

# PLAN DE ESTUDIOS

## MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA CIVIL CON MENCION EN ESTRUCTURAS

### OBJETIVO

El objetivo principal de la Maestría en Ingeniería Estructural es dotar al profesional de bases sólidas para el análisis y diseño de estructuras; está orientada tanto al investigador y académico como al ingeniero de la práctica profesional, que requieren familiarizarse con las técnicas más modernas y avanzadas en este campo del conocimiento aplicado. Ello permitirá al egresado una participación activa en el desarrollo de estudios y proyectos de investigación y desarrollo, en el campo profesional y académico, así como en el campo de la docencia, con dominio y capacidad de transmitir y profundizar los conocimientos adquiridos.

### LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- Aislamiento sísmico.
- Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificaciones y obras de ingeniería civil.
- Procedimientos de análisis y diseño sismorresistente.
- Parámetros de diseño sismorresistente.
- Evaluación del desempeño sísmico de sistemas estructurales.
- Evaluación y rehabilitación de estructuras.
- Diseño sísmico de estructuras de albañilería.
- Diseño sísmico de estructuras de concreto armado y presforzado.
- Diseño sísmico de estructuras de acero.
- Comportamiento de estructuras con materiales no convencionales.
- Evaluación no destructiva de materiales y estructuras.
- Instrumentación y monitoreo de la condición estructural.
- Evaluación experimental del comportamiento de elementos y sistemas estructurales.
- Interacción suelo – estructura.
- Modelación matemática de problemas de mecánica estructural.
- Evaluación de tipologías estructurales para puentes.
- Análisis sísmico de puentes.
- Puentes de grandes luces.
- Análisis y diseño de estructuras especiales.

# PLAN DE ESTUDIOS

## MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA CIVIL CON MENCION EN ESTRUCTURAS

### PLAN DE ESTUDIOS

Código	Cursos	Créditos	Condición
<b>CURSOS BASICOS</b>			
C-501	Matemáticas Aplicadas I	4	Obligatorio
C-502	Métodos Numéricos en Ingeniería	4	Obligatorio
C-503	Mecánica del Medio Continuo	4	Obligatorio
<b>CURSOS DE ESPECIALIDAD</b>			
C-801	Análisis Avanzado de Estructuras	4	Obligatorio
C-802	Comportamiento y Diseño de Estructuras de Concreto Armado	4	Obligatorio
C-803	Dinámica Estructural	4	Obligatorio
C-804	Seminario en Ingeniería Estructural	3	Obligatorio
C-805	Comportamiento y Diseño de Estructuras de Acero	4	Obligatorio
C-820	Tesis	9	Obligatorio
<b>CURSOS ELECTIVOS</b>			
C-806	Comportamiento Mecánico de Materiales de Construcción	4	Curso de Especialidad Electivo
C-807	Optimización Estructural	4	Curso de Especialidad Electivo
C-808	Ingeniería Sismorresistente	4	Curso de Especialidad Electivo
C-809	Diseño Avanzado de Puentes	3	Curso de Especialidad Electivo
C-811	Elementos Finitos	4	Curso de Especialidad Electivo
C-812	Diseño Asistido por Computadora	9	Curso de Especialidad Electivo
C-813	Introducción a Redes Neuronales Artificiales en Ingeniería Civil	3	Curso de Especialidad Electivo
C-814	Métodos Experimentales en Edificaciones	4	Curso de Especialidad Electivo
C-815	Estructuras Especiales	3	Curso de Especialidad Electivo

# PLAN DE ESTUDIOS

## MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA CIVIL CON MENCION EN ESTRUCTURAS

C-816	Método de Puntales y Tirantes Aplicados al Diseño de Concreto Armado	1	Curso de Especialidad Electivo
C-817	Programación Aplicada a Ingeniería Estructural	4	Curso de Especialidad Electivo
C-818	Comportamiento y Diseño de Estructuras de Concreto Presforzado	4	Curso de Especialidad Electivo

