativa:**

– seguimiento de los elementos del gas en su paso a través de un choque.

**TEMA 8. TEORÍA DE LA ESTABILIDAD**

8.1 – Teoría lineal. La estabilidad como problema de autovalores de un operador lineal.

8.2 – La inestabilidad del movimiento de cizalladura (Kelvin–Helmholtz). La transición a la turbulencia.

**Actividades a desarrollar en otro idioma**

- Todo el material escrito aportado por el profesor (hojas de ejercicios, hojas auxiliares, notas de clase, videos, guiones de prácticas, programas de ordenador, hojas de examen) estará redactado en inglés.
- Una parte de las clases teóricas se impartirá en inglés. El número de ellas se adaptará a la facilidad de comprensión y comunicación en inglés por parte del alumnado. Se facilitará el aprendizaje (incluyendo pronunciación y ortografía) por parte del alumnado de términos técnicos en inglés específicos de esta materia.
- La presentación de prácticas puede realizarse en inglés de forma optativa por parte de cada alumno/a, caso de poseer suficiente fluidez en dicho idioma.

## 7. Metodología y volumen de trabajo del estudiante

### Descripción

Créditos: 6ECTS  
 Horas: 150  
 Clases teóricas: 26 horas presenciales  
 Asistencia clases prácticas: 30 horas presenciales  
 Realización de exámenes: 4 horas presenciales  
 Estudio preparación clases teóricas: 37 horas de trabajo autónomo  
 Estudio preparación clases prácticas: 38 horas de trabajo autónomo  
 Preparación de exámenes: 15 horas de trabajo autónomo  
 HORAS TOTALES: 60 presenciales; 90 de trabajo autónomo

El desarrollo de las clases teóricas y prácticas contendrá tanto exposiciones en pizarra como proyección de presentaciones desde ordenador y presentación de películas científicas. Las clases de ejercicios serán participativas, intentando que sea fundamentalmente el alumno el que resuelva ejercicios en la clase, con discusión de los resultados con el profesor y los demás alumnos. Se dará importancia a la realización de ejercicios y prácticas. Estas últimas, en particular, incluirán la construcción de pequeños programas Python para resolver tareas numéricas sencillas (como solución de ecuaciones diferenciales ordinarias) que permitan que el alumno explore por su cuenta la física tratada en las clases teóricas.

### Actividades formativas en créditos ECTS, su metodología de enseñanza-aprendizaje y su relación con las competencias que debe adquirir el estudiante

Actividades formativas	Horas presenciales	Horas de trabajo autónomo	Total horas	Relación con competencias
Clases teóricas	26,00	0,00	26,0	[CE11], [CE14], [CE19], [CE23], [CE24], [CE26], [CE28], [CE29], [CE30], [CE31], [CE33], [CG3], [CG4], [CG6], [CG7], [CG8], [CE12], [CE17], [CE20], [CE32], [CG1], [CE27], [CE25], [CE18], [CE16], [CE15], [CE13], [CE7], [CE6], [CE5], [CE4], [CG5], [CB2], [CB3], [CB4], [CB5]

Clases prácticas (aula / sala de demostraciones / prácticas laboratorio)	15,00	0,00	15,0	[CE11], [CE14], [CE19], [CE23], [CE24], [CE26], [CE28], [CE29], [CE30], [CE31], [CE33], [CG3], [CG4], [CG6], [CG7], [CG8], [CE12], [CE17], [CE20], [CE32], [CG1], [CE27], [CE25], [CE18], [CE16], [CE15], [CE13], [CE7], [CE6], [CE5], [CE4], [CG5], [CB2], [CB3], [CB4], [CB5]
Realización de seminarios u otras actividades complementarias	15,00	0,00	15,0	[CE11], [CE14], [CE19], [CE23], [CE24], [CE26], [CE28], [CE29], [CE30], [CE31], [CE33], [CG3], [CG4], [CG6], [CG7], [CG8], [CE12], [CE17], [CE20], [CE32], [CG1], [CE27], [CE25], [CE18], [CE16], [CE15], [CE13], [CE7], [CE6], [CE5], [CE4], [CG5], [CB2], [CB3], [CB4], [CB5]
Realización de exámenes	4,00	0,00	4,0	[CE11], [CE14], [CE19], [CE23], [CE24], [CE26], [CE28], [CE29], [CE30], [CE31], [CE33], [CG3], [CG4], [CG6], [CG7], [CG8], [CE12], [CE17], [CE20], [CE32], [CG1], [CE27], [CE25], [CE18], [CE16], [CE15], [CE13], [CE7], [CE6], [CE5], [CE4], [CG5], [CB2], [CB3], [CB4], [CB5]

