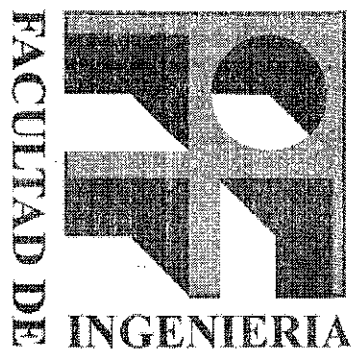


4  
eueho



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
COMISIÓN ACADÉMICA DE POSGRADO

**DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE POSGRADO**

Nombre del Programa: *Doctorado en Ingeniería Mecánica*

Montevideo – Mayo de 2018

## 1. IDENTIFICACIÓN:

### DE LA CARRERA

Nombre del Programa: **DOCTORADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

Programa: **DOCTORADO**

### ÁREA ACADÉMICA

Facultad de Ingeniería

Institutos vinculados al Área:

Instituto de Ingeniería Mecánica y Producción Industrial

Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental

Instituto de Estructuras y Transporte

Instituto de Ingeniería Eléctrica

Instituto de Ensayo de Materiales

Instituto de Computación

Instituto de Matemática y Estadística Rafael Laguarda

Instituto de Física

### Contacto institucional del Programa

Nombre: Pedro Curto

Teléfono: 2711 03 61 int 132

E-mail: [pcurto@fing.edu.uy](mailto:pcurto@fing.edu.uy)

## 2. UBICACIÓN FÍSICA DEL PROGRAMA:

|  |
|--|
| <p><b>Lugar y dirección completa de la sede del programa:</b></p> <p>Facultad de Ingeniería - Julio Herrera y Reissig 565 - 11300 Montevideo - Uruguay</p>   |
| <p><b>Nombre y teléfono de un contacto en la Institución Sede:</b></p> <p>Nombre: Pedro Curio</p> <p>Teléfono: 2711 03 61 int 132</p>  |
| <p><b>Personal, instalaciones y materiales disponibles para la realización del programa:</b></p> <p>Participan de los cursos, como coordinadores y como docentes, 17 docentes nacionales con título de Doctor, 8 docentes con título de Magister y 3 docentes con titulación de ingeniero y licenciaturas. Los 4 docentes del exterior que participan como coordinadores de los cursos tienen titulación de Doctor.</p> <p>Desde el punto de vista edilicio se dispondrá de 4 salones de clase para cursos expositivos de posgrado, 2 salones equipados con PC para el dictado de cursos que incluya la aplicación de herramientas informáticas.</p> <p>A los efectos de realización de prácticas, la Facultad de Ingeniería cuenta con 4000 m<sup>2</sup> de laboratorios con equipamientos de materiales diversos, equipos de ensayo escala piloto, túnel de viento, laboratorio de motores, hornos, microscópicos, banco de ensayo de maquinaria mecánica y eléctrica para la medición de eficiencia, entre otros.</p> <p>En la Biblioteca Central de Facultad de Ingeniería, así como en las bibliotecas de los distintos Institutos se dispone de aproximadamente un total de 44864 documentos (libros, revistas, artículos, reportes técnicos, tesis, etc.) vinculados con temáticas asociadas directa e indirectamente a la maestría.</p> <p>Se tiene además acceso a través del Portal Timbó (<a href="http://www.timbo.org.uy">www.timbo.org.uy</a>), a las bases de datos: Science Direct, Springer, Scopus, IEEE (entre otras). El mismo permite el acceso a 1884 publicaciones académicas y 2500 documentos aproximadamente (libros, conferencias, revistas, informes, etc.) vinculados a la ingeniería mecánica, con acceso a texto completo.</p> |

## OBJETIVO DEL PROGRAMA

|                         |
|-------------------------|
| <p><b>FINALIDAD</b></p> |
|-------------------------|

Este programa apunta a atender una necesidad de formación de recursos humanos de alto nivel en investigación en Ingeniería Mecánica, un área estratégica para el país, con vistas a apoyar el desarrollo tecnológico y fomentar una fuerte actividad a nivel de investigación vinculada con el sector productivo nacional y regional.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

El doctorado tiene como objetivo brindar la formación a nivel superior en las áreas de conocimiento de la Ingeniería Mecánica, destacando el diseño mecánico, termodinámica aplicada, mecatrónica y procesos industriales. Promover la formación de investigadores capaces de desarrollar investigación original en el país con el objetivo de afrontar y resolver con solvencia y creatividad las necesidades de la sociedad en el área intentando incorporar la tecnología más avanzada. A su vez, buscará promover el aporte de la investigación en Ingeniería Mecánica a temáticas y equipos multidisciplinarios como: biomecánica, robótica, energía, entre otros.

