

## ESTRUCTURAS DE CONCRETO II

---

### 1. DATOS GENERALES

**Código:** LIC 25

**Créditos:** 3

**Nivel académico:** Licenciatura

**Número de sesiones por semana:** 1

**Horas totales semanales:** 9

**Horas teóricas:** 2

**Horas prácticas:** 1

**Horas individuales:** 6

**Ciclo lectivo:** IX

**Modalidad:** Cuatrimestral

**Tipo de curso:** Teórico-práctico

**Requisitos:** LIC 20 Estructuras de Concreto I

### 2. DESCRIPCIÓN DEL CURSO

El curso de Estructuras de concreto II desarrollará las habilidades al estudiante para diseñar diferentes elementos de concreto reforzado, complementando la materia de Estructuras de Concreto I, como son las columnas esbeltas, cimentaciones superficiales, losas de entrepiso, diseño del refuerzo en los nudos, muros de contención. Además, se presentarán los conceptos básicos para el diseño de edificios sujetos a la combinación de las acciones permanentes, temporales y sísmicas. Por último, el curso pretende introducir al estudiante en el desarrollo de un proyecto aplicando las normas de diseño como el Reglamento ACI-318 y el *Código sísmico de Costa Rica*.

### 3. OBJETIVOS

Al finalizar el curso, el estudiante será capaz de:

**Objetivo general**

Analizar elementos de concreto reforzado (columnas, muros de corte, losas de piso, etc.) para la determinación de su sección de concreto, las propiedades del mismo y los refuerzos necesarios que permiten que resistan las cargas externas y su propio peso durante su vida útil.

### **Objetivos específicos**

Definir el refuerzo en las uniones de vigas y columnas de las estructuras de concreto, empleando los requisitos especiales que permiten una transferencia efectiva de las fuerzas en la conexión, especificando los detalles de refuerzo en los planos de ingeniería en forma adecuada para resistir las tensiones resultantes

Establecer la esbeltez de elementos tipo columna, utilizando conceptos estructurales innovadores y procedimientos de diseño racional y confiable, para la obtención de la sección más adecuada en términos de seguridad y economía.

Interpretar el comportamiento estructural de los diferentes tipos de losas o sistemas de entrepiso para su adecuada selección en función del tipo de estructura que se quiere diseñar.

Aplicar las especificaciones especiales, que permiten una transferencia efectiva de las fuerzas en las conexiones, para la determinación del refuerzo en las uniones de vigas y columnas de las estructuras de concreto y la representación de los refuerzos en los planos de ingeniería.

Aplicar las disposiciones reglamentarias de control del agrietamiento para la evaluación de las deformaciones instantáneas y a largo plazo de los elementos.

Aplicar el método de los coeficientes, según el Reglamento del ACI, así como otros métodos de reducción de las deflexiones, para el diseño de losas en dos direcciones.

Aplicar el método de diseño directo, del pórtico equivalente y de las franjas, establecidos por la ACI para el diseño de losas en dos direcciones apoyadas sobre columnas.

#### **4. CONTENIDOS**

##### *Tema I. Comportamiento del concreto a la compresión*

Compresión axial. Refuerzo transversal rectangular y en espiral. Esfuerzos de compresión más flexión en columnas. Análisis de compatibilidad de deformaciones y diagrama de interacción. Falla balanceada. Refuerzo distribuido y asimétrico. Diseño de columnas circulares. Diseño de columnas sometidas a flexión biaxial. Método de contorno y de la carga inversa. Empalmes de varillas en columnas. Requisitos del reglamento ACI y el *Código Sísmico de Costa Rica*.

##### *Tema II. Diseño de columnas esbeltas*

Columnas cargadas concéntricamente. Compresión más flexión. Criterios del Código ACI para no tener en cuenta los efectos de esbeltez. Criterios del Código ACI para definición de pórticos arriostrados versus no arriostrados. Método de amplificación de momento del Código ACI para pórticos no arriostrados. Método de amplificación de momento del Código ACI para pórticos arriostrados. Análisis de segundo orden para efectos de esbeltez.

##### *Tema III. Diseño de núcleos de unión de viga-columna (nudos)*

Modelo puntal-tensor (Strut-and-Tie) para el comportamiento de las uniones. Uniones viga secundaria-viga principal. Vigas de apoyo. Uniones de esquina y en T. Ménsulas y cornisas. Requisitos generales del ACI y el *Código Sísmico de Costa Rica*.

