

## **DENOMINACIÓN**

### **DINÁMICA DE SISTEMAS MECÁNICOS**

## **FUNDAMENTACIÓN**

Esta asignatura corresponde al campo de las tecnologías aplicadas en el área aeroespacial, estando presente en los trayectos en dinámica aeroespacial y en estructuras y materiales. Presenta como lineamientos generales complementar la formación del maestrando en el campo de la dinámica de estructuras y sistemas mecánicos. La misma toma particular sentido cuando se considera la necesidad de complementar los conocimientos de cálculo estructural adquiridos y aplicados a aeronaves para desarrollar en el estudiante la capacidad de modelar, analizar y simular la respuesta dinámica de los sistemas aeroespaciales. La demanda de personal calificado se incrementa permanentemente debido al crecimiento de la actividad aeroespacial año a año situación que obliga a poner énfasis en la formación de los profesionales necesarios para atenderla.

## **OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA**

- Modelar, analizar y simular la respuesta dinámica de estructuras y sistemas mecánicos.
- Analizar vibraciones en modelos lineales.
- Conocer las técnicas de reducción de vibraciones en sistemas mecánicos.
- Adquirir un nivel formativo que facilite la incorporación del profesional a grupos de trabajo dedicados a la investigación científica y a la aplicación industrial en áreas de la especialidad.

## **CONTENIDOS**

### **Unidad 1. Formulación de ecuaciones de movimiento**

1.1 Coordenadas generalizadas. Ligaduras. 1.2 Energía cinética y potencial. Fuerzas no conservativas. 1.3 Ecuaciones de movimiento: Newton, Principio de Hamilton y ecuaciones de Lagrange. 1.4 Representación en espacio de estado. 1.5 Estabilidad de ecuaciones de movimiento. 1.6 Linealización de ecuaciones de movimiento. Pequeñas oscilaciones.

### **Unidad 2. Vibraciones en sistemas lineales discretos**

2.1 Sistemas m-c-k de un grado de libertad. Vibraciones libres y forzadas. 2.2 Análisis en el dominio del tiempo y la frecuencia. 2.3 Sistemas de varios grados de libertad: matrices de masas, rigidez y amortiguamiento. 2.4 Modos de vibración y frecuencias naturales. 2.5 Cociente de Rayleigh. 2.6 Amortiguamiento clásico. 2.7 Función respuesta en frecuencia. Ceros. 2.8 Análisis de sistemas con matriz de masa singular. 2.9 Amortiguamiento no clásico.

### **Unidad 3. Modelos lineales en espacio de estado**

3.1 Formulación de primer orden en sistemas lineales. 3.2 Polos. Exponencial matricial. 3.3 Respuesta a un impulso unitario. 3.4 Solución exacta para modelos simples de carga externa. 3.5 Modelos viscoelásticos lineales.

### **Unidad 4. Simulación computacional**

4.1 Integración de ecuaciones diferenciales. Integradores explícitos e implícitos. 4.2 Estabilidad y exactitud. Runge-Kutta. Newmark. 4.3 Sistemas acoplados. 4.4 Análisis en el dominio de la frecuencia. Transformada rápida de Fourier.

### **Unidad 5. Vibraciones en sistemas continuos**

5.1 Vibraciones en barras, vigas y placas. 5.2 Análisis modal. 5.3 Análisis en el dominio de la frecuencia. 5.4 Análisis de precisión en discretizaciones del continuo con elementos finitos.

### **Unidad 6. Modelos de amortiguamiento**

6.1 Viscoelasticidad. Módulos elástico y de disipación. 6.2 Análisis dinámico de sistemas lineales con disipadores viscoelásticos. 6.3 Métodos de la energía modal. 6.4 Modelos lineales y no

lineales de amortiguamiento histérico. 6.5 Fricción de Coulomb. Fricción lineal. Modelos de comportamiento plástico de metales. 6.6 Otros modelos constitutivos.

### **Unidad 7. interacción fluido estructura**

7.1 Modelización de fuerzas aerodinámicas. Flutter. 7.2 Fluidos en tuberías y otros problemas de interacción.

### **Unidad 8. Dinámica experimental**

8.1 Instrumentos de medición. 8.2 Análisis de señales. 8.3 Identificación de parámetros.

## **ACTIVIDADES PRÁCTICAS**

Las actividades prácticas se centran en la obtención de ecuaciones de movimiento de modelos que incluyen partículas, cuerpos rígidos, cuerpos deformables y restricciones cinemáticas. Se plantean casos de modelos discretos, modelos continuos de parámetros distribuidos en vibración de pequeña amplitud y casos de discretización mediante elementos finitos.

Algunos casos son formulados durante las clases teórico-prácticas y otros son planteados para la resolución fuera de horario de clase por parte del maestrando.

