



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de  
Telecomunicacion

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

95000313 - Fundamentos De Biomecánica

### PLAN DE ESTUDIOS

09BM - Grado En Ingenieria Biomedica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
4. Descripción de la asignatura y temario.....	3
5. Cronograma.....	5
6. Actividades y criterios de evaluación.....	7
7. Recursos didácticos.....	9
8. Otra información.....	10

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	95000313 - Fundamentos de Biomecánica
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Tercer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	09BM - Grado en Ingeniería Biomedica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2021-22

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Juan Carlos Garcia Orden (Coordinador/a)	ETSI Caminos	juancarlos.garcia@upm.es	M - 11:00 - 13:00 X - 11:00 - 13:00 V - 11:00 - 13:00
Sergio Blanco Ibañez	ETSI Caminos	sergio.blanco@upm.es	L - 12:00 - 14:00 M - 12:00 - 14:00 J - 12:00 - 14:00

Angel Yagüe Hernan	ETSI Caminos	angel.yague@upm.es	M - 15:00 - 17:00 J - 15:00 - 17:00
--------------------	--------------	--------------------	--

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 3. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 3.1. Competencias

CE06 - Comprender y saber calcular el equilibrio y la dinámica de sistemas mecánicos

CG01 - Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender actividades o estudios posteriores de forma autónoma y con confianza.

CG02 - Aplicar de forma profesional a su trabajo los conocimientos adquiridos.

CG07 - Ser capaz de utilizar el método científico.

CG11 - Elaborar y defender argumentos y resolver los problemas de forma efectiva y creativa.

CG15 - Transmitir la información adquirida, las ideas, los problemas y las soluciones de forma oral y escrita en castellano e inglés.

CG16 - Aplicar los sistemas de divulgación de los resultados científicos de manera apropiada y utilizar los principios y medios relacionados con la transferencia de tecnología

## 3.2. Resultados del aprendizaje

RA5 - Formular problemas de ingeniería mediante modelos de ecuaciones diferenciales y saber obtener su solución.

RA4 - Capacidad de emplear con rigor el lenguaje matemático.

RA31 - RA34 - Conocer, comprender y dominar los conceptos y principios básicos de la Dinámica de sistemas

RA30 - RA32 - Conocer, comprender y dominar los conceptos y principios básicos de la Dinámica del punto material

## 4. Descripción de la asignatura y temario

---

### 4.1. Descripción de la asignatura

La asignatura se centra en la aplicación de los principios de la Mecánica Clásica a la estructura y el movimiento de los seres vivos, fundamentalmente al movimiento de sus sistemas musculo-esqueléticos. Tiene 3 grandes bloques, que son Cinemática (descripción del movimiento), Estática (estudio de las condiciones de equilibrio y estabilidad) y Dinámica (relación entre fuerzas y movimiento).

La asignatura tiene un marcado enfoque cuantitativo, lo que exige el manejo adecuado de conceptos matemáticos básicos. Los bloques temáticos se han planteado desde lo simple a lo complicado (partícula antes que sistemas; estática antes que dinámica). Dentro de cada bloque los conceptos se plantean desde lo general a lo particular (salvo ejemplos preliminares de motivación) tratando problemas tridimensionales, siendo las aplicaciones planas particularizaciones de los anteriores

## 4.2. Temario de la asignatura

1. Cinemática. Aplicación al movimiento del sistema músculo-esquelético
  - 1.1. Cinemática tridimensional de la partícula. Elementos de geometría diferencial. Expresiones de velocidad y aceleración en diversos sistemas de coordenadas
  - 1.2. Movimientos tridimensionales finitos del sólido rígido. Sólido con punto fijo. Teorema de Euler. Parametrizaciones de la rotación (ángulos de Euler). Sólido libre
  - 1.3. Movimientos tridimensionales infinitesimales del sólido rígido. Campo de velocidad y aceleración. Composición de movimientos. Derivación empleando sistemas móviles. Sólidos en contacto. Movimiento plano
2. Estática. Aplicación al equilibrio y la estabilidad del sistema músculo-esquelético
  - 2.1. Conceptos generales sobre sistemas. Equilibrio, estabilidad, momento de una fuerza, sistemas de fuerzas equivalentes
  - 2.2. Equilibrio de sistemas (I). Ecuaciones cardinales, cálculo de reacciones, problemas isostáticos/hiperestáticos, fricción.
  - 2.3. Equilibrio de sistemas (II). Principio de los trabajos virtuales, condiciones analíticas de estabilidad.
3. Dinámica de la partícula y de los sistemas
  - 3.1. Dinámica tridimensional de la partícula. Principio y teoremas de Newton-Euler. Movimientos libre y restringido
  - 3.2. Dinámica general de sistemas. Principios de Newton-Euler, teorema de la energía. Cinética y dinámica 2D. Aplicaciones a modelos planos
4. Dinámica tridimensional del sólido rígido y sistemas formados por sólidos rígidos. Aplicaciones al sistema músculo-esquelético
  - 4.1. Geometría de masas. Tensor de inercia, momentos y direcciones principales
  - 4.2. Cinética tridimensional del sólido rígido
  - 4.3. Dinámica tridimensional del sólido rígido con punto fijo (ecuaciones de Euler), eje fijo y libre. Cálculo de reacciones; aplicación al cálculo de fuerzas en articulaciones. Efecto giroscópico. Sistemas de sólidos rígidos.

