

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
LICENCIATURA DE INGENIERÍA CIVIL



PROGRAMA DE ESTUDIOS

ANÁLISIS ESTRUCTURAL II

Elaboró: M. David Gutiérrez Calzada Facultad de Ingeniería

Asesoría técnica: Lic. Araceli Rivera Guzmán Dirección de Estudios Profesionales

Fecha de aprobación: H. Consejo Académico H. Consejo de Gobierno
10 de enero de 2022 12 de enero de 2022

Facultad de Ingeniería

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS
PROFESIONALES



Departamento de Desarrollo Curricular

Programa de Estudios
Aprobado por los HH. Consejos
Académico y de Gobierno



Índice

	Pág.
I. Datos de identificación.	3
II. Presentación del programa de estudios.	4
III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular.	5
IV. Objetivos de la formación profesional.	7
V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.	9
VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje y su organización.	9
VII. Acervo bibliográfico.	11





I. Datos de identificación.

Espacio académico
donde se imparte

Facultad de Ingeniería

Estudios profesionales

Licenciatura de Ingeniería Civil, 2019

Unidad de aprendizaje

Análisis estructural II

Clave

LIC105

Carga académica

3

Horas
teóricas

1

Horas
prácticas

4

Total de
horas

7

Créditos

Carácter

Obligatoria

Tipo

Curso

Periodo escolar

Sexto

Área
curricular

Ciencias de la Ingeniería

Núcleo de
formación

Sustantivo

Seriación

Análisis estructural I

UA Antecedente

Ninguna

UA Consecuente

Formación común

No presenta

X





II. Presentación del programa de estudios.

La unidad de aprendizaje se estructura en cinco unidades temáticas. La primera de ellas trata sobre el origen de los sismos y los mecanismos geológicos involucrados, para saber cómo afectan a las estructuras y el comportamiento que éstas tienen ante las excitaciones sísmicas, dado que una parte importante de la República Mexicana se encuentra dentro de una zona sísmica, notoriamente el centro del país. En las últimas tres décadas, este tipo de fenómenos naturales han sido los causantes de numerosas pérdidas de vidas humanas por el colapso de edificios, como los ocurridos en 1985 y 2017.

Para entender el comportamiento de una estructura ante un sismo es necesario estudiar los conceptos y elementos relevantes que se analizan en la Sismología y la Ingeniería Sísmica, contenidos en la unidad temática dos; por ejemplo, la diferencia entre magnitud e intensidad de un sismo, y la manera de medirlas. Por el momento, la forma más clara de revisar el efecto de los sismos es analizar lo que han ocasionado en las estructuras construidas en todo el mundo. De estos estudios han surgido mapas de regionalización sísmica que permiten identificar de mejor forma la relación entre el riesgo y el peligro sísmico para las estructuras.

Comprender las características de una correcta estructuración de un edificio convencional, como paso primordial para el comportamiento de este ante un sismo, es uno de los conocimientos que los alumnos deben adquirir para formarse un criterio adecuado al definir una estructura tal y como se menciona en la unidad temática tres. De igual manera, deberán comprender la importancia de los sistemas de aislamiento y disipación de energía. Por otro lado, es esencial reconocer estructuraciones inadecuadas; o bien, después de un sismo, identificar los daños en los elementos estructurales y revisar si cumplen con la normatividad vigente.

En la unidad temática cuatro se estudia el aparato matemático construido a lo largo de los años para el análisis de estructuras, ahí se resalta la importancia de las ecuaciones diferenciales de movimiento de un sistema de un grado de libertad que llevan a la solución de un sistema de varios grados de libertad, al desacoplar tales ecuaciones de este último. Esto es relevante porque la obtención de los espectros de respuesta elásticos e inelásticos de sistemas de un grado de libertad es uno de los métodos clásicos para obtener la respuesta máxima esperada de una estructura ante una excitación sísmica.

Finalmente, en la unidad temática cinco se presenta la forma de analizar el comportamiento de una estructura en el rango inelástico utilizando, de manera práctica, el factor de comportamiento sísmico. Aunado a los aspectos reglamentarios, como la regularidad, los espectros de diseño, las excentricidades de diseño y la distribución de las fuerzas sísmicas a los elementos resistentes, se puede obtener la respuesta máxima esperada.

