

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGIAS
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCIONES



MATERIA: ESTABILIDAD IV

EQUIPO DOCENTE:

Prof. Adj.: Dr. Ing. Ricardo H. Lorefice

Auxiliar de Primera: Mag. Ing. Marcia Rizo Patrón

PROGRAMACION ACADEMICA 2012

El curso está basado en los fundamentos elementales de la mecánica del medio continuo, con orientación a ingeniería civil, como parte básica de las ramas de Hidráulica, Mecánica de Suelos y Estructuras. Se estudian las herramientas básicas de análisis de medios que pueden ser tratados como continuos como el caso de sólidos y de fluidos, basados en la interpretación matemática de las leyes de la física que los describen. Al finalizar la materia, el alumno será capaz de resolver problemas de deformaciones y tensiones, leyes del movimiento, conservación de la masa y la energía, de balance, análisis tensorial de esfuerzos, de entropía, y de formulación de leyes constitutivas, así mismo, será capaz de formular y resolver modelos físicos que describan el comportamiento de sólidos y fluidos.

2.2. Conocimientos y habilidades previas que permiten encarar el aprendizaje de la asignatura

- *Conocimientos de algebra y análisis matemático (matrices, vectores, operaciones básicas, derivadas totales y parciales, integrales, ecuaciones diferenciales e integrales)*
- *Conocimientos básicos relativos a las propiedades físicas y mecánicas de los materiales ingenieriles*
- *Conocimientos básicos de física elemental (fuerza, tensión, masa, movimiento, energía cinética y potencial)*

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivos Generales

Que el alumno resuelva con los principios de la Mecánica de Medios Continuos, problemas de ingeniería específicamente de sólidos y fluidos, integrando las leyes de la física y las herramientas matemáticas ya adquiridas. Que resuelva problemas de movimiento, de transformación de esfuerzos y deformaciones, de aplicación de los principios de conservación de masa, energía y leyes de balance. Adquirir los conocimientos básicos para formular las ecuaciones de campo, empleando las mismas a fin de plantear y dar solución a modelos constitutivos de sólidos y fluidos.

3.2. Objetivos Específicos

- Introducir las magnitudes de campo fundamentales
- Diferenciar los problemas de campo (Mecánica del Continuo) de los problemas de valores de borde.
- Estudio de deformaciones y tensiones por medio de Algebra Tensorial y vectorial. Tensores y métricas típicas.
- Desarrollar las leyes fundamentales de la Mecánica como base conceptual de la Mecánica del Continuo.

- Desarrollar los modelos matemáticos (leyes constitutivas) para describir estados de tensión y de deformación en medios continuos con énfasis en aquellos modelos que describan el comportamiento de materiales ingenieriles y de fluidos tanto en el rango lineal como no-lineal.

4. SELECCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE CONTENIDOS

4.1. Programa Sintético

UNIDAD I: Fundamentos Matemáticos.

UNIDAD II: Cinemática de los Medios Continuos.

