

Asignatura: **MECÁNICA DE LAS ESTRUCTURAS**

Código: 10-04073

RTF

6

Semestre: cuatro

Carga Horaria

72

Bloque: Tecnologías Básicas

Horas de Práctica

6

Departamento: Estructuras

Correlativas:

- Estructuras Isostáticas

Contenido Sintético:

- 1-Fundamentos de la Resistencia de Materiales.
- 2-Solicitaciones axiales.
- 3-Propiedades de las superficies planas.
- 4-Torsión
- 5-Flexión
- 6-Corte
- 7-Estados planos de tensiones
- 8-Solicitaciones combinadas
- 9-Deformaciones por flexión
- 10-Inestabilidad por pandeo

Competencias Genéricas:

- CG 1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería
- CG 4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería

Aprobado por HCD: 918-HCD-2023

RES: Fecha: 8/11/2023

Competencias Específicas para la carrera de Ing. Mecánica:

CE1.17 Comprender y aplicar las tensiones y deformaciones a que puede estar sometida una pieza prismática, esfuerzo normal, de corte, momento flector y torsor, en forma simple como simultáneamente, además de los casos de inestabilidad de forma

Competencias Específicas para la carrera de Ing. Electromecánica:

CE1.20 Comprender y aplicar las tensiones y deformaciones a que puede estar sometida una pieza prismática, esfuerzo normal, de corte, momento flector y torsor, en forma simple como simultáneamente, además de los casos de inestabilidad de forma

Competencias Específicas para la carrera de Ing. Aeroespacial:

CE1B Competencia para calcular, diseñar, proyectar y construir estructuras y componentes estructurales alas, fuselajes, costillas, cuadernas, largueros, tanque, estructuras auxiliares, plataformas para la operación excepto sus fundaciones, de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE1E Competencia para calcular, diseñar, proyectar y construir plantas de propulsoras principales y auxiliares motores alternativos, a reacción, cohetes, compresores, cámaras de combustión, turbinas, hélices de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE1 F Competencia para calcular y diseñar los diferentes sistemas mecánicos y elementos de máquinas aplicadas a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE1 G Competencia para diseñar y proyectar la realización del sistema de navegación, guiado y control de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE1 I Competencia para diseñar, proyectar y ensayar los principales parámetros pertinentes a laboratorios de ensayos y calibraciones de equipos de aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

## Presentación

Mecánica de las Estructuras es una materia básica y fundamental de varias carreras de ingeniería donde se desarrollan los primeros conceptos asociados con el cálculo de tensiones y deformaciones de elementos estructurales sometidos a diferentes esfuerzos. Así, tiene una importante relación con las materias de cálculo avanzado dentro del plan de

estudio. La materia introduce los conceptos fundamentales de tensiones y deformaciones, desplazamientos y elasticidad, rigidez, resistencia e inestabilidad de sistemas estructurales. Varios aspectos son importantes en la materia, entre ellos, es el uso de las hipótesis cinemáticas y sus limitaciones, la influencia de la sección geométrica y de los esfuerzos en la distribución de las tensiones. Otro aspecto importante es el diseño y verificación por resistencia y rigidez haciendo especial énfasis en elementos tipo viga-columna. La importancia para todo estudiante de ingeniería es tener una visión (crítica) del comportamiento estructural de su estado tensional y deformaciones, conceptos básicos que se verán enriquecidos a medida que avance con las materias de cálculo afines al plan de estudio.

## Contenidos

### **Unidad 1. Fundamentos de la Resistencia de Materiales.**

1. Mecánica de materiales
2. Tensión y deformación
3. Comportamiento de los materiales. Ley de Hooke.
4. Diagramas tensión-deformación. Ductilidad y fragilidad. Coeficiente de Poisson.
5. Criterios básicos para la determinación de la seguridad de los materiales.

### **Unidad 2. Solicitaciones axiales.**

1. Tensión y deformación por solicitaciones axiales.
2. Tensiones sobre secciones inclinadas
3. Límites de la teoría.
4. Trabajo externo y energía interna.
5. Tensiones térmicas.