Así, con el estudio propuesto en este curso, el alumno contará con las herramientas necesarias para realizar un análisis y diseño sísmico adecuado.



III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular

MAPA CURRICULAR DE LA LICENCIATURA DE INGENIERÍA CIVIL, 2019

	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9	PERIODO 10	
O B L I G A T O R I A S	Mecánica de la partícula 3 1 4 7	Estática 3 1 4 7	Dinámica 3 1 4 7	Materiales para Ingeniería Civil 2 4 6 8	Procesos constructivos 3 1 4 7	Instalaciones 2 2 4 6	Programación y presupuestación 2 2 4 6	Legislación en la construcción 3 1 4 7	Proyecto de investigación 1 2 3 4		
	Programación básica 2 2 4 6	Lenguaje gráfico 0 6 6 6	Mecánica de materiales 3 1 4 7	Teoría estructural 4 0 4 8	Análisis estructural I 3 1 4 7	Análisis estructural II 3 1 4 7	Diseño de estructuras de concreto 1 3 4 5	Diseño de estructuras de acero 1 3 4 5	Administración de la construcción 3 1 4 7		
	Geometría analítica 3 1 4 7	Ecuaciones diferenciales 3 1 4 7	Métodos numéricos 1 3 4 5	Geología 4 0 4 8	Geotecnia I 2 2 4 6	Geotecnia II 2 2 4 6	Sustentabilidad e impacto ambiental 3 1 4 7				
	Cálculo I 3 1 4 7	Cálculo II 3 1 4 7	Cálculo III 3 1 4 7	Mecánica del medio continuo 3 1 4 7	Hidráulica 2 3 5	Hidráulica de canales 2 2 4 6	Hidrología 2 2 4 6	Obras de hidráulica 3 1 4 7	Software de construcción 0 4 4 4		
	El ingeniero y su entorno socioeconómico 3 1 4 7	Epistemología 3 1 4 7	Geomática 2 5 7 9	Química 3 1 4 7	Termodinámica y electromagnetismo 3 1 4 7	Ingeniería de sistemas I 3 1 4 7	Ingeniería de sistemas II 3 1 4 7	Abastecimiento de agua potable y alcantarillado 2 4 6 8	Sistemas de tratamiento 1 3 4 5		
	Álgebra superior 3 1 4 7	Álgebra lineal 3 1 4 7	Probabilidad y estadística 3 1 4 7	Métodos estadísticos 3 1 4 7	Economía 3 1 4 7	Ingeniería económica 3 1 4 7	Transporte 4 1 5 9	Vías terrestres 2 3 5 7	Pavimentos 2 2 4 6		
	Comunicación oral y escrita 3 1 4 7	Inglés 5 2 2 4 6	Inglés 6 2 2 4 6	Inglés 7 2 2 4 6	Inglés 8 2 2 4 6	Habilidades directivas 1 3 4 5	Evaluación de proyectos 3 1 4 7	Integrativa profesional* - - - 8	Ética y responsabilidad profesional 2 2 4 6		
								Optativa 1 1 3 4 5	Optativa 2 1 3 4 5		
											Práctica Profesional 30

HT	20	HT	17	HT	17	HT	21	HT	18	HT	16	HT	18	HT	11	HT	10	HT	--
HP	8	HP	13	HP	14	HP	9	HP	11	HP	12	HP	11	HP	16***	HP	17	HP	**
TH	28	TH	30	TH	31	TH	30	TH	29	TH	28	TH	29	TH	27***	TH	27	TH	**
CR	48	CR	47	CR	48	CR	51	CR	47	CR	44	CR	47	CR	47	CR	37	CR	30





DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE OPTATIVAS

PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9	PERIODO 10
							Software de transporte 1 2 4 5	Ferrocarriles 1 3 4 5	
							Proyecto ejecutivo de carreteras 1 3 4 5	Carreteras 1 3 4 5	
							Estructuras de mampostería 1 3 4 5	Puentes 1 3 4 5	
							Concreto pretensado 1 3 4 5	Proyecto estructural 1 3 4 5	
							Hidráulica de ríos 1 3 4 5	Tratamiento de agua residual municipal 1 3 4 5	
							Aprovechamientos hidráulicos 1 3 4 5	Modelación computacional en hidráulica 1 3 4 5	
							Sustainable building ¹ 1 3 4 5	Disposición de residuos sólidos 1 3 4 5	
							Software de optimización 1 3 4 5	Estrategias competitivas 1 3 4 5	
								Supervisión de obra 1 3 4 5	

SIMBOLOGÍA

Unidad de aprendizaje (UA)	HT: Horas Teóricas HP: Horas Prácticas TH: Total de Horas CR: Créditos
----------------------------	---

→ 15 líneas de setación.
22 créditos mínimos y 55 máximos por periodo escolar.

* Actividad académica
** Las horas de la actividad académica

¹ UA optativa que debe impartirse, cursarse y acreditarse

PARÁMETROS DEL PLAN DE ESTUDIOS

Núcleo básico: cursar y acreditar 21 UA obligatorias	95 25 54 140	Totál del núcleo básico: acreditar 21 UA para cubrir 140 créditos
Núcleo sustantivo: cursar y acreditar 26 UA obligatorias	63 49 112 175	Totál del núcleo sustantivo: acreditar 26 UA para cubrir 175 créditos
Núcleo integral: cursar y acreditar 15 UA + 2 [*] obligatorias	38 27 65 121	Núcleo integral: cursar y acreditar 2 UA optativas
		Totál del núcleo integral: acreditar 15 UA + 2 [*] para cubrir 131 créditos

TOTAL DEL PLAN DE ESTUDIOS	
UA obligatorias	60 + 2 Actividades académicas
UA optativas	2
UA a acreditar	62 + 2 Actividades académicas
Créditos	445





IV. Objetivos de la formación profesional

Objetivos del programa educativo:

Son objetivos de la Licenciatura de Ingeniería Civil, formar profesionistas con los conocimientos necesarios para participar en la planeación, el proyecto, el diseño, la construcción, la operación y mantenimiento de las obras civiles, considerando los aspectos metodológicos, social, económico, técnico y ecológico; bajo una perspectiva ética y buscando el aprovechamiento óptimo de los recursos existentes en el lugar donde la infraestructura será realidad, y desarrollar los aprendizajes y competencias para:

Generales

- Ejercer el diálogo y el respeto como principios de la convivencia con sus semejantes, y de apertura al mundo.
- Reconocer la diversidad cultural y disfrutar de sus bienes y valores.
- Convivir con las reglas de comportamiento socialmente aceptables, y contribuir en su evolución.
- Adquirir los valores de cooperación y solidaridad.
- Cuidar su salud y desarrollar armoniosamente su cuerpo; ejercer responsablemente y de manera creativa el tiempo libre.
- Ampliar su universo cultural para mejorar la comprensión del mundo y del entorno en que vive, para cuidar de la naturaleza y potenciar sus expectativas.
- Participar activamente en su desarrollo académico para acrecentar su capacidad de aprendizaje y evolucionar como profesional con autonomía.
- Asumir los principios y valores universitarios, y actuar en consecuencia.
- Emplear habilidades lingüístico-comunicativas del inglés.
- Evaluar el progreso, integración e incertidumbre de las ciencias, ante la creciente complejidad de las profesiones.

Particulares

- Justificar la necesidad e inversión de la obra de vivienda, industria, hidráulica, de transporte, servicio y recreación a través de la identificación y proyección de la población beneficiada, así como de los costos y beneficios que permiten evaluar los indicadores de valor presente neto y la tasa interna de retorno para contribuir en el desarrollo de obras civiles priorizando aquellas que tengan un mayor beneficio a la sociedad.



