



"2025 – Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina"

*Ministerio de Capital Humana
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba*

CÓRDOBA, 21 de agosto de 2025

VISTO, el expediente por el cual el Secretario de Posgrado solicita el aval académico de este Consejo para la aprobación del curso de posgrado de actualización "MODELOS MATEMÁTICOS DE SISTEMAS NO LINEALES EN INGENIERÍA"; y

CONSIDERANDO

Que lo actuado corresponde con las condiciones establecidas en el Reglamento de la Educación de Posgrado en la Universidad Tecnológica Nacional, Ordenanza N° 1924.

Que la solicitud cuenta con el aval de la Comisión de Posgrado de la Facultad Regional Córdoba.

Que, tratado el tema por la Comisión de Enseñanza, ésta sugiere al Consejo Directivo aprobar lo solicitado.

Por ello y atento a las atribuciones conferidas por el Estatuto Universitario en vigencia

**EL CONSEJO DIRECTIVO
DE LA FACULTAD REGIONAL CORDOBA
en su Cuarta Reunión Ordinaria del día 21/08/2025
RESUELVE**

ARTICULO 1º: OTORGAR el aval académico a la propuesta de aprobación del curso de Posgrado de actualización "MODELOS MATEMÁTICOS DE SISTEMAS NO LINEALES EN INGENIERÍA", que obra como Anexo I de la presente resolución y que consta de cinco (05) fojas.

ARTICULO 2º: ELEVAR la propuesta a la Comisión de Posgrado de la Universidad para su análisis y posterior remisión al Consejo Superior para su aprobación.

ARTICULO 3º: Regístrese, Comuníquese, Cumplido, Archívese. -

RESOLUCIÓN N°: 1627/25

Intervino
G.A.D

Ing. ROBERTO M. MUÑOZ
Secretario Académico

Ing. HÉCTOR R. MACAÑO
Decano



*Ministerio de Capital Humana
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba*

ANEXO I – RES. N° 1627/25

CURSO DE POSGRADO

**MODELOS MATEMÁTICOS DE SISTEMAS NO LINEALES EN
INGENIERÍA**

CUERPO DOCENTE

Dr. Ing. Sebastián Giusti
Dr. Ing. Gonzalo Aiassa Martinez
Msc. Ing. Joaquin Guraiib

FUNDAMENTACIÓN

La mecánica del continuo es una disciplina científica que se encarga de estudiar el movimiento de un sólido como respuesta a una excitación externa. Esa respuesta está constituida por integración de diversos fenómenos del tipo cinemático y constitutivos, siendo todo ellos no lineales con las variables principales de análisis. La parte de la mecánica del continuo que se encarga de estudiar los movimientos de las estructuras en régimen estático o pseudo estático es conocida como análisis estructural estático (cuando la excitación externa no depende del tiempo) o dinámico (cuando la excitación externa es variable con el tiempo).

En el caso del análisis estructural, una primera aproximación (o aproximación de primer orden) se fundamenta en considerar una cinemática lineal o, equivalentemente, una rigidez del sistema estructural constante, juntamente con una respuesta constitutiva lineal (relación tensión-deformación lineal). Esta clase de modelos proporciona una respuesta adecuada cuando los movimientos esperados de la estructura son pequeños (en relación con sus dimensiones geométricas) y para valores de carga que generan pequeñas deformaciones.

Cuando las situaciones antes mencionadas no se cumplen, la respuesta generada por modelos basados en teorías de primer orden no es adecuada y los esfuerzos internos que se obtienen



*Ministerio de Capital Humana
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba*

no serán representativos de los que se esperan en la estructura real. Como consecuencia se obtienen estructuras poco eficientes y, en casos extremos, incluso inseguras.

Ante esta situación es necesario incorporar en los modelos de análisis estructural a fenómenos que consideren no linealidad geométrica, materiales y excitaciones externas. Al incluir alguno de esos fenómenos, se obtienen modelos basados en ecuaciones diferenciales que no tienen solución analítica, siendo necesario recurrir a simulaciones computacionales para obtenerla. La imposibilidad práctica de obtener soluciones analíticas hace que esta clase de modelos sean poco utilizados en la práctica profesional habitual. Su implementación requiere de conocimientos específicos y capacidades desarrolladas de interpretación de fenómenos físicos particulares. Una vez entendido el fenómeno, es necesario construir un modelo computacional que represente la situación que se está analizando.

Con el advenimiento de sistemas computacionales complejos con interfaces gráficas simplificadas, la consideración de efectos no lineales en el análisis estructural resulta de un interés práctico para los profesionales. Por ello es muy importante para los profesionales acceder a una formación específica en un tema de creciente interés práctico.

JUSTIFICACIÓN

La formación de grado en carreras de ingeniería se fundamenta en métodos del análisis estructural aplicando modelos lineales, basados en aproximaciones de primer orden. Solo en algunos casos muy específicos acceden a formación en modelos no-lineales. Esto se debe, fundamentalmente, a que los planes de estudio de las carreras de ingeniería se confeccionan con base a la experiencia pasada de los profesionales, e intentando abarcar la mayor cantidad de contenidos generales posibles. Dejando pocas horas de formación específica disponibles para contenidos particulares.

