



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**

**Facultad Regional Bahía Blanca**

Carrera: **INGENIERÍA ELÉCTRICA (Plan 1995) ADECUADO**

ASIGNATURA: <b>ESTABILIDAD</b>	<b>DOCENTES</b>
DEPARTAMENTO: <b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	PROFESOR ADJUNTO: <b>Ing. Claudia Andrea EGIDI</b>
NIVEL: <b>2°</b>	AYUDANTE: <b>Heber Daniel MENEZOZZI</b>
ÁREA: <b>COMPLEMENTARIA</b>	Modalidad: <b>Anual</b>
BLOQUE: <b>TECNOLOGÍAS BÁSICAS</b>	Carga Horaria Semanal: <b>4 (cuatro)</b>

### **FUNDAMENTACIÓN DE LA MATERIA**

El ingeniero (y particularmente el ingeniero eléctrico) en su ejercicio profesional trata con estructuras y dispositivos (por ejemplo máquinas) cuyo comportamiento en relación con sus características de rigidez, resistencia y estabilidad, debe comprobar y/o dimensionar. Esta materia aporta los conocimientos teóricos y los criterios prácticos básicos a tal fin. Los elementos estructurales deben ser realizados con un diseño apropiado, con el material correspondiente y con las dimensiones adecuadas que garanticen buenas condiciones de trabajo, con la finalidad de otorgar a los mismos la propiedad de resistencia mecánica.

El desenvolvimiento de la materia se basa en los conocimientos previos de FÍSICA I y ANÁLISIS MATEMÁTICO, en simultáneo con INTEGRACIÓN ELÉCTRICA II, para incluirse posteriormente en temas de CONSTRUCCIONES ELECTROMECAÑICAS, INSTALACIONES ELÉCTRICAS, MÁQUINAS ELÉCTRICAS, MANTENIMIENTO DE PLANTAS y otras.

### **OBJETIVOS DE LA MATERIA**

La enseñanza-aprendizaje que se imparte tiende a generar dentro del ingeniero, el objetivo de:

- Conocer los conceptos de estructura, cargas, acciones y deformaciones. Incentivar el desarrollo de la capacidad de los estudiantes para analizar una estructura isostáticamente sustentada, para determinar:
  - ✓ en un cuerpo rígido, las condiciones de equilibrio del sistema de fuerzas exteriores que actúa sobre el mismo,
  - ✓ en un sección cualquiera, los esfuerzos característicos que se producen,
  - ✓ en secciones de una barra, las tensiones que se generan y las deformaciones que estas originan,
  - ✓ el dimensionamiento de las secciones de una barra y su verificación.
- Comprender el concepto de especialidad de toda la estructura y los conceptos de equilibrio y estabilidad.
- Demostrar habilidad para realizar análisis de cargas y acciones, estudiar el equilibrio de sistemas planos y espaciales isostáticos y determinar solicitaciones en sistemas isostáticos.
- Incorporar conceptos de rigidez no infinita: pequeñas deformaciones e hipótesis simplificadoras.
- Comprender las leyes que gobiernan el estado elasto-resistente de los cuerpos aplicarlas a los distintos estados simples y combinados.
- Aplicar esos conceptos en situaciones cotidianas.

- Despertar curiosidad por los problemas estructurales generales y por los métodos prácticos de resolución mediante el uso de herramientas computacionales.

El curso trata de otorgar el conocimiento, dentro de los límites que indica el contenido de la materia, para que el estudiante alcance una capacidad técnica de resolver problemas sencillos inherentes a la aplicación de solicitaciones en estructuras lineales y el comportamiento de éstas frente a aquéllas, es decir, los efectos que se ejercen en los miembros estructurales por la aplicación de las cargas: estados de tensión y de deformación, su determinación y el dimensionamiento conforme a condiciones de resistencia apropiadas.

Abarca los conocimientos de la Estática del Sólido y de Resistencia de Materiales orientados a la aplicación en elementos y sistemas estructurales que pueden encontrarse en la actividad profesional de la Ingeniería en el ámbito de la especialidad. Conducir el aprendizaje, por parte de los alumnos, para que puedan vislumbrar claramente los campos de aplicación y sus límites de validez.

