



Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

- Acción de las vibraciones sobre las estructuras (daños) y personas (daños y confort)  
Normas nacionales e internacionales.
- Sistemas discretos de varios grados de libertad. Matrices de masa, amortiguamiento y rigidez. Modos y frecuencias naturales. Método modal.
- Aplicaciones a fundaciones de máquinas. Evaluación del desbalanceo. Criterio de admisibilidad de las vibraciones. Fundaciones sobre suelos.
- Métodos numéricos para la resolución de las ecuaciones diferenciales de los sistemas vibratorios.
- Vibración de continuos: ecuaciones diferenciales para cuerdas, barras con solicitudes axial y torsional, vigas y placas. Régimen permanente. Separación de variables.
- Vibración de continuos: frecuencias y modos naturales. Resonancia. Aplicaciones a diversos tipos estructurales.
- Vibración de continuos: análisis mediante métodos de discretización. Aplicación del método de elementos finitos.

### **III. Análisis probabilístico de la seguridad estructural**

#### **Objetivos:**

Sobre la base de los conceptos básicos de la teoría de las probabilidades y de la estadística se desarrollan los conceptos de la seguridad estructural. Se tratan métodos de distinto nivel, se los relaciona con aplicaciones de diverso tipo y se los vincula con las consideraciones expuestas en los reglamentos más modernos. Se expone el método de simulación en general y se lo aplica, en particular, a la determinación de la probabilidad de falla.



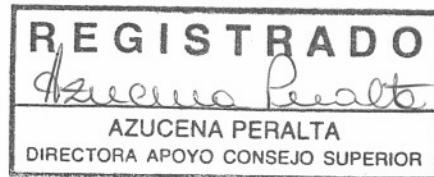


Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

### Contenidos Mínimos:

- Datos y parámetros inciertos en la Ingeniería Estructural. Métodos determinísticos. Normas y Reglamentos. Coeficientes de seguridad. Manejo racional de la incertidumbre. Utilidad de los métodos probabilísticos.
- Repaso de la Teoría de las Probabilidades. Operaciones básicas entre conjuntos. Axiomas de la teoría de las probabilidades. Eventos condicionales e independientes. Teoremas de la probabilidad total y de Bayes.
- Variables aleatorias. Histogramas. Función de densidad de probabilidad y función acumulada de distribución. Valor medio, desviación estándar, coeficiente de variación. Teorema de Tchebycheff.
- Distribuciones. Distribución de Bernoulli, distribución binomial, distribución geométrica. Período de recurrencia. Distribución de Poisson. Distribución normal. Teorema del límite central. Distribución normal normalizada. Tolerancias. Valores característicos. Distribución lognormal. Distribuciones de mínimo y máximo.
- Seguridad estructural. Variables aleatorias de resistencia y solicitud. Función y dominio de falla. Probabilidad de falla. Expresión integral. Resistencia y solicitud con distribución normal o lognormal. Índice de confiabilidad. Coeficientes de seguridad medio y característico. Disposiciones reglamentarias. Valores aceptables de la probabilidad de falla.
- Múltiples variables aleatorias. Planteo general de la seguridad estructural. Funciones y dominio de falla. Espacio de las variables normales normalizadas. Índice de confiabilidad de Hasofer – Lind. Transformación de coordenadas. Método Iterativo de Nivel 2. Planteo y resolución de varios problemas ilustrativos.
- Métodos de simulación. Números aleatorios con distribución uniforme. Evaluación de probabilidades mediante simulación simple. Generación de números aleatorios con





Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

distribuciones normal y lognormal. Aplicaciones a problemas de Ingeniería Estructural.

- Obtención de la probabilidad de falla mediante simulación. Método directo. Estimación del error del resultado. Método de integración mejorada. Aplicación de coordenadas polares. Método de simulación orientada.

#### IV. Métodos de los elementos finitos

##### **Objetivos:**

Generar e interpretar los algoritmos de cálculo utilizados en elementos finitos para el cálculo de estructuras en el campo elástico con pequeñas deformaciones ante acciones estáticas. El alumno dispondrá de las herramientas necesarias para realizar o implementar un programa.