#### PERFIL DEL EGRESADO

El egresado tendrá una formación superior en Ingeniería Mecánica que le permitirá, abordar nuevos temas y tecnologías con profundidad y solvencia, empleando los elementos metodológicos adquiridos en su formación, que le permitirá el desarrollo de investigación original y la creación de nuevo conocimiento científico y tecnológico. Desarrollará habilidades y aptitudes que le permitan abordar de manera crítica la bibliografía internacional actualizada en el tema elegido y acompañar el desarrollo del área, alcanzando el estado del arte y hacer un aporte original en la especialidad escogida durante el desarrollo de sus estudios de posgrado. Podrá abordar nuevas temáticas de estudio y tecnologías.

### 3. ORGANIZACIÓN Y NORMAS DE FUNCIONAMIENTO

|   |
|---|
| Duración prevista del programa: <b>4 años Doctorado</b>   |
| Número de plazas previstas (incluyendo becas si es aplicable): <b>15 de doctorado</b>   |
| Número mínimo de alumnos para realizar el programa: no hay  |
| <b>Requisitos para obtener el título</b><br><br><i>Número de créditos mínimos de Actividad Programada: 85 para el Doctorado</i><br><i>Horas presenciales mínimas de Actividad Programada: 500</i><br><i>Tesis: 165 créditos</i> |
| <b>Ingreso</b><br><br><b>Perfil de ingreso:</b> Se reconoce como el perfil más adecuado una formación de grado en Ingeniería Mecánica.  |

**Requisito de ingreso:** Podrán acceder al Doctorado quienes posean título de Magíster en Ingeniería Mecánica, otorgado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, u otra Maestría cuya formación en Ingeniería Mecánica, a juicio de la SCAPA-IM, sea suficiente para realizar la carrera de Doctorado.

Con carácter excepcional la SCAPA-IM podrá recomendar a la CAP de la Facultad de Ingeniería el ingreso a la carrera de Doctorado de candidatos que teniendo el nivel de grado en Ingeniería, demuestren una actividad de carácter científico y/o de innovación tecnológica suficiente y acreditada, que permitan la realización del Doctorado. En este último caso durante el desarrollo del Doctorado el candidato deberá realizar una actividad programada equivalente a la de la Maestría en Ingeniería Mecánica.

**Criterios de selección de los candidatos:** La SCAPA-IM recomendará a la CAP-FING la aceptación de la solicitud si a juicio de la SCAPA-IM el aspirante presenta méritos suficientes y si existen recursos adecuados para completar las actividades de posgrado exitosamente. En aquellos casos que lo considere conveniente la SCAPA-IM puede realizar una entrevista a los aspirantes para complementar la información presentada y como requisito adicional podrá proponer la realización de un examen de ingreso al Doctorado.

La CAP resolverá la admisión de cada candidato sobre la base de los antecedentes del mismo y el informe de la SCAPA-IM.

