

ESTRUCTURAS DE CONCRETO I

1. DATOS GENERALES

Código: LIC 20

Créditos: 3

Nivel académico: Licenciatura

Número de sesiones por semana: 1

Horas totales semanales: 9

Horas teóricas: 2

Horas prácticas: 1

Horas de trabajo independiente: 6

Ciclo lectivo: VIII

Modalidad: Cuatrimestral

Tipo de curso: Teórico-práctico

Requisitos: LIC 17 Análisis Estructural I

2. DESCRIPCIÓN DEL CURSO

En Costa Rica y el mundo, el concreto reforzado es uno de los materiales más utilizados en la construcción, por lo se considera que los ingenieros civiles deben estar familiarizados con la teoría y las técnicas básicas de diseño de elementos donde se emplea este material.

Este curso desarrollará en el estudiante la habilidad para diseñar elementos de concreto, interactuando las características del concreto y el acero de refuerzo para resistir las diferentes sollicitaciones de esfuerzos. Se presentarán los conceptos fundamentales del diseño de elementos sometidos a cargas axiales, flexión simple, cortante y torsión, o bien cualquier combinación de estas.

3. OBJETIVOS

Al finalizar el curso el estudiante debe ser capaz de:

Objetivo general

Analizar el comportamiento de los principales miembros de una estructura de concreto reforzado, desde el punto de vista de su diseño, para la determinación, de forma segura, de sus dimensiones, cantidad y posición del acero requerido bajo determinadas condiciones de carga.

Objetivos específicos

Identificar los principios básicos de la composición, características y propiedades mecánicas del concreto y el acero para su correcta ubicación en el elemento estructural.

Identificar las condiciones de carga externas para el diseño a flexión de elementos estructurales de concreto.

Identificar los efectos combinados de los esfuerzos de cortante y flexión, [esfuerzos cortantes y torsión](#) en la formación de fisuras para el diseño de elementos sometidos a esfuerzos de cortante.

Interpretar los conceptos de resistencia de diseño y seguridad para la evaluación de las cargas actuantes y sus combinaciones en las estructuras.

Interpretar los conceptos de fuerza de adherencia entre las varillas de refuerzo y el concreto para el cálculo de la longitud de adherencia del refuerzo.

Interpretar el comportamiento de las deformaciones instantáneas y a largo plazo para el control del agrietamiento.

Aplicar los fundamentos del diseño del concreto reforzado para el adecuado dimensionamiento de los miembros estructurales [según las disposiciones del reglamento del ACI y el Código Sísmico de Costa Rica](#).

4. CONTENIDOS

Tema 1. Principios generales del concreto

Historia, códigos y reglamentos. Ventajas y desventajas del concreto como material de construcción. Componentes del concreto: cemento, agua, agregados y aditivos. Dosificación y mezcla del concreto. Transporte, colocación y curado. Control de calidad del concreto. Propiedades del concreto: Resistencias a la compresión, tensión y cortante. Resistencia bajo esfuerzos combinados. Concretos de alta resistencia. Deformaciones en el concreto: elásticas y plásticas o permanentes. Curva esfuerzo versus deformación. Módulo de elasticidad. Contracción de fragua. Deformaciones por temperatura.

Tema II. Acero de refuerzo

Tipos de acero de refuerzo: varillas corrugadas y mallas. Normas ASTM-615 y ASTM-706. Dimensiones y características: diámetro, corrugaciones, áreas, perímetros. Aceros para concreto preesforzados. Deformaciones de los aceros: Relaciones esfuerzo versus deformación. Deformaciones por temperatura. Control de calidad del acero.

Tema III. Fundamentos del diseño del concreto armado

Suposiciones fundamentales para el comportamiento del concreto reforzado. El proceso de diseño. Disposiciones de seguridad estructural. Cargas de diseño y factores de participación. Combinaciones de cargas y factores de reducción según el Código Sísmico de Costa Rica y el ACI. Resistencia de diseño vs resistencia requerida.

Tema IV. Análisis y diseño de vigas a flexión

Comportamiento del concreto armado a la flexión. Teoría de flexión. Simplificaciones de la teoría de flexión para efectos de diseño: Modelo de Whitney. Vigas rectangulares simplemente reforzadas. Secciones controladas por tensión o por compresión. Reglamentaciones generales sobre vigas. Vigas rectangulares doblemente reforzadas. Losas en una dirección: sólidas y aligeradas. Análisis y diseño de vigas T. Ancho efectivo del ala. Análisis de resistencia: compresión en el ala y en el alma.