UNIDAD III: Principios de Conservación – Energía y Leyes fundamentales

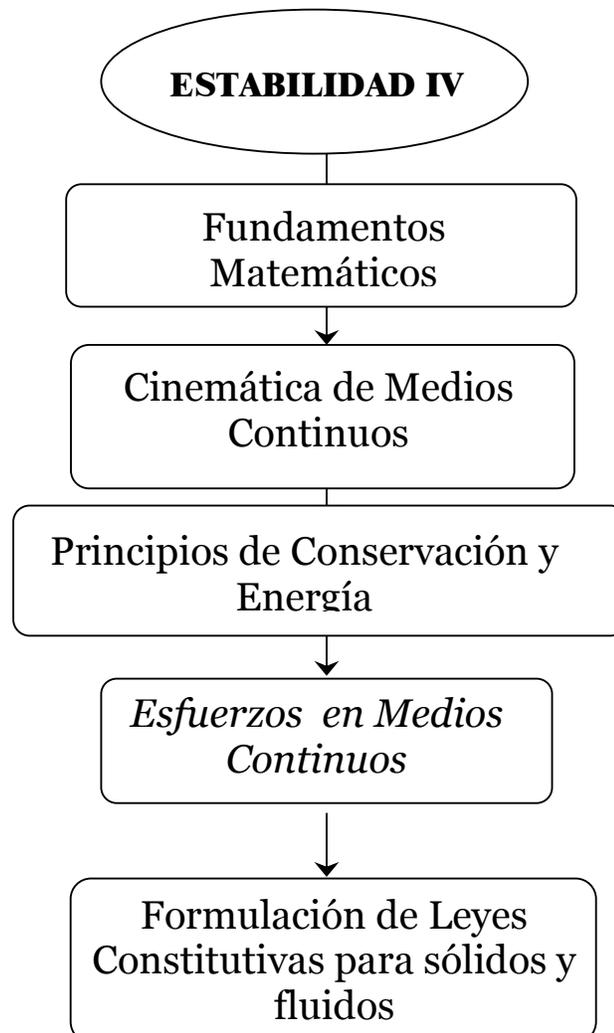
UNIDAD IV: Esfuerzos en Medios Continuos

UNIDAD V: Formulación de Ecuaciones Constitutivas para materiales ingenieriles – Modelos elásticos

UNIDAD VI: Formulación de Ecuaciones Constitutivas para materiales ingenieriles – plasticidad, viscoelasticidad, viscoplasticidad

UNIDAD VII: Mecánica de Fluidos

4.2. Articulación Temática de la Asignatura



4.3. Programa Analítico

UNIDAD I: FUNDAMENTOS MATEMATICOS

Introducción. Escalares, vectores y Matrices. Transformación de Coordenadas. Notación indicial. Tensores. Delta de Kronecker. Tensor de permutación. Operaciones con tensores. Producto interno. Producto externo. Autovalores y autovectores. Transformación general de coordenadas, Gradiente, divergencia y rotacional de campos escalares y vectoriales. Teoremas de Green y de Stokes. Teorema de Gauss. Ejemplos.

UNIDAD II: CINEMATICA DE LOS MEDIOS CONTINUOS

Introducción. Descripción del Movimiento. Descripciones de Green y de Lagrange. Derivadas materiales. Descripción matemática de la deformación. Gradientes de deformación y de desplazamiento. Tensor de deformación para deformaciones infinitesimales y desplazamientos pequeños. Rotación, extensión y alargamiento. Invariantes del tensor de deformaciones. Métricas de deformación. Deformaciones isocóricas. Deformaciones y direcciones principales. Ecuaciones de compatibilidad. Ejemplos.

UNIDAD III: PRINCIPIOS DE CONSERVACION – ENERGIA Y LEYES FUNDAMENTALES

Introducción. Teorema del Transporte de Reynolds. Movimientos isocóricos. Principios de conservación de la masa. Principio de conservación de la cantidad de movimiento. Principio de conservación del momento de la cantidad de movimiento. Principio de conservación de la energía. Primera y Segunda Ley de la Termodinámica. Entropía y disipación. Trabajo y energía. Ecuación de trabajos virtuales (desplazamientos virtuales). Ecuación de trabajos virtuales complementarios (fuerzas virtuales). Energía interna de deformación. Energía potencial total. Energía complementaria. Energía potencial complementaria.

UNIDAD IV: ESFUERZOS EN MEDIOS CONTINUOS

Introducción. Fuerzas de superficie y de volumen. Principio del balance de la cantidad de movimiento. Teorema de Cauchy. Vector tracción. Tensor de tensiones. Relación entre vector tracción y tensor de tensiones. Simetría del tensor de tensiones. Valores y direcciones principales. Cuádrice de tensiones. Tensor esférico. Tensor desviador. Invariantes del tensor de tensiones. Tensores de tensiones para deformación plana, tensión plana y estado cilíndrico de tensiones. Tensor del estado axial simétrico. Corte puro. Estado general tridimensional. Ejemplos.