Estudio y trabajo autónomo en todas las actividades	0,00	90,00	90,0	[CE11], [CE14], [CE19], [CE23], [CE24], [CE26], [CE28], [CE29], [CE30], [CE31], [CE33], [CG3], [CG4], [CG6], [CG7], [CG8], [CE12], [CE17], [CE20], [CE32], [CG1], [CE27], [CE25], [CE18], [CE16], [CE15], [CE13], [CE7], [CE6], [CE5], [CE4], [CG5], [CB2], [CB3], [CB4], [CB5]
Total horas	60,00	90,00	150,00	
Total ECTS			6,00	

## 8. Bibliografía / Recursos

### Bibliografía Básica

- Acheson, D.J. (1990): Elementary Fluid Dynamics. Oxford University Press.
- Batchelor, G.K. (1967): An Introduction to Fluid Dynamics  
. Cambridge University Press.
- Landau, L.D., Lifshitz, E.M. (1988): Fluid Mechanics, Vol 6, 2nd edition. Elsevier Science.
- Tritton D.J. (1988): Physical Fluid Dynamics  
. Oxford University Press.

### Bibliografía Complementaria

- Clarke C.J. and Carswell R.F. (2007): Astrophysical Fluid Dynamics. Cambridge University Press
- Courant, R., Friedrichs, K. (1976): Supersonic Flow and Shock Waves. Springer-Verlag, New York.
- Laney, C.B. (1998): Computational Fluid Dynamics. Cambridge Univ Press
- Lighthill, J. (1980): Waves in Fluids. Cambridge University Press.
- Mihalas, D., Mihalas, B. (1999): Foundations of Radiation Hydrodynamics. Dover Books
- Shu, F. H. (1992): The Physics of Astrophysics, volume II: Gas Dynamics. University Science Books.

### Otros Recursos

Las prácticas numéricas serán ejercicios sencillos usando el lenguaje Python. Será posible realizarlas en cualquier portátil u ordenador de sobremesa reciente que tenga instalado ese programa. Ejemplos de técnicas numéricas elementales a usar serán: integración de ecuaciones diferenciales ordinarias, representación de isolíneas en mapas bidimensionales.

## 9. Sistema de evaluación y calificación

### Descripción

Siguiendo las normas obligatorias para el Grado de Física, la evaluación final de la asignatura se hace teniendo en cuenta tanto la calificación del examen final como la obtenida en la evaluación continua a lo largo del curso. Para calcular la nota final se usará la fórmula prescrita en la Memoria del Grado, a saber: llamando  $c$  a la calificación de la evaluación continua y  $z$  a la del examen final, ambas en escala de 0 a 10, la nota final,  $P$ , será:

$$P = z + 0.4 c (1 - z / 10)$$

La fórmula anterior se aplicará siempre que  $z > 10/3$ . En caso contrario,  $P = z$ . El acudir a la evaluación continua es optativo por parte del alumno.

La calificación de la evaluación continua ( $c$ ) se efectuará en base a las siguientes actividades a lo largo del curso:

- prácticas numéricas ofertadas durante el curso con fines de evaluación continua (25%). Se ofertarán al menos dos de estas prácticas a cada alumno.
- exámenes parciales (65%). Se ofrecerán al menos tres exámenes parciales durante el curso.
- Participación activa en las clases, realización de ejercicios en la pizarra, actitud positiva de aprendizaje de la asignatura (10%)

El examen final de la asignatura será un control escrito sobre los conocimientos adquiridos durante el curso, basado en preguntas teóricas y en problemas similares a los resueltos en clase. El examen no contendrá ejercicios que requieran usar lenguaje de programación (como Python). La calificación obtenida en la evaluación continua se tendrá en cuenta independientemente de la convocatoria que se utilice para el examen final dentro del curso académico actual.

### Estrategia Evaluativa

Tipo de prueba	Competencias	Criterios	Ponderación
----------------	--------------	-----------	-------------

Pruebas objetivas	[CG3], [CG4], [CG6], [CE4], [CE5], [CE6], [CE11], [CE13], [CE14], [CE17], [CE19], [CE23], [CE24], [CE26], [CE28], [CE29], [CE30], [CE33]	* Capacidad de análisis y de síntesis * Precisión en los cálculos * Rigor, claridad y lógica de los razonamientos * Ortografía y presentación	65,00 %
Informes memorias de prácticas	[CG1], [CG3], [CG4], [CG5], [CG6], [CG7], [CG8], [CE4], [CE5], [CE6], [CE7], [CE11], [CE12], [CE13], [CE14], [CE15], [CE16], [CE17], [CE18], [CE19], [CE20], [CE23], [CE24], [CE25], [CE26], [CE29], [CE30], [CE33]	* Capacidad de análisis y de síntesis * Precisión en los cálculos * Rigor, claridad y lógica de los razonamientos * Discusión e interpretación de los resultados * Creatividad * Ortografía y presentación	25,00 %
Escalas de actitudes	[CG4], [CG7], [CE4], [CE5], [CE7], [CE11], [CE14], [CE17], [CE19], [CE23], [CE24], [CE26], [CE27], [CE28], [CE29], [CE30], [CE31], [CE32]	Se valorará la activa participación del alumno en clase, la realización de ejercicios en la pizarra, su expresión oral y su actitud positiva hacia el aprendizaje de la asignatura.	10,00 %