Tema V. Elementos sometidos a esfuerzo cortante y tensión diagonal

Comportamiento del concreto armado al esfuerzo cortante. Tipos de refuerzos a cortante. Refuerzos de estribos o aros. Requisitos del Código de Costa Rica y el Reglamento ACI para el diseño a cortante. Análisis y diseño a cortante. Esfuerzo cortante en losas macizas y aligeradas. Esfuerzo cortante en elementos sometidos a flexión compuesta. Efectos de las fuerzas axiales. Método de diseño de cortante por fricción.

Tema VI. Adherencia, anclaje y longitud de desarrollo

Conceptos de adherencia a flexión. Resistencia última de adherencia y longitud de desarrollo. Consideraciones del Código de Costa Rica y el reglamento ACI para el desarrollo a tensión. Anclajes del refuerzo mediante ganchos: Longitud de anclaje con gancho. Requisitos de anclaje para el refuerzo a tracción. Longitud de desarrollo de refuerzos a compresión. Empalmes o traslapes por adherencia del refuerzo. Empalmes o traslapes por adherencia en mallas de alambre. Otros tipos de empalmes. Soldados y mecánicos.

Tema VII. Aspectos prácticos y detalles constructivos de vigas

Colocación de la armadura: recubrimiento y espaciamiento. Barras en paquetes. Dobleces. Protección del refuerzo. Vigas de sección variable. Recomendaciones para disminución del peso propio. Inspección de obras de concreto reforzado.

Tema VIII. Condiciones de servicio y control de fisuras

Fisuras en elementos sometidos a flexión. Disposiciones generales del reglamento ACI. Control de deflexiones. Deflexiones instantáneas. Deflexiones por efectos de cargas a largo plazo. Deformaciones por efecto de la retracción del fraguado y los cambios de temperatura.

Tema IX. Análisis y diseño del concreto a la torsión

Torsión en elementos de concreto simple. Torsión en elementos de concreto reforzado. Disposiciones de la armadura: Refuerzo transversal y longitudinal. Tensiones combinadas de esfuerzo cortante y torsión. Normativa del *Código Sísmico de Costa Rica* y ACI sobre torsión.

5. METODOLOGÍA

El curso se impartirá por medio de exposiciones, explicaciones de los conceptos teóricos y la demostración de los procedimientos de resolución de problemas por parte del profesor, con la participación del estudiante, con lo que se generan las oportunidades de aprendizaje en un proceso guiado.

El estudiante realiza tareas individuales de resolución de problemas y un proyecto integrador de carácter individual, con lo cual se estimula al desarrollo de la creatividad y las habilidades teóricas y prácticas individuales y de grupo.

El proyecto integrador prevé el diseño por resistencia y deformación de una viga continua como elemento de un marco estructural. Se deberá entregar un informe.

6. ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Se propone abordar la introducción de los contenidos de la asignatura desde la teoría por parte del profesor, que debe complementarse con la práctica en la resolución de problemas, integrando los conocimientos y habilidades adquiridos sobre el análisis estructural y el diseño en concreto. En el curso se parte de conceptos y principios teórico-analíticos, manejados en cursos anteriores del área del análisis estructural, para ser aplicados al diseño de elementos estructurales de concreto, por lo que se propiciará el aprendizaje por descubrimiento guiado a través de la elaboración conjunta.

Se utilizan los criterios de enseñanza y aprendizaje tradicionales de la clase magistral, tanto teóricos como prácticos, que buscan promover los conocimientos y la participación de los alumnos en la discusión de los resultados de los problemas solucionados en clase, de forma que la misma resulte interactiva y participativa.

El curso se complementa con tareas de resolución de problemas como trabajo independiente, pruebas cortas y pruebas parciales. En el caso de estas últimas, el propósito es la consolidación de los fundamentos teóricos del diseño de elementos de concreto.

Se promueve el trabajo de los alumnos en grupo con el propósito de incentivar la actividad interdisciplinaria, tal como se presenta en la vida profesional del ingeniero civil.

