



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

### PROGRAMA ANALÍTICO DE ASIGNATURA

**DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA**

**CARRERA: Ingeniería Mecánica**

**NOMBRE DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR: Elementos de Máquinas (int.)**

Área: Integradora

Bloque: Tecnologías aplicadas

Nivel: 4

Tipo: Obligatoria

Modalidad: Anual

**Cargas horarias totales:**

| <i>Horas reloj</i> | <i>Horas cátedra</i> | <i>Horas cátedra semanales</i> |
|--------------------|----------------------|--------------------------------|
| 120                | 160                  | 5                              |

#### **Fundamentación**

La materia tiene la característica de iniciar al estudiante en lo que es el diseño en ingeniería.

A partir de los conocimientos básicos de Estabilidad I, Estabilidad II, Mecánica Racional y Materiales Metálicos, el alumno tiene ya la base de introducir esos conocimientos básicos dentro de cada uno de los temas que la materia va desarrollando.

Tal cual refieren varios autores de textos de la materia, se dice que ingeniería es diseñar, por lo que constituye quizá la primera aproximación del alumno al espíritu de la especialidad.

#### **Objetivos**

- Calcular y/o dimensionar componentes de máquinas.
- Seleccionar componentes de acuerdo con catálogos de fabricantes.
- Conocer el correcto funcionamiento de los distintos elementos.
- Verificar el comportamiento de los elementos de acuerdo con parámetros de aceptación.
- Conocer el montaje y desmontaje de los distintos componentes.



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

## Contenidos

### a) Contenidos mínimos

#### Cálculo de órganos de máquinas:

Tensiones y deformaciones en órganos de máquinas.

Dimensionado de piezas por fatiga.

Dimensionado de piezas por impacto.

Dimensionado de uniones atornilladas.

Dimensionado de uniones soldadas.

Dimensionado de resortes.

#### Cálculo de elementos de transmisión:

Árboles y ejes de transmisión.

Cojinetes y rodamientos. Teoría de la lubricación.

Transmisiones por correas y por cadenas.

Transmisiones por engranajes.

Trenes de engranajes: reductores, planetarios y diferenciales.

Acoplamientos.

Embragues y frenos

Dimensionado de levas.

Dimensionado de volantes.

#### Mecanismos articulados

Definición de partes constitutivas de los sistemas articulados.

Mecanismos de barras articuladas desmodromicas.

Sistemas articulados planos.

Sistema articulado de cuatro barras.

Análisis de velocidades.

### b) Contenidos analíticos

#### Unidad temática I: *TENSIONES Y DEFORMACIONES*

Naturaleza de las fuerzas y esfuerzos que actúan en los órganos de máquinas. Tensiones principales e inducidas. Teorías de rotura. Máximo esfuerzo normal, máximo esfuerzo de corte, máxima deformación y teoría basada en la energía de la distorsión.



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

Tensiones producidas por cargas dinámicas, graduales y de choque. Solicitaciones variables: fatiga. Concentración de tensiones, concepto y análisis de casos usuales. Tensiones admisibles: su determinación para cargas estáticas y variables. Elección del coeficiente de seguridad.

#### **Unidad Temática II: UNIONES**

Uniones fijas. Soldaduras. Descripción de los procedimientos más comunes. Clasificación de los materiales y forma de las uniones. Tensiones admisibles. Factores que intervienen.

Cálculo de costuras sometidas a tensiones simples y compuestas. Casos con cargas variables. Cálculo de recipientes cilíndricos soldados. Normas.

Uniones desmontables. Chavetas: longitudinales y transversales.

Tipos y tensiones de cálculo. Verificación a la compresión y al corte.

Uniones atornilladas: tensiones y deformaciones en tornillos y elementos.

Normas. Cargas estáticas y de fatiga. Influencia de las juntas elásticas. Diagrama de precarga.

#### **Unidad Temática III: ÁRBOLES Y EJES**

Árboles y ejes de transmisión. Dimensionamiento basado en las máximas tensiones y en las deformaciones. Ejes de sección variable, deformaciones por flexión y por torsión. Árboles huecos. Código ASME. Árboles flexotorsionados. Criterio de Soderberg. Vibraciones laterales por flexión. Velocidad crítica. Armónicas superiores. Criterios de Raileight-Ritz y de Dunkerley. Vibraciones torsionales.

#### **Unidad Temática IV: SUSTENTACIÓN DE ÁRBOLES Y EJES**

Cojinetes de deslizamiento axial y radial. Dimensionamiento basado en la Teoría Hidrodinámica de la Lubricación. Teoría de Petroff, Reynolds y Sommerfeld. Rozamiento líquido, semilíquido y seco. Equilibrio térmico de cojinetes. Método clásico. Método del módulo de lubricación.