##### **Contenidos Mínimos**

- Cálculo Variacional.
- Teoremas Energéticos. Energía Interna. Trabajo. Teorema de los Desplazamientos Virtuales. Teoremas Complementarios. Principio de la Mínima Energía Potencial Total.
- Métodos de Rayleigh-Ritz. Aplicaciones a estructuras unidimensionales.
- Aspectos Computacionales. Elementos de un Programa de E.F. Resolución de Sistemas de ecuaciones. Integración Numérica.
- Aspectos Computacionales. Definición de incógnitas. Condiciones de borde. Matriz topológica. Multiplicadores de Lagrange.
- Elemento de barra. Funciones Interpolantes. Matriz de Rígidez. Términos de Carga.
- Elemento de viga Bernoulli-Navier/Timoshenko. Funciones Interpolantes. Matriz de Rígidez. Términos de Carga.





Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

- Estados Planos de Tensión y Deformación. Elementos triangulares, rectangulares. Funciones Interpolantes. Matriz de Rígidez. Condiciones de borde. Términos de Carga.
- Flexión de Placas. Hipótesis de Kirchoff/ Mindlin.
- Elementos Isoparamétricos. Barra. Estado Plano. Placas.
- Teoremas Energéticos Mixtos. Ho-Washizu. Reissner. Aplicaciones a Vigas.
- Teoremas Energéticos Mixtos Aplicaciones a Placas.
- Programas Comerciales. Manejo y cálculo aplicado a diversos elementos estructurales.

#### **V. Temas especiales de materiales estructurales**

##### **Objetivos:**

Profundizar y actualizar el conocimiento sobre los materiales estructurales en los distintos estados y sus composiciones y respuesta frente a distintas solicitudes especiales.

Abordar, conforme a las modernas tendencias internacionales, el conocimiento de la madera aserrada y encolada como material estructural.

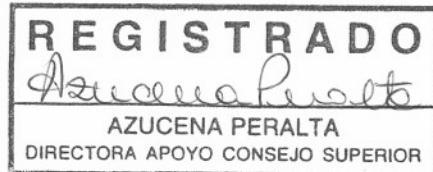
Discutir los últimos avances en materia de clasificación por resistencia y del establecimiento de clases resistentes con sistemas de equivalencia internacional.

Analizar los sistemas normativos e internacionales.

##### **Contenidos Mínimos**

- Materiales para la Ingeniería. El Hormigón. Cemento. Agregados. Aditivos. Dosificación del Hormigón. Hormigón fresco. Hormigón endurecido. Características reológicas del hormigón. Hormigones de características especiales. Comportamiento frente a solicitudes especiales. Control del hormigón. Materiales metálicos. El





Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

hormigón armado.

- Materiales compuestos.
- Características generales de la madera como material estructural, enfoque actual. La clasificación por resistencia, clasificación visual y clasificación mecánica. Los sistemas internacionales de clases resistentes y los sistemas de equivalencias. Características particulares de las especies reforestadas en nuestro país para uso estructural, últimos avances.

## VI. Inestabilidad del equilibrio

### **Objetivos:**

Desarrollar la teoría de la estabilidad del equilibrio basada en el planteo de las ecuaciones de equilibrio en la posición deformada de la estructura.

Mediante la teoría de la viga – columna, obtener las expresiones empleadas en el estudio de barras flexocomprimidas y póticos, incluyendo el planteo matricial. Extender el análisis a barras con comportamiento elástico y elastoplástico.

Estudiar el pandeo (abollamiento) de placas y cáscaras cilíndricas. Hacer amplia referencia a las disposiciones reglamentarias y dar ejemplos de aplicación a diversos tipos estructurales.

### **Contenidos Mínimos:**

- Equilibrio inestable de cuerpos rígidos. Planteo de la ecuación de equilibrio. Carga crítica.
- Teoría de la viga – columna. Ecuación diferencial general: cargas, deflexión inicial, condiciones de borde. Aplicaciones.
- Inestabilidad del equilibrio de barras. Ecuación diferencial. Autovalores y autovectores. Carga crítica de Euler. Bifurcación del equilibrio. Efecto P – Delta.



Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

- Pandeo inelástico de barras. Teoría de Engesser – von Karman. Resultados experimentales. Consideraciones reglamentarias.
- Casos especiales del pandeo de barras: pandeo torsional, pandeo lateral, anillos. Consideraciones reglamentarias y aplicaciones.
- Pandeo de placas planas. Ecuación diferencial. Consideración de diversas condiciones de borde. Aplicaciones a perfiles de paredes delgadas. Consideraciones reglamentarias y aplicaciones.
- Pandeo de cáscaras cilíndricas bajo diversas solicitudes: compresión axial, flexión, torsión, presión exterior. Consideraciones reglamentarias y aplicaciones.
- Pospandeo. Concepto general

## **VII. Viscoelasticidad aplicada a estructuras de hormigón**

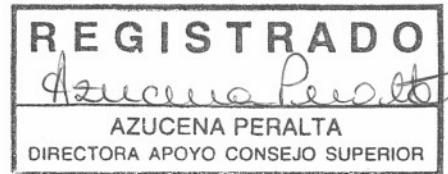
### **Objetivos:**

Desarrollar los fundamentos de la Viscoelasticidad mediante la introducción de los modelos reológicos. En particular, se aplica el modelo serie (Dischinger) a las estructuras de barras de hormigón armado y pretensado. Se demuestran y aplican los teoremas básicos de las estructuras hiperestáticas. Se hace una generalización mediante el planteo en términos de ecuaciones integrales. Todos los temas se ilustran con ejemplos que sirven para introducir métodos numéricos adecuados.

### **Contenidos Mínimos**

- Modelos reológicos. Elementos resorte y amortiguador. Modelos de Maxwell, Kelvin y del sólido típico. Ecuaciones diferenciales. Funciones de deformación diferida y de relajación. Proceso de carga y descarga. Aplicaciones.
- Reología del hormigón. Modelo serie. Efecto de envejecimiento. Funciones de deformación diferida y de relajación. Consideraciones reglamentarias. Aplicaciones.





Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

- Efectos reológicos en estructuras de hormigón armado. Columna corta. Barra pretensada. Vigas y estructuras aporticadas isostáticas. Cálculo de deflexiones y esfuerzos. Aplicaciones.
- Estructuras aporticadas hiperestáticas de hormigón armado. Teoremas de las cargas y de las deformaciones impuestas. Estructuras con vínculos elásticos. Estructuras construidas en etapas. Aplicaciones.
- Viga columna de hormigón armado. Losa de hormigón sobre solera elástica. Ecuación diferencial. Método de solución. Aplicaciones.
- Generalización de los modelos reológicos lineales. Funciones de deformación diferida y de relajación. Ecuaciones integrales. Método numérico de resolución. Analogía entre el problema elástico y el viscoelástico. Extensión a problemas tridimensionales. Teoremas y aplicaciones.
- Estabilidad de un cuerpo rígido montado sobre apoyos viscoelásticos. Aplicaciones.

### **VIII. Temas especiales de dinámica estructural**

#### **Objetivos:**

Se brindan las herramientas para enfrentar problemas especiales de dinámica que aparecen en la Ingeniería Estructural. La teoría de las vibraciones aleatorias es necesaria para interpretar adecuadamente los resultados de mediciones y la aplicación de disposiciones reglamentarias. La interacción de fluidos en movimiento y estructuras da lugar a fenómenos vibratorios aeroelásticos de gran importancia práctica. La aplicación de métodos computacionales especiales es parte esencial de este curso.