7. RECURSOS DIDÁCTICOS

- Pizarra y marcadores
- Medios audiovisuales
- Calculadora programable
- Computadora
- Hojas electrónicas
- Software especializado
- Notas de clase
- Bibliografía básica y complementaria

8. EVALUACIÓN

Evaluación formativa: Mediante la evaluación del desempeño mostrado por el estudiante al realizar las actividades de aprendizaje, el docente brindará retroalimentación a los estudiantes sobre sus fortalezas y debilidades.

Evaluación sumativa: La evaluación sumativa del curso se desglosa mediante las siguientes actividades:

Rubro	Ponderación
Tareas y pruebas cortas	15 %
Prueba parcial	25 %
Proyecto integrador (informe)	25 %
Examen final	35 %
TOTAL	100 %

Las pruebas cortas y tareas no se reponen en caso de ausencia. El curso se aprueba con 70 %. Si la nota final es mayor a 60 %, pero menor a 70 %, el estudiante tiene derecho a un examen extraordinario.

RÚBRICAS

PROYECTO INTEGRADOR: INFORME

Calificación	Descripción
Excelente (95-100)	Se evidencian las necesidades o problemas por resolver como resultado del proyecto muestra riguridad en el abordaje del proyecto, su naturaleza y condiciones administrativas y operativas. Toma en consideración los objetivos estratégicos propuestos en el tema en estudio. Plantea los objetivos de la propuesta o proyecto en forma coherente, precisa. El diseño planteado se circunscribe el área específica (o áreas específicas) y responde o resuelve el problema identificado en el área de estudio. Aplica metodologías, herramientas y/o aplicaciones de la Ingeniería para la realización del proyecto. El reporte del proyecto contiene todas las partes convenidas, no tiene errores ortográficos ni de digitación. Utiliza el formato de estilo editorial de la <i>American Psychological Association</i> (APA). El documento es preciso, muy claro, alguien que no es experto en el tema puede entender la problemática abordada, el análisis y la propuesta de solución.
Notable (94-85)	Se evidencian las necesidades o problemas por resolver como resultado de una investigación rigurosa del tema, su naturaleza y condiciones administrativas y operativas. Plantea los objetivos de la propuesta o proyecto en forma ambigua. El diseño planteado se circunscribe el área específica (o áreas específicas) y responde o resuelve el problema identificado en el área de estudio. Aplica metodologías, herramientas y aplicaciones de la Ingeniería Industrial para la realización del proyecto. El reporte del proyecto contiene todas las partes convenidas, no tiene errores ortográficos ni de digitación. Utiliza el formato de estilo editorial de la <i>American Psychological Association</i> (APA). El documento es claro, alguien que no es experto en el tema puede entender la problemática abordada.
Bueno (84-80)	Se evidencian las necesidades o problemas por resolver como resultado de una investigación del tema, su naturaleza y condiciones administrativas y operativas. Plantea los objetivos de la propuesta o proyecto en forma ambigua. El diseño planteado se circunscribe el área específica (o áreas específicas) pero no responde o resuelve el problema identificado en el área de estudio. Aunque aplica metodologías, herramientas y aplicaciones de la Ingeniería Industrial para la realización del proyecto. El reporte del proyecto contiene todas las partes convenidas, no tiene errores ortográficos ni de digitación. Utiliza el formato de estilo editorial de la <i>American Psychological Association</i> (APA). El documento es claro, alguien que no es experto en el tema puede entender la problemática abordada.

Desempeño insuficiente (menor a 80)	<p>Evidencia vacíos para incorporar los conocimientos nuevos de manera progresiva y flexible.</p> <p>Los estudiantes no asumen de manera aceptable un rol activo y comprometido para la elaboración de una producción final.</p> <p>En la presentación del proyecto los estudiantes evidencian serios vacíos en el manejo metodológico e instrumental de la solución al problema que propone.</p> <p>El reporte del proyecto contiene todas las partes convenidas, con errores ortográficos y de digitación. Con errores en el formato de estilo editorial de la <i>American Psychological Association</i> (APA) con cierta propiedad.</p> <p>El documento presenta muchos errores de redacción y presentación que no permiten que se entienda el tema abordado, los análisis y los resultados.</p>
-------------------------------------	---