UNIDAD V: FORMULACION DE ECUACIONES CONSTITUTIVAS PARA MATERIALES INGENIERILES – MODELOS ELASTICOS

Introducción. Relaciones constitutivas de un material. Requisitos de las leyes constitutivas. Definición de modelo constitutivo. Etapas de desarrollo. Materiales elásticos. Linealidad. Isotropía. Modelos elásticos de Primer Orden. Modelo de Cauchy. Modelo de Green. Formulación de Modelos elásticos de orden superior. Modelos de Cauchy de segundo orden. Modelos de Green de Segundo Orden. Determinación de constantes materiales. Ensayos típicos de laboratorio. Ejemplos. Estado uniaxial. Estado de corte puro. Estado volumétrico. Estado triaxial. Estado de deformaciones planas. Estado de tensiones planas. Representación gráfica de tensiones. Circulo de Mohr. Ejemplos.

UNIDAD VI: FORMULACION DE ECUACIONES CONSTITUTIVAS PARA MATERIALES INGENIERILES –Plasticidad, Viscoelasticidad, Viscoplasticidad

Introducción. Consideraciones generales. Concepto de falla material. Tensión de fluencia. Tensión de rotura. Concepto de Función de discontinuidad. Criterios generales de rotura de los materiales. Materiales elastoplásticos o invíscidos. Funciones de discontinuidad. Teoría de Huber – Mises – Hencky. Criterio de Tresca. Criterios de Fluencia para Materiales cohesivo-friccionales. Criterio de

Rankine. Criterio de Mohr-Coulomb. Criterio de Drucker-Prager. Representación mediante invariantes de tensión. Plano desviador y plano meridiano. Reología. Viscoelasticidad. Ley de Kelvin. Ley de Maxwell. Viscoplasticidad. Criterio de Duvaut-Lions. Criterio de Perzyna. Criterio de Bodner-Partom. Comparación entre los diferentes criterios. Ejemplos.

UNIDAD VII: MECANICA DE FLUIDOS

Introducción. Relaciones esfuerzo-velocidad de deformación. Medio continuo viscoso. Constantes de viscosidad. Ecuaciones de Navier-Stokes. Soluciones exactas. Fluido ideal. Flujo sin fricción o no viscoso. Ecuación de Euler. Integrales de la Ecuación de Euler. Flujo estacionario. Ecuación de Bernoulli. Flujos irrotacionales. Potencial de velocidad. Ecuación de Laplace. Fuerzas actuantes sobre un cuerpo inmerso en un fluido. Fluido Newtoniano. Fluido de Stokes. Tipos de flujo, Vorticidad. Capa limite. Ecuaciones de conservación de la energía para fluidos.

4.4. Cronograma de Clases Teóricas y de Trabajos Prácticos

Semana	Clase	Tipo	Unidad	TEMA
1	1	Teórica	I	Introducción. Escalares, vectores y Matrices. Transformación de Coordenadas. Notación indicial. Tensores. Delta de Kronecker. Tensor de permutación. Operaciones con tensores. Producto interno. Producto externo. Ejemplos
	2	Teórica	I	Autovalores y autovectores. Transformación general de coordenadas, Gradiente, divergencia y rotacional de campos escalares y vectoriales. Teoremas de Green y de Stokes. Teorema de Gauss.
2	3	Teórica	II	Introducción. Descripción del Movimiento. Descripciones de Green y de Lagrange. Derivadas materiales. Descripción matemática de la deformación.
	4	Teórica	II	Gradientes de deformación y de desplazamiento. Tensor de deformación para deformaciones infinitesimales y desplazamientos pequeños. Ejemplos.
3	5	Teórica	II	Rotación, extensión y alargamiento. Invariantes del tensor de deformaciones. Métricas de deformación. Deformaciones isocóricas. Ejemplos.
	6	Teórica	II	Deformaciones y direcciones principales. Ecuaciones de compatibilidad. Ejemplos.
4	7		III	Introducción. Teorema del Transporte de Reynolds. Movimientos isocóricos. Principios de conservación de la masa. Principio de conservación de la cantidad de movimiento.
	8	Teórica	III	Principio de conservación del momento de la cantidad de movimiento. Principio de conservación de la energía. Primera y Segunda Ley de la Termodinámica.

