

---

## **Formulario de aprobación de curso de posgrado/educación permanente**

**Asignatura: Análisis No Lineal de Estructuras**

<b>Modalidad:</b>	<b>Posgrado</b>	<b>x</b>
	<b>Educación permanente</b>	<input checked="" type="checkbox"/>

---

**Profesor de la asignatura** <sup>1</sup>: Dr.Ing. Jorge Pérez Zerpa, Prof. Adjunto, Instituto de Estructuras y Transporte

**Otros docentes de la Facultad:** Msc. DIC Ing. Bruno Bazzano, Prof. Adjunto, Instituto de Estructuras y Transporte

**Docentes fuera de Facultad:** Dr. Marcelo Forets, Asistente, Centro Universitario Regional del Este, UdelAR

**Programa(s) de posgrado:** Maestría en Ingeniería Estructural, Doctorado en Ingeniería Estructural, Maestría en Ingeniería Mecánica.

**Instituto o unidad:** SCAPA Ing. Civil, Instituto de Estructuras y Transporte

**Departamento o área:** Departamento de Estructuras

---

**Horas Presenciales: 38**

**Nº de Créditos: 8**

**Público objetivo:** El curso está dirigido a estudiantes de posgrado y/o profesionales egresados de carreras Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica o equivalentes, interesados en comprender los conceptos básicos del análisis no lineal de estructuras y sólidos.

**Cupos:** No hay cupo mínimo ni máximo.

---

**Objetivos:** Presentar conceptos básicos del análisis no lineal de estructuras. Brindar nociones que faciliten el uso de herramientas computacionales que realicen este tipo de análisis tanto a nivel académico como profesional.

---

**Conocimientos previos exigidos:** Análisis estático de estructuras. Nociones básicas del Método de Elementos Finitos para el análisis lineal de estructuras. Nociones básicas de programación.

**Conocimientos previos recomendados:** Dominio básico de algún lenguaje de programación como: GNU-Octave o MATLAB, Python, o Julia.

---

**Metodología de enseñanza:** Exposiciones teórico-prácticas y trabajo en clase en la aplicación de los conceptos presentados al análisis de estructuras tanto de forma analítica como utilizando herramientas computacionales. Las exposiciones podrán ser en forma presencial o virtual, a definirse al comienzo del curso.

Detalle de horas:

- Horas de clase (teórico): 22
- Horas de clase (práctico): 4
- Horas de clase (laboratorio): 6

- Horas de consulta: 4
- Horas de evaluación: 2
  - Subtotal de horas presenciales: 38
- Horas de estudio: 22
- Horas de resolución de ejercicios/prácticos: 15
- Horas proyecto final/monografía: 45
  - Total de horas de dedicación del estudiante: 120

---

### Forma de evaluación:

La evaluación consta de dos etapas. En la primer etapa, cada estudiante deberá realizar y entregar dos ejercicios prácticos durante el transcurso del dictado de temas. En la segunda etapa cada estudiante deberá realizar un trabajo final del curso enfocado al análisis de alguna estructura o estudio de un problema de interés para el o la estudiante. El trabajo deberá ser entregado y defendido en un plazo límite establecido al inicio del curso.

---

### Temario:

1. **Conceptos básicos:** Revisión de Teoría de Vigas, Elasticidad y Principio de Trabajo Virtual. Aspectos básicos del Método de los Elementos Finitos: elementos de barras, vigas y sólidos. Métodos numéricos para ecuaciones no lineales: Método de Newton-Raphson y Método de longitud de arco. Criterios de parada. Nociones de orden y velocidad de convergencia.
2. **Nolinealidad geométrica:** análisis de estructuras de barras sometidas a grandes desplazamientos, soluciones analíticas. Medidas de deformación: definiciones y comparación. Principio de trabajo virtual y aplicación del MEF. Método de carga incremental. Control de carga y control de desplazamiento. Análisis de reticulados planos y tridimensionales. Introducción a las formulaciones de elementos de vigas en grandes deformaciones. Nociones de formulación co-rotacional.
3. **Nolinealidad material:** Relación tensión-deformación no lineal. Módulo tangente e hiperelasticidad. Conceptos para análisis de sólidos hiperelásticos: tensor de Green, tensor de Cosserat. Nociones básicas de plasticidad.
4. **Introducción a Dinámica no lineal:** Ecuaciones de movimiento dinámico de estructuras y sólidos. Dinámica lineal. Método de Diferencia Centrada. Método de Newmark. Nociones de Estabilidad numérica. Nociones de acoplamiento fluido-estructura. Introducción a Dinámica No Lineal. Aplicaciones en análisis computacional de estructuras.
5. **Introducción a la herramienta ONSAS:** Presentación y resolución de ejemplos de estructuras tridimensionales, aporricadas y/o reticuladas, sometidas a esfuerzos estáticos y dinámicos, utilizando la herramienta abierta de análisis de estructuras ONSAS ([www.onsas.org](http://www.onsas.org)).

---

### Bibliografía:

- *Introducción al Análisis No Lineal de Estructuras*, J.B. Bazzano, J. Pérez Zerpa, Facultad de Ingeniería, UdelAR, 2017.
- *Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures*, Volume 1: Essentials, M. A. Crisfield, Wiley, ISBN 0-471-92956-5, 1991.
- *Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures*, R. de Borst, M. A. Crisfield, J. J.C. Remmers, C. V. Verhoosel, Wiley, ISBN 978-0-470-66644-9 2da Ed, 2012.
- *Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures*, T. Belytschko, W. Kam Liu, B. Moran K. Elkhodary, Wiley, ISBN 978-1-118-63270-3, 2da Ed. 2014.
- *Finite Element Procedures*, K.J. Bathe, Segunda edición, 2014.



# Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

---

---

**Datos del curso**

---

**Fecha de inicio y finalización:** Inicio tentativo 2 de agosto de 2021, finalización de clases tentativa 18 de octubre de 2021

**Horario y Salón:** A definir

**Arancel:**

**Arancel para estudiantes inscriptos en la modalidad posgrado:** No corresponde

**Arancel para estudiantes inscriptos en la modalidad educación permanente:** No corresponde

---