



Bloque: Tecnologías Aplicadas
Tipo: Electiva
Área: Diseño y Cálculo de Estructuras
Responsables: Ing. Roberto Daniel Vilches

Nivel: 4to
Cursado: 1er Semestre
Carga Horaria Total: 85.5
Carga Horaria Semanal: 2.25

Descripción de la Asignatura

Objetivos

- Adquirir un sólido manejo de los conocimientos básicos que sirven de sustento conceptual a la Ingeniería Estructural.
- Adquirir habilidad para la aplicación de tales conceptos en estructuras particulares con estados de carga y condiciones de contorno dados.
- Aprehender los conceptos básicos relativos a la Discretización de Medios Continuos y Métodos Numéricos de Evaluación Estructural, y su aplicación a las estructuras.

Contenidos de la Asignatura

1. Introducción al Planteo General de Problemas Estructurales

Planteo General de Problemas Estructurales: la noción sistémica en las estructuras; conceptos fundamentales en la teoría estructural; fases o procesos lógicos de diseño, formulación, modelación, evaluación y validación de hipótesis y resultados de problemas estructurales.

Objetivo Específico: que el estudiante reafirme los conceptos generales de la Teoría de Estructuras en general como marco de formulación de problemas estructurales.

2. Teoría General de la Elasticidad: Elasticidad Tridimensional

Introducción: Breve reseña histórica del desarrollo de la Teoría de la Elasticidad. Tensiones y Deformaciones: Antecedentes de la Resistencia de Materiales.

Teoría General de la Elasticidad: Hipótesis fundamentales. Medios Continuos. Dominio de Definición: campo físico continuo y campo matemático continuo.

Análisis elástico del estado tridimensional de tensiones: Estado 3D de Tensiones. Ecuaciones de Equilibrio Interno (EEI). Ecuaciones de Equilibrio en el Contorno (EEC). Variación de tensiones alrededor de un punto: direcciones, tensiones y planos principales. Ecuaciones de Navier.

Análisis elástico del estado tridimensional de deformaciones: Corrimientos o Desplazamientos. Estado de Deformaciones en 3D: deformaciones específicas longitudinales y angulares o transversales. Relación entre deformaciones: Ecuaciones de Compatibilidad o Congruencia (EC).

Relación entre tensiones y deformaciones: Principio de Hooke y Ecuaciones de Lamé. Transformaciones entre sistemas de ecuaciones. Ecuaciones de Beltrami.

Análisis de casos particulares en estructuras de barras: compresión o tracción pura, flexión pura y simple. Estudio comparativo con la formulación de la Resistencia de Materiales.

Torsión Pura Elástica: limitaciones de la Teoría de la Resistencia de Materiales. Formulación elástica: planteo en desplazamientos. Condicionantes. Planteo en Tensiones: Teoría de Saint – Venant. Resolución por Analogías: analogía de la membrana e hidrodinámica. Soluciones aproximadas: Método de las Diferencias Finitas (MDF).

Objetivo Específico: que el estudiante comprenda e internalice los conceptos básicos de la Teoría de la Elasticidad como marco de formulación, contrastación y validación de modelos estructurales, desarrollando habilidad en la modelación, resolución y validación de casos estructurales particulares.

3. Teoría General de la Elasticidad: Elasticidad Bidimensional

Estado Plano de Tensiones y Deformaciones: hipótesis para la formulación de estados planos. Tensión Plana y



Bloque: Tecnologías Aplicadas
Tipo: Electiva
Área: Diseño y Cálculo de Estructuras
Responsables: Ing. Roberto Daniel Vilches

Nivel: 4to
Cursado: 1er Semestre
Carga Horaria Total: 85.5
Carga Horaria Semanal: 2.25

Deformación Plana. Comparación de estados. Métodos indirectos de resolución: Función de Tensiones o de Airy. Función de desplazamientos. Cambios de coordenadas: estados planos de tensiones y deformaciones en coordenadas polares.

Objetivo Específico: que el estudiante determine en que condiciones y tipos estructurales se pueden realizar análisis planos de tensiones y deformaciones y que adquiera idoneidad en la aplicación de los mismos a la resolución de casos estructurales particulares.

4. Teoría de Placas: Parte I: Placas Planas

Placas Planas: muy delgadas, delgadas y gruesas.

Placas Planas Delgadas: criterios y teoría de flexión de Kirchoff. Formulación del modelo: Ecuación de Germain – Lagrange. Problemas de contorno. Métodos de resolución aproximada: MDF, series dobles, MEF.

