

DISEÑO Y COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO

CÓDIGO	:	ICYA 4450 Lu – Ma - Mi 5:00 – 7:00 Lu: AU 206 Ma: Au-206 Mi: W-504
PERIODO	:	I SEMESTRE DE 2017
PROFESOR	:	Luis E. Yamín (lyamin@uniandes.edu.co) Teléfono: 339 4949 Ext. 1721 Oficina: ML 728
Horario de Atención	:	Lunes y miércoles de 2:00 P.M.- 4:00 PM Consultas cortas: después de clase
MONITOR	:	Leonardo García

DESCRIPCIÓN DEL CURSO

OBJETIVOS

El objetivo fundamental del curso es desarrollar en el estudiante la habilidad para comprender y dominar las bases del diseño estructural en concreto reforzado, hasta el punto que le permita entender el comportamiento esperado de este tipo de estructuras y las restricciones de las normas de diseño. Mediante el estudio del comportamiento de los materiales en el rango elástico e inelástico se establecen modelos de comportamiento inelástico de los elementos y componentes estructurales principales de una edificación. Se establecen las bases para el análisis del comportamiento de edificaciones en el rango elástico e inelástico ante solicitaciones de cargas estáticas y sísmicas. Con base en el estudio del comportamiento inelástico del concreto se plantean las bases para el diseño sísmico de estructuras de concreto reforzado y se revisan los diferentes procedimientos de diseño vigentes en los Códigos de diseño a nivel mundial. También se estudian los métodos modernos de diseño por desempeño en particular lo establecido por las normas americanas ASCE 41-13. Adicionalmente se estudian las bases para la construcción de funciones de vulnerabilidad para el análisis no lineal simplificado de edificios de concreto reforzado con base en lo cual se pueden adelantar análisis riguroso de evaluación del riesgo de estructuras o portafolios de construcciones.

PRERREQUISITOS

Análisis de estructuras (ICYA 2201) y Diseño de Estructuras de Concreto (ICYA 3202).

CONTENIDO DEL CURSO

La primera parte del curso revisa los conceptos fundamentales del diseño ante cargas gravitacionales y sísmicas de edificaciones típicas. Se revisan conceptos relacionados con la solución de sistemas estructurales mediante métodos aproximados y matriciales, programas de computador, evaluación de cargas, combinaciones de carga, métodos de análisis y diseño, suposiciones básicas e implicaciones, metodologías de diseño, despieces, detallamiento, y diseño de elementos y componentes especiales tales como muros, nudos, diafragmas y otros. Posteriormente se revisa el tema de propiedades básicas de materiales ante diferentes solicitaciones tanto para el concreto mismo y como para el acero de refuerzo corriente y de pre esfuerzo de elementos de concreto. Con base en esto, se plantea el comportamiento de secciones de concreto reforzado ante diferentes solicitaciones en el rango elástico e inelástico. Se revisan algunos métodos de análisis inelástico para elementos individuales tales como vigas y placas y para sistemas más complejos como pórticos y sistemas combinados. Se estudian los métodos de cálculo de “pushover” para estimar curvas de comportamiento de estructuras pasando por el rango inelástico hasta alcanzar el colapso. También se estudia el comportamiento no lineal integral de estructuras de concreto con aplicaciones especiales al comportamiento dinámico, lo cual es la base para los métodos modernos de diseño sísmico de edificaciones en concreto reforzado, conocidos como “diseño por desempeño”. Para esto se estudia el comportamiento de diferentes sistemas como son pórticos resistentes a momentos o sistemas combinados o duales para la construcción de edificios. Se estudian los métodos de análisis no lineal simplificados que permiten la construcción de funciones de vulnerabilidad de edificios de concreto reforzado. Todos los temas se tratan desde un punto de vista práctico haciendo permanente referencia a las normas colombianas vigentes (NSR-10) y a la normativa internacional aplicable (ASCE, NEHRP, otras).

Las sesiones de monitoria serán dedicadas en su mayoría a la solución de problemas, profundización en temas específicos, prácticas con programas de computador y el desarrollo del proyecto del curso.

