

Objetivos

El objetivo general del curso es que el estudiante aprenda a realizar un análisis de estabilidad de una estructura mediante técnicas analíticas y computacionales. Específicamente se busca que identifique el comportamiento típico de elementos unidimensionales (vigas, anillos) y bidimensionales planos (placas) y curvos (cáscaras), y adquiera familiaridad con las metodologías de análisis, tanto analíticas como computacionales

Profesionales a los que está orientado

Ingenieros Mecánicos, Aeronáuticos, Civiles, Electromecánicos, Electricistas, y Químicos. Licenciados en Matemática, Física, Química, y todo aquel profesional interesado en problemas de estabilidad estructural.

Válido para la Carrera de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, FCEFYN, UNC (3 créditos)

Válido para la Maestría en Estructuras Civiles, FCEFYN, UNC (3 créditos)

Válido para la Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Mención Estructuras y Geotecnia, FCEFYN, UNC (3 créditos)

Programa Analítico

1. Breve introducción al cálculo variacional. Problema fundamental del cálculo de variaciones. Lema fundamental. Ecuación de Euler-Lagrange. Notación variacional. Variaciones de orden superior. Problemas con dos variables dependientes y dos independientes. Principio de los trabajos virtuales. Principio de la mínima energía potencial total.
2. Concepto de pandeo. Introducción a la historia de los estudios de estabilidad y pandeo. Diferentes enfoques de estudio de estabilidad. Comportamiento no lineal de estructuras elásticas, puntos límites y de bifurcación.
3. Estabilidad de sistemas de un grado de libertad. Estabilidad de barras rígidas. Criterio de bifurcación de Trefftz.
4. Pandeo de barras rectas. Columnas simplemente apoyadas. Efecto de incompresibilidad. Influencia de imperfecciones. Influencia de las condiciones de apoyo. Influencia de plasticidad. Pandeo de barras en pórticos. Pandeo torsional de columnas. Pandeo lateral torsional de vigas.
5. Pandeo de láminas planas. Hipótesis y ecuaciones fundamentales. Análisis de bifurcación. Influencia de estados de carga y condiciones de borde. Influencia de plasticidad.
6. Pandeo de anillos. Ecuaciones fundamentales. Análisis de bifurcación. Efecto de incompresibilidad. Influencia de imperfecciones. Trayectoria no lineal y análisis de bifurcación.

7. Métodos numéricos en pandeo. Elementos finitos. Análisis de bifurcación (LBA) y análisis no lineal geométrico (GNA). Seguimiento de la trayectoria secundaria. Algoritmo LBA. Algoritmo de Riks. Efecto de imperfecciones sobre el análisis no lineal (GNIA). Utilización de Abaqus en problemas de pandeo.

8. Pandeo de cáscaras. Ecuaciones fundamentales para cáscaras de revolución. Formulación energética. Carga axial y lateral en cáscaras cilíndricas. Evidencia experimental. Influencia de imperfecciones. Respuesta no lineal al inicio de la trayectoria secundaria. Desarrollos de Koiter. Diseño MNA/LBA. Análisis computacional con no linealidad geométrica y de material (GMNIA). Uso de Abaqus.

9. Métodos de rigidez/energía reducida. Contribuciones energéticas en modos poscríticos para cilindros. Diferencias entre reducir energía y rigidez.

Docentes a cargo

Dra. Inga. Rossana C. Jaca

Oficina Estabilidad de las Estructuras. Departamento Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Comahue.

rossana.jaca@fain.uncoma.edu.ar

Dr. Ing. Carlos F. Estrada

Oficina 211, 2°P Departamento de Estructuras. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.

carlos.estrada@unc.edu.ar

Dr. Ing. Mariano P. Ameijeiras

Oficina 112, 1°P Departamento de Estructuras. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.

m.ameijeiras@unc.edu.ar

Prerrequisitos

Tener conocimientos, a nivel de carrera de grado, en: Álgebra Lineal, Análisis Matricial, Cálculo de Varias Variables, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales Ordinarias y Ecuaciones Diferenciales en Derivadas Parciales.

Duración y organización

Sesenta horas distribuidas en 15 semanas de clases de 4hs. cada una.