5	9		III	Entropía y disipación. Trabajo y energía. Ecuación de trabajos virtuales (desplazamientos virtuales). Ecuación de trabajos virtuales complementarios (fuerzas virtuales). Energía interna de deformación. Energía potencial total. Energía complementaria. Energía potencial complementaria.
	10	Teórica		EVALUACION PARCIAL UNIDADES 1 Y 2
6	11		IV	Introducción. Fuerzas de superficie y de volumen. Principio del balance de la cantidad de movimiento. Teorema de Cauchy. Vector tracción. Tensor de tensiones. Relación entre vector tracción y tensor de tensiones. Simetría del tensor de tensiones.
	12		IV	Valores y direcciones principales. Cuádrica de tensiones. Tensor esférico. Tensor desviador. Invariantes del tensor de tensiones. Tensores de tensiones para deformación plana.
7	13	Teórica	IV	Tensión plana y estado cilíndrico de tensiones. Tensor del estado axial simétrico. Corte puro. Estado general tridimensional.
	14	Teórica		EVALUACION PARCIAL: UNIDADES 3 Y 4
8	15	Teórica	V	Introducción. Relaciones constitutivas de un material. Requisitos de las leyes constitutivas. Definición de modelo constitutivo.
	16	Teórica	V	Etapas de desarrollo. Materiales elásticos. Linealidad. Isotropía. Modelos elásticos de Primer Orden.
9	17	Teórica	V	Modelo de Cauchy. Modelo de Green. Formulación de Modelos elásticos de orden superior. Modelos de Cauchy de segundo orden.
	18	Teórica	V	Modelos de Green de Segundo Orden. Determinación de constantes materiales. Ensayos típicos de laboratorio. Ejemplos. Estado uniaxial. Estado de corte puro. Estado volumétrico.
10	19	Teórica	V	Estado triaxial. Estado de deformaciones planas. Estado de tensiones planas. Representación grafica de tensiones. Circulo de Mohr.
	20	Teórica	VI	Introducción. Consideraciones generales. Concepto de falla material. Tensión de fluencia. Tensión de rotura. Concepto de Función de discontinuidad. Criterios generales de rotura de los materiales.
11	21		VI	Materiales elastoplásticos o invíscidos. Funciones de discontinuidad. Teoría de Huber – Mises – Hencky. Criterio de Tresca.
	22	Teórica	VI	Criterios de Fluencia para Materiales cohesivo-friccional. Criterio de Rankine. Criterio de Mohr-Coulomb. Criterio de Drucker-Prager. Representación mediante invariantes de tensión.
	23	Teórica	VI	Plano desviador y plano meridiano. Reología. Viscoelasticidad. Ley de Kelvin. Ley de Maxwell. Ejemplos.

12	24	Teórica	VI	Viscoplasticidad. Criterio de Duvaut-Lions. Criterio de Perzyna. Criterio de Bodner-Partom. Comparación entre los diferentes criterios. Ejemplos.
13	25	Teórica	VII	Introducción. Relaciones esfuerzo-velocidad de deformación. Medio continuo viscoso. Constantes de viscosidad. Ecuaciones de Navier-Stokes.
	26	Teórica	VII	Soluciones exactas. Fluido ideal. Flujo sin fricción o no viscoso. Ecuación de Euler. Integrales de la Ecuación de Euler. Flujo estacionario.
14	27	Teórica	VII	Ecuación de Bernoulli. Flujos irrotacionales. Potencial de velocidad. Ecuación de Laplace. Fuerzas actuantes sobre un cuerpo inmerso en un fluido. Fluido Newtoniano.
	28	Teórica	VII	Fluido de Stokes. Tipos de flujo, Vorticidad. Capa límite. Ecuaciones de conservación de la energía para fluidos.
15	29	Teórica		EVALUACION UNIDADES 5 A 7
	20	Teórica		RECUPERACION EVALUACIONES PARCIALES