METODOLOGÍA

Durante las clases se desarrollará el tema previsto en el programa del curso por parte del profesor mediante presentaciones y ejercicios teórico-prácticas. Se hará referencia a capítulos de libros y artículos publicados de temas específicos. Material adicional estará disponible para fotocopia por parte de los interesados.

Se dejarán tareas y trabajos correspondientes a los principales temas del curso. Los trabajos y tareas que se asignen durante el desarrollo del curso deberán tener una presentación excelente tipo informe técnico.

Con el propósito de relacionar el tema del curso con la práctica en ingeniería e integrar todos los conceptos del curso se desarrollará un proyecto final de clase hacia finales del semestre. El proyecto se desarrollará hacia el final del curso y tendrá contenido experimental y analítico.

PROYECTO FINAL

Se realizará un proyecto final que incluye el análisis no lineal completo y determinación de la función de vulnerabilidad de una edificación de varios pisos para la posterior evaluación del riesgo en un contexto definido de amenaza sísmica empleando para ello las diferentes metodologías empleadas en el curso.

PROGRAMA DEL CURSO

SEM No.	FECHA		TEMA
1	23 al 28	Ene.	Introducción general. Repaso de temas Bases generales del diseño estructural de edificios. Procedimientos, antecedentes, normas
2	30 al 4	Ene. Feb.	Repaso general de métodos de análisis y diseño. Cálculo de cargas gravitacionales y sísmicas Métodos aproximados. Cálculo de capacidad de vigas, columnas y muros de concreto reforzado
3	6 al 11	Feb.	Metodología general de diseño de edificios Aplicación al caso de pórticos resistentes a momento y edificios en sistemas combinados Caso de diseño, aplicación de la normativa, NSR-10
4	13 al 18	Feb.	Materiales Concreto y Acero Propiedades de materiales Leyes constitutivas de materiales Modelos de comportamiento
5	20 al 25	Feb.	Diagramas $M-\phi$ para vigas y muros Programas de computador para cálculo de diagramas Relaciones de ductilidad, deslizamiento por adherencia
6	27 al 4	Feb. Mar.	Rotulas plásticas Longitudes de plastificación, rotaciones plásticas Deflexiones y ductilidad
7	6 al 11	Mar.	Estados límites en vigas Método del trabajo virtual
8	13 al 18	Mar.	Estados límites en placas y losas Métodos de análisis inelásticos
			I EXAMEN PARCIAL

PROGRAMA DEL CURSO (Cont...)

SEM No.	FECHA		TEMA
9	20 al 25 (Fest)	Mar.	Estados límites en pórticos Estados límites en sistemas combinados Análisis de pushover en pórticos
10	27 al 1	Mar. Abr.	Análisis de pushover en sistemas combinados Análisis de pushover en otros sistemas Modelación de la cimentación Aplicaciones – Programas de computador
11	3 al 8	Abr.	Análisis No lineal Estático Conceptos de ductilidad y factores de reducción Criterios de diseño – Códigos de construcción Diseño basado en desempeño Normas ASCE 41-13
	10 al 15	Abr.	SEMANA TRABAJO INDIVIDUAL
12	17 al 22	Abr.	Análisis dinámico no lineal detallado Resultados e interpretación Programas de computador Funciones de vulnerabilidad
13	24 al 29	Abr.	Metodologías para el cálculo de Funciones de Vulnerabilidad Programas de computador FUNVUL, CAPRA Aplicaciones en la evaluación de riesgos
14	1 al 6	May.	Consideraciones especiales para el diseño sísmico Vigas, columnas, muros, uniones Sistemas combinados y sistemas de muros de concreto Requisitos de Código
15	8 al 13	May.	Diseño de cimentaciones Reforzamiento de edificaciones
	15 al 31	May.	EXAMEN FINAL

PROGRAMAS DE COMPUTADOR

El curso exige utilización intensiva de programas de computador. En general el estudiante debe estar familiarizado con aplicaciones en hojas electrónicas. Se trabajarán programas diversos de análisis no lineal y dinámico para el concreto reforzado. Igualmente se hará utilización intensiva del programa SAP-2000 y del programa PERFORM 3D. Se utilizarán parcialmente programas de computador como el Xtract, NONlin, Response-2000 y otras aplicaciones desarrolladas por estudiantes de posgrado y disponibles. También se utilizará el software FUNVUL para obtener funciones de vulnerabilidad y se empleará la plataforma CAPRA para evaluación del riesgo de edificaciones.

