

## PROGRAMA ANALÍTICO

**FACULTAD: INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO: MECÁNICA**

**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**

**PLAN DE ESTUDIO: 2005**

**MODALIDAD DE CURSADO: PRESENCIAL**

**ORIENTACIÓN:**

**ASIGNATURA: ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

**CÓDIGO: 0330**

**DOCENTE RESPONSABLE:**

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Rodolfo Miguel Duelli	Ingeniero Mecánico Electricista	Profesor Asociado	Exclusiva

**EQUIPO DOCENTE:**

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Marcos L. Verstraete	Dr. Ciencias de la Ingeniería	Ayudante de Primera	Exclusiva

**AÑO ACADÉMICO: 2020**

**CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Obligatoria**

**RÉGIMEN DE LA ASIGNATURA: Cuatrimestral**

**UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 1° CUATRIMESTRE DE 4° AÑO**

**RÉGIMEN DE CORRELATIVIDADES:**

Aprobada	Regular
318	325
326	
328	

**ASIGNACIÓN DE HORAS:**

Horas Totales		(75 h.)
Semanales		(5 h.)
Teóricas		(30 h.)
Prácticas	Resolución de problemas	(20 h.)
	Laboratorio	(10 h.)
	Proyecto	(15 h.)
	Trabajo de campo	(... h.)
Teórico-Prácticas		(... h.)

## **FUNDAMENTACIÓN DE LOS OBJETIVOS, CONTENIDOS, PROPUESTA METODOLÓGICA Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA:**

### **FUNDAMENTACIÓN:**

Desarrollar los métodos de ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS de barras en régimen elástico lineal bajo cargas estáticas y dinámicas.

Aplicar estos métodos a la solución de problemas habituales en Ingeniería Mecánica

### **OBJETIVOS PROPUESTOS:**

#### **COMPETENCIAS:**

- o **Competencias genéricas:**
- o **Competencias específicas:**

1. Desarrollar los principios energéticos y trabajos virtuales para derivar los métodos generales de cálculo.

2. Desarrollar brevemente como introducción al "Análisis Estructural" los métodos de análisis basados en las ecuaciones de compatibilidad (método de las fuerzas), y en las ecuaciones de equilibrio (método de rigidez).

3. Desarrollar el "Método de Rigidez" como herramienta habitual de cálculo por computadora.

4. Estudiar "Dinámica Estructural", como introducción a vibraciones mecánicas, respuesta a cargas dinámicas, vibraciones aleatorias, etc., calculando la respuesta de estructuras excitadas dinámicamente por Integración Numérica, Descomposición Modal y Respuesta en Frecuencia.

5. Capacitar al estudiante para analizar cualquier estructura de barras reconociendo:

a) Los distintos tipos de estructuras de barras, las variables que intervienen y la modelización adecuada.

b) Las cargas actuantes.

c) El carácter dinámico o estático de un problema

y determinando:

e) El desplazamiento en cualquier punto.

f) Los esfuerzos internos en cualquier sección.

Se considera importante que el estudiante complemente los conocimientos teóricos con el uso de herramientas computacionales de cálculo, por ello se ha puesto a disposición de los estudiantes varios

programas (software) libre bajo licencia GNU, que son utilizados para resolver problemas y para contrastar los resultados de los trabajos prácticos resueltos en forma manual.

## **EJES TEMÁTICOS ESTRUCTURANTES DE LA ASIGNATURA Y ESPECIFICACIÓN DE CONTENIDOS:**

### **PRIMERA PARTE - PROBLEMAS ESTÁTICOS**

#### **CAP. 1 - ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

1. Tipos de estructuras de barras y modelos de análisis.
2. Ecuaciones para el análisis de sólidos deformables.
3. Generalidades de la estática de sistemas deformables.
4. Objeto de análisis estructural. Solución completa del problema del análisis estructural.
5. Los dos grandes métodos de cálculo: Método de las Fuerzas y Método de la Rigidez.

#### **CAP. 2 - ENERGÍA INTERNA DE DEFORMACIÓN. PRINCIPIO DE LOS TRABAJOS VIRTUALES**

1. Energía interna de deformación en sólidos elásticos (E.I.D.).
2. Aplicaciones del postulado "trabajo externo igual a la E.I.D."
3. Principio de trabajos virtuales en sólido deformables (P.T.V.). Teorema de reciprocidad.
4. Cálculo de desplazamientos aplicando el del P.T.V.