## ***CONTENIDOS DE LA MATERIA***

### ***PROGRAMA SINTÉTICO***

- 1.- Estática.
- 2.- Estudio de los sistemas vinculados.
- 3.- Característica geométrica de las secciones.
- 4.- Introducción a la resistencia de materiales.
- 5.- Tracción, compresión, torsión, flexión simple y compuesta. Ensayos.
- 6.- Estructuras reticuladas y columnas.
- 7.- Aplicaciones en soportes paredes, máquinas y elementos eléctricos. Fundaciones de máquinas para redes.

### ***PROGRAMA ANALÍTICO***

#### ***CICLO 1: ESTÁTICA***

#### ***UNIDAD 1: SISTEMA DE FUERZAS***

Estática: definición. Principios fundamentales de la Estática. Fuerzas externas e internas: objetivos de la Estática. Fuerza: concepto, características y representación. Representación analítica de fuerzas. Hipótesis de rigidez. Cuerpo rígido ideal y deformable. Sistemas de Fuerzas. Sistemas equivalentes. Reducción de Sistemas. Sistemas planos de fuerzas concurrentes: composición, descomposición y equilibrio. Sistemas espaciales de fuerzas concurrentes: composición, descomposición y equilibrio. Momento de una fuerza respecto a un punto. Representación vectorial. Teorema de Varignon. Momento de una fuerza respecto a un eje. Par o cupla de fuerzas. Sistema fuerza-par. Sistemas planos de fuerzas no concurrentes: reducción y equilibrio. Sistemas espaciales de fuerzas no concurrentes (gausos). Sistemas de fuerzas paralelas (planos y espaciales). Fuerzas distribuidas, reducción.

## ***UNIDAD 2: CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS SECCIONES***

Centro de masa. Sistema de masas en el espacio. Momento estático respecto a un punto y a un plano. Sistema de masa en el plano. Momento estático respecto a un eje. Centro de gravedad, centro de fuerzas, baricentro y centroide. Ejes centroidales. Momento estático y baricentro de áreas y líneas planas, simples y compuestas. Momentos de segundo orden de áreas: momentos axiales de inercia, momento polar de inercia, momento centrífugo. Radio de giro. Momento de inercia respecto a ejes paralelos: Teorema de Steiner. Momentos de segundo orden respecto a ejes del mismo origen. Ejes y momentos principales de inercia. Circunferencia de Mohr para momentos de segundo orden.

## ***UNIDAD 3: LA CHAPA VINCULADA***

Nociones de cinemática plana de elementos estructurales. Grado de libertad. Vínculos externos e internos: distintos tipos. Representación y simbolización. Realización material de vínculos. Reacciones vinculares: principios. Chapas vinculadas isostáticamente solicitadas por fuerzas activas y reactivas. Estados que pueden presentar los sistemas vinculados: Isostático, hiperestático, hipostático. Vinculación aparente. Vínculos estrictos y redundantes. Determinación de reacciones vinculares en sistemas isostáticos de una chapa: vigas simplemente apoyadas, pórticos y elementos empotrados. Cadenas cinemáticas abiertas y cerradas. Equilibrio en cadenas cinemáticas de chapas. Generación y análisis. Diagrama de cuerpo libre. Determinación de reacciones en sistemas compuestos isostáticos. Arco de 3 articulaciones.

## ***UNIDAD 4: ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS PLANAS DE ALMA LLENA***

Consideraciones generales. Esfuerzos internos. Justificación. Definiciones. Cálculo de los esfuerzos internos: M, Q y N. Convención de signos. Diagramas de los esfuerzos internos y sus variaciones en sistemas solicitados con cargas concentradas. Cargas distribuidas, carga estática equivalente. Diagramas para los esfuerzos internos y sus variaciones, en sistemas solicitados con cargas distribuidas. Principio de superposición de efectos. Relaciones entre las funciones M, Q, N y la intensidad de las cargas distribuidas. Aplicaciones.

## ***UNIDAD 5: ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS PLANAS RETICULADAS***

Concepto. Generación de reticulados planos. Condición de rigidez. Definición de reticulados simples, compuestos y complejos. Barra y nudo. Esfuerzos en las barras. Miembros de esfuerzo cero. Hipótesis de cálculo. Método de los nudos: procedimiento analítico (práctico). Método de las secciones: procedimiento analítico (Ritter).