Placas Planas Delgadas: Teoría de Mindlin / Reissner: hipótesis básicas. Formulación de la teoría de flexión.

Objetivo Específico: que el estudiante comprenda el funcionamiento físico estructural y la modelización de cada caso, adquiriendo habilidad en la resolución de casos específicos.

5. Teoría de Placas: Parte II: Placas Curvas

Placas Curvas: muy delgadas (membranas o cáscaras) y delgadas (cúpulas). Geometría descriptiva de las placas curvas.

Teoría Membranal: hipótesis básicas. Estados de cargas y geométricos particulares en estructuras laminares (membranas): simetría rotacional geométrica y de cargas; estados antisimétricos de cargas: viento y sismo. Problemas de Contorno: condicionamientos de los estados de vínculos y restricciones de la teoría en general: campo de aplicación.

Placas Curvas Delgadas: teoría de flexión. Análisis de estructuras particulares: cúpulas cilíndricas, bóvedas, etc. Problemas de Contorno: restricciones de vínculo y otras.

Objetivo Específico: que el estudiante comprenda el funcionamiento físico estructural y la modelización de cada caso, adquiriendo habilidad en la resolución de casos específicos.

6. Teoría General de la Elasticidad: Energía de Deformación Elástica (EDE)

Energía de deformación interna (EDI) y Trabajo de las Cargas Exteriores (TCE). Principio de la conservación de la energía. Energía Potencial Elástica (EPE). Energía Total de Deformación (ETD). Formulación para estados tridimensionales y bidimensionales. Análisis de casos.

Unicidad de la Solución Elástica. Concepto de equilibrio estable: ETD mínima.

Métodos Energéticos de modelación estructural: Galerkin y Rayleigh-Ritz. Métodos aproximados: residuos ponderados. Formulación numérica y resolución aproximada: métodos variacionales.

Aplicaciones a Placas Planas.

Objetivo Específico: que el estudiante comprenda y adquiera habilidad en la aplicación del concepto de “equilibrio estable” a la resolución de casos estructurales particulares.

7. Introducción al Método de los Elementos Finitos (MEF)

Sistemas Discretos: Discretización de Medios Continuos. El Elemento Finito de un continuo elástico. Esfuerzos de Von Mises. Modelación discreta: método de los desplazamientos. Elementos normales: funciones de forma. Problemas de contorno: condiciones de contorno. Formulación Numérica: ponderación de errores, convergencia de resultados y validación de modelos. La ETD mínima. Aplicaciones a casos sencillos.

Métodos de Contorno: generalidades.

Aplicaciones a Placas Planas y Curvas.

Objetivo Específico: que el estudiante se introduzca en el MEF y comprenda su potencialidad para la resolución de



Bloque: Tecnologías Aplicadas
Tipo: Electiva
Área: Diseño y Cálculo de Estructuras
Responsables: Ing. Roberto Daniel Vilches

Nivel: 4to
Cursado: 1er Semestre
Carga Horaria Total: 85.5
Carga Horaria Semanal: 2.25

problemas estructurales y no estructurales de cualquier naturaleza, adquiriendo habilidad en su aplicación.

8. Introducción a la Teoría de la Plasticidad

Comportamiento elástico de materiales anisótropos: materiales ortótropos. Materiales de comportamiento inelástico.

Teoría de la Plasticidad: definición de cuerpo perfectamente plástico (CPP) según teorías de rotura. Los Criterios de Von Mises y de Tresca. Los estados tensionales y de deformaciones en el CPP: estados últimos de deformaciones y solicitaciones derivados. La EDI y la EDT en la teoría plástica. Estabilidad del equilibrio. Problemas de inestabilidad elástica. Análisis de casos.

Objetivo Específico: que el estudiante comprenda los fundamentos de la Teoría de la Plasticidad y adquiera habilidad para la aplicación al análisis de casos particulares, estableciendo la diferenciación con el comportamiento perfectamente elástico.

Descripción de las Actividades Teóricas y Prácticas

-Actividades Prácticas

1. Introducción al Planteo General de Problemas Estructurales

Trabajo Práctico Áulico Nº 1

Objetivo:

Revisar los conceptos fundamentales de la teoría estructural desarrollados en Resistencia de Materiales y Análisis Estructural I

Actividades:

- Diseñar, modelar y calcular los esfuerzos de una estructura tipo barra de eje recto (viga) sometida a la acción de cargas continuas. Validar hipótesis de la Resistencia de Materiales. Conclusiones.
- Diseñar, modelar y calcular los esfuerzos de un pórtico de una planta con elementos estructurales tipo barra de eje recto (viga) sometida a la acción de cargas continuas. Validar hipótesis del Análisis Estructural I. Conclusiones.