#### **CAP. 3 - PRINCIPIOS DE MÍNIMA ENERGÍA POTENCIAL**

1. Principio de mínima energía potencial complementaria (P.M.E.P.C.). Teorema de Castigliano. Teorema de Menabrea.
2. El Método de las Fuerzas como aplicación del P.M.E.P.C.
3. Principio de mínima energía potencial total (P.M.E.P.T.).
4. El Método de Rigidez como aplicación del P.M.E.P.T.

#### **CAP. 4 - INTRODUCCIÓN AL MÉTODO DE RIGIDEZ - RETICULADOS**

1. Reticulados. Relaciones cinemáticas para barras de reticulados.
2. Reticulados. Matriz de rigidez de una barra. Matriz de rigidez del conjunto.
3. Esfuerzos en las barras y reacciones de apoyo en reticulados.

#### **CAP. 5 - MÉTODO DE RIGIDEZ. PÓRTICOS PLANOS**

1. Matriz de rigidez de una barra prismática. Matriz de rigidez del conjunto.

2. Determinación de esfuerzos y reacciones de apoyo.
3. Carga en el interior de un tramo.
4. Efectos térmicos. Desplazamientos prefijados. Defectos de montaje.

## **CAP. 6 - MÉTODO DE RIGIDEZ. TEMAS COMPLEMENTARIOS**

1. Emparrillado plano. Pórticos tridimensionales.
2. Estructuras simétricas. Cargas simétricas y antisimétricas. Partición en subestructuras.

## **SEGUNDA PARTE - DINÁMICA ESTRUCTURAL y VIBRACIONES MECÁNICAS**

### **CAP. 7 - GENERALIDADES – RESPUESTA DE UN OSCILADOR SIMPLE**

1. Respuesta a cargas variables en el tiempo. Importancia de la masa en los problemas dinámicos.
2. Fuerzas disipativas. Características dinámicas de una estructura.
3. Oscilador simple. Vibraciones libres. Excitación periódica.
4. Oscilador simple. Integral de Duhamel. Integración Numérica.

### **CAP. 8 - VIBRACIONES LIBRES EN SISTEMAS DE MÚLTIPLES GRADOS DE LIBERTAD**

1. Grados de libertad dinámico y equilibrio dinámico. Matriz de rigidez condensada.
2. Vibraciones libres. Vibraciones libres-libres.
3. Modos de vibrar y sus propiedades.
4. Determinación práctica de modos y frecuencias.

### **CAP. 9 - MÉTODO DE RESPUESTA EN EL TIEMPO**

1. Método de descomposición modal.
2. Integración directa de las ecuaciones dinámicas.
3. Excitación dinámica por movimiento de apoyos.

### **CAP. 10 - MÉTODO DE RESPUESTA EN FRECUENCIA**

1. Introducción al Método de Respuesta en Frecuencia. Generalidades.
2. Propiedades de la transformada discreta de Fourier. Transformada rápida de Fourier.
3. Respuesta en Frecuencia para un grado de libertad dinámico.
4. Respuesta en Frecuencia para múltiples grado de libertad dinámico.

## **FORMAS METODOLÓGICAS:**

Los contenidos se desarrollan principalmente en clases teórico-prácticas.

1. **Período de clases:** está fijado por el Calendario de Actividades Académicas de Grado aprobado por el C.D. Generalmente se asigna para el semestre una duración de 15 semanas.

La Cátedra publica en el cronograma de actividades los horarios de clase, las fechas de los parciales, y del recuperatorio.

2. **Clases semanales:** la asignatura tiene asignadas 5 hs semanales que las distribuye en dos clases de 2:30 hs cada una.
3. **Ejercitación práctica:** en cada clase se asignan problemas. A los problemas el estudiante los debe entregar resueltos en la clase siguiente. Los prácticos se realizan en hojas tamaño A4; respetando los márgenes. En la parte superior lleva el nombre de la asignatura, el número del trabajo práctico y el nombre del estudiante. Si son varias hojas deben ir abrochadas. Una vez controlado, el trabajo es devuelto al estudiante. Si el práctico no satisface las condiciones mínimas de presentación o se incurren en errores conceptuales groseros, el práctico es reprobado. Los trabajos deben ser resueltos en forma individual. Los trabajos resueltos en grupo son reprobados.
4. **Horario de consulta:** los horarios de consulta son establecidos en el primer día de clase y se publican en el programa donde figuran los nombres de los docentes y el lugar de las mismas.

### **PROGRAMAS Y/O PROYECTOS PEDAGÓGICOS E INCLUSIVOS:**

No se contemplan en el presente ciclo lectivo.