## 5. Cronograma

### 5.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>0 Introducción 1.1 Cinemática tridimensional de la partícula. - Elementos de geometría diferencial. - Expresión de velocidad y aceleración en distintos sistemas de coordenadas</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>0 Introducción 1.1 Cinemática tridimensional de la partícula. - Elementos de geometría diferencial. - Expresión de velocidad y aceleración en distintos sistemas de coordenadas</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
2	<b>1.2 Movimientos tridimensionales finitos del sólido rígido - Sólido con punto fijo. Teorema de Euler - Parametrización de la rotación (ángulos de Euler) - Sólido libre</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>1.2 Movimientos tridimensionales finitos del sólido rígido - Sólido con punto fijo. Teorema de Euler - Parametrización de la rotación (ángulos de Euler) - Sólido libre</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
3	<b>1.3 Movimientos tridimensionales infinitesimales. - Campos de velocidad y aceleración del sólido rígido - Composición de movimientos - Aplicación al estudio de segmentos del sistema musculoesquelético humano</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>1.3 Movimientos tridimensionales infinitesimales. - Campos de velocidad y aceleración del sólido rígido - Composición de movimientos - Aplicación al estudio de segmentos del sistema musculoesquelético humano</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
4	<b>1.3 (cont) - Derivación empleando sistema móviles - Sólidos en contacto. Movimiento plano.</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>1.3 (cont) - Derivación empleando sistema móviles - Sólidos en contacto. Movimiento plano.</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
5	<b>1.3 (cont.) Mov. plano. 2.1 Estática. Conceptos generales sobre sistemas. Aplicación a la redundancia del sistema muscular humano 2.2 Equilibrio, estabilidad, momento de una fuerza, sistemas de fuerzas equivalentes</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>1.3 (cont.) Mov. plano. 2.1 Estática. Conceptos generales sobre sistemas. Aplicación a la redundancia del sistema muscular humano 2.2 Equilibrio, estabilidad, momento de una fuerza, sistemas de fuerzas equivalentes</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
6	<b>2.3 Equilibrio y estabilidad de sistemas - Ecuaciones cardinales de la estática - Cálculo de reacciones - Sistemas isostáticos/hiperestáticos - Equilibrio del sólido rígido</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>2.3 Equilibrio y estabilidad de sistemas - Ecuaciones cardinales de la estática - Cálculo de reacciones - Sistemas isostáticos/hiperestáticos - Equilibrio del sólido rígido</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
7	<b>2.3 (cont) - Fricción. - Principio de los trabajos virtuales. - Condiciones analíticas de estabilidad - Aplicaciones al sistema musculo-esquelético humano</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>2.3 (cont) - Fricción. (- Principio de los trabajos virtuales. - Condiciones analíticas de estabilidad - Aplicaciones al sistema musculo-esquelético humano) se eliminan en el curso 2020-2021. Ver Apartado "Otra información"</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	

8	Repaso 1er parcial (se elimina en el curso 2020-2021, ver Apartado "Otra información") Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Repaso 1er parcial (se elimina en el curso 2020-2021, ver Apartado "Otra información") Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
9	3.1 Dinámica de la partícula - Principio y teoremas de Newton-Euler. - Movimiento libre y restringido Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		3.1 Dinámica de la partícula - Principio y teoremas de Newton-Euler. - Movimiento libre y restringido Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
10	3.2 Dinámica de sistemas - Principios de Newton-Euler, teorema de la energía. Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		3.2 Dinámica de sistemas - Principios de Newton-Euler, teorema de la energía. Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Primer parcial (Temas 1 y 2) EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 03:00
11	3.2 (cont) - Cinética y dinámica 2D. Aplicaciones a modelos planos. Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		3.2 (cont) - Cinética y dinámica 2D. Aplicaciones a modelos planos. Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
12	3.2 (cont) - Aplicaciones biomecánicas Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		3.2 (cont) - Aplicaciones biomecánicas Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
13	4.1 Geometría de masas. Tensor de inercia. Momentos y direcciones principales Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		4.1 Geometría de masas. Tensor de inercia. Momentos y direcciones principales Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
14	4.2 Cinética tridimensional del sólido rígido 4.3 Dinámica del sólido rígido. - Sólido con punto fijo (ecuaciones de Euler) Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		4.2 Cinética tridimensional del sólido rígido 4.3 Dinámica del sólido rígido. - Sólido con punto fijo (ecuaciones de Euler) Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
15	4.3 (cont.) - Sólido con eje fijo y libre. - Cálculo de reacciones; aplicación al cálculo de fuerzas en articulaciones. - Efecto giroscópico - Sistemas de sólidos rígidos Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		4.3 (cont.) - Sólido con eje fijo y libre. - Cálculo de reacciones; aplicación al cálculo de fuerzas en articulaciones. - Efecto giroscópico - Sistemas de sólidos rígidos Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
16				
17				Segundo parcial (Temas 3 y 4) EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 03:00  Examen Final ordinario EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.



