

Estabilidad II. Análisis de cátedra (2022)

Dr. Víctor H. Cortínez y Dra. Patricia N. Dominguez

I) Análisis de los contenidos

Los contenidos de la asignatura corresponden a la teoría matemática de la mecánica de los sólidos deformables, con especial énfasis en aquellos cuyas propiedades constitutivas puedan ser representadas como elásticas (al menos en forma aproximada). Los modelos matemáticos presentados en dicha asignatura tienen por finalidad servir como herramientas interpretativas y predictivas para utilizar en el diseño estructural, e particular en aplicaciones de ingeniería mecánica.

Se abordan 5 temas fundamentales: a) Resistencia de Materiales avanzada, b) Teoría de Elasticidad, c) Dinámica Estructural, d) Modelos de Falla Estructural, e) Solución Computacional mediante el Método de los Elementos Finitos.

- a) **Resistencia de Materiales avanzada:** se analiza dicha temática como repaso de conceptos vistos en Estabilidad I aunque desde un punto de vista más general que permite, por un lado, comprender más fácilmente los tópicos asociados a la teoría tridimensional de la elasticidad, y por el otro una más fluida introducción de la teoría de la dinámica estructural y estabilidad elástica.

Consiste fundamentalmente en tratar el problema mediante la formulación de las ecuaciones diferenciales unidimensionales gobernantes con sus correspondientes condiciones de borde. Debido a la estructura matemática simple de dicha teoría es posible resolver algunos casos en forma analítica y comprender claramente el rol de las diferentes condiciones de borde así como la relación entre las ecuaciones diferenciales básicas y otros métodos prácticos tales como el método de las fuerzas. A pesar de su simplicidad es un tema de interés práctico bien establecido considerando que una gran cantidad de problemas de diseño pueden ser abordados con la ayuda de tales modelos. Asimismo se pueden utilizar métodos computacionales para resolver problemas de mayor complejidad relacionados con la mecánica de barras.

- b) **Teoría de la Elasticidad:** abarca los temas clásicos de tal teoría haciendo especial énfasis de la estructura matemática del problema con relación a las aplicaciones reales. Para ello se utiliza especialmente la formulación de Navier. En esta forma resulta fácil interpretar su estructura mediante la simplificación al caso unidimensional analizado en el tópico anterior. Esta formulación también permite comprender más claramente los fundamentos del Método de los Elementos Finitos (en la formulación de desplazamientos) que es la más utilizada en la práctica de la ingeniería estructural.

Se analizan algunos problemas académicos y prácticos mediante soluciones analíticas clásicas. Sin embargo, el enfoque en esta asignatura se concentra en la obtención de resultados numéricos a través de un programa computacional basado en el Método de los Elementos Finitos así como en la correcta interpretación de los resultados.

Este enfoque no está limitado por dificultades analíticas lo cual lo hace especialmente apto para que el estudiante explore por sí mismo ciertas situaciones de complejidad a los efectos de su mayor comprensión. Por ejemplo,

mediante ejercitación computacional es muy sencillo entender los conceptos de concentración de tensiones en lugares con cambios geométricos bruscos.

Por otra parte, con tal enfoque los estudiantes pueden abordar problemas prácticos reales de la ingeniería mecánica.

- c) **Dinámica Estructural:** resulta ser un tema de especial interés en aplicaciones de ingeniería mecánica debido a la naturaleza dinámica de las cargas que aparecen en elementos mecánicos, los cuales en general están dotados de movimiento.

Se parte de conceptos básicos que se estudian simultáneamente en la asignatura Mecánica Racional, tales como la formulación de sistemas dinámicos de 1 ó 2 grados de libertad. Se analizan conceptos tales como vibración libre y forzada, frecuencias y modos de vibración, amplificación de respuesta y resonancia. Luego se generalizan estos resultados para abordar la dinámica del continuo mediante la modificación de las ecuaciones gobernantes previamente analizadas para casos estáticos. Se resuelven problemas prácticos mediante el uso de un programa de elementos finitos.

- d) **Modelos de Falla Estructural:** tales modelos permiten evaluar, a partir del estado tensional generado a través de las soluciones de las ecuaciones planteadas, si en algún punto dado de la estructura el material presenta una falla que deteriora sus condiciones de uso. Se presentan criterios de falla estática para materiales frágiles y dúctiles y también análisis de falla debida a fatiga (luego de haber analizado la dinámica estructural). Tales modelos, en definitiva, son los que permiten evaluar si la estructura analizada puede verificar con suficiente seguridad su función establecida.

- e) **Método de los Elementos Finitos:** como se ha mencionado se utiliza un programa basado en tal método como una herramienta para comprender más profundamente ciertos fenómenos específicos así como un instrumento que permite la resolución de las ecuaciones gobernantes para casos prácticos. Este último aspecto no es menor en vista de la consideración de que un futuro ingeniero mecánico dedicado al diseño utilizará, muy probablemente, algún programa basado en tal metodología.

Si bien un tratamiento de este método excede el alcance de la asignatura, por lo menos, los conceptos básicos pueden introducirse a partir de los contenidos presentados en la misma.

Por otra parte se presenta la metodología de la utilización de un programa computacional (FlexPDE) en el cual el problema a resolver se define mediante las apropiadas ecuaciones diferenciales y condiciones de borde. Este tipo de sintaxis es especialmente apta para su uso como instrumento didáctico de la asignatura.