REFERENCIAS

Libros y Documentos principales

1. **Nilson A.H., Winter G.**, "Diseño de Estructuras de Concreto", 12a Edición, McGraw-Hill, 1994.
2. **Park, R. and Paulay, T.**, "Reinforced Concrete Structures", John Wiley & Sons, USA 1975, 769 pp.
3. **Paulay, T. and Priestley, M.J.N.**, "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings", John Wiley & Sons, USA 1992, 744 pp.
4. **Priestley, N., Seible, F., Calvi, G.**, "Seismic Design and Retrofit of Bridges", John Wiley & Sons, New York 1996, 686 pp.
5. **ASCE 7-10**, Minimum Design Loads for Building and other structures, ASCE, 2013
6. **ASCE 41-13**, Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, ASCE, 2007
7. **FEMA 440** – Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis procedures, NEHRP, Junio 2005
8. **NEHRP**, Nonlinear Structural Analysis for Seismic Design, National Institute of Science and Technology, October, 2010
9. **García, L. E., (1998)**, Dinámica Estructural Aplicada al Diseño Sísmico, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 574 p.
10. **Chopra A. K.**, Dynamics of Structures, 3rd edition, Amazon.com
11. **Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS**. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-resistente NSR-10. AIS: Colombia, 2010. Teléfono 5300826. Títulos A, B y C obligatorios para este curso. Hay descuento especial para estudiantes en la AIS.
12. **AIS – ACI**, Requisitos Esenciales para Edificios de Concreto Reforzado, Icontec- Ais, Edición 2002.
13. **Carlos Rondon S.M.**, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, Gerdau AZA S.A., 1^ª Edición 2005.
14. **ACI comité 301**, Especificaciones para Concreto Estructural, ACI, Edición 2010.
15. **ACI – ASCC**, Guía del Contratista para la Construcción en Concreto de Calidad, ACI, Edición 2011.

Otras Normas

- **ASCE. (2006). ASCE/SEI 7-05: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.** American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- **ASCE. (2007). ASCE/SEI 41-06: Seismic rehabilitation of existing buildings.** American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- **ASCE. (2010). ASCE/SEI 7-10: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.** American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- **ASCE. (2014). ASCE/SEI 41-13: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings.** American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.

- **ATC. (1985).** Earthquake damage evaluation data for California. Report No. ATC-13. Applied Technology Council, Redwood City, California.
- **ATC. (1991).** Seismic Vulnerability and Impact of Disruption of Lifelines in the Conterminous United States. Report No. ATC-25. Applied Technology Council, Redwood City, California.
- **ATC. (1996).** Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings. Report No. ATC-40. Applied Technology Council, Redwood City, California.
- **ATC. (2010).** Modeling and Acceptance Criteria for Seismic Design and Analysis of Tall Buildings. Report No. PEER/ATC 72-1. Applied Technology Council, Redwood City, California.
- **FEMA. (2005).** Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures. Report No. **FEMA 440**. Prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- **FEMA. (2009a).** Effects of Strength and Stiffness Degradation on Seismic Response. Report No. **FEMA P440A**. Prepared by the Applied Technology Council (ATC) for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- **FEMA. (2009c).** Quantification of Building Seismic Performance Factors. Report No. **FEMA P-695**. Prepared by the Applied Technology Council (ATC) for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- **FEMA. (2011).** Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide. Report No. **FEMA E-74**. Prepared by the Applied Technology Council (ATC) for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- **FEMA. (2012).** Next-Generation Methodology for Seismic Performance Assessment of Buildings. Report No. **FEMA P-58**. Prepared by the Applied Technology Council (ATC) for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