## ***UNIDAD 6: ANÁLISIS DE CABLES***

Estática de cables. Concepto e hipótesis básicas. Configuraciones de equilibrio de cables. Cables cargados con fuerzas concentradas. Cables cargados con fuerzas distribuidas: análisis de cables uniformemente cargados por unidad horizontal de longitud (cable parabólico); análisis de cables homogéneos sometidos a peso propio con soportes a igual nivel (catenaria).

## ***CICLO 2: RESISTENCIA DE MATERIALES***

### ***UNIDAD 7: NOCIONES DE RESISTENCIA DE MATERIALES***

Sólidos deformables. Modos que las cargas solicitan a los cuerpos: cargas estáticas y dinámicas. Hipótesis básicas de resistencia de materiales. Concepto de tensión. Tensiones normales y tangenciales. Deformaciones. Deformaciones en una partícula. Relaciones entre tensiones y deformaciones. Ley de Hooke. Módulo de elasticidad longitudinal y transversal. Relación de Poisson. Estados de sollicitación.

### ***UNIDAD 8: SOLICITACIÓN AXIL***

El ensayo de tracción y compresión. Diagrama convencional y real de tensiones. Propiedades mecánicas de los materiales. Influencia de la temperatura. Tensión de trabajo. Coeficiente de seguridad. Tensión admisible. Estado de sollicitación normal o axial. Cálculo de barras prismáticas con esfuerzo normal constante. Sistemas hiperestáticos de tracción y compresión. Influencia de la temperatura en un sistema hiperestático.

### ***UNIDAD 9: SOLICITACIÓN POR TORSIÓN***

Definición. Ecuaciones de equivalencia de aplicación. Hipótesis de Coulomb. Torsión en secciones circulares llenas. Tensiones tangenciales existentes. Angulo específico de torsión. Fórmulas de aplicación. Expresión de las tensiones tangenciales. Diagrama de tensiones tangenciales. Secciones circulares huecas. Fórmula de las tensiones tangenciales. Diagrama de las tensiones tangenciales. Tubos de pared delgada. Formula de Bredt. Aplicaciones.

### ***UNIDAD 10: SOLICITACIÓN POR FLEXIÓN DE BARRAS DE EJE RECTO***

Flexión simple normal. Definición. Ecuaciones de equivalencia de aplicación. Hipótesis de Cálculo. Bernoulli-Navier. Línea de fuerza. Eje neutro. Su posicionamiento. Fórmula de las tensiones normales. Diagrama. Módulo resistente de la sección. Dimensionamiento de secciones. Deformaciones en flexión simple normal. Ecuación fundamental. Ecuación diferencial de la línea elástica. Flexión simple oblicua. Definición. Ecuaciones de equivalencia de aplicación. Hipótesis. Eje neutro. Su determinación. Fórmula de las tensiones normales.

### ***UNIDAD 11: SOLICITACIÓN POR FLEXIÓN Y CORTE***

Definición. Ecuaciones de equivalencia de aplicación. Hipótesis. Tensiones rasantes longitudinales. Teoría de Jouravski-Collignon. Tensiones tangenciales en secciones rectangulares y perfiles doble "T". Diagrama.

### ***UNIDAD 12: PANDEO EN PIEZAS RECTILÍNEAS***

Formas estables e inestables del equilibrio para barras comprimidas. Fórmulas de Euler para la carga crítica. Influencia del tipo de vinculación de la barra. Campo de aplicación de la fórmula de Euler.

Las clases se organizan en la caracterización teórico-prácticas con soporte de presentaciones digitales. En las clases se presentan los contenidos teóricos y se van resolviendo en forma conjunta ejemplos que ayudan a comprender y aplicar los conocimientos. Como parte de la actividad práctica se resuelven ejercicios relacionados con los temas teóricos en curso y se realizan siguiendo una guía práctica determinada. La Modalidad del espacio es la de Aula Taller, donde se desarrolla el citado carácter teórico práctico por considerarse el ámbito más apropiado para el desarrollo de los contenidos del espacio curricular. Las experiencias a realizar permitirán una visualización de los conceptos, que sean de fácil dominio por parte de los estudiantes y que permitan generar instancias de trabajo colaborativo, ejercitación individual, interacción con la Cátedra y entre alumnos. Se recomienda a los alumnos tener visto anticipadamente el tema a desarrollar. El alumno tiene a su disposición en el aula virtual de la materia, para para casi todas las unidades temáticas presentaciones PowerPoint preparadas por la cátedra, que se complementan con la clase teórica y la ayuda del personal (profesor y ayudante de trabajos prácticos). El alumno además consultará la bibliografía a la que tenga acceso.