### **CRONOGRAMA TENTATIVO DE CLASES Y PARCIALES Y NÓMINA DE TRABAJOS PRÁCTICOS:**

#### **CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:**

ANÁLISIS ESTRUCTURAL (Cod. 330)		CRONOGRAMA 2020	
Fecha	Día martes de 16 hs a 19 hs. Aula 18 – Pab. 4	Fecha	Día Jueves de 16 hs a 19 hs. Aula 109 – Pab. 2
10/3	Prob Diagnostico Estática y R. de M. Prob. de Estática de los sistemas deformables.	12/3	Teórico Cap. 1. Análisis Estructural. Teórico Cap. 2. Energía Interna de Deformación. Tema 2.1 y 2.2.
17/3	Práctico Cap. 1. Tema: 2 y 5. Práctico Cap. 2. Tema 2.	19/3	Teórico Cap. 2. Principio de los Trabajos Virtuales. Calculo de desplazamiento.
24/3	<b>FERIADO</b>	26/3	Práctico Cap. 2. Calculo de desplazamiento aplicando el principio de los trabajos virtuales.

31/3	Teórico – Práctico Cap. 3. Principios de Mínima Energía Potencial. PMEPC y PM.PT.	02/4	<b>FERIADO</b>
07/4	Teórico Cap. 4. Met. Rigidez. Reticulados.	09/4	<b>FERIADO</b>
14/04	Práctico Cap. 4. Met. Rigidez. Reticulados Planos.	16/04	Método de Rigidez. Portico Plano.
21/4	Practico: Método de Rigidez. Portico Plano.	23/4	Teórico Cap. 5. Pórticos Planos. Carga en el interior de los tramos. Efecto Térmico. Desplazamiento Prefijado.
28/4	Practico Cap. 5. Pórticos Planos. Carga en el interior de los tramos. Efecto Térmico. Desplazamiento Prefijado.	30/4	Práctico Cap. 5. Pórticos Planos. Carga en el interior de los tramos. Efecto Térmico. Desplazamiento Prefijado.
05/5	<b>1ER PARCIAL. Problemas Estáticos. Examen practico conceptual.</b>	07/5	Teórico Cap. 7. Temas: 1 y 2. Respuestas a cargas variables en el tiempo. Fuerzas disipativas. Oscilador simple.
12/5	Práctico Cap. 7. Temas: 3 y 4. Oscilador simple. Integral de Duhamel.	14/5	Teórico Cap. 8. Vibraciones Libres en Sistemas Múltiples GLD.
19/5	Práctico Cap. 8. Tema: 4. Determinación práctica de modos y frecuencias. (Programa PORTI).	21/5	Teórico Cap. 9. Método de respuesta en el tiempo. Descomposición modal.
26/5	Práctico Cap. 9. Método de Descomposición Modal.	28/5	Práctico Cap. 9. Método de Descomposición Modal.
02/6	Teórico Cap. 9. Excitación dinámica por movimiento de apoyos.	04/6	Práctico Cap. 9. Excitación dinámica por movimiento de apoyos.
09/6	Teórico - Práctico Cap. 10. Método de Respuesta en Frecuencia.	11/6	Teórico - Práctico Cap. 10. Método de Respuesta en Frecuencia.
16/6	Práctico Cap. 10. Método de Respuesta en Frecuencia.	18/6	<b>2DO PARCIAL. Dinámica Estructural y Vibraciones. Examen práctico conceptual.</b>
23/6	<b>3ER PARCIAL Teórico.</b>	26/6	<b>RECUPERATORIO: 1ER PARCIAL y 2DO PARCIAL.</b>

### NOMINA DE TRABAJOS PRÁCTICOS:

Trabajo Practico N° 1: Diagnostico Estática y R. de M. Prob. de Estática de los sistemas deformables.

Trabajo Practico N° 2: Energía Interna de Deformación. Calculo de desplazamiento aplicando el principio de los trabajos virtuales.

Trabajo Practico N° 3: Método de rigidez. Reticulado plano.

Trabajo Practico N° 4: Método de rigidez. Pórtico plano.

Trabajo Practico N° 5: Oscilador simple. Integral de Duhamel.

Trabajo Practico N° 6: Determinación práctica de modos y frecuencias.

Trabajo Practico N° 7: Método de Descomposición Modal.

Trabajo Practico N° 8: Método de Respuesta en Frecuencia.

**BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA Y DE CONSULTA ESPECIFICANDO EL EJE TEMÁTICO DE LA ASIGNATURA:**

**BIBLIOGRAFÍA:**

Título	Autor/s	Editorial	Año de Edición	Ejemp. Disp.
Análisis de estructuras con cargas dinámicas: sistemas de un grado de libertad - v.1	Suarez, Luis E.	Universidad de Puerto Rico - Barcelona	2014	1
Análisis de estructuras con cargas dinámicas: sistemas de un grado de libertad - v.1	Suarez, Luis E.	Universidad de Puerto Rico - Barcelona	2014	1
Vibraciones Mecánicas, 5/e	Singiresu S. Rao	Pearson	2012	3
Dynamics of Structures Second Edition	Jagmohan L. Humar	A.A. Balakema-Leiden	2002	1
Structural Dynamics: Theory and Computation	Mario Paz and William Leigh	Kluwer Academic Publishers	2004	1
Structural dynamics: vibrations & systems	Mukhopadhyay, Madhujit	CRC Press - Boca Raton	2008	1
Análisis de Estructuras de Barras – Método de las Fuerzas ISBN 978-987-572-192-1	Carlos Prato y Julio Massa	Editorial: Jorge Sarmiento Editor / Universitas Libros	2008	0

**BIBLIOGRAFÍA BÁSICA**

**"Análisis Estructural (Problemas Estáticos)".**

MASSA Julio y PRATO Carlos, Edit. Coop. Dpto. Estructuras, U.N.C.

**"Dinámica Estructural"**

MASSA Julio y PRATO Carlos, Edit. Coop. Dpto. Estructuras, U.N.C.

**"Manual del Usuario del Programa PORTI"**

**"Manual del Usuario del Programa TRITE"**

**SOFTWARE DISPONIBLE PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJO PRÁCTICOS**

Programa "PORTI". Analiza PÓRTICOS PLANOS en régimen elástico lineal bajo cargas estáticas.

Programa "TRITE". Analiza PÓRTICOS ESPACIALES en régimen elástico lineal bajo cargas estáticas.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA Y DE CONSULTA

### Método de las fuerzas

“Análisis de Estructuras de Barras – Método de las Fuerzas”, Carlos Prato y Julio Massa. Edit. Jorge Sarmiento Editor / Universitas Libros.

### Método de rigidez

"Introducción al Análisis Estructural con Matrices", Kardestuncen Hayrettin. Edit. McGraw-Hill.

"Métodos Matriciales para el Cálculo de Estructuras", R. K. Livesley. Edit. Blume.

### Dinámica Estructural y vibraciones mecánicas

"Dynamics of Structures", Cloug R. W. and Penzien J. Edit. Mc Graw Hill.

Vibraciones. Balachandran, Balakumar; Magrab, Edward B. Thomson – Fresno.

"Numerical Methods in Finite Elements Analysis", Bathe & Wilson. Edit. Prentice Hall.

### HORARIO DE CLASES:

DIA	HORARIO
Martes	16 h a 19 h
Jueves	16 h a 19 h

### HORARIO Y LUGAR DE CONSULTAS:

DIA	HORARIO	LUGAR
Lunes	10 h a 12 h	Oficina 6 DTQ
Martes	10 h a 12 h	Oficina 6 DTQ
Miércoles	15 h a 18 h	Cub. 5 Fac. Ing.

### REQUISITOS PARA OBTENER LA REGULARIDAD Y LA PROMOCIÓN:

La evaluación de los conocimientos adquiridos se realiza mediante dos Parciales Prácticos y un Parcial Teórico.

**1. Primer Parcial Práctico:** incluye los temas de **Problemas Estáticos**.



**2. Segundo Parcial Práctico:** incluye los temas de **Dinámica Estructural y Vibraciones Mecánicas**.

**3. Tercer Parcial Teórico:** a tal fin se entrega a los estudiantes un **listado con los temas** que son incluidos en dicho examen. Los temas se listan en **tres grupos: Problemas Estáticos, Método de Rigidez, Dinámica Estructural y Vibraciones**. El profesor asigna tres temas, uno de cada parte en forma consecutiva, para ser desarrollados en forma escrita en un tiempo de 30 minutos cada uno (el segundo tema se da después de retirar el primero, etc.). **Una vez corregidos los tres temas el estudiante debe defender mediante una exposición oral ante el tribunal examinador los temas que ha desarrollo por escrito para aprobar el tercer parcial teórico.**

## RÉGIMEN DE PROMOCIÓN Y REGULARIZACIÓN

### 1. Condiciones para PROMOCIÓN:

- a) **Asistencia:** acreditar asistencia al 80% de las clases.
- b) **Prácticos:** entregar en tiempo y forma y aprobar como mínimo el 80% de los prácticos.
- c) **Evaluaciones:**
  - a. **Parciales:** obtener una calificación promedio de 7 (siete) como resultado de haber rendido los 3 (tres) parciales, sin registrar instancias evaluativas de aprobaciones con notas inferiores a 5 (cinco) en los 3 (tres) parciales.
  - b. **Recuperatorio:** si no hubiese alcanzado la nota mínima de 5 (cinco) en un parcial podrá tener un recuperatorio para mejorar el promedio y mantenerse en el régimen de promoción en la misma fecha establecida para tal fin. En ese caso, la nota del recuperatorio **reemplaza** la nota anterior obtenida.
  - c. **Calificación:** la nota final es el promedio de las notas de las tres evaluaciones.