2. Teoría General de la Elasticidad: Elasticidad Tridimensional

Trabajo Práctico Áulico Nº 2

Objetivo:

Comprender e internalizar los conceptos básicos de la Teoría Elástica Tridimensional, estableciendo la comparación con los fundamentos de la teoría estructural desarrollados en Resistencia de Materiales y Análisis Estructural I.

Actividades:

- Análisis, modelación y resolución de estructuras tipo barra sometidas a esfuerzos axiales. Comparación con la teoría de la Resistencia de Materiales.
- Análisis, modelación y resolución de estructuras tipo barra sometidas a esfuerzos de flexión simple. Comparación con la teoría de la Resistencia de Materiales.
- Análisis, modelación y resolución de estructuras tipo barra sometidas a esfuerzos de torsión. Comparación con la teoría de la Resistencia de Materiales.

3. Teoría General de la Elasticidad: Elasticidad Bidimensional

Trabajo Práctico Áulico Nº 3

Objetivo:

Comprender e internalizar los conceptos y condiciones básicas bajo las cuales se pueden abordar estudios de problemas estructurales con la Teoría Elástica Bidimensional.

Actividades:

- Análisis, modelación y resolución de estructuras tipo placa (caso de tensión plana) sometidas a esfuerzos combinados. Determinación de la rigidez de un tabique a la solicitación de la acción estática equivalente del sismo.



Bloque: Tecnologías Aplicadas
Tipo: Electiva
Área: Diseño y Cálculo de Estructuras
Responsables: Ing. Roberto Daniel Vilches

Nivel: 4to
Cursado: 1er Semestre
Carga Horaria Total: 85.5
Carga Horaria Semanal: 2.25

- Análisis, modelación y resolución de estructuras tipo barra (caso de deformación plana) sometidas a esfuerzos combinados. Determinación de los estados de tensiones y de deformaciones de tuberías enterradas (conducciones cerradas) sometidas a la presión interna del líquido y exterior del terreno.

4. Teoría de Placas: Parte I: Placas Planas

Trabajo Práctico Áulico N° 4

Objetivo:

Aprender los conceptos básicos de la Teoría de Placas, en particular las placas planas, internalizando los principios de la discretización de medios continuos.

Actividades:

- Planteo, modelación y resolución de estructuras de placas planas sometidas a cargas uniformes y distintas condiciones de vínculo.
- Determinación de esfuerzos y desplazamientos en placas planas por la Ecuación de Germain-Lagrange, en forma continua y discreta (métodos aproximados).
- Comparación de los estados de desplazamientos y deformaciones entre las teorías de Kirchoff y de Mindlin / Reissner, para una placa plana simplemente apoyada y con carga uniforme.

5. Teoría de Placas: Parte II: Placas Curvas

Trabajo Práctico Áulico N° 5

Objetivo:

Aprender los conceptos básicos de la Teoría de Placas Curvas, adquiriendo habilidad en su modelación y resolución.

Actividades:

- Modelación y resolución de estructuras de placas curvas por la Teoría Membranal, para casos de simetría radial geométrica y de cargas.
 - o Membrana cilíndrica sometida a la acción del peso propio y de presión hidrostática.
 - o Membranas esféricas y cilíndricas sometidas a presión uniforme interior.
 - o Casquete esférico sometido a la acción del peso propio y de la carga de nieve.
 - o Membrana cónica sometida a la acción del peso propio.
 - o Casquete esférico con lucernario sometido a la acción del peso propio.
- Modelación y resolución de estructuras de placas curvas por la Teoría Membranal, para casos de simetría radial geométrica y antisimetría de cargas.
 - o Ídem casos de membranas con simetría radial geométrica y de cargas.
- Modelación y resolución de estructuras de placas curvas por la Teoría de Flexión, para casos generales de cargas.
 - o Placa cilíndrica sometida a la acción de la presión hidrostática y de su peso propio. Superposición con estados membranales.
 - o Placa cilíndrica enterrada sometida a la acción de la presión del terreno. Superposición con estados membranales.
 - o Depósito cilíndrico sometido a la acción de la presión hidrostática y de su peso propio. Superposición con estados membranales. Análisis de las interacciones entre partes de estructuras y determinación de esfuerzos en bordes.
 - o Constituye el Trabajo Global de Aplicación.