##### *Tema IV. Muros estructurales*

Tipos y comportamiento de muros. Requisitos para muros en zonas sísmicas. Diseño a flexo-compresión y cortante de muros de corte. Elementos de borde y confinamiento. Muros acoplados. Requisitos del *Código Sísmico de Costa Rica* para resistencia de muros. Detallado de muros estructurales.

##### *Tema V. Diseño de losas de entrepiso*

Tipos de losas. Diseño de losas en una dirección. Refuerzo para temperatura y retracción de fraguado. Diseño de losas en dos direcciones apoyadas en los bordes. Análisis mediante el método de los coeficientes. Refuerzo para losas en dos direcciones. Control de deflexiones.

*Tema VI. Diseño de losas en dos direcciones apoyadas sobre columnas*

Método de diseño directo. Refuerzo a flexión. Método del pórtico equivalente. Diseño a cortante en placas y losas planas. Transferencia de momentos a las columnas. Aberturas en losas. Cálculo de deflexiones. Análisis para cargas horizontales. Método de las franjas para losas.

*Tema VII. Fundamentos del concreto pre y postensado*

Conceptos básicos de concreto presforzado. Pérdida parcial de presfuerzo. Diseño a flexión de elementos presforzados. Cálculo de deflexiones en elementos presforzados. Tecnología para pretensado y postensado.

*Tema VIII. Diseño estructural de edificios de concreto reforzado*

Sistemas de entrepiso. Clasificación de los sistemas estructurales según el *Código Sísmico de Costa Rica*. Introducción al diseño sísmico de edificios de concreto. Respuesta estructural. Criterios para cargas sísmicas. Disposiciones especiales del *Código Sísmico de Costa Rica* para el diseño sísmico. Disposiciones del *Código Sísmico de Costa Rica* para estructuras con ductilidad óptima y moderada. Detallado de planos constructivos para edificios.

## **5. METODOLOGÍA DEL CURSO**

El curso se impartirá por medio de exposiciones, explicaciones de los conceptos teóricos y la discusión de los procedimientos de resolución de problemas, con la participación del estudiante.

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

En el proyecto integrador se realizará el diseño de un edificio de tres pisos con estructura primaria de concreto. Este proyecto será realizado en equipos de no más

de tres estudiantes. Como resultado final, se entregará un informe que será evaluado y que tendrá las características de un expediente técnico.

## **6. ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE**

Se propone abordar con un enfoque teórico-práctico, donde, a partir de la presentación de los contenidos teóricos, el profesor propone situaciones problémicas a los estudiantes para su análisis.

Se utilizan los criterios de enseñanza y aprendizaje tradicionales de la clase magistral y, además, se promueve la participación de los alumnos en la resolución de problemas prácticos de análisis y diseño, y la construcción del conocimiento. Igualmente, se promueve el trabajo de los alumnos en grupos con el propósito de incentivar la actividad interdisciplinaria, tal como se presenta en la vida profesional del ingeniero civil.

Se realizan las siguientes actividades didácticas: demostración (resolución de problemas), resolución de problemas y discusión de resultados, análisis de códigos y reglamentos, trabajo independiente (tareas y proyecto integrador), pruebas cortas y pruebas parciales y finales.

El curso se complementa con tareas adicionales, trabajo independiente, pruebas cortas, una prueba parcial y una final, y un proyecto integrador, cuyo propósito es fortalecer los conceptos teóricos del diseño de elementos de concreto.

## **7. RECURSOS DIDÁCTICOS**

- Pizarra y marcadores
- Medios audiovisuales
- Apuntes de clase
- Bibliografía recomendada
- Calculadora programable
- Hoja electrónica
- Computadora con programas especializados

## **8. EVALUACIÓN**

Se verifican el proceso de aprendizaje mediante:

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

Evaluación sumativa: La evaluación sumativa del curso se desglosa como sigue:

Rubro	Ponderación
Tareas	5 %
Pruebas cortas	5 %
Prueba parcial 1	30 %
Proyecto integrador (informe)	25 %
Prueba parcial 2	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

### 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.

## **PROYECTO INTEGRADOR: INFORME**

Calificación	Descripción
Excelente (95-10)	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>
-------------------------------------	---

## 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

Curadelli, R.O. (2013). *Sistemas pasivos de protección sísmica para estructuras*. Buenos Aires: Academia Nacional de Ingeniería.