# PLAN DE ESTUDIOS

## MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA CIVIL CON MENCION EN ESTRUCTURAS

### SUMILLA DE LOS CURSOS

#### **C-501 Matemáticas Aplicadas I**

Métodos matemáticos para la resolución de problemas de valor de borde en elasticidad, mecánica de fluidos y mecánica de sólidos. Introducción a funciones de variable compleja y sus aplicaciones. Series complejas, contornos de integración. Mapeo conforme y transformaciones. Ecuaciones diferenciales ordinarias y funciones especiales: Fourier, Laplace, Bessel, Legendre. Desarrollo de valores característicos de funciones. Ecuaciones diferenciales parciales y problemas de valor de borde. Propagación de ondas elásticas. Introducción al cálculo variacional.

#### **C-502 Métodos Numéricos en Ingeniería**

Solución de sistemas de ecuaciones lineales, métodos directos, métodos iterativos. Sistemas de ecuaciones sobredeterminados, regresiones. Problemas de valores de vectores característicos, método de iteración con vectores, métodos con transformación y métodos mixtos. Ecuaciones no lineales. Métodos para extraer raíces de polinomios. Aproximación de funciones, interpolación. Diferencias finitas. Integración numérica, extrapolación. Ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden y segundo orden, método de diferencias finitas, problemas de valor inicial y de valor de frontera. Ecuaciones con derivadas parciales. Métodos de diferencias finitas, métodos de pasos fraccionados, problemas de valor oficial y de valor de frontera. Transformadas de Fourier, algoritmo de Cooley. Métodos de elementos finitos; parámetros indeterminados, cálculo variacional. Aproximación típica, métodos de la integral de borde.

#### **C-503 Mecánica del Medio Continuo**

Introducción al análisis tensorial. El tensor de esfuerzos: Esfuerzos en un punto, leyes de movimiento. Ecuaciones de equilibrio, esfuerzos principales, esfuerzo desviador. El tensor de deformación: Desplazamiento y deformación interpretación geométrica de los componentes infinitesimales. Ecuaciones de compatibilidad de los componentes de deformación. Leyes de conservación. Teorema de Gauss. Ecuación de continuidad. Ecuación de movimiento de momentum lineal. Elasticidad lineal: Ley de Hooke generalizada. Relaciones esfuerzo deformación. Métodos variacionales. Comportamiento no elástico de los materiales.

#### **C-801 Análisis Avanzado de Estructuras**

Problemas lineales y no lineales: Comportamiento no lineal del material. Sistemas con no-linealidad. Conceptos de seguridad. No-linealidad geométrica: problemas

# PLAN DE ESTUDIOS

## MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA CIVIL CON MENCION EN ESTRUCTURAS

de flexión con fuerzas axiales. Teoría de la elasticidad de segundo orden. Métodos de las deformaciones angulares y formulación matricial de la teoría de segundo orden. Problemas de pandeo. Pandeo flexional elástico y plástico. Pandeo flexo-torsional. No-linealidad del material: hipótesis de comportamiento. Aproximación por series y bilineal. Hipótesis de fluencia. Rótulas plásticas. No-linealidad geométrica y del material: falla elástica, falla plástica. Teoría de rótulas plásticas de segundo orden. Mecanismos de las rótulas plásticas. Algoritmos para el análisis estructural no lineal. Estructuras elásticamente apoyadas.

### **C-802 Comportamiento y Diseño de Estructuras de Concreto**

Características mecánicas del acero y concreto, relaciones esfuerzo-deformación, teorías de falla. Contracción del concreto. Flujo plástico del concreto. Diseño al estado límite, factores de carga y resistencia. Deflexión de miembros de concreto, agrietamiento. Resistencia y deformación de miembros a flexión, efectos de confinamiento. Interacción entre carga axial y flexión, efectos de confinamiento. Comportamiento de columnas esbeltas. Comportamiento y resistencia al cortante. Relación momento-cortante, modos de falla. Analogía de la armadura. Resistencia a la torsión. Relaciones momento-cortante-torsor. Adherencia y anclaje, longitud de desarrollo, empalmes, anclaje mecánico.