#### 4. CUERPO DOCENTE Y SUS ACTIVIDADES

|    | Nombre/titulación/instituto             | Horas aula anuales dedicadas al programa | N° previsto de candidatos a orientar | Horas anuales de otras actividades vinculadas al programa |
|----|---|--|--------------------------------------|---|
| 1  | Mathias Bourel / Dr. / IMERL            | 30                                       |                                      |   |
| 2  | Marcelo Fiori / Dr. / IMERL             | 60                                       |                                      |   |
| 3  | José Cataldo / Dr. Ing. / IMFIA         | 80                                       |                                      |   |
| 4  | Ernesto Elenter / Msc. Ing. / IIE       | 30                                       |                                      |   |
| 5  | Gabriel Usera / Dr. Ing. / IMFIA        | 80                                       | 2                                    | 60  |
| 6  | Daniel Schenzer / Ing. / IMFIA          | 30                                       |                                      |   |
| 7  | Luis Teixeira / Dr. / IMFIA             | 6  |                                      |   |
| 8  | Rodrigo Alonso / Msc. Ing. / IMFIA      | 30                                       |                                      |   |
| 9  | Alejandro Gutiérrez / Msc. Ing. / IMFIA | 20                                       | 2                                    | 60  |
| 10 | Alfredo Canelas / Dr. / IET             | 135                                      | 2                                    | 60  |
| 11 | Jorge Pérez Zerpa / Dr. Ing. / IET      | 35                                       | 2                                    | 60  |
| 12 | Berardi Sensale / Dr. Ing. / IET        | 60                                       | 2                                    | 60  |
| 13 | Pablo Ezzatti / Dr. Ing. / INCO         | 15                                       | 2                                    | 60  |
| 14 | Gonzalo Tejera / Dr. Ing. / INCO        | 60                                       | 1                                    | 30  |
| 15 | María Urquhart / Msc. / INCO            | 35                                       |                                      |   |
| 16 | Héctor Cancela / Dr. Ing. / INCO        | 35                                       |                                      |   |
| 17 | Pedro Piñeyro / Dr. Ing. / INCO         | 2  | 2                                    | 60  |
| 18 | Omar Viera / Msc. Ing. / INCO           | 2  | 2                                    | 60  |
| 19 | Martín Varela / Msc. Ing. / INCO        | 2  |                                      |   |
| 20 | Pablo Monzón / Dr. / IIE                | 86                                       | 2                                    | 60  |
| 21 | Franco Simini / Dr. / IIE               | 97                                       |                                      |   |
| 22 | Rodolfo Mussini / Msc. Ing. / IEM       | 15                                       | 2                                    | 60  |
| 23 | Carlos Mantero / Msc. / IEM             | 30                                       |                                      |   |

|    |   |    |   |    |
|----|---|----|---|----|
| 24 | Eduardo Vedovatti / Ing. / IEM            | 96 |   |    |
| 25 | Pablo Raimonda / Ing. / IEM               |    |   |    |
| 26 | Pedro Curto / Dr. Ing. / IIMPI            | 80 | 2 | 60 |
| 27 | Pedro Galione / Dr. Ing. / IIMPI          |    | 2 | 60 |
| 28 | Italo Bove / Dr. / IF                     | 59 |   |    |
| 29 | Francis H. Ramos França / Dr. Ing./ UFRGS | 45 | 1 | 30 |
| 30 | Paulo S. Schneider / Dr. Ing. / UFRGS     | 45 | 1 | 30 |
| 31 | Herbert M. Gomes / Dr. Ing. / UFRGS       | 90 | 1 | 30 |
| 32 | Eduardo André Perondi /Dr. Ing./ UFRGS    | 90 | 1 | 30 |

## 5. CURRÍCULA

|  |
|--|
| <p><b>Asignatura N° 01 Estadística Multivariada Computacional</b></p> <p><b>Responsable:</b> Dr. Mathias Bourel<br/> <b>Instituto:</b> IMERL<br/> <b>N° de créditos:</b> 6<br/> <b>Horas presenciales:</b> 30</p>  |
| <p><b>Objetivos:</b> Introducir la metodología de las principales técnicas clásicas de la estadística multivariada y de sus modernas variantes así como su implementación con conjuntos de datos reales. Acercar el estudiante al empleo de los paquetes para el análisis estadístico de datos disponibles en el ambiente de desarrollo de software libre R</p>  |
| <p><b>Conocimientos previos exigidos:</b> Introducción a la probabilidad y estadística, álgebra lineal, cálculo matricial.</p>   |
| <p><b>Metodología de enseñanza:</b> El estudiante aprobará el curso a través de la entrega de ejercicios previamente acordados con el docente. También se valorará (15%) la participación activa del estudiante durante las clases. Horas directas de clases teórico-prácticas: 40 hs. (20 clases de 2 hs cada una). Horas de estudio estipuladas por el docente para realizar la entrega de los ejercicios domiciliarios: 50 hs.</p>                |
| <p><b>Forma de evaluación:</b> Ejercicios y trabajo final.</p>   |
| <p><b>Temario:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Regresión lineal múltiple (repaso).</li> <li>● Regresión lineal multivariada.</li> <li>● Reducción lineal de la dimensionalidad (análisis en componentes principales).</li> <li>● Análisis discriminante lineal.</li> <li>● Técnicas de clasificación (análisis de cluster)</li> <li>● Tópicos en escalamiento multidimensional.</li> <li>● Análisis de correspondencias.</li> </ul> |
| <p><b>Bibliografía:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Modern Multivariate Statistical Techniques, Alan Julian Izenman, Springer, ISBN 978-0-387-71188-4, 2008.</li> <li>● An R and S-Plus © Companion to Multivariate Analysis, Brian S. Everitt, Springer, ISBN 1-85233-882-2, 2005.</li> <li>● Otras referencias bibliográficas serán indicadas durante el curso.</li> </ul>  |