El total del tiempo se dedicará a clases teórico-prácticas y exámenes, que se desarrollarán en aula virtual. El presente curso no requiere de trabajos de campo, gabinete o laboratorio, visitas o viajes de estudio.

Lugar de Clases:	FCEfyN, UNC (híbrida)
Aula/Asistencia física:	605 (edificio PLM)
Asistencia virtual:	https://meet.google.com/dqy-sdkf-osp
Horario:	viernes 16:00 a 20:00hs.
Fecha de inicio:	17/03/2023
Fecha de finalización:	23/06/2023

Metodología de dictado

Se dictará una clase teórica/práctica semanal de 4 horas de duración que se desarrollará en aula híbrida. Los docentes dictarán las clases en un aula dentro de la FCEFYN de la UNC con capacidad de transmitir en forma sincrónica por la *Web*. Los alumnos tendrán la posibilidad de asistir en forma presencial (recomendado) o participar en forma sincrónica virtual a través de una conexión *GMeet*.

Las clases serán con exposición oral, uso de pizarrón, transparencias, y software de manipulación simbólica y empaquetado.

Se fijarán horarios de consulta, fuera del horario de clases, de acuerdo con las posibilidades de los docentes responsables de la asignatura y de los estudiantes inscriptos.

Metodología de evaluación

La evaluación se realizará mediante: *i*) la presentación de trabajos prácticos y *ii*) un examen final.

Todos los trabajos prácticos, proyectos de computadora e informes deberán ser realizados de manera individual por cada estudiante. Los trabajos prácticos deberán ser entregados en la fecha estipulada por los docentes. No se aceptarán trabajos prácticos e informes tardíos.

La calificación final se determinará por ponderación de las actividades *i*) y *ii*), de la siguiente manera:

Trabajos prácticos:	50% de la nota final
Examen final:	50% de la nota final

Ambas instancias se aprueban con un mínimo de 60%.

Bibliografía

BS EN 1993-4-2:2007+A1:2017 (2018). Eurocode 3, Design of steel structures, Part 4-2: *Tanks*. UK: British Standard Institution.

Brush, D.O. and Almroth, B.O. (1975). *Buckling of bars, plates, and shells*. New York: McGraw-Hill.

Bushnell, D. (1985). *Computerize buckling analysis of shells*. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers.

de Borst, R., Crisfield, M.A., Remmers, J.J.C, Verhoosel, C.V. (2012). *Non-linear finite element analysis of solids and structures* (2nd. ed.). West Sussex, UK: John Wiley & Sons.

ECCS (2008). *Buckling of Steel Shells, European Design Recommendations* (5th. ed.), Rotter, J.M. and Schmidt, H. (Eds.), Portugal: European Convention for Constructional Steelwork.

Fung, Y.C. (1965). *Foundation of solid mechanics*. UK: Prentice-Hall.

Hildebrand, F.B. (1965). *Methods of applied mathematics*. New Jersey: Prentice-Hall.

Hjelmstad, K.D. (2005). *Fundamentals of Structural Mechanics* (2nd. ed.). New York: Springer.

SSRC (2010). *Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures* (6th. ed.), Ziemian, D.R. (Ed.), New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Textos adicionales

Godoy, L.A. (2010). *Estabilidad de estructuras: una perspectiva histórica*. Barcelona: CIMNE.

Godoy, L.A. (2000). *Theory of elastic stability*. Philadelphia: Taylor & Francis.

Bazant, Z. & Cedolin L. (2010). *Stability of structures* (2nd. ed.). Singapore: World Scientific Publishing.

Informes e inscripción

Doctorado en Ciencias de la Ingeniería
doctoradoing@fcefyn.unc.edu.ar

Maestría en Estructuras Civiles
MEC@fcefyn.unc.edu.ar

Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Mención Estructuras y Geotecnia
<https://fcefyn.unc.edu.ar/facultad/secretarias/posgrado/maestrias/maestria-en-ciencias-de-la-ingenieria-mencion-estructuras-y-geotecnia/>

Rossana C. Jaca
Carlos F. Estrada
Mariano P. Ameijeiras

Febrero de 2023