



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Rosario

Rosario, 05 de octubre de 2021.-

VISTO El expediente I.D. N° 8126269 presentado por el Consejo Departamental de Ingeniería Civil, relacionado con el programa analítico de la asignatura electiva "Elasticidad y Plasticidad", de la carrera Ingeniería Civil, y

CONSIDERANDO

Que los objetivos y contenidos del mismo se ajustan a la reglamentación vigente.

Que dicho programa cuenta con el aval del respectivo Consejo Departamental.

Que la Comisión de Enseñanza evaluó la presentación y aconsejó su aprobación.

Por ello y atento a las atribuciones otorgadas por el artículo 85° del Estatuto Universitario.

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD REGIONAL ROSARIO  
DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

RESUELVE:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar el programa analítico de la asignatura electiva "Elasticidad y Plasticidad", que se agrega como Anexo I de la presente resolución, de la carrera Ingeniería Civil.

ARTÍCULO 2°.- Establecer que la misma tendrá validez durante cuatro ciclos lectivos consecutivos, según la Ordenanza N° 1383 – Lineamientos para la implementación de asignaturas electivas para las carreras de grado en el ámbito de la Universidad.

ARTÍCULO 3°.- Regístrese. Comuníquese. Cumplido, archívese.

RESOLUCIÓN N° **302**

UTN
FRRo
C.D.
S.R.

Ing. Rubén Fernando CICCARELLI  
Decano

Ing. Antonio Luis MUIÑOS  
Secretario Académico

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**

**FACULTAD REGIONAL ROSARIO**

ASIGNATURA

**ELASTICIDAD Y PLASTICIDAD**

PLAN DE ESTUDIOS: 1995

HORAS DE CLASES SEMANALES: Tres (3) horas – 32 semanas de clases

DICTADO: Anual – 4° Año

AÑO LECTIVO: 2021

CUERPO DOCENTE:

Prof. Ing. Ariel Muñoz Baltar – [amunoz@frro.utn.edu.ar](mailto:amunoz@frro.utn.edu.ar)

J.T.P. Ing. Vanesa Vernaschi – [vanesavernaschi@hotmail.com](mailto:vanesavernaschi@hotmail.com)

**Objetivos Generales:**

Familiarizar al estudiante con la comprensión de la: Formulación general de las ecuaciones que gobiernan el comportamiento de los sólidos elásticos, uso de métodos de resolución aproximados para la solución de las ecuaciones diferenciales de los sólidos elásticos. Explicación y utilización del Método de los Elementos Finitos y sus aplicaciones en elementos estructurales típicos. Distinguir entre elasticidad, viscoelasticidad y plasticidad en el comportamiento de los materiales y su aplicación a estos. Teoría de placas planas, sus ecuaciones y aplicación a las estructuras. Teoría para estructuras laminares, comportamiento membranal y flexional.

**Objetivos Específicos:**

Conocer los conceptos fundamentales de la teoría de la elasticidad y plasticidad. Hacer uso de las mismas para aplicaciones en la modelación y el diseño estructural.

Con el desarrollo de la presente asignatura se pretende que los estudiantes logren:

1. - capacitarse para el análisis, observación, desarrollo y diseño de estructuras.
- 2.- saber los conceptos de tensiones, deformaciones y su relación. Sus aplicaciones a los casos bidimensional y tridimensional.
- 3.- conocimiento de métodos numéricos: elementos finitos, su desarrollo, las aplicaciones y su implementación en computadoras.

4. – identificar las tipologías estructurales (estructuras de barras, estado plano, placas, cáscaras, etc), para la aplicación de las soluciones
5. - crecer creativamente, con criterio y con mentalidad científica.
6. - desarrollar los procesos característicos del ingeniero siendo ellos:
  - identificar problemas
  - analizar alternativas
  - proyectar soluciones
  - producir, construir y controlar
7. - manejar con habilidad la herramienta informática aplicada a problemas numéricos, las fuentes bibliográficas, centros de investigación y aplicación de los contenidos a la resolución de problemas reales.
8. - desempeñar un rol activo en el proceso de enseñanza aprendizaje, ubicándose como ser individual y social.