Artículos y otros

1. **ACI - American Concrete Institute**, (2005), Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-05) and Commentary, ACI, Farmington Hills, MI, USA, 430 p.
2. **ACI - American Concrete Institute**, (2005), Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario, ACI Committee 318, Farmington Hills, MI, USA, 490 p., Publicado por la Seccional Colombiana del Instituto Americano del Concreto, Bogotá, Colombia
3. **ACI - American Concrete Institute**, (1991a), Design of Beam-Column Joints for Seismic Resistance, Jirsa, J. O., editor, Special Publication SP-123, American Concrete Institute, Detroit, MI, USA, 518 p.
4. **ACI - American Concrete Institute**, (1991b), Earthquake-Resistant Concrete Structures - Inelastic Response and Design, Ghosh, S. K., editor, Special Publication SP-127, American Concrete Institute, Detroit, MI, USA, 558 p.
5. **ACI/ASCE Committee 352**, (2002), Recommendations for Design of Beam - Column Joints in Monolithic Reinforced Concrete Structures, ACI 352R-02, ACI - American Concrete Institute, Detroit, MI, USA, 37 p.
6. **ACI - Southern California Chapter**, (1982), Test Report On Slender Walls, Task Committee on Slender Walls of the Southern California Chapter of the American Concrete Institute and SEASOC - Structural Engineers Association of Southern California, Los Angeles, CA, USA, 17 p.
7. **Bertero, V. V., and E. P. Popov**, (1977), Seismic Behavior of Ductile Moment-Resisting Reinforced Concrete Frames, Reinforced Concrete in Seismic Zones, Special Publication SP-53, American Concrete Institute, Detroit, MI, USA, pp. 247-291
8. **California Department of Transportation**, "Seismic Design Criteria Version 1.2", Engineering Service Center, Earthquake Engineering Branch, California, December 2001.
9. **Computer and Structures INC.**, "Structural Analysis Program SAP-2000", Version 8, Berkeley, California, USA, June 2002, 419 pp.

10. **Correal J., Saiidi M., Sanders D., and El-Azazy S.**, "Shaketable Studies of Bridge Columns with Double Interlocking Spirals", ACI Structural Journal, V. 104, No. 4, July-August 2007.
11. **Correal J., Saiidi M., Sanders D., and El-Azazy S.**, "Analytical Evaluation of Bridge Columns with Double Interlocking Spirals", ACI Structural Journal, V. 104, No. 3, May-June 2007.
12. **García, L. E., (1996)**, Economic Considerations of Displacement-Based Seismic Design of Structural Concrete Buildings, Structural Engineering International, Volume 6, Number 4, International Association for Bridge and Structural Engineering, IABSE, Zürich, Suiza, pp.
13. **García, L. E., (1998)**, Dinámica Estructural Aplicada al Diseño Sísmico, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 574 p.
14. **García, L. E., A. Sarria, and M. A. Sozen**, (1991), Observed Behavior Under Lateral Load of a Five -Story Large-Panel Precast Building and its Mathematical Modeling, International Conference on Building with Load Bearing Concrete Walls in Seismic Zones, Association Francaise du Genie Parasismique, Paris, France, pp. 75-86.
15. **García, L. E., and J. F. Bonacci**, (1996), Implications of the Choice of Structural System for Earthquake Resistant Design of Buildings, Mete A. Sozen Symposium - A Tribute from His Students, Special Publication SP-162, American Concrete Institute, Detroit, MI, USA, pp. 379-398.
16. **Gutierrez, Mauricio.**, "Curvatura: Software Para el Análisis de Secciones de Concreto Reforzado" , Versión 1.0, Tesis de Maestría, Universidad de los Andes, Diciembre de 2006.
17. **ICBO** - International Conference of Building Officials, (1997), UBC - Uniform Building Code - 1997 Edition, ICBO, Whittier, CA, USA, 3 Vol.
18. **ICC** - International Code Council, International Building Code 2003, Published in cooperation by BOCA, ICBO, and SBCCI, Country Club Hills, IL, USA, 656 p.
19. **MacGregor, J. G., and Wight, J. K., (2005)**, Reinforced Concrete Mechanics and Design, 4th Edition, Pearson-Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA, 1132 p.
20. **Mander, J. Priestley, M.J.N and Park, R.**, "Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete Columns", ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 114, No 8, August 1988, pp 1804-1846.
21. **Nilson A.H., Winter G.**, "Diseño de Estructuras de Concreto", 12a Edición, McGraw-Hill, 1994.
22. **Park, R. and Paulay, T.**, "Reinforced Concrete Structures", John Wiley & Sons, USA 1975, 769 pp.
23. **Paulay, T. and Priestley, M.J.N.**, "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings", John Wiley & Sons, USA 1992, 744 pp.
24. **Priestley, N., Seible, F., Calvi, G.**, "Seismic Design and Retrofit of Bridges", John Wiley & Sons, New York 1996, 686 pp.
25. **Popov, E. P., (1968)**, Introduction to the Mechanics of Solids, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, USA, 571 p.
26. **Saiidi, M. and M. A. Sozen**, (1979), Simple and Complex Models for Nonlinear Seismic Response of Reinforced Concrete Structures, Civil Engineering Studies, Structural Research Series No. 465, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL, USA, 188 p.
27. **Saiidi, M. and M. A. Sozen, (1981)**, Simple Nonlinear Seismic Analysis of R/C Structures, Journal of the Structural Division, American Society of Civil Engineers, Vol. 107, N° ST5, New York, NY, USA, May, 1077-1087 pp.
28. **Shibata, A., and M. A. Sozen**, (1976), Substitute-Structure Method for Seismic Design in R/C, Journal of the Structural Division, American Society of Civil Engineers, New York, NY, USA, January, p.
29. **Wehbe, N., and Saiidi, S.**, "A Computer Program For Moment-Curvature Analysis of Confined and Unconfined Reinforced Concrete Sections RCMC V 1.2", Report No. CCEER-99-6, University of Nevada, Reno, May 1999.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