### **Unidad 3. Propiedades de las superficies planas.**

1. Momento Estático y Centro de gravedad.
2. Momentos de inercia.
3. Teorema de Steiner o de transporte.
4. Rotación de ejes. Direcciones principales.
5. Círculo de Mohr de inercia. Radio de giro

### **Unidad 4. Torsión**

1. Torsión de ejes circulares llenos y huecos.
2. Torsión de Saint Venant
3. Fórmulas para la torsión en ejes no circulares: Rectangulares, Perfiles.
4. Trabajo exterior y energía interna.
5. Torsión en secciones huecas de pared delgada. (Bredt)

### **Unidad 5. Flexión**

1. Flexión pura plana. Curvatura. Fórmula de Navier.

2. Módulo resistente y formas adecuadas de las secciones.
3. Flexión oblicua pura.
4. Flexión y normal combinados (Flexión compuesta Plana y oblicua).
5. Flexión según ejes no principales de inercia.
6. Centro de presión, Eje neutro y Núcleo central.

#### **Unidad 6. Corte.**

1. Fórmula fundamental del esfuerzo rasante.
2. Corte en vigas de sección rectangular
3. Corte en vigas flexionadas de paredes delgadas.
4. Corte en vigas con eje de simetría vertical (Circulo).
5. Centro de corte.

#### **Unidad 7. Estado biaxial de tensiones.**

1. Estado plano de tensiones.
2. Tensiones principales y máxima tensión de corte.
3. Círculo de Mohr de las tensiones.
4. Corte puro. Relación entre E, G y  $\mu$ .
5. Ley de Hooke biaxial.
6. Introducción al estado triaxial.

#### **Unidad 8. Solicitaciones combinadas.**

1. Criterios de fluencia.
2. Fórmula de los recipientes cilíndricos y esféricos sometidos a presión.
3. Flexión y Torsión combinadas.
4. Flexión y corte combinados
5. Otros casos de combinaciones.

#### **Unidad 9. Deformaciones por flexión.**

1. Ecuación diferencial de la línea elástica.
2. Relaciones entre curvaturas, rotaciones y deformada.
3. Método de integración. Condiciones de borde.
4. Método de superposición.

#### **Unidad 10. Inestabilidad por pandeo.**

1. Introducción al pandeo.
2. Columna ideal biarticulada (Euler).
3. Columnas con otras condiciones de vínculos.
4. Longitud de pandeo y esbeltez.
5. Límite de aplicabilidad de Euler.

## Metodología de enseñanza

El dictado de las clases se hará principalmente a través de clases teóricas-prácticas siguiendo el material bibliográfico principal. Las clases se desarrollarán a través de la exposición dialogada, donde se usará como herramienta de apoyo, medios audio-visuales y simulaciones numéricas. Las herramientas visuales tendrán como objetivo facilitar el desarrollo de las clases y permitir al alumno motivar su participación. Las simulaciones numéricas podrán ayudar al alumno a contextualizar los aspectos teóricos a desarrollar, generar ideas y transformar la información en conocimiento. Para ello, es necesario que los alumnos hayan leído el material correspondiente a cada clase. Esto facilitará que el inicio de cada tema tenga una componente de clase inversa para lograr mayor participación de los alumnos en el desarrollo de los temas a abordar.

Los desarrollos de ejercicios prácticos en clase serán abordados por el docente pero una parte serán los estudiantes los que resuelven en clase en forma grupal y/o individual. La solución, discusión y análisis de los resultados será expuesta por los mismos estudiantes bajo la tutela del docente.

Los aspectos prácticos-teóricos se refuerzan a través de trabajos prácticos que deberán ser presentados y defendidos en forma individual en los horarios de consulta correspondiente. Se aprovecha este espacio para que los estudiantes resuelvan problemas típicos, casos prácticos y extraigan las conclusiones a partir de los resultados analizados. Cada práctico tiene una componente teórica donde los alumnos deberán generar respuestas conceptuales a partir de lo leído en la bibliografía.