## **PROGRAMA SINTÉTICO**

- Análisis de Tensiones.
- Análisis de Deformaciones
- Relaciones Constitutivas - Plasticidad
- Ecuaciones Generales de la Elasticidad Lineal
- Estados Planos en Elasticidad
- Método de Elementos Finitos
- Análisis de Placas Planas
- Análisis de Estructuras Laminadas

## **PROGRAMA ANALÍTICO**

### **Unidad temática 1: TENSIONES Y DEFORMACIONES EN ESTADO TRIDIMENSIONAL**

Introducción al cálculo tensorial. Rotación de coordenadas. Vectores y tensores. Concepto. Definición. Álgebra tensorial. Invariantes de un tensor. Tensores simétricos. Autovalores y autovectores de un tensor simétrico. Estado de tensión tridimensional, estado tensional del punto, tensor de tensiones, tensiones principales, invariantes. Tensor esférico y desviador de tensiones y de deformaciones. Planteo tradicional y matricial, variación del estado de tensión de un punto a otro, ecuaciones de equilibrio y de contorno. Estado de deformación tridimensional. Corrimientos y deformaciones, estado deformacional del punto, tensor de deformaciones, deformaciones principales, invariantes. Planteo tradicional y matricial, relación entre corrimientos y deformaciones, ecuaciones de compatibilidad. Información sobre el comportamiento de los materiales anisótropos. Ley Generalizada de Hooke. Resolución general de los problemas elásticos, procesos de resolución, existencia y unicidad de la solución.

## **Unidad temática 2: PROBLEMAS DE ELASTICIDAD TRIDIMENSIONAL**

Información sobre el planteo general. Torsión. Teoría de Saint Venant. Aplicaciones de la Teoría de Saint Venant al Hormigón. Secciones circulares y elípticas. Analogía de la membrana. Fundamentos teóricos sección rectangular delgada. Tubos de pared delgada.

## **Unidad temática 3: PROBLEMAS DE ELASTICIDAD BIDIMENSIONAL**

Estado plano de tensión. Estado plano de deformación. Función de Airy. Proceso de resolución. Aplicaciones comunes en la construcción. Vigas de gran altura, tubos de pared gruesa, diques de gravedad de eje recto. Aplicaciones a casos prácticos de Ingeniería Civil.

## **Unidad temática 4: TEORIA DE LA PLASTICIDAD**

Introducción. Experimento básico de la plasticidad. Diagramas de tensión verdadera deformación natural. Efecto de Bauschinger. Efectos de velocidad de deformación y de temperatura. Criterios de fluencia. Estado multiaxial. Teoría de la máxima tensión o teoría de Rankine. Teoría de la máxima deformación o teoría de Saint Venant. Teoría de la máxima tensión de corte o criterio de Tresca. Teoría de la máxima energía de deformación o teoría de la energía de Beltrami. Teoría de la energía de distorsión o criterio de fluencia de von Mises – Hencky. Criterio de Drucker-Prager. Superficie de fluencia. Ley de endurecimiento.

## **Unidad temática 5: ELEMENTOS FINITOS CONCEPTOS DEL METODO Y APLICACIONES**

Noción de discretización de medios continuos. Planteo general del método. Aplicación a sistemas bajo estados planos de tensión y deformación. Método de rigidez. Elementos finitos planos triangulares y rectangulares. Planteo matricial del método. Ejemplos de resolución. Criterios de modelización y utilización de Software.

## **Unidad temática 6: TEORIA DE PLACAS PLANAS**

Teoría general de las placas planas delgadas. Ecuación de Germain – Lagrange. Condiciones de contorno. Expresión de Kirchoff. Problemas de coordenadas cartesianas ortogonales. La placa rectangular. Procesos de resolución: Series dobles, diferencias finitas. Métodos variacionales. Métodos aproximados. Problemas en coordenadas polares. La placa circular. Caso axial simétrico. Placas sobre apoyos puntuales. Membranas planas, placas planas gruesas. Uso de tablas. Pandeo de placas. Régimen lineal. Cargas críticas. Aplicaciones prácticas.

## **Unidad temática 7: TEORIA DE PLACAS CURVAS Y ESTRUCTURAS LAMINARES**

Placas curvas de revolución. Cáscaras con simetría rotacional y rigidez a flexión. Planteo general para tubos, cúpulas y depósitos. Teoría flexional de cáscaras. Estructuras laminares: conceptos generales,

hipótesis básicas y esfuerzos característicos. Comportamiento membranal en cáscaras de rotación con carga continua. Tanques para gas y líquidos. Cúpulas delgadas. Pandeo de láminas. Aplicaciones a láminas cilíndricas y esféricas. Cáscaras de forma cualquiera.

- LISTADO DE ACTIVIDADES PRÁCTICAS

- Operaciones con el vector de tensiones. Operaciones con el tensor de tensiones.

Determinación de las direcciones principales de tensión y los respectivos valores de las tensiones principales.

- Operaciones con el tensor de deformaciones. Direcciones principales de deformación.