|   |
|---|
| <p><b>Asignatura N° 02 Optimización no lineal</b></p> <p><b>Responsable:</b> Dr. Marcelo Fiori<br/> <b>Instituto:</b> IMERL<br/> <b>N° de créditos:</b> 10<br/> <b>Horas presenciales:</b> 60</p>   |
| <p><b>Objetivos:</b> Este curso incluye el estudio de problemas de optimización continua, con especial énfasis en optimización no lineal, y algoritmos modernos. En particular, se estudiarán algoritmos generales para problemas de optimización, así como métodos de optimización para funciones no</p> |



|   |
|---|
| diferenciables, o algoritmos utilizados para grandes volúmenes de datos.  |
| <b>Conocimientos previos exigidos:</b> Conocimientos básicos de Cálculo, Álgebra lineal, y Métodos Numéricos.   |
| <p><b>Metodología de enseñanza:</b><br/> Horas clase (teórico): 40<br/> Horas clase (práctico): 20<br/> Subtotal horas presenciales: 60</p> <p>Horas estudio: 25<br/> Horas resolución ejercicios/prácticos: 25<br/> Horas proyecto final/monografía: 40<br/> Total de horas de dedicación del estudiante: 150</p>  |
| <b>Forma de evaluación:</b> Entrega de un conjunto de ejercicios teóricos y prácticos, y aprobación de un proyecto final, sobre un tema a definir entre el estudiante y los docentes.   |
| <p><b>Temario:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción. Condiciones de optimalidad. Nociones básicas de convexidad. Ejemplos de problemas clásicos.</li> <li>2. Métodos de gradiente. Análisis y tasa de convergencia. Elección de paso de gradiente. Projected Gradient Descent, Frank-Wolfe.</li> <li>3. Multiplicadores de Lagrange</li> <li>4. Dualidad. Subgradientes. Resultados de dualidad. Algoritmo Primal – Dual.</li> <li>5. Métodos sobre funciones no diferenciables y otros métodos Métodos proximales. ADMM (alternating direction method of multipliers) y variantes. Avances en algoritmos de optimización.</li> <li>6. Stochastic Gradient Descent</li> </ol> |
| <p><b>Bibliografía:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Convex Optimization. S. Boyd, L. Vanderberghe, Cambridge Univ. Press, 2004.</li> <li>• Nonlinear programming. D. Bertsekas, Athena Scientific, 1999.</li> </ul>  |

|   |
|---|
| <p><b>Asignatura N° 03 Turbulencia</b></p> <p><b>Responsable:</b> Dr. Ing. José Cataldo<br/> <b>Instituto:</b> IMFIA<br/> <b>N° de créditos:</b> 8<br/> <b>Horas presenciales:</b> 40</p>   |
| <p><b>Objetivos:</b> Se busca introducir al estudiante en el manejo de herramientas que le permita analizar los flujos turbulentos, en diferentes situaciones que se presentan en casos prácticos. Se plantean las características del mismo, las ecuaciones que rigen su desarrollo, metodologías de medición y análisis de este tipo de flujos.</p> |
| <p><b>Conocimientos previos exigidos:</b> Mecánica de los Fluidos</p>   |
| <p><b>Metodología de enseñanza:</b> El curso se compondrá de un 75% de clases magistrales de corte teórico y un 25% de clases de tipo práctico.</p>   |

**Forma de evaluación:** Examen final

**Temario:**

- Características de los flujos turbulentos.
- Escalas de la turbulencia.
- Ecuaciones de Reynolds.
- Mecanismo de intercambio de potencia en flujos turbulentos.
- Modelación física y modelación numérica.
- Métodos de medición

**Bibliografía:**

- A First Course in Turbulence, Tenekes and Lumley, MIT Press, ISBN 0-262-20019-8, 1981.
- Turbulence. An Introduction to its mechanism and theory, Hinze, J.O., McGraw Hill, NY, ISBN 0-07-029037-7, 1959
- Viscous Fluid Flow, White, F., McGraw Hill, ISBN 0-07-069710-8, , 1974.
- Boundary-Layer Theory, Schlichting, H., McGraw-Hill, NY, ISBN 0-07-055334-3, 1979.
- The measurement of turbulent fluctuations, Smolýakov, A.V. and Tkachenko, V.M., Springer-Verlag, NY, ISBN 3-540-12144-7, 1983.
- Hot-Wire Anemometry. Principle and Signal Analysis, Bruun, H.H., Oxford University Press, ISBN 0-19-856342-6, 1995.
- Turbulence in Fluid, Lesieur, M., R. Moreau, IBN 0-7923-4415-4, 1997.
- Turbulent flows, Pope, S.B., Cambridge University Press, ISBN 0-521-59125 2, 2005.

