

## Ingeniería y Arquitectura

### Programa de asignatura

Identificación de la asignatura		
Nombre de la asignatura: <b>Análisis No Lineal de Estructuras</b>	Clave: <b>MIES</b>	
Área académica: <b>Ingenierías y Arquitectura</b>	Total créditos: <b>04</b>	
	Teóricos	Prácticos
	<b>03</b>	<b>01</b>
Programa académico al que pertenece: <b>Maestría en Ingeniería Estructural y Sísmica.</b>	Total horas: <b>90</b>	
	Teóricas	Prácticas
Prerrequisito:	<b>45</b>	<b>45</b>
Tipo de asignatura: <b>Obligatoria</b>	Fecha:	

### Fundamentación de la asignatura:

El análisis no lineal de estructuras forma parte esencial de los conocimientos de los ingenieros estructurales. La no linealidad en las estructuras ocurre por varias razones (plasticidad, grandes desplazamientos, deformaciones, contactos), que pueden agruparse, fundamentalmente, en tres categorías: geométrica, material y contacto. Este curso está enfocado a: i) las no linealidades a las que incurren las estructuras, ii) estrategias para abordar un análisis no lineal, iii) requerimientos para el modelado no lineal de estructuras.

### Objetivos:

- Obj. 1            Presentar conceptos y fundamentos del análisis no lineal de estructuras.
- Obj.2            Usar herramientas computacionales para la realización de análisis no lineal de estructuras.

## Ingeniería y Arquitectura

### Programa de asignatura

Contenidos básicos de la asignatura		
N°	Nombre y breve descripción de cada unidad o tema	Prop. esp.
1	<p><b>Unidad 1. Introducción.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Fuentes de la No-linealidad en estructuras</li> <li>b) No linealidad geométrica</li> <li>c) No linealidad constitutiva</li> <li>d) No linealidad en los materiales</li> <li>e) Medidas de deformación unidimensional</li> <li>f) El elemento “Truss”</li> <li>g) Solución del sistema de ecuaciones de equilibrio no lineal</li> <li>h) Estrategias incrementales de solución para análisis estático</li> <li>i) Estrategias iterativas de solución. Método de Newton-Raphson</li> <li>j) Incremento de carga en un análisis no lineal</li> <li>k) Método de control de fuerzas</li> <li>l) Método de control de desplazamiento con cargas tipo fuerza. Snap through y snap back.</li> <li>m) Control de tamaño del paso y Línea de búsqueda. Line Search.</li> <li>n) Método de Newton-Raphson modificado</li> <li>o) Ejemplos numéricos</li> </ul>	
2	<p><b>Unidad 2. Estructuras geoméricamente no lineales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Términos fundamentales de las no linealidades geométricas.</li> <li>b) Teoría del segundo orden, equilibrio en el sistema deformado</li> <li>c) Formulación langragiana total y langragiana actualizada</li> <li>d) Efecto P-delta, P-Delta y pandeo lineal.</li> <li>e) Matriz de rigidez geométrica</li> <li>f) Matriz de tensión-rigidez de la viga de Bernoulli</li> <li>g) Pórticos geoméricamente no lineales</li> <li>h) Ejemplos numéricos</li> </ul>	

**Ingeniería y Arquitectura**  
Programa de asignatura

3	<p><b>Unidad 3. No linealidad del Material. Parte I</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Modelos independientes del tiempo</li> <li>b) Modelos dependientes del tiempo</li> <li>c) Elementos básicos unidimensionales representativos</li> <li>d) Elasticidad (elemento Hooke)</li> <li>e) Plasticidad (elemento de St. Venant)</li> <li>f) Comportamiento dependiente del tiempo (elemento de Newton)</li> <li>g) Elasto-Plasticidad (Elemento Prandtl)</li> <li>h) Elemento de Maxwell para fluencia y relajación</li> <li>i) Elemento Kelvin-Voigt para viscoelasticidad</li> <li>j) Ejemplos numéricos</li> </ul>	
4	<p><b>Unidad 4. No linealidad del Material. Parte II: Modelado no lineal de estructuras y componentes de hormigón armado y de acero</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Modelo de plasticidad distribuida</li> <li>b) Modelo de plasticidad concentrada. Hinges</li> <li>c) Curvas de Mander de para concreto confinado y no confinado.</li> <li>d) Curvas parametrizadas de acero estructural y de refuerzo.</li> <li>e) Modelos de componentes de tipo fibra</li> <li>f) Modelos de componentes de elementos finitos continuos</li> <li>g) Zonas de paneles de unión viga-columna</li> <li>h) Diagramas de relación FD. Disposiciones ASCE 41. Curvas "Backbond".</li> <li>i) Diagramas de Momento-Curvatura. Influencia Axial.</li> <li>j) Longitud de rótulas plásticas.</li> <li>k) Modelado no lineal de muros de concreto armado</li> <li>l) Análisis Seccional (Opcional)</li> </ul>	