LISTADO DE TRABAJOS PRACTICOS

- Trabajo Práctico N⁰ 1: FUNDAMENTOS MATEMATICOS
- Trabajo Práctico N⁰ 2: CINEMATICA DE MEDIOS CONTINUOS
- Trabajo Práctico N⁰ 3: PRINCIPIOS DE CONSERVACION - ENERGIA Y LEYES FUNDAMENTALES
- Trabajo Práctico N⁰ 4: ESFUERZOS EN MEDIOS CONTINUOS
- Trabajo Práctico N⁰ 5: FORMULACION DE ECUACIONES CONSTITUTIVAS PARA MATERIALES INGENIERILES – MODELOS ELASTICOS
- Trabajo Práctico N⁰ 6: FORMULACION DE ECUACIONES CONSTITUTIVAS PARA MATERIALES INGENIERILES – PLASTICIDAD, VISCOELASTICIDAD Y VISCOPLASTICIDAD
- Trabajo Práctico N⁰ 7: APLICACIONES A MECANICA DE FLUIDOS

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

De acuerdo al plan de estudios presentado se recomiendan las siguientes referencias bibliográficas:

- NOTAS DE APOYO DOCENTE – DR. ING. R. LOREFICE (1998)
- NOTAS DEL CURSO “ECUACIONES CONSTITUTIVAS PARA MATERIALES INGENIERILES”. Dr. Ing. Ignacio Carol Vilarasau (UPC - 2002).
- MECANICA DE MEDIOS CONTINUOS – GEORGE E. MASE. (SERIE SCHAUUM). ED. MCGRAW-HILL, (1977).
- OLIVER OLIVELLA, J Y AGELET DE SARACIBAR BOSH, C.A., “MECANICA DE MEDIOS CONTINUOS PARA INGENIEROS”. ED. ALFA OMEGA, MEXICO, 2002.
- OGDEN, O. “NONLINEAR ELASTIC DEFORMATIONS”. ED.
- FUNG Y.C. “A FIRST COURSE ON CONTINUUM MECHANICS”. ED. PRENTICE-HALL, 1994.

- TRUESDELL, C.S., "THE ELEMENTS OF CONTINUUM MECHANICS"
- WILLAM, K.J, "CONSTITUTIVE MODELS FOR ENGINEERING MATERIALS". Encyclopedia of Physical Science and Technology, Boulder, Colorado (2002).
- MALVERN, L.E., "INTRODUCTION TO THE MECHANICS OF A CONTINUOUS MEDIUM", Prentice-Hall, 1969.

6. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

6.1. Aspectos pedagógicos y didácticos:

La metodología de enseñanza a implementar busca una integración efectiva de los conocimientos teóricos y prácticos. Dado el carácter de la asignatura, reviste suma importancia el aprendizaje de los fundamentos teóricos que se plantean para la solución de problemas de campo, formulación de leyes materiales, solución de problemas de valores de borde, etc. En este sentido, es indispensable la integración efectiva de las herramientas matemáticas conjuntamente con las bases conceptuales provistas por las leyes y principios fundamentales, lo cual se lograra considerando las siguientes estrategias:

- ✓ *Explicaciones orales del marco teórico con esquemas conceptuales.*
- ✓ *Esclarecimiento de estructuras conceptuales complejas.*
- ✓ *Presentación de situaciones de conflicto cognitivo.*
- ✓ *Estimulación, ante errores, de búsqueda de nuevas situaciones que permitan a los alumnos acceder al entendimiento de las estructuras complejas.*
- ✓ *Planteamiento de situaciones específicas para analizar e interactuar con sus pares.*
- ✓ *Análisis de situaciones problemáticas para explicar a partir de marcos teóricos.*
- ✓ *Comparación de posiciones teóricas ponderando las razones ofrecidas a favor de cada una de ellas.*
- ✓ *Organización de la información a través de mapas conceptuales, cuadros, esquemas, etc.*

6.2. Actividades de los alumnos:

Los alumnos resolverán problemas prácticos, elaborarán monografías y discutirán los aspectos fundamentales de cada unidad temática.