## Evaluación

En el cuatrimestre del dictado se realizarán dos evaluaciones parciales prácticas incluyendo preguntas sobre conceptos teóricos. El desarrollo correcto mínimo para aprobar las parciales es el 60% en cada parte.

Los alumnos deberán presentar y defender los trabajos prácticos en los horarios de consulta con el docente asignado a cargo. Así, el docente hará un seguimiento sobre cada alumno de manera individual. El alumno por su parte podrá autoevaluarse y tener una respuesta a corto plazo de su desempeño previo a cada parcial.

Para aquellos alumnos que hayan aprobado las etapas de evaluación parcial y trabajos prácticos podrán presentarse a rendir una evaluación teórica integradora de la materia (coloquio). La evaluación será oral y el alumno deberá exponer sus conocimientos y capacidades desarrolladas sobre diferentes aspectos conceptuales.

## Condiciones de aprobación

- Requisitos para aprobar la materia por promoción:
  1. 80% de asistencia a las clases teórico/prácticas
  2. 80% de los trabajos prácticos presentados en tiempo y forma
  3. Aprobar 2 parciales teórico-prácticos, se puede recuperar un parcial
  4. Aprobar un coloquio integrador

Se puede recuperar un parcial y un coloquio. La Nota final es el promedio de notas obtenidas en los puntos 3) y 4).

• Requisitos para regularizar:

1. 80% de asistencia a las clases teórico/prácticas
2. 80% de los trabajos prácticos presentados en tiempo y forma
3. 1 parcial aprobado

## Actividades prácticas y de laboratorio

Las actividades prácticas se realizan en forma individual a través de trabajos prácticos que deberán ser presentados en tiempo y forma. No hay actividades de laboratorio.

TPN° 1- Esfuerzo Axial

TPN° 2- Propiedades de Secciones

TPN° 3- Torsión

TPN° 4- Flexión Simple y Corte

TPN° 5- Flexión Oblicua Compuesta

TPN° 6- Estados Planos y Aplicaciones

TPN° 7- Deformaciones por flexión

TPN° 8- Pandeo

## Competencias y resultados de aprendizaje

CG 1 (Alto) Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería

CG 1.1 Identificar una situación problemática y organizar los datos pertinentes al problema.

- Identificar las hipótesis cinemáticas de comportamiento
- Identificar las limitaciones de las hipótesis en función de la geometría y del estado de carga
- Entender la forma de aplicación de las cargas
- Entender las condiciones de borde cinemáticas y de fuerzas

CG 1.2 Desarrollar criterios para la evaluación de las alternativas y seleccionar la más adecuada en un contexto particular

- Aplicar los criterios de resistencia y rigidez
- Utilizar el concepto de tensión admisible
- Utilizar el concepto de rigidez mínima admisible
- Verificar un elemento estructural
- Dimensionar un elemento estructural
- Controlar, evaluar y ajustar el proceso de resolución del problema
- Generar diversas alternativas de solución a un problema ya formulado

- Reconocer la influencia de la geometría de la sección en la rigidez y resistencia a distintos esfuerzos

CG 4 (Medio) Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería

CG 4.1 Identificar de manera efectiva las diferentes formulaciones y herramientas para solucionar un problema.

- Proponer la o las formulaciones a utilizar según el problema
- Reconocer la similitud de la situación planteada con problemas vistos en clase
- Combinar diferentes soluciones para dar respuesta a un problema combinado
- Interpretar los resultados obtenidos de la aplicación de las diferentes formulaciones vistas en clase
- Determinar gráficamente las direcciones y los valores máximos y mínimos de momentos de inercia y tensiones

CG 4.2 Seleccionar de manera efectiva las diferentes formulaciones y herramientas para solucionar un problema.

- Emplear de manera correcta soluciones tabuladas sobre deflexión de vigas y propiedades geométricas de la sección

CE1.17 (Alto) Comprender y aplicar las tensiones y deformaciones a que puede estar sometida una pieza prismática, esfuerzo normal, de corte, momento flector y torsor, en forma simple como simultáneamente, además de los casos de inestabilidad de forma

CE1.17.1 Comprender y aplicar las hipótesis cinemáticas de comportamiento, sus consecuencias y limitaciones.