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	Actividades de enseñanza-aprendizaje
1-2	Comportamiento del concreto a la compresión. Compresión axial. Refuerzo transversal rectangular en espiral. Esfuerzos de compresión más flexión en columnas. Análisis de compatibilidad de deformaciones y diagrama de interacción. Falla balanceada. Refuerzo distribuido y asimétrico. Diseño de columnas circulares. Diseño de columnas sometidas a flexión biaxial. Método de contorno y de la carga inversa. Empalmes de varillas en columnas. Requisitos del reglamento ACI y el Código Sísmico de Costa Rica.	Análisis del programa y aspectos organizativos del curso Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales Demostración (resolución de problemas) Análisis del Código Sísmico... y Reglamento ACI
3-4	Diseño de columnas esbeltas Columnas cargadas concéntricamente. Compresión más flexión. Criterios del Código ACI para no tener en cuenta los efectos de esbeltez. Criterios del Código ACI para definición de pórticos arriostrados versus no arriostrados. Método de amplificación de momento del Código ACI para pórticos no arriostrados. Método de amplificación de momento del Código ACI para pórticos arriostrados. Análisis de segundo orden para efectos de esbeltez.	Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales Resolución de problemas Discusión de resultados Análisis del Código Sísmico... y Reglamento ACI Trabajo independiente: Tarea 1
5	Diseño de núcleos de unión de viga-columna.(nudos). Modelo puntal-tensor ( <i>Strut-and-Tie</i> ) para el comportamiento de las uniones. Uniones viga secundaria-viga principal. Vigas de apoyo. Uniones de esquina y en T. Ménsulas y cornisas. Requisitos generales del ACI y el Código Sísmico de Costa Rica.	Entrega tarea 1 Prueba corta Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales Resolución de problemas Discusión de resultados Análisis del Código Sísmico... y Reglamento ACI
6	Muros estructurales. Tipos y comportamiento de muros. Requisitos para muros en zonas sísmicas. Diseño a flexo-compresión y cortante de muros de corte. Elementos de borde y confinamiento. Muros acoplados. Requisitos del Código Sísmico de Costa Rica para resistencia de muros. Detallado de muros estructurales.	Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales Resolución de problemas Discusión de resultados Análisis del Código Sísmico... y Reglamento ACI Trabajo independiente: Tarea 2
7	Muros estructurales. Tipos y comportamiento de muros. Requisitos para muros en zonas sísmicas. Diseño a flexo-compresión y cortante de muros de corte. Elementos de borde y confinamiento. Muros acoplados. Requisitos del Código Sísmico de Costa Rica para resistencia de muros. Detallado de muros estructurales.	Entrega de tarea 2 Prueba corta Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales Resolución de problemas Discusión de resultados

		Análisis del Código Sísmico... y Reglamento ACI
8	Prueba parcial	Evaluación parcial
9	Diseño de losas de entrepiso Tipos de losas. Diseño de losas en una dirección. Refuerzo para temperatura y retracción de fraguado. Diseño de losas en dos direcciones apoyadas en los bordes. Análisis mediante el método de los coeficientes. Refuerzo para losas en dos direcciones. Control de deflexiones.	Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales Resolución de problemas Discusión de resultados Análisis del Código Sísmico... y Reglamento ACI
10	Diseño de losas en dos direcciones apoyadas sobre columnas. Método de diseño directo. Refuerzo a flexión. Método del pórtico equivalente. Diseño a cortante en placas y losas planas. Transferencia de momentos a las columnas. Aberturas en losas. Cálculo de deflexiones. Análisis para cargas horizontales. Método de las franjas para losas.	Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales Resolución de problemas Discusión de resultados Análisis del Código Sísmico... y Reglamento ACI
11	Fundamentos del concreto pre y postensado. Conceptos básicos de concreto presforzado. Pérdida parcial de presfuerzo. Diseño a flexión de elementos presforzados. Cálculo de deflexiones en elementos presforzados. Tecnología para pretensado y postensado.	Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales Resolución de problemas Discusión de resultados Análisis del Código Sísmico... y Reglamento ACI
12-13	Diseño estructural de edificios de concreto reforzado. Sistemas de entrepiso. Clasificación de los sistemas estructurales según el Código Sísmico de Costa Rica. Introducción al diseño sísmico de edificios de concreto. Respuesta estructural. Criterios para cargas sísmicas. Disposiciones especiales del Código Sísmico de Costa Rica para el diseño sísmico. Disposiciones del Código sísmico de Costa Rica para estructuras con ductilidad óptima y moderada. Detallado de planos constructivos para edificios.	Elaboración conjunta entre docente y estudiantes con apoyo de recursos audiovisuales Resolución de problemas Discusión de resultados Análisis del Código Sísmico... y Reglamento ACI
14	Revisión de contenidos	Entrega de informe de proyecto integrador Planteamiento y aclaración de dudas
15	Prueba final	Evaluación final