Solución numérica para cojinetes cortos. Cojinetes de rodamientos: axiales y radiales.

Materiales utilizados. Carga radial equivalente, capacidad de carga estática y dinámica.

Vida esperada. Selección tabular de rodamientos.

#### **Unidad Temática V: LEVAS**

Clasificación. Diagramas de desplazamientos, velocidades, aceleraciones y pulsos.

Curvas de uso más frecuente: circulares, polinómicas, espirales y cicloidales.

Determinación de los trazados para los distintos tipos de seguidores.

#### **Unidad Temática VI: VOLANTES**

Factor de inercia y grado de irregularidad. Cálculo de la masa de un volante mediante diagramas de trabajo. Cálculo de volantes para punzonadoras y balancines. Tensiones en un anillo giratorio. Cálculo de la llanta y los brazos de un volante.



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

**Unidad Temática VII: RESORTES**

Resortes helicoidales de tracción y compresión. Determinación de tensiones y deformaciones para cargas estáticas y de fatiga. Secciones de alambres circulares y otras. Factor de corrección debido a curvatura y tensiones de corte. Factor de Wahl. Materiales diversos y distintos tratamientos. Elásticos de ballestas. Paquetes semielípticos. Estado de tensión en hojas completas y graduadas. Distintos materiales. Dimensionamiento.

**Unidad Temática VIII: TRANSMISIÓN DE POTENCIA POR ROZAMIENTO**

Transmisiones por correas. Teorema de Prony. Selección tabular de un mando de correas trapecoidales. Ruedas de fricción. Embragues y frenos. Cadenas articuladas, silenciosas y de rodillos.

**Unidad Temática IX: TRANSMISIÓN DE ENERGÍA MEDIANTE ENGRANAJES**

Superficies primitivas: determinación. Superficies conjugadas. Teorema fundamental del engrane. Determinación de las superficies conjugadas conocidas una de ellas: método de Poncelet y de Reuleaux. Línea y duración de engrane. Recta de acción, ángulo de presión.

Perfiles conjugados más utilizados: curvas cicloidales y a evolvente de círculo.

Características y propiedades geométricas y cinemáticas de dichas curvas.

Comparación entre ambas curvas. Función evolvente: su estudio geométrico y aplicaciones.

**Unidad Temática X: ENGRANAJES PARA EJES PARALELOS**

Superficies paralelas: ruedas cilíndricas de dientes rectos. Elementos del diente, juegos radiales y circunferenciales. Normalización: módulo y diametral pitch. Arco y duración de engrane.

Flanco activo. Interferencia en ruedas con perfil a evolvente. Número mínimo de dientes. Corrección de la interferencia.

**Unidad Temática XI: DIMENSIONAMIENTO DE ENGRANAJES**

Método de Lewis para engranajes paralelos. Elección de tensiones admisibles. Cargas dinámicas: fórmula de Lewis-Barth y Buckingham. Determinación del módulo. Acciones entre dientes. Rendimiento de la transmisión. Método por desgaste de Buckingham. Normas AGMA.

**Unidad Temática XII: ENGRANAJES CON DENTADO HELICOIDAL**

Flancos a helicoide desarrollable. Proceso de engrane: línea de contacto, arco y duración del engrane. Empuje axial. Características normalizadas. Módulo normal y circunferencial. Dimensionamiento por el método de Lewis, Barth y Buckingham. Verificación al desgaste.

Ventajas al desgaste. Ventajas e inconvenientes en comparación con las de diente rectos. Rendimiento de la cupla. Aplicación de las normas AGMA.

**Unidad Temática XIII: ENGRANAJES PARA EJES CONCURRENTES**

Determinación de las superficies primitivas. Engranajes cónicos. Estudio cinemático sobre la superficie esférica. Método de Tredhold: conos complementarios y trazado de los dientes



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

evolventes. Proporción y características normalizadas. Engranajes cónicos de dientes no rectos: espirales, circulares, etc. Determinación de los empujes radiales y axiales sobre los apoyos. Aplicación de la fórmula de Lewis, Barth y Buckingham. Aplicación de las normas AGMA. Dimensionamiento de ruedas cónicas.