Sin embargo, la ingeniería moderna conlleva la necesidad de proyectar estructuras eficientes, de mediana y/o gran envergadura, con el uso racional de materiales. Ello implica que los



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba*

profesionales deban considerar fenómenos no-lineales en sus modelos de análisis estructural. Por ello es necesario que los profesionales dispongan de una formación en estos contenidos específicos, ya que no se encuentran incluidos en los planes de estudios.

OBJETIVOS

Objetivo General

Introducir al estudiante en los fundamentos del análisis estructural no lineal y construcción de sus modelos computacionales.

Objetivos Específicos

Proporcionar los fundamentos teóricos del análisis geométrico y constitutivo no lineal.

Proporcionar las herramientas básicas para la construcción de modelos computacionales del análisis estructural no-lineal.

Capacitar a los profesionales en las técnicas de resolución de los modelos computacionales del análisis estructural no-lineal.

CONTENIDOS MÍNIMOS

Diferencias entre modelos lineales y no-lineales. Impacto en proyectos de ingeniería. Modelos no lineales estáticos. Modelos no lineales cinemáticos. Modelos no lineales constitutivos. Modelos no lineales de acciones externas. Generación y calibración de modelos. Resolución de modelos con software de análisis estructural.

CONTENIDO CURRICULAR

UNIDAD 1. Introducción a un análisis no lineal.

Importancia del análisis no-lineal. Límites del análisis lineal. Comparación de métodos lineales y no lineales. Comparación de resultados mediante una aplicación académica. Límites al principio de superposición. Análisis de cargas y combinaciones de carga. Metodología para la resolución de una combinación. Análisis de casos.

UNIDAD 2. No linealidad estática de 1 a 4 orden.

Análisis estático lineal. Análisis estático por efecto de segunda orden (P- Δ y P- δ). Análisis



*Ministerio de Capital Humana
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba*

estático de grandes desplazamientos con deformaciones infinitesimales. Análisis estático de grandes desplazamientos con deformaciones finitas. Análisis de estabilidad elástica. Bifurcación del equilibrio. Efectos Post-críticos. Análisis de casos y desarrollo de ejemplos de aplicación.

UNIDAD 3. No linealidad constitutiva.

Materiales lineales vs. no-lineales. Comportamiento estructural real vs comportamiento estructural de diseño. Materiales en régimen plástico. Modelo de Lourenço aplicado a mampostería. Modelo de índice de daño en materiales. Respuesta de materiales dependiente del tiempo. Modelo no lineal elástico en suelos y rocas. Bases de Teoría de Plasticidad en suelos y rocas. Modelos Elasto-Plásticos aplicados a suelos y rocas. Análisis de casos. Ejemplos de aplicación.

UNIDAD 4. No linealidad cinemática.

Modelos unidimensionales sin rigidez a flexión (Cables). Modelos unidimensionales con rigidez axial selectiva (elementos de solo tracción o solo compresión). Modelos bidimensionales con baja rigidez a flexión (Membranas). Aplicación del análisis estático de grandes desplazamientos con deformaciones finitas. Determinación de la forma estructural de equilibrio estático, en modelo de baja o nula rigidez flexional (*form finding*). Análisis de casos. Ejemplos de aplicación.

UNIDAD 5. No linealidad de cargas.

Modelado de estructuras con cargas dependientes de la forma. Métodos para la determinación de la forma de equilibrio (*form finding*). Modelado de estructuras durante etapas constructivas. Modelado de interacción suelo-estructura. Análisis de casos. Ejemplos de aplicación.

UNIDAD 6. Resolución integrada de modelos de estructuras

Resolución de modelos de estructuras con elementos no lineales. Resolución de estructuras en una misma combinación de carga activando y desactivando elementos estructurales o modificando condiciones de vínculo interno y externo. Envoltentes de esfuerzos para diferentes condiciones estructurales. Análisis de casos. Ejemplos de aplicación.

DURACIÓN

El curso tendrá una duración de TREINTA (30) horas.

METODOLOGÍA DE DICTADO

Reuniones presenciales expositivas con participación activa de los estudiantes.



*Ministerio de Capital Humana
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba*

Como elemento auxiliar, será necesario que cada estudiante concurra con su computadora portátil. Los estudios de casos y ejemplos de aplicación serán totalmente desarrollados durante las reuniones presenciales.

EVALUACIÓN Y APROBACIÓN

Se solicita:

- 80% de asistencia,
- Aprobar los trabajos prácticos individuales sobre lo desarrollado durante el cursado.

BIBLIOGRAFÍA

- Introducción al Análisis No Lineal de Estructuras. Bazzano & Zerpa. Universidad de la República. 2017. Uruguay
- Análisis de estructuras con no linealidad geométrica. Celigüeta. Universidad de Navarra. 2009. España
- Nonlinear Analysis of Structures. Muthukrishnan Sathyamoorthy. CRC Press. 2017. USA.
- Non-Linear Finite Element Analysis in Structural Mechanic. Wilhelm Rust. Springer. 2015.
- An Introduction to Nonlinear Finite Element Analysis: with applications to heat transfer, fluid mechanics, and solid mechanics. J.N. Reddy. Oxford University Press. 2015

INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO

Instalaciones del CIGEF - Secretaría de Posgrado - Departamento de Ingeniería Civil - FRC-UTN.