TAREAS: RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Calificación	Descripción
Excelente (95-100)	Su trabajo refleja el interés para resolver el tema tratado. Demuestra eficiencia y calidad en el proceso. Identifica correctamente los puntos importantes para resolver el ejercicio. Ofrece explicaciones precisas y correctas en la resolución del problema planteado. Utiliza términos técnicos para responder las preguntas. Utiliza argumentos en sus respuestas. Resuelve las preguntas utilizando el vocabulario correcto y de expresión escrita de acuerdo al tema de estudio.
Notable (94-80)	Su trabajo refleja el interés para resolver el tema tratado pero demuestra escasa eficiencia y calidad en el proceso, aunque logra identificar correctamente los puntos importantes para resolver el ejercicio, ocasionalmente utiliza argumentos y términos técnicos para resolver el problema planteado. Resuelve las preguntas utilizando el vocabulario correcto y de expresión escrita de acuerdo al tema de estudio. Resuelve todo lo que se le solicita en forma explícita y clara
Bueno (79-70)	Su trabajo refleja escaso interés para resolver el tema tratado, sin embargo logra identificar algunos puntos importantes del ejercicio, lo que le permite utilizar términos técnicos para resolver en parte el problema planteado y utilizar vocabulario técnico de acuerdo a temas vistos en clase.
Desempeño insuficiente (menor a 70)	Demuestra escaso interés para resolver el tema tratado, y no logra identificar los puntos importantes del ejercicio, esto le ocasiona problemas para resolver en forma correcta lo que se le solicita.

9. BIBLIOGRAFÍA

BÁSICA

McCormac, J.C. (2010). *Diseño de concreto reforzado* (6ª ed.). México, D.F.: Editorial Alfaomega.

COMPLEMENTARIA

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. (2012). *Código Sísmico de Costa Rica* (4ª ed.). Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica

Gaylord, E.Jr.; Gaylord, Ch. y Robinson, J. (2011). *Estructuras de concreto (hormigón). Manual práctico*. México, D.F.: Editorial McGraw-Hill Interamericana.

Orler, R. (2011). *Introducción al cálculo de hormigón estructural* (2ª ed.). Buenos Aires: Editorial Nobuko.

Ridell, R. y Hidalgo, P. (2010). *Diseño estructural* (5ª ed.). Santiago de Chile: CIP-Pontificia Universidad Católica de Chile.

10. CRONOGRAMA

Semana	Contenido temático	Actividades de enseñanza-aprendizaje
1	Principios generales del concreto. Historia, códigos y reglamentos. Ventajas y desventajas del concreto como material de construcción. Componentes del concreto: cemento, agua, agregados y aditivos. Dosificación y mezcla del concreto. Transporte, colocación y curado. Control de calidad del concreto. Propiedades del concreto: Resistencias a la compresión, tensión y cortante.	Análisis del programa y aspectos organizativos del curso Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales Elaboración conjunta Demostración (resolución de problemas) Análisis de códigos y reglamentos
2	Resistencia bajo esfuerzos combinados. Concretos de alta resistencia. Deformaciones en el concreto: elásticas y plásticas o permanentes. Curva esfuerzo versus deformación. Módulo de elasticidad. Contracción de fragua. Deformaciones por temperatura.	Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales Elaboración conjunta Resolución de ejercicios Discusión de resultados Trabajo independiente: Tarea 1
3	Acero de refuerzo. Tipos de acero de refuerzo: varillas corrugadas y mallas. Normas ASTM-615 y ASTM-706. Dimensiones y características: diámetro, corrugaciones, áreas, perímetros. Aceros para concreto preesforzados. Deformaciones de los aceros: Relaciones esfuerzo versus deformación. Deformaciones por temperatura. Control de calidad del acero.	Entrega de tarea 1 Prueba corta 1 Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales Análisis de normas Resolución de ejercicios Discusión de resultados
4	Fundamentos del diseño del concreto armado. Suposiciones fundamentales para el comportamiento del concreto reforzado. El proceso de diseño. Disposiciones de seguridad estructural. Cargas de diseño y factores de participación. Combinaciones de cargas y factores de reducción según el Código Sísmico de Costa Rica y el ACI. Resistencia de diseño vs Resistencia requerida.	Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales Demostración (resolución de problemas) Análisis del Código Sísmico...y Reglamento ACI Resolución de problemas Discusión de resultados Orientación del proyecto integrador (grupal)
5-6	Análisis y diseño de vigas a flexión. Comportamiento del concreto armado a la flexión. Teoría de flexión. Simplificaciones de la teoría de flexión para efectos de diseño: Modelo de Whitney. Vigas rectangulares simplemente reforzadas. Secciones controladas por tensión o por compresión. Reglamentaciones generales sobre vigas. Vigas rectangulares doblemente reforzadas. Losas en una dirección: sólidas y aligeradas. Análisis y diseño de vigas T. Ancho efectivo del ala. Análisis de resistencia: compresión en el ala y en el alma.	Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales Demostración (aplicación de principios y teoría) Resolución de problemas Discusión de resultados
7	Prueba parcial	Evaluación parcial