- Ley de Hooke generalizada en 3-D: Deformación Plana y Tensión Plana. - Método de elementos finitos para solución de problemas elásticos planos. Matriz de rigidez para el triángulo de tensión constante.

- Placas planas en flexión, rectangulares y circulares. Aplicación mediante M.E.F. Comparativas de resultados analíticos y por elementos finitos. Criterios de modelización, apoyos, cargas, etc.

- Láminas de revolución. Ejemplos de modelización.

Solución membranal para láminas cilíndricas y esféricas.

Solución flexional cerca de los bordes. Ecuaciones de compatibilidad en los bordes.

Planteo de exposición de trabajos de cáscaras y placas.

Ejercitación de aplicación de las distintas teorías de plasticidad a materiales metálicos y hormigón.

- USO DE RECURSOS

Se utilizan programas como Matlab, planillas de cálculo Excel, para el cálculo de matrices de rigidez, y el programa de Elementos Finitos Sap 2000 para placas, cáscaras y resolución de elementos de barras.

En términos de comunicación, se utiliza el campus virtual de la Universidad Tecnológica Nacional, subiendo videos, material de lectura, se realizan incluso encuestas y interactúa con otros medios de comunicación (teléfono celular, zoom, skype, whastapp, etc)

- EVALUACIÓN

Para poder rendir la materia, el estudiante deberá estar inscripto en el sistema administrativo que designe la facultad. Se rinde los días jueves por lo general.

El alumno desarrollará de un trabajo práctico final de aplicación sobre modelización de una estructura que se le entregará previa solicitud de este entre 7 a 10 días antes de la fecha de examen.

Este trabajo práctico consta por lo general de una modelización y análisis de la estructura, en que deberán plasmarse las solicitaciones, las deformaciones de los elementos, verificación de reacciones, materiales utilizados, bibliografía de consulta, alguna comparativa con un análisis teórico - analítico del problema, y las conclusiones del mismo, entre otros.

Contra la entrega de este si el trabajo práctico no llega al puntaje mínimo queda desaprobado, no pudiendo iniciar rendir la parte teórica de la materia.

Esta parte teórica, consta de una serie de entre 4 o 5 preguntas que luego se deben defender oralmente si es necesaria su aclaración.

Para la regularidad, se pide asistencia al 70% de las clases, la entrega de trabajos prácticos y se toman dos exámenes parciales que involucran los temas de la materia.

Para promocionar en el presente año 2021:

Se deberá realizar un trabajo práctico de modelización, que se dará unos 15 días antes de la fecha de examen, y se dará la posibilidad de rendir dos parciales, uno antes de la finalización del cuatrimestre, y el segundo antes de la finalización del cursado lectivo. De aprobarse ambos con nota igual o superior a 8 puntos y desarrollando el Trabajo Práctico se dará la aprobación directa al alumno.

### **PLAN DE INTEGRACIÓN CON OTRAS ÁREAS:**

La asignatura se integra horizontalmente a Estructuras de Hormigón a la que brinda la solución de placas y los conceptos de discretización, y se integra verticalmente con Análisis Estructural II y III, a las que le brinda las bases para el estudio y resolución aplicada de las estructuras de edificios, puentes, muros de contención, etc.

### **BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA BASE**

- Santaló, L. (1993) Vectores, Tensores y sus Aplicaciones. Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Timoshenko, S. (1946) Teoría de la Elasticidad. Editorial El Ateneo, Buenos Aires.
- Filonenko-Borodich, M. (1959) Teoría de la Elasticidad. Editorial MIR, Buenos Aires.
- Ortiz Berrocal, L. (2003). Elasticidad. Editorial Mc Graw-Hill, Buenos Aires.
- Laura, P. y Maurizi, M. (1979). Introducción a la Mecánica de los Sólidos. Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Zienkiewicz, O. (1977). El Método de Elementos Finitos. Editorial Reverte, España.
- Timoshenko, S. y Woinowski-Krieger, S.(1970) Teoría de Placas y Láminas. Ediciones Urmo, Bilbao.
- Pfluger, A. (1964) Estática Elemental de las Cáscaras. Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Ugural, A.; Fenster, S.U. (2012). Advanced Mechanics for Materials and Applied Elasticity. Editorial Pearson.

### **BIBLIOGRAFÍA GENERAL**

Heyman, J. (1995) Análisis de Estructuras. Ed. Instituto Juan de Herrera

Torroja, E. (1957) Razón y Ser de los Tipos Estructurales.

Ejemplos de resolución de cáscaras de Eduardo Torroja, Pier Luigi Nervi y Félix Candela



ARIEL MUÑOZ BALTAR  
Inq. en Construcciones

Ing. Ariel Muñoz Baltar

Leg. 40165