6.3. Cuadro sintético:

Clase	Carga Horaria [hs]	Asistencia exigida (%)	Nº Alumnos estimado	A cargo de:	Técnica más usada:	Énfasis en	Actividad de los alumnos
Teórica	4	-	35	Prof.	Pizarron; Cañon	Conceptos	Ejemplos

					proyector		
Práctica	3	80%	35	J.T.P.	Ejercicios Numéricos	Aplicación	Trabajos Prácticos

6.4. Recursos Didácticos:

- Pizarrón
- Transparencias / Presentaciones con cañón proyector

7. EVALUACION

7.1. Evaluación Diagnóstica

En las primeras clases se realiza una evaluación diagnóstica mediante diálogo o interrogación al grupo, para conocer a cerca de los saberes previos del alumno.

7.2. Evaluación Formativa

Se realizará gradualmente en el transcurso de las clases a fin de realizar los necesarios ajustes en el proceso enseñanza-aprendizaje. Para ello se plantearán situaciones problemáticas, individuales y/o grupales, y se evaluarán las soluciones adoptadas por los alumnos. Se tendrá en cuenta:

- ✓ *Fundamentación de juicios valorativos.*
- ✓ *Expresión oral*
- ✓ *Uso de vocabulario específico*
- ✓ *Interacción grupal.*
- ✓ *Actitudes de interés y de responsabilidad*

7.3. Evaluación parcial

7.3.1 Programa de Evaluaciones Parciales:

- 1^{er} Parcial: Unidades 1, 2*
- 2^{do} Parcial: Unidades 3,4*
- 3^{er} Parcial: Unidades 5, 6, 7*

7.3.2 Criterios de Evaluación

- ✓ *Organización del trabajo escrito.*
- ✓ *Fundamentos conceptuales*
- ✓ *Análisis de problemas simples*
- ✓ *Criterio de aplicación*

7.3.3 Escala de Valoración: *Se califica de 0 (cero) a 10 (diez) puntos.*

7.4. Evaluación Integradora

La evaluación integral de la materia se realiza conjuntamente a través del desarrollo de los trabajos prácticos y las evaluaciones parciales, aplicándose en ambos casos todos los conocimientos adquiridos durante el módulo.

7.5. Autoevaluación

Se realizará mediante encuestas en las planillas realizadas a tal efecto.

7.6. Evaluación Sumativa

7.6.1 Condiciones para lograr la Promoción sin Examen Final de la Asignatura

No está contemplada esta posibilidad.

7.6.2 Condiciones para lograr la Regularidad de la Asignatura

- a) **Trabajos prácticos:** se presentarán por escrito en forma individual y en las fechas establecidas por la cátedra. Se requerirá realizar el 100 % de los mismos, pudiéndose recuperar un 20 % de ellos.*
- b) **Evaluaciones parciales:** se deberán aprobar tres evaluaciones parciales programadas. En caso de desaprobado, los alumnos tendrán derecho a rendir una recuperación por cada evaluación parcial, con posibilidad de acceder a un recuperatorio integral de hasta 2 evaluaciones parciales.*
- c) **Asistencia de 80% a las prácticas de la materia***

7.7. Examen final

Para que el alumno sea autorizado a rendir el examen final en condición de Regular, deberá:

- Haber aprobado todas las evaluaciones parciales escritas*
- Tener aprobada el 100% de los Trabajos Prácticos*
- Cumplir con la condición del 80 % de asistencia a las clases prácticas.*

El alumno debe presentarse al Examen Final con su carpeta de Trabajos Prácticos Aprobada y Libreta Universitaria en la cual conste la inscripción para el examen.

7.8. Examen Libre

El examen libre se tomará de acuerdo con las disposiciones reglamentarias vigentes en la Facultad de Ciencias Exactas y tecnologías, incluyendo el mismo una parte práctica y una parte teórica.

.....
Dr. Ing. Ricardo H. Lorefice
Profesor Adjunto
Docente Investigador- FCEyT