8-9	<p>Elementos sometidos a esfuerzo cortante y tensión diagonal.</p> <p>Comportamiento del concreto armado al esfuerzo cortante. Tipos de refuerzos a cortante. Refuerzos de estribos o aros. Requisitos del Código de Costa Rica y el Reglamento ACI para el diseño a cortante. Análisis y diseño a cortante. Esfuerzo cortante en losas macizas y aligeradas. Esfuerzo cortante en elementos sometidos a flexión compuesta. Efectos de las fuerzas axiales. Método de diseño de cortante por fricción.</p>	<p>Análisis del <i>Código Sísmico...</i> y Reglamento ACI</p> <p>Resolución de problemas</p> <p>Discusión de resultados</p>
10	<p>Adherencia, anclaje y longitud de desarrollo.</p> <p>Conceptos de adherencia a flexión. Resistencia última de adherencia y longitud de desarrollo. Consideraciones del Código de Costa Rica y el reglamento ACI para el desarrollo a tensión. Anclajes del refuerzo mediante ganchos: Longitud de anclaje con gancho. Requisitos de anclaje para el refuerzo a tracción. Longitud de desarrollo de refuerzos a compresión. Empalmes o traslapes por adherencia del refuerzo. Empalmes o traslapes por adherencia en mallas de alambre. Otros tipos de empalmes. Soldados y mecánicos.</p>	<p>Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales</p> <p>Elaboración conjunta</p> <p>Análisis del <i>Código Sísmico...</i> y Reglamento ACI</p> <p>Resolución de problemas</p> <p>Discusión de resultados</p> <p>Trabajo independiente: Tarea 2</p>
11	<p>Aspectos prácticos y detalles constructivos de vigas.</p> <p>Colocación de la armadura: recubrimiento y espaciamiento. Barras en paquetes. Dobleces. Protección del refuerzo. Vigas de sección variable. Recomendaciones para disminución del peso propio. Inspección de obras de concreto reforzado.</p>	<p>Entrega de tarea 2</p> <p>Prueba corta 2</p> <p>Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales</p> <p>Demostración (resolución de problemas)</p> <p>Resolución de problemas</p> <p>Discusión de resultados</p>
12	<p>Condiciones de servicio y control de fisuras.</p> <p>Fisuras en elementos sometidos a flexión. Disposiciones generales del reglamento ACI. Control de deflexiones. Deflexiones instantáneas. Deflexiones por efectos de cargas a largo plazo. Deformaciones por efecto de la retracción del fraguado y los cambios de temperatura.</p>	<p>Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales</p> <p>Análisis del Reglamento ACI</p> <p>Resolución de problemas</p> <p>Discusión de resultados</p>
13	<p>Análisis y diseño del concreto a la torsión.</p> <p>Torsión en elementos de concreto simple. Torsión en elementos de concreto reforzado. Disposiciones de la armadura: Refuerzo transversal y longitudinal. Tensiones combinadas de esfuerzo cortante y torsión. Normativa del Código Sísmico de Costa Rica y ACI sobre torsión.</p>	<p>Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales</p> <p>Análisis del <i>Código Sísmico...</i> y Reglamento ACI</p> <p>Resolución de problemas</p> <p>Discusión de resultados</p> <p>Trabajo independiente: Tarea 3</p>
14	<p>Revisión de contenidos</p>	<p>Entrega de proyecto integrador (grupal)</p> <p>Entrega de tarea 3</p> <p>Prueba corta 3</p> <p>Entrega del proyecto grupal</p> <p>Planteamiento y aclaración de dudas</p>

15	Prueba final	Evaluación final Conclusión del curso
----	--------------	--