### 2. Régimen de alumno REGULAR:

- a) **Asistencia:** acreditar asistencia al 80% de las clases.
- b) **Prácticos:** entregar en tiempo y forma y aprobar como mínimo el 70% de los prácticos.
- c) **Evaluaciones:**
  - a. **Parciales:** aprobar con 5 (cinco) los dos parciales prácticos.

- b. **Recuperatorio:** se recuperan los dos parciales prácticos en la misma fecha establecida para tal fin. En ese caso, la nota del recuperatorio **reemplaza** la nota anterior obtenida.
- d) **Aprobación de la materia:** El examen consta de una parte práctica y de una teórica:
  - a. La **parte práctica** consiste en resolver ejercicios similares a los evaluados en los exámenes parciales, y tiene como objetivo evaluar el conocimiento de la parte práctica de la asignatura.
  - b. La **parte teórica** tiene las características del **Parcial Teórico**, descripta anteriormente en el punto 3 de la Modalidad de evaluación.

### EXAMEN EN CONDICIÓN DE ALUMNO LIBRE

El estudiante libre puede rendir en los turnos de exámenes finales fijado por el Calendario de Actividades Académicas de Grado aprobado por el C.D. El examen final correspondiente a la condición de alumno libre que consiste en:

- a. El estudiante deberá notificar fehacientemente al tribunal examinador como mínimo con 7 (siete) días hábiles de anticipación su intención de rendir la asignatura en la condición de alumno libre. El tribunal examinador le comunicará las fechas en las cuales se desarrollará cada uno de los exámenes descriptos a continuación a partir de la fecha establecida para el correspondiente turno de examen.
- b. Un **examen práctico escrito** de resolución de problemas sobre los temas del programa vigente de la asignatura.
- c. Un **examen teórico práctico** que consiste en desarrollar en forma escrita, concreta y precisa las respuestas a las preguntas sobre los temas del programa vigente de la asignatura, y resolver problemas empleando el software disponible para la realización de trabajos prácticos. El estudiante deberá realizar la modelización de dichos problemas, generar el archivo de datos de cada uno de ellos, obtener los resultados correspondientes corriendo el software específico para la solución de cada problema, imprimir, analizar los archivos de resultados, y realizar un informe escrito con el análisis e interpretación de los resultados obtenidos. Según la disponibilidad del aula de informática de la facultad, y a juicio exclusivo del tribunal examinador se adoptará la forma de implementar el examen práctico de laboratorio de computación.
- d. Un **examen teórico oral** donde al estudiante se le asignaran tres temas del programa de la asignatura. El estudiante desarrollará, explicará, demostrará, y fundamentará; utilizando la pizarra y la explicación oral, en forma consecutiva los tres temas asignados.

**CARACTERÍSTICAS, MODALIDAD Y CRITERIOS DE LAS INSTANCIAS EVALUATIVAS, INCLUYENDO EXÁMEN FINAL, ESTABLECIENDO TIEMPOS DE CORRECCIÓN DE LAS MISMAS Y LA DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES:**

<b>EXÁMENES PARCIALES</b>				
<b>INSTANCIA EVALUATIVA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>MODALIDAD</b>	<b>TIEMPO DE CORRECCIÓN</b>	<b>TIEMPO DE DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES</b>
<b>Parcial/ Recuperatorio/ Trabajo Práctico Coloquio integrador/Otros</b>	<b>Teórico/Práctico</b>	<b>Oral/Escrito/ Mixto</b>		
Primer Parcial	Práctico	Escrito	15 días hábiles	15 días hábiles
Segundo Parcial	Practico	Escrito	3 días hábiles	3 días hábiles
Tercer Parcial	Teórico	Escrito y Oral	5 días hábiles	5 días hábiles

<b>EXÁMENES FINALES</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>MODALIDAD</b>
Practico y Teórico	Escrito y Oral

\_\_\_\_\_  
**Firma Docente Responsable**

\_\_\_\_\_  
**Firma Secretario Académico**