II) Análisis de la metodología de cursado

El curso consiste en el dictado de clases teóricas complementadas con clases prácticas destinadas a brindar al estudiante una mejor comprensión teórica así como también a incrementar sus habilidades en la resolución de los problemas prácticos. Desde un punto de vista formal, la cantidad de clases teóricas y prácticas es aproximadamente la misma haciéndose hincapié en el hecho de que la teoría y la práctica corresponden a una división meramente formal de los contenidos. Por lo tanto, se insta a los estudiantes a estudiar la asignatura considerando simultáneamente estos dos aspectos.

Se pretende que el estudiante comprenda claramente las variables involucradas en una situación práctica y sepa formular el correspondiente problema de contorno asociado. Se propende a tal formulación en conjunto con la solución computacional del problema y el correcto análisis de los resultados numéricos. Las clases teórico-prácticas son complementadas con clases de consulta por parte de los docentes de la cátedra.

Además de las clases presenciales, se pondrá a disposición de los estudiantes material bibliográfico y clases filmadas (en general con la ayuda de herramientas de presentación tales como Power Point) que pueden consultar de acuerdo a sugerencias e indicaciones que se les facilitarán. Esto se realizará a través del Aula Virtual, donde además se comunicará la organización del curso (incluyendo programa, cronograma y avisos). Las eventuales consultas virtuales adicionales se darán mediante el sistema de video conferencias Zoom.

El trabajo práctico computacional requerido en el curso se realizará mediante un programa que, en su versión básica, los estudiantes pueden obtener en Internet de manera gratuita.

Por supuesto, la metodología señalada está sujeta a modificaciones ante la incertidumbre de calendario oficial debido a las disposiciones de las autoridades competentes, y atendiendo a posibles dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje debidas a la presente situación de emergencia.

III) Análisis sobre la articulación horizontal y vertical

Prerrequisitos: a efectos de la correcta comprensión de la asignatura el estudiante necesita conocer aspectos temáticos brindados en materias de niveles inferiores. Pueden mencionarse los siguientes tópicos: 1) Conceptos básicos de elasticidad, 2) presión, 3) noción de tensiones variables, 4) resolución de problemas isostáticos de vigas, 5) idea general del concepto de hiper-estaticidad, 6) cálculo diferencial e integral, 7) conocimientos básicos sobre ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales (ecuación del calor, ecuación de ondas).

Asimismo se espera que el estudiante posea una adecuada capacidad de abstracción de conceptos y de comprensión de terminología técnica y autonomía para la lectura y comprensión de textos específicos.

Los tópicos 1) y 2) corresponden a contenidos que se presentan en Física I, los tópicos 3), 4) y 5) corresponden al programa de Estabilidad I, el 6) a Análisis Matemático I y el 7) a Análisis Matemático II.

Por otra parte, se espera que el resto de las capacidades mencionadas sean adquiridas como aspectos inherentes de la formación impartida en la totalidad de las asignaturas del primer y segundo nivel de la carrera.

Integración horizontal: se comparten ciertos contenidos con asignaturas ubicadas en el mismo nivel, en particular pueden citarse los siguientes temas: 1) vibración de sistemas discretos, 2) formulación matemática de problemas técnicos, 3) propiedades básicas de algunas ecuaciones diferenciales de la física matemática, 4) Métodos numéricos para la resolución de ecuaciones diferenciales.

Los temas 1) y 2) se presentan también en Mecánica Racional. Los temas 2) a 4) se enseñan en Cálculo Avanzado.

En la cátedra se llama la atención a tales tópicos a los efectos de que puedan integrar el aprendizaje impartido en las materias mencionadas.

Integración vertical ascendente: por otra parte existe una articulación temática entre los contenidos de esta asignatura y los correspondientes a niveles superiores. En

particular la asignatura Elementos de Máquinas utiliza como aspecto inherente a la misma los conceptos de Estabilidad II. De la misma manera la asignatura Mecánica de los Fluidos se utilizan conceptos generales de mecánica del continuo así como la herramienta de elementos finitos utilizada en la presente materia. Finalmente es posible mencionar la materia electiva Cálculo en Ingeniería Mecánica mediante Elementos Finitos se basa en aspectos teóricos dictados en Estabilidad II.

En el cursado de la presente materia se llama especialmente la atención sobre esta relación.

IV) Modalidad de evaluación

Para la evaluación de los estudiantes se toman tres exámenes parciales escritos con calificación: aprobado o desaprobado.

Aquellos alumnos que no aprueben tales instancias tendrán que rendir un examen complementario por cada parcial desaprobado.

Asimismo, se tomará un cuestionario de temas conceptuales básicos cada 15 días.

Los estudiantes deberán aprobar el 60% de los cuestionarios en cada cuatrimestre. De no lograrlo deberán un nuevo cuestionario de recuperación o presentar ciertos trabajos prácticos a pedido de la cátedra.

Los alumnos que aprueben los tres exámenes parciales (o los correspondientes exámenes complementarios) quedan en condiciones de rendir el examen final.

Asimismo, tienen la posibilidad de rendir un coloquio integrador, en el cual se evaluarán todos los temas que se hayan dictado de manera efectiva durante el cursado.

Aquellos alumnos que obtengan 6 o más, aprueban la asignatura quedando eximidos del examen final.