- Formular proyectos de obras civiles de vivienda, industria, hidráulica, transporte, servicio o recreación, a través del estudio de la topografía, geotecnia, mecánica de materiales, análisis y diseño estructural, hidráulica, vías terrestres, factores ambientales, así como los procedimientos constructivos, normas y reglamentos de construcción; para contar con proyectos ejecutivos de obras que faciliten la movilidad de personas y productos, que incidan en el aprovechamiento y tratamiento del agua, que permitan contar con inmuebles de vivienda, industria y/o servicios seguros, con un uso racional de los recursos y un enfoque sustentable.
- Crear obras civiles de vivienda, industria, hidráulica, transporte, servicio o recreación, integrando los procesos constructivos, los materiales, el personal, y el equipo conforme a lo especificado en el proyecto ejecutivo de diseño, a la normatividad aplicable, así como a los programas físicos y financieros que controlan y administran la obra, con la finalidad de generar, remodelar y/o mantener infraestructura que atienda las demandas sociales en favor del desarrollo personal y colectivo de manera que contribuya a mejorar sus actividades cotidianas y calidad de vida.
- Ejecutar cada una de las etapas de la administración de la obra civil de vivienda, industria, hidráulica, transporte, servicio o recreación a evaluar, diseñar, construir o remodelar y mantener a través de la justificación, gestión de recursos económicos, contratación, asignación, supervisión y cierre de la misma, para desarrollar infraestructura segura, sustentable y de calidad en apego a la normativa aplicable.

Objetivos del núcleo de formación:

Desarrollar en el alumno el dominio teórico, metodológico y axiológico del campo de conocimiento donde se inserta la profesión.

Comprender unidades de aprendizaje sobre los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para dominar los procesos, métodos y técnicas de trabajo; los principios disciplinares y metodológicos subyacentes; y la elaboración o preparación del trabajo que permita la presentación de la evaluación profesional.

Objetivos del área curricular o disciplinaria:

Examinar las características físicas y mecánicas del suelo, de los materiales de Ingeniería Civil, así como los elementos y fenómenos del comportamiento estructural de transporte e hidráulica, a través de principios como la dinámica estructural, de Arquímedes y del módulo de elasticidad; teorías como de desplazamientos, esfuerzo-deformación, volumen- concentración-velocidad y capacidad; métodos como Cross, Kani, fórmula de Darcy- Weisbach, diagrama universal de Moody, envolventes, simplex, costo mínimo, redes PERT Y CPM, ruta crítica y cuatro fases; y técnicas de límites de Atterberg para fundamentar la evaluación, diseño, construcción o remodelación y mantenimiento de obras civiles.



V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.

Determinar el comportamiento sísmico de una estructura mediante un análisis sísmico estático y dinámico de diferentes modelos estructurales, obteniendo las frecuencias, modos de vibración y formas modales de sistemas de varios grados de libertad aplicando la ecuación de movimiento de forma exacta y aproximada, y software apropiado, para realizar un diseño sismorresistente adecuado.

VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje, y su organización.

Unidad temática 1. Introducción a la Sismología e Ingeniería Sísmica.

Objetivo: Relacionar los conceptos de sismología, a través la investigación y comparativa de fenómenos sísmicos, para aplicarlos en el análisis y diseño sísmico de edificios.

Temas:

- 1.1 Conceptos de Sismología e Ingeniería Sísmica.
- 1.2 Origen de los sismos.
- 1.3 Estructura interna de la Tierra.
- 1.4 Efecto del movimiento sísmico del terreno.
- 1.5 Propagación de ondas sísmicas.
- 1.6 Medición de los sismos.
- 1.7 Sismicidad y peligro sísmico.
- 1.8 Efectos de sitio.
- 1.9 Experiencias de sismos históricos.
- 1.10 Regionalización sísmica de la República Mexicana.

Unidad temática 2. Dinámica estructural.

Objetivo: Formular las ecuaciones de movimiento de sistemas de uno y varios grados de libertad, utilizando los métodos comunes de análisis, para obtener su respuesta.

Temas:

- 2.1 Sistemas de un grado de libertad: vibración libre y forzada.
- 2.2 Excitación en la base.
- 2.3 Espectros de respuesta elásticos.
- 2.4 Comportamiento elastoplástico y espectros inelásticos.
- 2.5 Sistemas de varios grados de libertad: métodos numéricos, valores y vectores propios.
- 2.6 Respuesta sísmica para sistemas de varios grados de libertad.