- 1- Se reflexionará, desde el punto de vista *conceptual*, sobre las posibilidades de cada método o estrategia utilizada para resolver problemas relacionados con la Estabilidad y la Resistencia de Materiales que se enseñe en clase, de manera que realizar la labor docente implica ayudar a "comprender-apropiar-incorporar reflexivamente" los contenidos.
- 2- Desde el punto de vista *operativo*, el docente realizará una clase expositiva con el fin de que los alumnos comprendan, según el punto de vista del mismo docente cuáles son los aspectos relevantes del tema tratado y por qué será útil para un Ingeniero conocer su manejo. Una vez finalizada la clase expositiva, se propondrán una serie de actividades en forma de ejercicios prácticos, con el fin de estudiar en manera particular casos representativos del tema específico tratado a fin de consolidar los conceptos aprendidos en clase. Ejercitación individual y/o grupal por parte de los alumnos de casos similares realizados en clases. Como apoyo a las realizaciones prácticas se dispone de una GUIA DE TRABAJOS PRÁCTICOS.
- 3- Se le pide que *aplique* los conocimientos adquiridos en clase en los parciales que se tomarán durante el año.

Los trabajos prácticos no tendrán obligatoriedad en su totalidad, pero sí lo tendrán algunos ejercicios propuestos. Con esta obligatoriedad se buscará el compromiso del estudiante con la disciplina, junto con la preparación para las clases subsiguientes. Tales prácticos tienen el objetivo de fortalecer el área de los conocimientos mecánicos enfocados a través del equilibrio de los sistemas y su dimensionamiento.

Se promoverá en los alumnos:

Tanto la conceptualización de los aspectos físicos fundamentales, orientados a la Estática y Resistencia de Materiales; como la capacitación para hacer uso de conceptos matemáticos fundamentales. La asociación, conexión e integración de los aspectos teóricos con aquellos prácticos, priorizando la realización de ejercicios que promuevan el uso de las aptitudes de inducción, deducción y analogía.

## COMPETENCIAS GENÉRICAS

- *Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.* Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Eléctrica.
- *Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.* Identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles y utilizar y/o supervisar la utilización de las mismas.
- *Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.* Se plantean actividades grupales con la finalidad de que el estudiante pueda identificar las metas y responsabilidades individuales y colectivas y actuar de acuerdo a ellas; reconocer y respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos y asumir responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo.
- *Comunicarse con efectividad.* Producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.).
- *Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social.*
- *Aprender en forma continua y autónoma.*

## EVALUACIÓN. RÉGIMEN DE CURSADA. PROMOCIÓN

En lo personal:

Es permanente en el aspecto actitudinal:

- Responsabilidad
- Trabajo (individual y grupal)
- Calidad (precisión)

En lo técnico:

Se tomarán tres exámenes parciales y sus correspondientes recuperatorios. Los exámenes parciales constarán de dos partes, una *parte práctica* que consistirá en un conjunto de ejercicios de complejidad similar a los desarrollados en las clases prácticas y una *parte teórica* en la que el alumno deberá demostrar haber aprendido los conceptos fundamentales de la materia sobre los cuales se lo interroga, tales como fuerza, momento, reacción de vínculo, esfuerzo característico, equilibrio, estabilidad, etc. Las fechas de estos exámenes se arreglarán con los alumnos durante el transcurso del año, atentos a que los estudiantes cursan otras materias en forma conjunta. El primer examen parcial se tomará una vez desarrollados los 5 primeros trabajos prácticos, el segundo una vez desarrollados los trabajos prácticos 6 al 8, y el tercero una vez desarrollados los trabajos prácticos 9 al 12.

Para algunas unidades temáticas se implementaran en el aula virtual cuestionarios que el alumno deberá responder dentro de los plazos estipulados en cada uno de ellos (actividad de trabajo virtual asincrónico sobre la plataforma oficial Moodle-UTN). Además, de cada una de las Guías de Trabajos Prácticos serán seleccionados problemas de entrega obligatoria.