### **C-803 Dinámica Estructural**

Sistemas vibratorios. Planteamiento de las ecuaciones de movimiento por los métodos de equilibrio, de fuerzas y de Lagrange para sistemas de uno y de varios grados de libertad. Dinámica de sistemas vibratorios discretos. Vibración libre: frecuencias y formas de vibración. Vibración forzada: factores de amplificación dinámica, factores de transmisibilidad. Sistemas con movimiento en la base. Amortiguamiento: fuentes de amortiguamiento, amortiguamiento viscoso, amortiguamiento de Coulomb, amortiguamiento estructural. Respuesta a vibraciones estocásticas. Dinámica de sistemas vibratorios continuos. Introducción al análisis dinámico de sistemas vibratorios no lineales.

### **C-804 Seminario en Ingeniería Estructural**

Temas avanzados seleccionados por los estudiantes para estudios individuales con aprobación del profesor. Preparación de artículos técnicos.

### **C-805 Comportamiento y Diseño de Estructuras de Acero**

Acero estructural: materiales, ensayos de laboratorio, tracción. Compresión local. Fundamentos del diseño con el método de factores de carga y de resistencia. Perfiles de acero estructural. Requerimientos mínimos. Pandeo local en placas. Límites de esbeltez y espesor de las planchas. Conexiones. Miembros de tracción,

# PLAN DE ESTUDIOS

## MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA CIVIL CON MENCION EN ESTRUCTURAS

en compresión, en flexión. Deflexiones. Arriostramiento en sistemas de piso. Modelos de comportamiento no lineal en elementos viga-columna de acero. Modelo bilineal de dos componentes. Modelos de resortes múltiples. Calibración y validez de un modelo. Corte en secciones de viga columna: Comportamiento de alas y alma. Pandeo local. Conexiones viga columna en pórticos. Miembros en flexo-compresión y esfuerzos combinados.

### **C-807 Optimización Estructural**

Metodología del diseño estructural: análisis y síntesis estructural. Proceso del diseño. Reconocimiento del entorno, establecimiento del criterio. Especificaciones de la forma. Reconocimiento de constantes. Optimización: métodos numéricos, métodos analíticos, modos de fallas simultáneas, multiplicadores de Lagrange, variables de holgura. Espacio de diseño, automatización, restricciones geométricas. Diseño de secciones de vigas y columnas para obtener el peso mínimo. Diseño de sistemas: sistemas como combinación de elementos optimizados, condiciones de carga múltiple. Métodos de optimización estructural: programación lineal, índices estructurales, funciones de penalidad, iteraciones, aplicaciones.

### **C-808 Ingeniería Sismorresistente**

Características de los sismos. Correlación entre los parámetros de un sismo con la magnitud y la distancia local. Sismicidad. Sismicidad local. Sismicidad regional, microregionalización. Respuesta de sistemas discretos con aplicación de la teoría de probabilidades. Procesos estocásticos. Espectros de respuesta. Ordenadas espectrales para sismos sobre terreno firme. Factores de amplificación dinámica en terrenos blandos. Respuestas de sistemas lineales y no lineales. Comportamiento de suelos y estructura ante carga sísmica. Parámetros para el análisis y diseño de estructuras sismo-resistentes. Conceptos básicos de estructuración de edificios. Bases para el análisis sísmico de estructuras tipo péndulo invertido, torres, chimeneas, tanques, puentes, muros de contención.

### **C-809 Diseño Avanzado de Puentes**

Enfoque general del diseño de puentes. Estudios de ingeniería básica. Análisis y diseño del tablero superior. Métodos de análisis de losas de puentes. Problemas de distribución de carga en secciones transversales. Puentes de concreto armado, tipo losa y tipo losa-viga. Puentes de sección compuesta. Puentes de concreto presforzado. Vigas de inercia variable, líneas de influencia. Diseño de apoyos de la superestructura. Estribos. Pilares intermedios. Casos especiales: puentes esviados, puentes curvos, análisis de puentes en arco, pandeo y estabilidad. Análisis dinámico de puentes. Aspectos de diseño sismorresistente de puentes.