#### **Unidad Temática XIV: ENGRANAJES PARA EJES ALABEADOS**

Determinación de las superficies primitivas. Engranajes hiperbólicos. Transmisión por medio de un par de ruedas helicoidales: relación de transmisión. Rueda cilíndrica, globoide y tornillo globoide. Elección del ángulo de inclinación de los dientes. Transmisión entre tornillo sin fin y rueda helicoidal. Característica de engrane: puntual, lineal y superficial. Acciones recíprocas entre tornillo y rueda. Rozamiento entre ambos elementos: reversibilidad e irreversibilidad. Dimensionamiento del par. Rendimiento. Nociones de cuplas hipoides.

#### **Unidad Temática XV: MECANISMOS DE ENGRANAJES**

Trenes ordinarios. Trenes multiplicadores y reductores. Ruedas parásitas. Relación de transmisión. Trenes coaxiales. Trenes planetarios y diferenciales. Fórmula de Willis.

#### **Unidad Temática XVI: ACOPLAMIENTOS**

Distintos tipos y sus aplicaciones. Dimensionamiento.

#### **Unidad Temática XVII: MECANISMOS ARTICULADOS**

Cuadrilátero articulado. Mecanismos desmodrónimos. Estudio cinemático.

Análisis de trayectorias, velocidades y aceleraciones. Estudio dinámico.

Fuerzas estáticas, de inercia y acelerantes. Sistemas dinámicamente equivalentes.

Estudio del mecanismo de Biela-Manivela, de retorno rápido de Withwort, de mandíbula triturante de Powell.

#### **Cálculo de órganos de máquinas:**

Tensiones y deformaciones en órganos de máquinas.

Dimensionado de piezas por fatiga.

Dimensionado de piezas por impacto.

Dimensionado de uniones desmontables: enchavetadas y atornilladas.

Dimensionado de uniones fijas: soldadas y pegadas.

Dimensionado de resortes helicoidales y de ballesta.

Cálculo de elementos de transmisión:

Árboles y ejes de transmisión.

Cojinetes de deslizamiento y de rodamiento. Teoría de la lubricación.

Transmisión por correas y por cadenas.

Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

Transmisión por engranajes.

**Trenes de engranajes: reductores, planetarios y diferenciales.**

Acoplamientos.

Frenos y embragues.

Dimensionado de levas.

Dimensionado de volantes.

Mecanismos articulados.

### **Distribución de carga horaria entre actividades teóricas y prácticas**

| <b>Tipo de actividad</b>  | <b>Carga horaria total en hs. reloj</b> | <b>Carga horaria total en hs. cátedra</b> |
|---------------------------|---|---|
| <b>Teórica</b>            | <b>98</b>                               | <b>131</b>                                |
| <b>Formación Práctica</b> | <b>22</b>                               | <b>29</b>                                 |
| Formación experimental    |   |   |
| Resolución de problemas   | 10                                      | 13  |
| Proyectos y diseño        | 12                                      | 16  |
| Práctica supervisada      |   |   |

### **Estrategias metodológicas**

#### **a) Modalidades de enseñanza empleadas según tipo de actividad (teórica-práctica)**

La metodología de enseñanza se basa en la exposición del tema a cargo del docente, quien lo expondrá haciendo especial hincapié en los aspectos fundamentales a desarrollar. Se realizarán detalladamente los desarrollos matemáticos que ayuden a la comprensión del fenómeno físico y se instruirá al alumno a analizar y comprender dicho desarrollo a los efectos de comprender puntualmente dicho fenómeno. Se realizarán ejemplos de aplicación con el objetivo de visualizar la interacción entre lo explicado en la teoría y la práctica. Serán desarrollados y resueltos por el profesor a los efectos de dejar plasmada la idea del tema.

Cada exposición finalizará con la explicación de una aplicación práctica, la que será resuelta por el alumno, en forma individual o en grupo, según lo considere adecuado la Cátedra.

Se fijarán tiempos de consulta y desarrollo de los trabajos prácticos en clase, en el que participará todo el cuerpo docente, a los efectos de poder encaminar la resolución de los mismos por parte de los alumnos.

#### **b) Recursos didácticos para el desarrollo de las distintas actividades (guías, esquemas, lecturas previas, computadoras, software, otros)**

El apoyo a los métodos tradicionales consiste en la proyección de imágenes y animaciones a través de sistemas computacionales.

Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

## **Evaluación**

### **Modalidad (tipo, cantidad, instrumentos)**

Se tomarán 2 (dos) exámenes parciales presenciales, uno en cada cuatrimestre.

Dichos parciales serán de aplicación práctica, de grado de dificultad similar a la de los TP, y un cuestionario teórico, que podrá consistir en una serie de preguntas o bien un tema a desarrollar.