**Ingeniería y Arquitectura**  
Programa de asignatura

5	<p><b>Unidad 5. No linealidad del Material. Parte III: Modelos de Histéresis para cargas cíclicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Histéresis y ciclos de histéresis</li> <li>b) Modelo de histéresis elástico</li> <li>c) Modelo de histéresis cinemática</li> <li>d) Modelo de histéresis degradante</li> <li>e) Modelo de histéresis de Takeda</li> <li>f) Modelo de histéresis de pivote</li> <li>g) Modelo de histéresis de hormigón</li> <li>h) Modelo de histéresis isotrópica</li> <li>i) Ejemplos numéricos</li> </ul>	
6	<p><b>Unidad 6. Resolución de la Ecuación del Movimiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Procedimiento de Newmark</li> <li>b) Procedimiento de Hilbert-Hughes y Taylor.</li> <li>c) Análisis no lineal rápido FNA.</li> <li>d) Ejemplos numéricos y computacionales.</li> </ul>	
7	<p><b>Unidad 7. Requisitos generales de modelado estructural no lineal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Directrices generales de modelado</li> <li>b) Masa sísmica</li> <li>c) Cargas por gravedad</li> <li>d) No linealidades geométricas</li> <li>e) Propiedades materiales</li> <li>f) Colectores y diafragmas de piso</li> <li>g) Torsión</li> <li>h) Modelado de cimientos</li> <li>i) Métodos generales para modelar sistemas de cimentación</li> <li>j) Tratamiento del sistema de gravedad</li> <li>k) Modelado de efectos P-Delta para cargas en el sistema de gravedad</li> <li>l) Modelado del sistema de gravedad</li> <li>m) Ejemplos computacionales</li> </ul>	

## Ingeniería y Arquitectura

### Programa de asignatura

Estrategias de
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposiciones teórico-prácticas y trabajo en clase en la aplicación de los</li> <li>• Solución de ejemplos en clases</li> <li>• Simulaciones. Estudios paramétricos</li> <li>• Prácticas individuales y en grupos.</li> <li>• Uso de MATLAB.</li> <li>• Trabajos en grupo. Presentaciones y discusiones.</li> </ul>

Evaluación		
Estrategi	Semana o fecha	Puntaj
Asignaciones		50%
Proyecto		25%
Examen Final		25%
Total		100%

Prácticas, asignaciones y/o presentaciones		
Título y breve descripción	Distribución de	Contenido
Ejercicios	10	Cada Tema
Trabajos de investigación	15	Tema de investigación a presentar
Prácticas Especiales	15	Visitas y reportes
Ejercicios	10	Cada tema

## Ingeniería y Arquitectura

### Programa de asignatura

#### Bibliografía

1. Chen and Liu, Stability Design of Steel Frames, CRC Press, 1991
2. Park and Paulay, Reinforced Concrete Structures, John Wiley and Sons, 1972
3. Clough and Penzien, Dynamics of Structures, McGraw-Hill, 1993
4. López, “A Numerical Model for Nonlinear Response of R/C Frame-Wall Structures”, Ph.D. Thesis, University of Illinois, 1988
5. Sozen, M.A., “Hysteresis in Structural Elements”, Applied Mechanics in Earthquake Engineering, ASME, MMD-Vol. 8, Nov. 1974
6. Takeda, Sozen and Nielsen, “Reinforced Concrete Response to Simulated Earthquakes”, Journal of the Structural Division, ASCE, December 1970
7. Deierlein, G. G., Reinhorn, A. M., & Willford, M. R. (2010). Nonlinear structural analysis for seismic design. *NEHRP seismic design technical brief, 4*, 1-36.
8. Haselton, C., Deierlein, G., Bono, S., Ghannoum, W., Hachem, M., Malley, J., ... & Uang, C. M. (2016). Guidelines on nonlinear dynamic analysis for performance-based seismic design of steel and concrete moment frames. In *2016 SEAOC Convention* (No. CONF).
9. Deierlein, G., Lignos, D., Bono, S., & Kanvinde, A. (2018, June). Guidelines on nonlinear dynamic analysis for seismic design of steel moment frames. In *Proceedings of the 11th US National Conference on Earthquake Engineering (11NCEE)* (No. CONF).
10. Rust, W. (2015). *Non-linear finite element analysis in structural mechanics*. Springer International Publishing.
11. Oller, S. (2019). Dinámica no-lineal. *Monograph CIMNE*.
12. De Borst, R., Crisfield, M. A., Remmers, J. J., & Verhoosel, C. V. (2012). *Nonlinear finite element analysis of solids and structures*. John Wiley & Sons.
13. Bairan, J. M., & Mari, A. R. (2007). Multiaxial-coupled analysis of RC cross-sections subjected to combined forces. *Engineering structures*, 29(8), 1722-1738