- Saber interpretar las hipótesis básicas de barras sometidas a esfuerzo axial
- Saber interpretar las hipótesis básicas de barras sometidas a esfuerzo de torsión
- Saber interpretar las hipótesis básicas de vigas sometidas a flexión
- Saber los conceptos de tensiones, deformaciones y ley constitutiva
- Saber interpretar y explicar la distribución de tensiones y deformaciones a partir de cada hipótesis

CE1.17.2 Comprender y aplicar la distribución de tensiones normales y de corte en las secciones de barras y vigas bajo sollicitaciones conocidas, además de los casos de inestabilidad de forma.

- Entender la distribución de tensiones normales: axial y/o flexión
- Entender la distribución de tensiones de corte: por corte y por torsión
- Identificar las secciones críticas de un elemento estructural
- Identificar los puntos críticos en una sección transversal
- Calcular las propiedades de la sección transversal
- Analizar el estado plano de tensiones que puede estar sometido una pieza

- Identificar las direcciones y tensiones principales
- Calcular la carga crítica por inestabilidad de vigas-columnas

CE1.17.3 Calcular desplazamientos y deformaciones en las secciones de barras y vigas bajo solicitaciones conocidas

- Evaluar las deformaciones a partir del estado tensional
- Calcular los desplazamientos y giros

CE1.17.4 Diseñar secciones de barras y vigas bajo solicitaciones conocidas.

- Dimensionar secciones a partir del criterio de tensión máxima admisible
- Dimensionar secciones a partir del criterio de desplazamiento máximo

CE1.20 (Alto) Comprender y aplicar las tensiones y deformaciones a que puede estar sometida una pieza prismática, esfuerzo normal, de corte, momento flector y torsor, en forma simple como simultáneamente, además de los casos de inestabilidad de forma

CE1.20.1 Comprender y aplicar las hipótesis cinemáticas de comportamiento, sus consecuencias y limitaciones.

- Saber interpretar las hipótesis básicas de barras sometidas a esfuerzo axial
- Saber interpretar las hipótesis básicas de barras sometidas a esfuerzo de torsión
- Saber interpretar las hipótesis básicas de vigas sometidas a flexión
- Saber los conceptos de tensiones, deformaciones y ley constitutiva
- Saber interpretar y explicar la distribución de tensiones y deformaciones a partir de cada hipótesis

CE1.20.2 Comprender y aplicar la distribución de tensiones normales y de corte en las secciones de barras y vigas bajo solicitaciones conocidas, además de los casos de inestabilidad de forma.

- Entender la distribución de tensiones normales: axial y/o flexión
- Entender la distribución de tensiones de corte: por corte y por torsión
- Identificar las secciones críticas de un elemento estructural
- Identificar los puntos críticos en una sección transversal
- Calcular las propiedades de la sección transversal
- Analizar el estado plano de tensiones que puede estar sometido una pieza
- Identificar las direcciones y tensiones principales
- Calcular la carga crítica por inestabilidad de vigas-columnas

CE1.20.3 Calcular desplazamientos y deformaciones en las secciones de barras y vigas bajo solicitaciones conocidas.

- Evaluar las deformaciones a partir del estado tensional
- Calcular los desplazamientos y giros

CE1.20.4 Diseñar secciones de barras y vigas bajo solicitaciones conocidas.

Dimensionar secciones a partir del criterio de tensión máxima admisible

- Dimensionar secciones a partir del criterio de desplazamiento máximo

CE1B (Medio) Competencia para calcular, diseñar, proyectar y construir estructuras y componentes estructurales alas, fuselajes, costillas, cuadernas, largueros, tanque, estructuras auxiliares, plataformas para la operación excepto sus fundaciones, de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

CE1B.1 Comprender y aplicar las hipótesis cinemáticas de comportamiento, sus consecuencias y limitaciones en diferentes componentes estructurales de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