Unidad temática 3. Análisis sísmico.

Objetivo: Estimar la respuesta de edificios convencionales sometidos a una excitación sísmica, a través de los métodos de análisis sísmicos comunes, tomando en cuenta la normatividad vigente y utilizando software especializado, con el fin de obtener los elementos mecánicos necesarios para su diseño.

Temas:

- 3.1 Métodos de análisis sísmico de edificios convencionales.
- 3.2 Torsión dinámica de edificios con diafragma rígido.
- 3.3 Distribución de fuerzas sísmicas entre elementos resistentes.
- 3.4 Aspectos reglamentarios.

Unidad temática 4. Diseño sismorresistente.

Objetivo: Proponer configuraciones estructurales de edificios convencionales, considerando las recomendaciones de diseño sismorresistentes y la normatividad vigente, a fin de obtener un diseño óptimo.

Temas:

- 4.1 Aspectos básicos del diseño sismorresistente.
- 4.2 Respuesta sísmica de estructuras.
- 4.3 Criterios de diseño y de estructuración.
- 4.4 Recomendaciones de análisis y diseño sismorresistente.
- 4.5 Requisitos para el dimensionamiento y detallado de estructuras.
- 4.6 Sistemas de aislamiento y disipación de energía.

Unidad temática 5. Seguridad estructural y vulnerabilidad de las edificaciones ante los sismos.

Objetivo: Evaluar la situación en la que se encuentran edificios convencionales antes y después de un sismo, a través de la aplicación de criterios y métodos que permitan inferir un posible daño estructural, con la finalidad de revisar que cumplan con la normatividad sismorresistente vigente.

Temas:

- 5.1 Elementos estructurales de concreto reforzado.
- 5.2 Elementos de acero estructural.
- 5.3 Vulnerabilidad en edificaciones.



VII. Acervo bibliográfico.

Básico:

Barbat A.H. (1983), *Cálculo Sísmico de las estructuras*, Editorial Técnicos Asociados S.A.

Bazan, E., Meli, R., (2009), *Diseño sísmico de edificios*, Limusa.

Chopra A.K. (2014), *Dinámica de estructuras*, 4a edición, Pearson.

Gobierno de la Ciudad de México (2017), Normas para la Rehabilitación Sísmica de Edificios de Concreto dañados por el sismo del 19 de septiembre de 2017, Gaceta oficial de la Ciudad de México.

Gobierno de la Ciudad de México (2017), Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones, Gaceta oficial de la Ciudad de México.

Gobierno de la Ciudad de México (2020), Normas Técnicas Complementarias para diseño por sismo con comentarios, Gaceta oficial de la Ciudad de México.

Gobierno de la Ciudad de México (2020), Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Acero, con comentarios, Gaceta oficial de la Ciudad de México.

Gobierno de la Ciudad de México (2020), Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería con comentarios, Gaceta oficial de la Ciudad de México.

Gobierno de la Ciudad de México (2020), Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Acero, con comentarios, Gaceta oficial de la Ciudad de México.

Gobierno de la Ciudad de México (2021), Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, con comentarios, Gaceta oficial de la Ciudad de México.

Gobierno de la Ciudad de México (2021), Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Gaceta oficial de la Ciudad de México.

Newmark, N.M., Rosenblueth, E. (1971), *Fundamentos de Ingeniería Sísmica*, Prentice – Hall.

Paz, M. (1992), *Dinámica Estructural. Teoría y Cálculo*, Reverté S.A.

Literatura en inglés:

Clough, R., Penzien, J., (1975), *Dynamics of Structures*. McGraw Hill.

Humar, J.L., (2002), *Dynamics of structures*, 2da edición, Taylor Francis.

Paz, M. y Leigh, W., (2003), *Structural Dynamics: Theory and Computation*, 5a Edición, Springer.

Timoshenko, S.P. (2011), *Vibration problems in Engineering*, Oxford City Press.