6. Teoría General de la Elasticidad: Energía de Deformación Elástica (EDE)

Trabajo Práctico Áulico N° 6

Objetivo:

Internalizar los conceptos básicos del Principio de EDE, adquiriendo habilidad en su aplicación a casos estructurales.

Actividades:

- Modelación y resolución de vigas de eje recto por métodos energéticos.
 - o Caso de viga simplemente apoyada con carga uniforme resuelta por el Método de Rayleigh-Ritz.



Bloque: Tecnologías Aplicadas
Tipo: Electiva
Área: Diseño y Cálculo de Estructuras
Responsables: Ing. Roberto Daniel Vilches

Nivel: 4to
Cursado: 1er Semestre
Carga Horaria Total: 85.5
Carga Horaria Semanal: 2.25

o Ídem anterior por el Método de Galerkin.

o Comparación de resultados entre ambos métodos.

- Modelación y resolución de una placa plana sometida a su peso propio y sobrecargas accidentales uniformes por métodos variacionales. Condiciones de borde.

7. Introducción al Método de los Elementos Finitos (MEF)

Trabajo Práctico Áulico N° 7

Objetivo:

Aprender los conceptos básicos de los métodos de discretización de medios continuos.

Actividades:

- Modelación y resolución de estructuras planas y espaciales por métodos energéticos.

o Caso de viga simplemente apoyada sometida a la acción de su peso propio, resuelta por MDF y por el MEF; comparación de resultados entre ambos métodos y con la formulación de los métodos energéticos del TP N° 6.

o Caso de placa cilíndrica sometida a la acción de su peso propio y de carga hidrostática resuelta por el MEF. Condiciones de borde.

-Trabajo final integrador

Objetivo general

- Llevar a cabo el Diseño Geométrico, Estructural y el Cálculo de Esfuerzos, con dimensionamiento optativo, de un Depósito para Líquido destinados a vasija vinaria (o depósito p/ agua, u otros), en acuerdo a las pautas que la cátedra define en la 1° quincena de mayo de cada año.
- El o los depósitos se diseñarán como conjunto de placas curvas (simple y doble curvatura) y planas.

Bibliografía

- Elasticidad y Plasticidad Guzmán – González Saleme
Curso de elasticidad aplicada Guzmán – Luisoni – Ventura
Elastic and Inelastic Stress Analysis Shames – Cozzarelli
Teoría de la elasticidad Timoshenko
Resistencia de Materiales Timoshenko
Teoría de la Elasticidad Butti
Ciencia de la construcción II, III y IV Belluzzi
Curso avanzado de Resistencia Seely - Smith
de Materiales
Curso avanzado de Resistencia Courvon
de Materiales
Estática elemental de las cáscaras Pflüger
El Método de los elementos Finitos Zienkiewicz – Taylor
The finite element Method in the Oñate – Periaux – Samuelson
1990´s
Aplicaciones del Método de los Oñate – Alonso – Casteleiro
Elementos Finitos en Ingeniería
Manuales del COSMOS/M (soft del MEF I, II, III y IV)
Manuales de TPS 10 (soft del MEF I, II y III)
Manuales de SAP 2000



Bloque: Tecnologías Aplicadas
Tipo: Electiva
Área: Diseño y Cálculo de Estructuras
Responsables: Ing. Roberto Daniel Vilches

Nivel: 4to
Cursado: 1er Semestre
Carga Horaria Total: 85.5
Carga Horaria Semanal: 2.25

APUNTES DE APOYO Y REFERENCIA

Carpeta de apuntes de elasticidad Transcripción de grabaciones de clases del Ing. Magistocchi

Tensores Elásticos Ing. Magistocchi

Torsión Elástica Ing. Magistocchi

El Método de los Elementos Finitos Ing. Tavarone

Métodos Energéticos Ing. Roberto Vilches

Introducción al MEF Ing. Ricardo Bassotti

Introducción a: Tensores y Elasticidad Dr. Pissanetzky

Metodología de Enseñanza

Metodología de Enseñanza-Aprendizaje

Metodología Pedagógica: las características de la materia exigen adoptar dos metodologías adaptadas al abordaje de las diversas temáticas. La introducción conceptual a cada temática estará a cargo de los docentes y tendrá carácter expositivo, realizando la ejemplificación y promoviendo la discusión pertinente por parte de los grupos de trabajo. En las instancias de modelación y resolución de casos se adoptará la producción grupal como filosofía, encuadrando el trabajo en la modalidad de seminario-taller: presentación del caso a cargo de los docentes, discusión y trabajo grupal del caso, presentación de conclusiones por parte de los grupos y discusión y elaboración de conclusiones en las que se ponga de manifiesto el grado de conceptualización y comprensión alcanzado.

