



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería  
Aeronáutica y del Espacio

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**145005203 - Vibraciones**

### PLAN DE ESTUDIOS

14IA - Grado En Ingeniería Aeroespacial

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2019/20 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

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

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	145005203 - Vibraciones
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Quinto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	14IA - Grado En Ingeniería Aeroespacial
<b>Centro responsable de la titulación</b>	14 - Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio
<b>Curso académico</b>	2019-20

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Jorge Llamazares Gonzalez	B019	jorge.llamazares@upm.es	M - 17:00 - 20:00 J - 17:00 - 20:00
Jose Luis Hernando Diaz (Coordinador/a)	B019	joseluis.hernando@upm.es	L - 15:00 - 18:00 J - 15:00 - 18:00
Enrique De La Fuente Tremps	B019	enrique.delafuente@upm.es	M - 09:00 - 11:00 X - 11:00 - 13:00 J - 09:00 - 11:00

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

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Mecanica Clasica
- Resistencia De Materiales Y Elasticidad

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Básicos del idioma inglés
- Ecuaciones diferenciales

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE33 - Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: La mecánica de fractura del medio continuo y los planteamientos dinámicos, de fatiga de inestabilidad estructural y de aeroelasticidad.

CG3 - Capacidad para identificar y resolver problemas aplicando, con creatividad, los conocimientos adquiridos

### 4.2. Resultados del aprendizaje

RA278 - Conocimiento, comprensión, aplicación, análisis y síntesis de los métodos aplicados al estudio de la respuesta de los motores de aeronaves frente a cargas no estacionarias

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura presenta procedimientos para analizar la respuesta dinámica de estructuras a excitaciones de carácter vibratorio. Se analizan los modelos de un grado de libertad así como posteriormente los de múltiples grados de libertad. También se indican procedimientos de resolución de sistemas con masas distribuidas y procedimientos aproximados de cálculo de frecuencias y modos propios.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Conceptos básicos. Modelos matemáticos de sistemas de un grado de libertad.

1.1. Problemas estáticos y problemas dinámicos.

1.2. Componentes elementales de las estructuras aeroespaciales empleados en su modelización con vistas al análisis de su comportamiento vibratorio.

2. Movimiento libre de sistemas de un grado de libertad

2.1. Análisis del movimiento libre de sistemas de un grado de libertad

2.2. Frecuencia propia

2.3. Modelos de amortiguamiento.

2.3.1. Amortiguamiento viscoso.

2.3.2. Amortiguamiento de fricción seca de Coulomb.

2.3.3. Amortiguamiento estructural

2.4. Medida experimental del coeficiente de amortiguamiento.

3. Movimiento forzado. Análisis en el dominio del tiempo.

3.1. Excitación por fuerzas directamente aplicadas y por el movimiento de la base

3.2. Integral de Duhamel.

3.3. Métodos numéricos de resolución.

4. Movimiento forzado. Análisis en el dominio de la frecuencia.

4.1. Estudio del fenómeno de la resonancia

4.2. Aislamiento de vibración.

4.3. Captadores de movimiento.

5. Análisis de Fourier aplicado a la respuesta en el dominio de la frecuencia. Estructuras sometidas a fuerzas aleatorias.
  - 5.1. Excitaciones periódicas. Desarrollo en serie de Fourier.
  - 5.2. Respuesta a excitaciones aleatorias. Concepto de Densidad Espectral de Potencia. Media cuadrática de la respuesta.
6. Sistemas de múltiples grados de libertad.
  - 6.1. Significado del concepto de grado de libertad.
  - 6.2. Sistemas discretos de  $n$  grados de libertad. Discretización de sistemas continuos.
  - 6.3. Método directo de Newton y Ecuaciones de Lagrange.
7. Movimiento libre sin y con amortiguamiento
  - 7.1. Resolución del movimiento libre de sistemas de  $n$  grados de libertad.
  - 7.2. Procedimientos de resolución directa.
  - 7.3. Procedimientos basados en la superposición modal.
  - 7.4. Modos propios, frecuencias propias, matrices modales de masa y de rigidez.
  - 7.5. Amortiguamientos modales.
8. Análisis del movimiento forzado en el dominio del tiempo y en el de la frecuencia.
  - 8.1. Respuesta forzada de sistemas de  $n$  grados de libertad a excitaciones no estacionarias.
  - 8.2. Métodos directos y métodos basados en la superposición modal.
9. Problemas específicos.
  - 9.1. Problemas especiales en la resolución de grandes estructuras
  - 9.2. Reducción de modelos
  - 9.3. Truncación modal
  - 9.4. Condensación estática de Guyan
  - 9.5. Subestructuración.
  - 9.6. Concepto de masas efectivas modales.
10. Tema 10. Determinación experimental de vibraciones
  - 10.1. Análisis modal
  - 10.2. Extracción de propiedades a partir de resultados experimentales
  - 10.3. Corrección de modelos teóricos