Para *promocionar* la materia en forma directa durante el cursado, los alumnos deberán aprobar los tres exámenes parciales *completos*, parte práctica y parte teórica. Por otro lado deberán aprobar cada uno de los cuestionarios y los problemas seleccionados de entrega obligatoria. En todos los casos la nota de aprobación será 6 o más. Para tener derecho a la aprobación directa el alumno deberá aprobar en primera instancia al menos dos de los tres exámenes parciales, debiendo aprobar el faltante en la instancia recuperadora. En caso de aprobar ambas partes de los tres exámenes parciales, los cuestionarios y los problemas seleccionados de entrega obligatoria el alumno accede a la APROBACION DIRECTA de la materia. La calificación definitiva de aprobación directa se expresará en número entero y será el promedio de todas las notas obtenidas; en caso de promedios con decimales se redondeará al valor más próximo.

Para *cursar* la materia los alumnos deberán aprobar la *parte práctica* correspondiente a los tres exámenes parciales con nota mayor o igual a 6, ya sea en la etapa inicial o en la instancia recuperadora. Deberán además tener aprobados los problemas seleccionados de entrega obligatoria. En este caso, para promocionar la materia tendrán que rendir un examen final teórico y práctico, y obtener una nota mayor o igual que seis, en las fechas estipuladas por la universidad para exámenes finales.

Este método se anuncia en la primera clase y se reitera en el transcurso.

### **ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL**

Dado que el Plan de Estudios de Ingeniería Eléctrica tiene una sola asignatura referente al cálculo de estructuras, es necesario brindar al alumno los fundamentos que le permitan el abordaje de los conceptos de equilibrio, fuerzas (Estática) y estados tensionales (Resistencia de Materiales). Se pretende que el alumno posea una visión global del comportamiento de los cuerpos sometidos a cargas, es decir, que sea posible para él comprender el funcionamiento del fenómeno estructural con el fin de elegir la mejor tipología a utilizar en un proyecto de Ingeniería Eléctrica.

Atendiendo el objetivo de realizar una integración de conocimientos en forma horizontal, relaciona los contenidos de algunas de las asignaturas que se dictan en forma simultánea durante el segundo año, como son Análisis Matemático II y la asignatura integradora Integración Eléctrica II, asignatura que incorpora vocabulario específico y presenta problemas básicos relacionados con la Ingeniería Eléctrica, sirviendo de apoyo a todas las asignaturas de tecnologías básicas y aplicadas.

La materia se enmarca en el área de asignaturas complementarias por lo que los alumnos tienen conocimientos ya adquiridos de ciencias básicas como Álgebra y Geometría Analítica, Física I y Análisis Matemático I, materias con las que articula hacia abajo. La articulación vertical hacia arriba es con las asignaturas tecnológicas específicas en las que estudiarán los mecanismos y sistemas que el ingeniero encontrará a lo largo del ejercicio de su profesión, en particular con las asignaturas de Máquinas Térmicas, Hidráulicas y de Fluidos y Generación, Transmisión y Distribución de la Energía Eléctrica.

### **BIBLIOGRAFÍA BÁSICA**

- “Mecánica Vectorial para Ingenieros – Estática”, Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston, Elliot R. Eisenberg, Edit. Mc. Graw Hill, 2007.
- “Mecánica Vectorial para Ingenieros – Estática”, Russell C. Hibbeler, Pearson, 2004.
- “Mecánica de materiales”, Russell C. Hibbeler, Pearson, 2006.
- “Resistencia de Materiales”- Timoshenko, James M Gere. 5ta Edición, Editorial Thomson, 2005.

### **BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA**

- “Temas de estabilidad. Estática” – Ing Claudio A. Molanes – Editorial Answer Just in Time SRL– Buenos Aires – 2007.
- “Estabilidad, Primer Curso” – Ing. Enrique D. Fliess – Editorial Kapelusz – Buenos Aires – 1970.
- “Introducción a la Estática y Resistencia de Materiales” – Ing. César M. Raffo – Editorial Alsina– Buenos Aires – 2002.
- “Estática Aplicada” Ing. Raúl Salvador Llano. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ingeniería. Argentina, 1999.
- “Teoría de las Estructuras” – Timoshenko y Young – Urmo S.A. Ediciones – Bilbao, España – 1981.
- “Ciencia de la Construcción” Tomos I y II. Odone Belluzzi. Editorial Aguilar. España, 1967.
- “Ingeniería Mecánica. Estática”- R.C. Hibbeler. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México, 1995