Las condiciones para presentarse a rendir dichos parciales consiste en tener presentados los TPs correspondientes a los temas que integran el parcial.

La realización de los TP será obligatoria para cada una de las unidades temáticas que conforman el programa.

### **Requisitos de regularidad**

Dichos requisitos serán la de la presencia al 75% de las clases, la aprobación del 100% de los trabajos prácticos y de los exámenes parciales o sus correspondientes recuperatorios, con nota mínima de seis puntos.

Luego, para la aprobación indirecta, se exigirá la aprobación del examen final. Dicho examen consistirá en la realización de una aplicación práctica, o bien un tema a desarrollar. El desconocimiento de los temas dados o su realización incorrecta significa la reprobación del examen. Si son realizados correctamente, seguirá un interrogatorio oral sobre otros temas. Cuando el tribunal considere que cumplimentó los conocimientos mínimos, se dará por probado el examen y la nota resultante será consensuada entre los integrantes del tribunal. Dicho tribunal está formado por docentes de la cátedra.

### **Requisitos de aprobación directa**

Dichos requisitos serán la de la presencia al 75% de las clases, la aprobación del 100% de los Trabajos Prácticos y de los exámenes parciales, con nota mínima de ocho puntos.

Sólo se podrá recuperar un examen recuperatorio para la promoción, con nota mínima de ocho puntos.

### **Articulación horizontal y vertical con otras materias**

Por tratarse de una materia integradora, toma conocimientos de ciencias básicas como conocimiento de materiales, mecánica racional y estabilidad, y a su vez sirve de base para el desarrollo de Proyecto Final. Es decir, se trata de una asignatura de tecnologías aplicadas.

Con las materias del mismo nivel, utiliza conocimientos provenientes de Metrología e Ingeniería de la Calidad y Mecánica de los fluidos.

### **Cronograma estimado de clases**

Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

| Unidad Temática  | Duración en hs cátedra |
|--|------------------------|
| Presentación, introducción y repaso  | 10                     |
| Concentración de tensiones. Tensiones variables simples. Tensiones variables combinadas. | 10                     |
| Impacto  | 5                      |
| Transmisiones flexibles: correas. Transmisiones flexibles: cadenas articuladas.          | 10                     |
| Árboles y ejes de transmisión  | 15                     |
| Rodamientos  | 5                      |
| Integración de los temas desarrollados   | 10                     |
| Cojinetes y teoría de la lubricación   | 10                     |
| Levas.   | 5                      |
| Engranajes   | 40                     |
| Integración de los temas desarrollados.  | 5                      |
| Uniones desmontables   | 5                      |
| Uniones fijas  | 5                      |
| Resortes helicoidales y de ballesta.   | 5                      |
| Frenos, embragues y acoplamientos.   | 5                      |
| Mecanismos articulados   | 10                     |
| Volantes   | 5                      |

## Bibliografía

### BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

Budynas, R.; Nisbett, J. (2018). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. McGraw Hill  
 Norton, R. (2011). *Diseño de Máquinas*. Prentice Hall  
 Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Prentice Hall  
 Juvinall R., Marshak K. (2013). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Limusa Wiley  
 Spotts, M. (1999). *Elementos de Máquinas*. Prentice Hall.  
 Faires, V.M. (1970). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Montaner y Simón.  
 Mabie, H.; Ocvirk, F. (1978). *Mecanismos y Dinámica de Maquinaria*. Limusa  
 Shigley, J.; Uicker, J. (1980). *Teoría de Máquinas y Mecanismos*. McGraw Hill

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Vallance, A.; Doughtie, V. (1959). *Cálculo de Elementos de Máquinas*. Alsina.  
 Dobrovolski, V. (1976). *Elementos de Máquinas*. MIR  
 Hall, A.; Holowenko, A; Laughlin, H. (1982). *Diseño de Máquinas*. McGraw Hill.  
 Baránov G. (1979). *Curso de la Teoría de Mecanismos y Máquinas*. MIR  
 Norton R. (2005). *Diseño de Maquinaria*. McGraw Hill.  
 Dudley D. (1973). *Manual de Engranajes*. C.E.C.S.A.  
 Luigi Gazzaniga. (1966). *El Libro de Los Engranajes*. Hoepli.  
 Ricardo M. Amé (2018). *Geometría, Cinemática y Dinámica de los Engranajes*. UNLZ  
 Dubbel, H. (1979). *Manual del constructor de máquinas, Tomo I y II*. Editorial Labor.  
 Norton, R. (2020). *Diseño de maquinaria. 6ta edición*. McGraw-Hill.