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	<b>Tema 1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de problemas en el aula</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
3	<b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de problemas en el aula</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
4	<b>Tema 3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de problemas en el aula</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
5	<b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de problemas en el aula</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
6	<b>Tema 4</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	<b>Tema 5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de problemas en el aula</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
8	<b>Resolución de problemas en el aula</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			

9	<p><b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de problemas en el aula</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Prueba objetiva parcial.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 02:00</p>
10	<p><b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de problemas en el aula</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
11	<p><b>Tema 7</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de problemas en el aula</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
12	<p><b>Tema 7</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de problemas en el aula</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
13	<p><b>Tema 8</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de problemas en el aula</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
14	<p><b>Tema 9</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de problemas en el aula</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
15	<p><b>Tema 10</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de problemas en el aula</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
16				<p><b>Prueba objetiva parcial.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 02:00</p>
17				<p><b>Examen Final ordinario</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 03:00</p>

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.



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.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
9	Prueba objetiva parcial.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	5 / 10	CG3 CE33
16	Prueba objetiva parcial.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	5 / 10	CG3 CE33

#### 7.1.2. 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	CG3 CE33

#### 7.1.3. 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	CG3 CE33

## 7.2. Criterios de evaluación

Se establecerá una evaluación continuada en la que se tendrá en cuenta los exámenes parciales.

Los exámenes estarán compuestos de una parte teórica, y/o una parte práctica o una combinación de ambas.

Se propondrá un examen parcial hacia la mitad del semestre en el que se incluirá al menos la Primera Parte definida anteriormente en el Programa de la asignatura. Este examen parcial, caso de ser superado, supondrá la liberación de la parte correspondiente.

Se realizará una prueba final que incluirá la parte de la asignatura no incluida en el examen parcial anterior y la primera parte para los estudiantes que no hayan superado el primer parcial, o deseen subir la nota obtenida.

La parte teórica será de tipo test y estará orientada a verificar que el estudiante ha comprendido correctamente los conceptos teóricos básicos expuestos durante el desarrollo de la asignatura.

La parte práctica podrá consistir en:

- Ejercicios a desarrollar por el estudiante eligiendo una de varias soluciones proporcionadas, o
- Ejercicios propuestos a desarrollar íntegramente in extenso por el estudiante, o
- Una combinación de ambas posibilidades.

La calificación final se obtendrá mediante la media aritmética de cada parte (a condición de que las notas de cada uno de los parciales sea mayor o igual a 3.5):

$$N_{\text{final}} = 0.5 \times \text{Primer parcial} + 0.5 \times \text{Segundo parcial}$$

Pero si la nota de un parcial es inferior a 3.5 no se aplicará la media aritmética, y el alumno se tendrá que presentar obligatoriamente a esa parte en el siguiente examen final, sustituyendo la nota obtenida a la que tuviera anteriormente.

Cada uno de los dos parciales se puntuarán sobre diez.

La suma de las notas del primer y segundo parcial podrán sumar hasta un máximo de 10 puntos y constituirán la calificación final para los estudiantes.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Fundamentos de Dinámica Estructural	Bibliografía	Enrique DE LA FUENTE TREMPES. Garceta Grupo Editorial, 2015.
Problemas resueltos de Dinámica Estructural	Bibliografía	Enrique DE LA FUENTE TREMPES y José Luis HERNANDO DÍAZ. Garceta Grupo Editorial, 2017
Espacio Moodle de la asignatura	Recursos web	En esta plataforma se incluyen documentos docentes básicos de la asignatura, enlaces, ejercicios propuestos y resueltos, etc. y se utiliza como método de comunicación de avisos y solución de dudas.
Dinámica estructural	Bibliografía	M. PAZ. Editorial Reverté, 1992
Harris? Shock and Vibration Handbook	Bibliografía	C.M. HARRIS. McGraw-Hill, 2002.
Modal Testing. Theory and Practice	Bibliografía	D.J. EWINS. John Wiley and Sons, 1995.
Structural Dynamics and Vibrations in Practice. An Engineering Perspective	Bibliografía	D. THORBY. Elsevier Ltd, 2008.
Random Vibrations. Theory and Practice	Bibliografía	P. WIRSCHING. Publications Inc, 1995
Mechanical Vibrations	Bibliografía	J.P. DEN HARTOG. Dover Publications, 1985.
Vibrations for Engineers	Bibliografía	A. DIMAROGONAS. Prentice Hall, 1996.
Structural Dynamics. An Introduction to Computer Methods	Bibliografía	R.R. Craig Jr. John Wiley and Sons, 1970.

Análisis de estructuras por elementos finitos	Bibliografía	Enrique DE LA FUENTE y José Luis HERNANDO DÍAZ . Servicio de Publicaciones de la EUITA, UPM. 2002.
---	--------------	--