- Saber interpretar las hipótesis básicas de barras sometidas a esfuerzo axial
- Saber interpretar las hipótesis básicas de barras sometidas a esfuerzo de torsión
- Saber interpretar las hipótesis básicas de vigas sometidas a flexión
- Saber los conceptos de tensiones, deformaciones y ley constitutiva
- Saber interpretar y explicar la distribución de tensiones y deformaciones a partir de cada hipótesis

CE1B.2 Comprender y calcular la distribución de tensiones normales y de corte en las secciones de barras y vigas bajo solicitaciones conocidas, además de los casos de inestabilidad de forma

- Entender la distribución de tensiones normales: axial y/o flexión
- Entender la distribución de tensiones de corte: por corte y por torsión
- Identificar las secciones críticas de un elemento estructural
- Identificar los puntos críticos en una sección transversal
- Calcular las propiedades de la sección transversal
- Analizar el estado plano de tensiones que puede estar sometido una pieza
- Identificar las direcciones y tensiones principales
- Calcular la carga crítica por inestabilidad de vigas-columnas

CE1B.3 Calcular desplazamientos y deformaciones en las secciones de barras y vigas bajo solicitaciones conocidas.

- Evaluar las deformaciones a partir del estado tensional
- Calcular los desplazamientos y giros

CE1E (Medio) Competencia para calcular, diseñar, proyectar y construir plantas de propulsoras principales y auxiliares motores alternativos, a reacción, cohetes, compresores, cámaras de combustión, turbinas, hélices de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

CE1E.1 Calcular diferentes componentes estructurales de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

- Calcular la distribución de tensiones normales y de corte bajo diferentes esfuerzos y sus combinaciones

- Saber calcular desplazamientos y deformaciones en diferentes componentes estructurales, además de los casos de inestabilidad de forma

CE1E.2 Diseñar diferentes componentes estructurales de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

- Dimensionar secciones a partir del criterio de tensión máxima admisible
- Dimensionar secciones a partir del criterio de desplazamiento máximo
- CE1F (Medio) Competencia para calcular y diseñar los diferentes sistemas mecánicos y elementos de máquinas aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

CE1F.1 Calcular diferentes componentes estructurales de los diferentes sistemas mecánicos y elementos de máquinas de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

- Calcular la distribución de tensiones normales y de corte bajo diferentes esfuerzos y sus combinaciones
- Saber calcular desplazamientos y deformaciones en diferentes componentes estructurales, además de los casos de inestabilidad de forma

CE1F.2 Diseñar diferentes componentes estructurales de los diferentes sistemas mecánicos y elementos de máquinas de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

- Dimensionar secciones a partir del criterio de tensión máxima admisible
- Dimensionar secciones a partir del criterio de desplazamiento máximo

CE1G (Medio) Competencia para diseñar y proyectar la realización del sistema de navegación, guiado y control de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

CE1G.1 Diseñar diferentes componentes estructurales involucrados en el sistema de navegación de toda máquina de vuelo.

- Dimensionar secciones a partir del criterio de tensión máxima admisible
- Dimensionar secciones a partir del criterio de desplazamiento máximo

CE1I (Medio) Competencia para diseñar, proyectar y ensayar los principales parámetros pertinentes a laboratorios de ensayos y calibraciones de equipos de aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

CE1I.1 Diseñar y calibrar diferentes componentes estructurales de equipos de laboratorios

- Reconocer e interpretar valores razonables de las propiedades físicas (módulo de elasticidad, tensión de fluencia, tensión límite de proporcionalidad, densidad, etc)
- Calcular componentes estructurales bajo la combinación de diferentes solicitaciones

## Bibliografía

Bibliografía principal:

J. Gere y B. Goodno. *Mecánica de Materiales*, 8va edición. Ed. CENGAGE Learning, 2016.

Bibliografía complementaria:

F. Beer y R. Johnston. *Mecánica de Materiales*, 5ta edición. Ed. Mc Graw Hill, 2012.

Libros clásicos

E. Popov. *Introducción a la Mecánica de Sólidos*, Ed. Limusa, 1981.

Feodosiev V.I. *Resistencia de Materiales*, Ed. Sapiens, 1976.

Stiopin P.A. *Resistencia de materiales*, Ed. Mir, 1979.