**Asignatura Nº 04 Energía eólica**

**Responsable:** Dr. Ing. José Cataldo

**Instituto:** IMFIA

**Nº de créditos:** 7

**Horas presenciales:** 40

**Objetivos:** Introducir al estudiante en la descripción del parámetro viento, la evaluación del potencial eólico, la descripción de la tecnología destinada a la conversión de la energía eólica y a las técnicas de micro localización de parques. Se busca asimismo, introducir al estudiante en algunas técnicas destinadas a la predicción del recurso eólico.

**Conocimientos previos exigidos:**

**Metodología de enseñanza:**

Horas clase (teórico): 34

Horas clase (práctico): 6

Horas clase (laboratorio): 0

Horas consulta: 0

Horas evaluación: 0

Subtotal horas presenciales: 40

Horas estudio: 36

Horas resolución ejercicios/prácticos: 14

Horas proyecto final/monografía: 12  
Total de horas de dedicación del estudiante: 102

**Forma de evaluación:** Propuesta de un caso de estudio

**Temario:**

1. Introducción a la Energía Eólica
2. Viento y turbulencia atmosférica
3. Aspectos de la meteorología y de la climatología vinculados al viento
4. Descripción de los aerogeneradores
5. Evaluación del Potencial eólico
6. Estudio de viabilidad y factibilidad del uso de la energía eólica
7. Micro localización de parques eólicos
8. Aspectos ambientales de la energía eólica
9. Técnicas de predicción del recurso eólico

**Bibliografía:**

- "Energie Eolienne. Théorie, conception et calcul pratique des installations" 10e Edition, Désiré Le Gourleres EYROLLES, Paris, Francia, 1982.
- "Principios de Conversión de la Energía Eólica. 2o Edición," CIEMAT, Serie Ponencias, Madrid, España, 1997
- "Sistemas Eólicos de producción de energía eléctrica", Rodríguez Amenedo, J.L., Burgos Díaz, J.C. y ArnalteGómez, S., Editorial Rueda SRL, Madrid, 2003, ISBN 84-7207-139-1
- "Wind Power Plants, Fundamentals, Design, Construction and Operatió". R. Gasch, J. Twele SOLARPRAXIS, Berlin, Alemania, 2002.
- "Wind and Wind System, Performance". C. G. Justus. THE FRANKILN INSTITUTE PRESS, Pennsylvania, USA. 1978
- "Wind turbine generator systems: Safety requirements", 2o Edición. IEC 61400-1 1999-02.
- "Wind turbine generator systems. Wind turbine power performance testing". 1o Edición. IEC 61400-12,1 1998-02.

**Asignatura Nº 05 Eficiencia Energética**

**Responsable:** Dr. Ing. José Cataldo, Ing. Ernesto Elenter

**Instituto:** IMFIA

**Nº de créditos:** 4

**Horas presenciales:** 30

**Objetivos:**

1. Conocimiento del Potencial de la Eficiencia Energética (EE), existente en Uruguay, por sector de consumo (Residencial/Industrial/Comercial/Transporte), y por fuente y uso de energía.
2. Conocimiento de la normativa uruguaya que aplica sobre EE (Ley de Eficiencia Energética y otras leyes y regulaciones que aplican en la materia)
3. Comprender los aspectos vinculados a la economía de la EE a nivel de la demanda.
4. Auditorías Energéticas: Comprender el alcance de una auditoría energética, su utilidad y los resultados esperables.
5. Ejemplos de aplicación de eficiencia energética: Análisis del uso de variadores de velocidad en bombas, ventiladores y compresores para el ahorro energético. Análisis del control de la combustión para el ahorro en calderas (tanto industriales como de calefacción). Eficiencia en la iluminación.

**Conocimientos previos exigidos:** Título de Ingeniero o Arquitecto

**Metodología de enseñanza:**

Horas de clase (teórico): 18

Horas de clase (práctico): 6

Horas de clase (laboratorio): 6

Horas consulta: virtual

Subtotal de horas presenciales: 30

Horas de estudio: 4

Horas resolución de ejercicios/prácticos: 10

Horas proyecto final/monografía: 16

Total de horas de dedicación del estudiante: 60

**Forma de evaluación:** Trabajo final a entregar sobre prácticas realizadas y evaluación de presentación de caso de estudio por grupos.