# PLAN DE ESTUDIOS

## MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA CIVIL CON MENCION EN ESTRUCTURAS

### **C-811 Elementos Finitos**

Métodos de parámetros indeterminados. Elementos de cálculo variacional. Métodos de elementos finitos. Formulación para la ecuación armónica en dos dimensiones. Elementos mono, bidimensionales y tridimensionales. Transformaciones isoparamétricas. Condiciones de borde. Errores en la solución. Derivadas con respecto al tiempo. Método de la integral de borde Ecuaciones básicas de elasticidad y principios variacionales. Elementos compatibles, hídricos y mixtos. Consideraciones estáticas y cinemáticas. Estados planos de esfuerzo y de formación. Sólidos axisimétricos. Análisis tridimensional de esfuerzos. Análisis de losas planas: modelos de desplazamientos, hídricos y mixtos. Cáscaras axisimétricas con cargas simétricas. Métodos semi- analíticos con series de Fourier. Láminas como un ensamblaje de elementos planos. Cáscaras con elementos isoparamétricos degenerados. Análisis dinámico. Análisis no lineal. No-linealidad geométrica. Estabilidad estructural.

### **C-812 Diseño Asistido por Computadora**

Introducción a sistemas CAD. Componentes de un sistema de diseño asistido por computadora. Uso de programas de cómputo para el procesamiento de modelos de análisis y la presentación de resultados. Aplicaciones de análisis y diseño estructural en hojas de cálculo y programas para la elaboración de dibujos en ingeniería.

### **C-813 Introducción a Redes Neuronales Artificiales en Problemas de Ingeniería Civil**

Introducción a sistemas de redes neuronales. Inteligencia artificial y aprendizaje. Ventajas del uso de sistemas neuronales. Conceptos básicos de modelos de redes neuronales. Tipos de redes neuronales. Reglas de propagación. Reglas y tipos de aprendizaje. El perceptrón de multi- estrato. Modelo neuronal de Kohonen. Modelo neuronal de Hopfield. Modelo de bases radiales, teoría de Grosseberg, Estructura del cerebro y su analogía matemática. Acondicionamientos de datos para aprendizaje. Generación de datos. Aprendizaje de representación usando el perceptrón multi- estrato. Optimización del aprendizaje. Modelos para modelos estructurales desconocidos: Aplicación a la respuesta sísmica. Modelo de predicción de riesgo sísmico, cambios climáticos.

### **C-814 Métodos Experimentales en Edificaciones**

Planificación de la experimentación. Teoría general de modelos. Evaluación de modelos para materiales. Ensayos en componentes o subestructuras, ensayos típicos en componentes. Efectos de fatiga en los materiales. Ensayos a escala

# PLAN DE ESTUDIOS

## MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA CIVIL CON MENCION EN ESTRUCTURAS

natural en estructuras. Desarrollo de casos prácticos. Ensayos cíclicos de estructuras a escala natural. Ensayos en mesa vibradora de modelos a escala. Instrumentación de ensayos, sistemas de medición. Interpretación y evaluación de resultados experimentales.

### **C-815 Estructuras Especiales**

Síntesis del diseño sísmico: Vibración de cuerpos sometidos a fuerzas excitadoras. Análisis de chimeneas de sección constante: Soluciones analíticas, soluciones matriciales. Análisis de chimeneas de sección variable. Diseño de chimeneas por efectos térmicos. Cimentación de chimeneas. Análisis estructural de paraboloides hiperbólicos. Introducción a las estructuras laminares. Estructuras laminares tipo asimétricas. Análisis y diseño de reservorios apoyados por interacción de estructuras laminares. Comportamiento hidrodinámico de reservorios, aplicaciones en reservorios apoyados y reservorios elevados por interacción de estructuras laminares. Análisis y diseño de silos de almacenamiento. Análisis y diseño de elementos de estructuras prefabricadas de concreto armado. Análisis y diseño de edificios prefabricados de concreto armado.