## 10. Resultados de Aprendizaje

- El alumno adquirirá soltura para tratar física y matemáticamente los medios continuos inhomogéneos
- Entrenamiento a fondo en el uso de conceptos físicos básicos como densidad y flujo de magnitudes físicas extensivas y leyes de conservación.
- Maduración en la combinación (y diferenciación) de los aspectos mecánicos y termodinámicos en la descripción física de los gases
- Familiarización en el uso de magnitudes tensoriales, que preparan el terreno para la asignatura de Relatividad General
- Comprensión de la relación entre descripción microscópica y macroscópica de un medio físico continuo
- Comprensión de aspectos no lineales del comportamiento de la naturaleza.
- Familiarización con la auto semejanza de los sistemas físicos
- Comprensión del tratamiento de ondas en los sistemas intrínsecamente no lineales, como los gases
- Primer encuentro con situaciones físicas con transiciones bruscas (choques) y comprensión de los motivos de su presencia generalizada en la tierra y en el cosmos.
- Acercamiento a la física del cosmos mediante dinámica de gases

## 11. Cronograma / calendario de la asignatura

### Descripción

El siguiente cronograma es orientativo y está sujeto a variación según calendario académico.

Primer cuatrimestre					
Semana	Temas	Actividades de enseñanza aprendizaje	Horas de trabajo presencial	Horas de trabajo autónomo	Total
Semana 1:	1	Presenciales: 2 horas teóricas y 2 de prácticas. Adicionalmente: trabajo autónomo	4.00	4.00	8.00
Semana 2:	1 y 2	Presenciales: 2 horas teóricas y 2 de prácticas. Adicionalmente: trabajo autónomo	4.00	4.00	8.00
Semana 3:	2	Presenciales: 2 horas teóricas y 2 de prácticas. Adicionalmente: trabajo autónomo	4.00	4.00	8.00
Semana 4:	2	Presenciales: 2 horas teóricas y 2 de prácticas. Adicionalmente: trabajo autónomo	4.00	4.00	8.00
Semana 5:	3	Presenciales: 2 hora teórica y 2 de prácticas. Adicionalmente: trabajo autónomo	4.00	4.00	8.00
Semana 6:	3 y 4	Presenciales: 2 horas teóricas y 2 de prácticas. Adicionalmente: trabajo autónomo	4.00	4.00	8.00
Semana 7:	4	Presenciales: 2 horas teóricas y 2 de prácticas. Adicionalmente: trabajo autónomo	4.00	4.00	8.00
Semana 8:	4 y 5	Presenciales: 2 horas teóricas y 2 de prácticas. Adicionalmente: trabajo autónomo	4.00	4.00	8.00
Semana 9:	5	Presenciales: 2 horas teóricas y 2 de prácticas. Adicionalmente: trabajo autónomo	4.00	4.00	8.00
Semana 10:	5	Presenciales: 2 horas teóricas y 2 de prácticas. Adicionalmente: trabajo autónomo	4.00	4.00	8.00
Semana 11:	6	Presenciales: 2 horas teóricas y 2 de prácticas. Adicionalmente: trabajo autónomo	4.00	4.00	8.00
Semana 12:	6	Presenciales: 2 horas teóricas y 2 de prácticas. Adicionalmente: trabajo autónomo	3.00	6.00	9.00

Semana 13:	7	Presenciales: 2 horas teóricas y 2 de prácticas. Adicionalmente: trabajo autónomo	3.00	6.00	9.00
Semana 14:	7	Presenciales: 2 horas teóricas y 2 de prácticas. Adicionalmente: trabajo autónomo	3.00	6.00	9.00
Semana 15:	8	Presenciales: 3 horas de prácticas. Adicionalmente: trabajo autónomo	3.00	6.00	9.00
Semana 16 a 18:	Evaluación	Trabajo autónomo, preparación de la evaluación. 4 horas presenciales para realización de pruebas de evaluación.	4.00	22.00	26.00
Total			60.00	90.00	150.00