La calificación final del curso se calculará de acuerdo con los siguientes porcentajes:

Primer Examen	30%
Segundo Examen	30%
Proyecto Final	20%
Tareas - Quices	20%
TOTAL	100%

RESPONSABILIDADES DEL ESTUDIANTE Y COMENTARIOS GENERALES:

- Los beneficios pedagógicos de la interacción instructor-estudiante es indiscutible, por lo tanto se aconseja y espera la participación activa de los estudiantes en clase. Sin embargo, debido a las limitaciones de tiempo, se aconseja hacer solo preguntas generales y relacionadas con el tema. Las preguntas mas especificas serán atendidas durante las horas de monitoría, sesiones complementarias y atención de estudiantes.
- Se realizarán ejercicios prácticos en clase por lo cual los estudiantes deben llevar calculadora programable preferiblemente.
- Basados en normas de buen comportamiento, no será permitido el uso de teléfonos celulares durante las clases y exámenes. Además, se espera que el estudiante llegue puntual a la clase, y que no se retire antes de finalizar.
- Se espera la asistencia del estudiante a todas las sesiones, por lo tanto es su responsabilidad consultar a sus colegas por las notas y material de clase cuando no le sea posible asistir.
- La deshonestidad académica será sancionada de acuerdo a las normas establecidas por la Universidad.
- Las tareas y trabajos serán aceptados única y exclusivamente en las fechas y horas establecidas.
- Los estudiantes que por razones de fuerza mayor no puedan atender a un examen deberán comunicarlo al profesor de manera previa a la realización del mismo. En caso de faltar a un examen, el estudiante deberá traer certificado médico de incapacidad. De lo contrario la nota asignada en dicho examen será 0.0.
- Los proyectos y tareas serán revisados por el monitor del curso. No se realizará una revisión detallada de los mismos, sino que se evaluará en forma general la presentación, la consistencia, el nivel de detalle y la concepción general. Es responsabilidad del estudiante investigar, revisar, consultar, preguntar al profesor o al monitor antes de entregar los proyectos y tareas de manera que genere un hábito de autocorrección y se alcance una calidad óptima comparable a la práctica profesional de calidad. Los errores deben corregirse y las dudas aclararse antes de presentar la tarea.
- Para los trabajos en grupo, cada grupo deberá trabajar en forma individual. Un grupo que utilice información de otro o grupos que trabajen juntos serán considerados como casos de copia y se les dará el trámite normal establecido en la Universidad.