## 6. Actividades y criterios de evaluación

### 6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 6.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
10	Primer parcial (Temas 1 y 2)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	40%	4 / 10	CG01 CG11 CG02 CE06 CG15 CG16 CG07
17	Segundo parcial (Temas 3 y 4)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	40%	3 / 10	CG11 CG02 CE06 CG15 CG16 CG07

#### 6.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen Final ordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG01 CG11 CG02 CE06 CG15 CG16 CG07

#### 6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen Final extraordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG01 CG11 CG02 CE06 CG15 CG16 CG07

## 6.2. Criterios de evaluación

Los estudiantes serán evaluados, por defecto, mediante evaluación continua. El estudiante que desee renunciar a la evaluación continua y optar a la evaluación por prueba final (formada por una o más actividades de evaluación global de la asignatura), deberá comunicarlo por escrito a través de la plataforma Moodle al coordinador de la asignatura antes de la séptima semana del curso.

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación mediante prueba final usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que se usan en la evaluación continua (EX), y se realizarán en las fechas y horas de evaluación final aprobadas por la Junta de Escuela para el presente curso y semestre, salvo aquellas actividades de evaluación de resultados del aprendizaje de difícil calificación en una prueba final. En este caso, se podrán realizar dichas actividades de evaluación a lo largo del curso.

La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará exclusivamente a través del sistema de prueba final.

La calificación de la asignatura mediante evaluación continua se determinará en función de dos elementos:

1. Resolución y entrega de ejercicios. Los estudiantes podrán resolver individualmente una serie de ejercicios teórico-prácticos y problemas que planteará el profesor. La entrega de estos ejercicios y problemas puede suponer, dependiendo de su número y calidad, hasta un 20% de la nota final. No se han incluido en el apartado "Actividades de evaluación" ya que no tienen asignadas semanas concretas, realizándose 3 ó 4 en cada parcial y dentro del horario de clase.

2. Evaluación periódica de los conocimientos adquiridos. Se prevén dos parciales, cada uno con un peso mínimo del 40% y cubriendo aproximadamente la mitad del programa de la asignatura; el primero entre la octava y décima

semana y el segundo coincidiendo con examen final ordinario. En estos parciales se propondrán preguntas teóricas y problemas. Es imprescindible tener una nota mayor o igual a 4 puntos sobre 10 en el primer parcial para presentarse sólo al segundo.

Para optar al aprobado de la asignatura mediante evaluación continua habiendo aprobado el primer parcial, será necesario obtener al menos 3 puntos sobre 10 en el segundo parcial

En caso de que la evaluación (exámenes parciales y finales) deba hacerse de manera no presencial, la estructura y los criterios de evaluación serán los mismos que en el formato presencial, salvo que el examen se realizará de forma telemática con las particularidades que se describen a continuación.

Habrán dos ejercicios teóricos, cubriendo cada uno de ellos un parcial. Cada ejercicio teórico estará formado por varias preguntas de opción múltiple aleatorias, que tendrán que ser respondidas en un tiempo limitado. Habrán dos ejercicios prácticos, cubriendo cada uno de ellos un parcial. Cada ejercicio será un problema que el alumno podrá desarrollar libremente y que al final del tiempo establecido deberá escanear y subir a la plataforma.

Los detalles correspondientes a esta prueba (plataforma, tiempos exactos dedicados a cada parte, etc.) se publicarán en su momento junto con la correspondiente convocatoria.

Los alumnos que tengan problemas de salud o de tipo técnico para realizar el examen deben seguir las instrucciones dadas por Jefatura de Estudios de la Escuela.

## 7. Recursos didácticos

---

### 7.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
García Orden, J.C. "Fundamentos de Biomecánica. Teoría y problemas propuestos"	Bibliografía	Apuntes de la asignatura
Página web de la asignatura	Recursos web	<a href="https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=3737">https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=3737</a>
Tözeren A. "Human body dynamics: classical mechanics and human movement". Springer, 2000	Bibliografía	

Goicolea, J.M. "Curso de Mecánica". Servicio de publicaciones del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 2001	Bibliografía	
Prieto Alberca, M. "Curso de Mecánica Racional". ADI, 1992	Bibliografía	

## 8. Otra información

---

### 8.1. Otra información sobre la asignatura

Puesto que el curso 21-22 va a tener sólo 14 semanas lectivas, se eliminan del cronograma la semana 8. Su contenido, repaso del primer parcial, se elimina; en su lugar se recomendarán para su estudio en casa problemas seleccionados de los propuestos en los apuntes de la asignatura y de exámenes de cursos anteriores disponibles en Moodle.