### **Contenidos Mínimos**

- Vibraciones aleatorias: conceptos probabilísticos, distribución normal, otras distribuciones, correlaciones.
- Análisis armónico: series e integrales de Fourier, espectros, densidad espectral, autocorrelación y correlación cruzada.
- Oscilador simple con solicitud aleatoria. Espectros de entrada y salida. Filtros. Aplicación de la Transformada Rápida de Fourier a la resolución de diversos casos.
- Medición de vibraciones aleatorias: valores medios cuadráticos de desplazamiento, velocidad y aceleración. Representación espectral. Frecuencias predominantes. Espectros de nivel en octavas y tercios de octavas.
- Aeroelasticidad: flujos laminar y turbulento, fuerzas sobre cilindros sólidos, empuje y sustentación, perfiles aerodinámicos.
- Acción del viento sobre las estructuras. Espectros de velocidad. Torbellinos de von Karman. Estudio del flameo y solución numérica de sus ecuaciones.
- Vibraciones originadas por el viento en chimeneas, tableros de puentes y edificios esbeltas. Solución numérica. Criterios de confort.

### **IX. Mecánica de suelos avanzada**

#### **Objetivo:**

Profundizar los conocimientos de un estudio geotécnico, los parámetros que debe contener como mínimo, para definir las fundaciones de las estructuras que están proyectando.

Se encarara la descripción de los métodos y equipos para extraer muestras, sus particularidades, los cuidados y precauciones a considerar al ejecutar ensayos



Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

programados, ajustar programas de acuerdo a los resultados que se obtengan y determinar la instrumentación de control.

Finalmente, a través de ensayos de laboratorio sobre las muestras extraídas, con toda la información recopilada se concretará las soluciones que puede brindar la mecánica de suelos para solucionar problemas.

### **Contenidos Mínimos**

- Análisis del problema. Determinación de cantidad, profundidad y distribución de prospecciones. Programación de trabajos, métodos, equipos humanos y materiales necesarios a disponer en campaña; logística, plan de trabajo, plazos.
- Prospecciones. Propósito, alcance, métodos y programas. Equipos de perforación, extracción de muestras de suelos y roca, sacatestigos, penetrómetros, ensayos normalizados. Detección de napas, nivel estático, ensayos, recuperación de muestras de agua. Necesidad de instrumentación, objetivos perseguidos, registro de las observaciones.
- Clasificación e identificación de los suelos. Separación por tamaños. Análisis granulométrico. Sedimentometría. Relaciones gravimétricas. Densidad y humedades relativas, sus influencias. Límites de consistencia, relaciones con los comportamientos y respuestas a esperar. Clasificación e identificación.
- Propiedades hidráulicas y mecánicas. Permeabilidad. Presiones neutras y efectivas. Gradiente hidráulico crítico. Consolidación. Teorías de la consolidación. Asentamientos. Características de deformación y rotura de los suelos en condiciones drenadas y no drenadas. Elección del ensayo adecuado a la estructura.
- Suelos Especiales. Normalmente consolidados y preconsolidados. Colapsable. Expansivos. Cementados. Residuales. Sensitivos. Formas de detectarlos mediante



Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

ensayos y posibilidad de utilización. Limitación de los riesgos. El fenómeno de licuefacción.

- Capacidad de carga. Sistema de fundación directa e indirecta. Pilares como transmisores de carga y como fundación profunda. Pilotes en suelo convencionales, flotantes, de tracción; pilotes en roca: apoyados, cincelados, empotrados. Relaciones fundamentales. Distribución de presiones. Deformaciones elásticas. Presiones de contacto. Coeficientes de reacción del terreno. Asentamientos.
- Teorías de empuje de tierras. Muros de contención. Tablestacados. Pantallas ancladas. Ataguías. Entibaciones. Excavaciones. Efecto arco en los suelos. Túneles. Estabilidad de taludes. Métodos de equilibrio límite. Procedimientos gráficos y numéricos de cálculo. Cargas cíclicas. Efectos sísmicos.

## X. Fundamentos del hormigón armado y postesado

### Objetivos:

Profundizar el análisis crítico de los criterios aplicados para evaluar el comportamiento en estado límite último y en servicio de barras, placas y chapas de hormigón armado y postesado sometidas a diversas acciones, con y sin linealidad estática.

Aplicación de reglamentos utilizados en el país en el proyecto y la ejecución de estructuras de hormigón armado y postensado.

Ánalisis de los fundamentos de los requerimientos con el fin de facilitar la aplicación de diversos reglamentos.

Utilización de la computación como herramienta para el diseño y desarrollo de documentación técnica.