Algunos de los casos formulados requieren la programación o uso de herramientas computacionales que modelan el problema analizado y resuelven ecuaciones diferenciales ordinarias mediante métodos numéricos con distintas estrategias (integración numérica, soluciones analíticas, soluciones en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia, reducción de orden, etc.).

No hay obligación de presentación de carpetas de prácticos presentados en el aula. Es responsabilidad del maestrando realizar los prácticos programados y verificar la corrección de los resultados obtenidos.

## **METODOLOGÍA**

La metodología de enseñanza para esta asignatura se plantea en el marco del dictado de clases teórico/prácticas.

El sistema de enseñanza es de carácter teórico-práctico, con preeminencia del método deductivo (de lo general a lo particular) al tratar la faz teórica de los temas listados en los contenidos. En la medida de lo posible, siempre se intentará lograr que las clases por su contenido y modalidad de dictado estimulen la participación de los maestrandos.

Para desarrollar la habilidad de modelar y solucionar problemas, los maestrandos podrán disponer de un conjunto de ellos, entre los cuales se incluyen los problemas "tipo" que serán resueltos en clase bajo la tutela del profesor y discutidos entre los pares.

La parte teórica de las clases tiene carácter expositivo, donde el docente presenta las definiciones, conceptos y formulaciones matemáticas. La parte práctica presenta una mayor interacción, debido a que se aplica un formato de exposición dialogada, guiando a los alumnos a realizar análisis deductivos para poder hallar las soluciones a los problemas planteados, usando los conceptos desarrollados en la parte teórica. Se destaca que las clases no están formalmente divididas en teóricas y prácticas si no que, según el tema, se produce una combinación de ambos tipos.

La estructura de dictado de la asignatura consiste en una clase semanal. Además, los docentes establecen un horario de consulta por fuera del horario de clases formal, el cual tiene una extensión adecuada en función de la cantidad de maestrandos inscriptos en la asignatura.

El docente explicará a los maestrandos cómo el contenido de los temas de la presente asignatura se relaciona con los conocimientos impartidos en las demás asignaturas de su plan de estudios de manera de articular las nuevas capacidades a las ya adquiridas. Se busca con esto formar una conciencia aeroespacial en el profesional dotando al mismo de la capacidad para interpretar la fenomenología propia de la actividad.

Se busca durante la cursada modelar, analizar y simular la respuesta dinámica de estructuras y sistemas mecánicos a través de resolución de ejercicios y análisis de proyectos de casos

reales. Así, se espera que la metodología aplicada desarrolle en el maestrando las competencias para:

- Desarrollar la capacidad de análisis de vibraciones en modelos lineales.
  - Describir las características físicas fundamentales de la dinámica de sistemas mecánicos utilizados en aeronáutica y en el área espacial.
  - Conocer e interpretar las ecuaciones de la dinámica de estructuras aeroespaciales reconociendo las limitaciones de las hipótesis simplificativas aplicadas.
- Presentar las técnicas de reducción de vibraciones en sistemas mecánicos aeroespaciales.
  - Plantear hipótesis válidas con la física del problema que se busca la solución.
  - Aplicar correctamente las ecuaciones necesarias y adecuadas para la resolución de problemas.
- Adquirir un nivel formativo que facilite la incorporación a grupos de trabajo dedicados a la investigación y a la aplicación industrial en áreas de la especialidad.
  - Desarrollar análisis crítico y criterio analítico sobre planteo y solución de problemas relacionados con la dinámica de vehículos espaciales.

Además, se busca que el maestrando adquiera competencias de carácter por un lado actitudinal, como el cumplimiento de responsabilidades y obligaciones y tener participación activa en las actividades prácticas, y por otro aptitudinal, como la identificación de problemas y la organización del tiempo y tareas.

## EVALUACIÓN

Las condiciones para la promoción de la asignatura son:

- Aprobar ambos exámenes parciales con nota no inferior a siete (7) en una escala de cero (0) a diez (10).
- Presentar y aprobar con nota no inferior a siete (7) en una escala de cero (0) a diez (10) cada uno de los proyectos que se exijan durante el desarrollo de los trabajos prácticos.
- Aprobar un coloquio oral final.

Los maestrandos que cumplan con el 50% de las exigencias referidas a los parciales y proyectos serán considerados regulares. Los demás estarán libres.

La nota final corresponderá al promedio ponderado de los exámenes parciales y de los proyectos.

## CARGA HORARIA

Modalidad	Carga Teórica	Carga Práctica	TOTAL
Presencial	30	30	60
A distancia	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>60</b>

## BIBLIOGRAFÍA

- Clough, R. W. and Penzien, J., Dynamics of Structures, MacGraw Hill Company, Inc. New York, 1993.
- Juang, J.N., Applied System Identification, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1994.
- Junkins, J.L, Kim, Y., Introduction to Dynamics and Control of Flexible Structures. AIAA Education Series, 1993.
- Shabana, A.A., Computational Dynamics, John Wiley & Sons, Inc., 1994.