### **C-816 Concreto Puntales y Tirantes Aplicados al Diseño de Concreto Armado**

Bases teóricas. Teoría de plasticidad. Regiones características: regiones B y D. Criterios para la generación de un modelo de puntales y tirantes. Método de las trayectorias de las cargas. Procedimientos de optimización del modelo. Diseño de elementos de concreto armado. Casos de aplicaciones de diseño.

### **C-817 Programación Aplicada a Ingeniería Estructural**

Técnicas de programación estructurada, orientada a eventos y orientada a objetos de estructuras con comportamiento lineal. Técnicas de programación que incluyen efectos no lineales en el análisis estructural. Repaso de códigos de ensamble de elementos tipo barra y elementos finitos. Incorporación de efectos no lineales en matrices de elementos tipo barra. Ensamble de matriz global. Programación de análisis estático no lineal. Programación de análisis dinámico no lineal. Introducción a la programación de algoritmos no lineales con elementos finitos. Manejo de programas de análisis estructural mediante la interacción de bibliotecas API con lenguajes de programación. Automatización para la ejecución de modelos para análisis paramétricos.

### **C-818 Comportamiento y Diseño de Estructuras de Concreto Presforzado**



# PLAN DE ESTUDIOS

## MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA CIVIL CON MENCION EN ESTRUCTURAS

Materiales: acero de refuerzo, acero de presfuerzo, concreto. Comportamiento a nivel de sección de los elementos presforzados, diagramas momento-curvatura de secciones con presfuerzo, criterios de falla, resistencia probable. Comportamiento a nivel de elemento preforzado: deflexiones en vigas y columnas, capacidad resistente. Filosofía del diseño, códigos de diseño, criterios de detallado. Análisis y diseño por esfuerzos admisibles en elementos en flexión. Análisis y diseño por resistencia última en elementos en flexión. Diseño por cortante y torsión. Control de deflexiones. Cálculo de la pérdida de presfuerzo. Análisis y diseño de elementos presforzados. Introducción al análisis dinámico de estructuras de concreto presforzado.

### **C-820      TESIS**

Desarrollo y asesoramiento de la Tesis de Maestría.

# PLAN DE ESTUDIOS

## MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA CIVIL CON MENCION EN ESTRUCTURAS

### NÓMINA DE DOCENTES

**Scaletti Farina, Hugo**

Ph. D. Instituto Tecnológico de Massachusetts, EE.UU.

**Piqué del Pozo, Javier**

Ph.D. Instituto Tecnológico de Massachusetts - EE.UU.

**Victor Sánchez Moya**

Dr. Ing. Universidad de Surrey, Inglaterra / Ph.D. Universidad de Brown, EE.UU.

**Olarte Navarro, Jorge**

Dr. Universidad Politécnica de Cataluña - ESPAÑA.

**Gálvez Villacorta, Adolfo**

M.Sc. Universidad Nacional de Ingeniería - PERÚ.

**Maurial, Andreas**

Dr. Ing. Universidad de Hannover -ALEMANIA.

**Lopéz Jara, Jack**

M.Sc. Universidad de California en Berkeley - USA.

**Quiroz Torres, Luis**

Dr. Ing. Universidad de Chiba - JAPÓN.

**Rivera Feijoo, Julio**

M.Sc. Universidad Nacional de Ingeniería - PERÚ.

**Salinas Basualdo, Rafael**

Dr. Ing. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), MÉXICO.

**Sánchez Meza, Roque**

Dr. Ing. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), MÉXICO.

**Torres Matos, Miguel**

Dr. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), MÉXICO.

**Zavala Toledo, Carlos**

Dr. Ing. Universidad de Tokio, JAPÓN.

# PLAN DE ESTUDIOS

## MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA CIVIL CON MENCION EN ESTRUCTURAS

**Astete Chuquichaico, Rolando**

M.Sc. Universidad Nacional de Ingeniería - PERÚ.

**Díaz Figueroa, Miguel**

Dr. Ing. Universidad de Yokohama - JAPÓN.

**Fernández-Dávila Gonzales, Víctor**

Dr. Ing. Pontificia Universidad Católica - CHILE.

**Flores Gonzalez, Leonardo**

M.Sc. Universidad Nacional de Ingeniería - PERÚ.