Tales conceptos se asientan en la siguiente filosofía: "La calidad de la educación se hace realidad en los aprendizajes cualitativamente relevantes. La calidad no está en lo que se enseña sino en lo que se aprende" (UNESCO, 1990).

Recursos didácticos a utilizar como apoyo a la enseñanza.

Equipamiento Didáctico:

Se emplearán los siguientes elementos: pizarra y elementos complementarios; proyector de multimedia como apoyo de las instancias de conceptualización; 5 PC`s en las instancias de trabajo de taller para el desarrollo de aplicaciones; bibliografía pertinente a cada tema disponible en bibliotecas áulicas y biblioteca central (ver bibliografía).

Software de aplicación:

Nº	Software	Tipo
01	MATHEMATICA	Software de modelación matemática simbólica
02	SAP 2000	Software de Elementos Finitos
03	ETAB	Software de Elementos Finitos
04	RAM Advance o similares	Softwares de cálculo estructural
05	AUTOCAD 2016	Software de Diseño Asistido

Nota: el listado precedente no es limitativo, pudiendo el alumno emplear otros softwares que por sus características se adapten a las condiciones de trabajo de la asignatura.

Formas de Evaluación

Metodología de la evaluación: Las evaluaciones que se realicen al estudiante tendrán como objeto la corroboración del cumplimiento de los Objetivos Específicos indicados para cada Contenido Mínimo, y la acreditación correspondiente. Acorde a las metodologías pedagógicas explicitadas se realizarán dos tipos de control de gestión académico de los estudiantes. Una será la evaluación de procesos, básicamente centrada en el análisis de la producción grupal e individual en las instancias de desarrollo de los seminarios – taller y en el grado de participación en las introducciones conceptuales. La otra será la evaluación de producto, dirigida a controlar el nivel de conceptualización grupal e individual alcanzado en el cierre de los Seminarios y en las evaluaciones globalizadoras



Bloque: Tecnologías Aplicadas
Tipo: Electiva
Área: Diseño y Cálculo de Estructuras
Responsables: Ing. Roberto Daniel Vilches

Nivel: 4to
Cursado: 1er Semestre
Carga Horaria Total: 85.5
Carga Horaria Semanal: 2.25

necesarias.

Para todas las instancias de control de gestión académica indicadas se actuará con la idea de evaluación de consenso, es decir, aquella que pone de manifiesto el compromiso del estudiante hacia la valoración correcta de su propio aprendizaje.

A los efectos que el sistema de control de gestión sea completo y equitativo se establece la evaluación de cátedra. La misma tiene por objeto de que los estudiantes cuenten con un medio de opinión institucionalizado en el que puedan aportar críticas y sugerencias a los efectos de mejorar la práctica docente en su propio beneficio, por lo tanto debe ser dinámica y continua durante el desarrollo de la asignatura.

Sistema de promoción: En concordancia con lo expuesto en las Metodologías Pedagógicas y de Evaluación, se adopta el sistema de aprobación directa de la asignatura según los lineamientos de la Ordenanza N° 1549 – CS: “Reglamento de estudios”.

Integración vertical y horizontal de los contenidos

La actividad curricular se encuentra encuadrada en el Área de Estructuras de la carrera Ingeniería Civil y en el bloque curricular de Tecnologías Básicas (según Res. N° 1232/01-MECT). Según la propuesta realizada por el Dpto. de Ingeniería Civil oportunamente; la materia se encuentra ubicada, en términos de organización curricular, en el 2° cuatrimestre del 4° Nivel de la carrera, reconociendo el carácter de Materia Electiva.

En función de tales conceptos es que la materia se inscribe en el área citada articulándose verticalmente con las actividades: Estabilidad, Resistencia de Materiales, Análisis Estructural I, Estructuras de Hormigón, todas ellas precedentes curriculares; además se articula con la actividad Cálculo Avanzado ya que la misma brinda el fundamento conceptual de los métodos numéricos avanzados.

Y se articula además verticalmente con las actividades Construcciones Metálicas y de Madera, Análisis Estructural II (ambas en el 5° nivel) y Dinámica Estructural (electiva del 6° nivel).