**Temario:**

Contenido teórico:

- Clase 1: Introducción, Potencial de la EE, Marco regulatorio vigente vinculado a la EE (en Uruguay), Etiquetado energético, Economía de la EE e instrumentos de promoción disponibles.
- Clase 2: Auditorías Energéticas (AE), Normas de referencia (ISO 50001 y normas asociadas), Concepto de Intensidad energética, Contabilidad energética, IDEns, Línea de base, Emisiones de CO2 evitadas por proyectos de EE.
- Clase 3: Auditoría de la contratación de energéticos, propiedades energéticas de distintas fuentes, costos comparativos y casos de estudio.
- Clase 4: Medición técnica de consumos, instrumentos de campo necesarios, medidas de seguridad y análisis de resultados, formulación de anteproyectos de inversión de Medidas de Conservación de la Energía.
- Clase 5: AE del sistema eléctrico e iluminación. AE del sistema HVAC y envolvente de edificio.
- Clase 6: AE de calderas y sistemas de distribución de vapor y agua caliente AE del sistema de aire comprimido.

Contenido práctico:

- Clase 7 y 8\*: Presentación por grupos de casos de estudio (papers analizados o casos de éxito estudiados).
- Clase 9: Práctica de modulación de caudal de bombeo de agua comparando consumo energético (Variador de frecuencia vs. estrangulamiento).
- Clase 10: Práctica de medición de niveles de iluminación, y propuestas de sustitución por iluminación más eficiente.

\*Grupos de 2 o 3 estudiantes, recibirán un caso de estudio (ejemplo de AE, caso de éxito de ahorro de energía, tecnología particular para ahorro, etc.), que deberán analizar, y luego presentar al resto de la clase mediante Power Point.

**Bibliografía:**

- Thumann, W. Younger, "Handbook of Energy Audits", Fairmont Press, USA 2012, ISBN 1466561629
- Spirax-Sarco, "The steam and Condensate Loop - An Engineer's best practice guide for saving energy", UK, 2007

- Norma UNIT-ISO 50001 (2011): "Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso".
- DNE/MIEM, "Estudios de base para el diseño de estrategias y políticas energéticas: relevamiento de consumos de energía sectoriales en términos de energía útil a nivel nacional", Uruguay, 2009.
- Fundación Bariloche, DNE, "Estudio del Potencial de Ahorro de Energía Mediante Mejoramientos de la Eficiencia Energética en Uruguay", Uruguay, 2011.

**Asignatura Nº 06 Métodos numéricos para las ecuaciones de Navier Stokes**

**Responsable:** Dr. Ing. Gabriel Usera

**Instituto:** IMFIA

**Nº de créditos:** 8

**Horas presenciales:** 40

**Objetivos:** Introducir los fundamentos del tratamiento numérico de las ecuaciones de Navier Stokes. Desarrollar los métodos más comunes utilizados para resolver numéricamente estas ecuaciones. Finalizado el curso, el estudiante enfrentado a un problema de MECánica de los Fluidos deberá ser capaz de:

- Establecer las ecuaciones relevantes, junto con sus condiciones de borde, identificando sus principales características (Estacionario o no, Condiciones de borde Neumann, dirichlet o de otro tipo, etc.)
- Identificar los métodos numéricos adecuados para su resolución, reconociendo las más importantes ventajas /desventajas de cada uno en relación al problema particular.
- Estimar los requerimientos de la malla necesaria para resolver el problema y diseñarla.
- Adaptar códigos computacionales existentes para la resolución del problema específico.
- Diseñar y ejecutar procedimientos de validación para verificar la validez de la solución obtenida (Dependencia con el paso temporal y espacial, inestabilidad numérica y oscilaciones, difusión numérica, etc.).

**Conocimientos previos exigidos:** Se requieren los conocimientos correspondientes a un curso anual (o dos semestrales) en Mecánica de los Fluidos y un curso introductorio a los Métodos Numéricos.

**Metodología de enseñanza:** El curso constará de clases teóricas (30hs), laboratorios computacionales (5hs) y la realización de un proyecto individual por parte de los estudiantes, con su posterior defensa (5hs).

Horas de clase (teórico): 30

Horas de clase (práctico): 0

Horas de clase (laboratorio): 5

Horas consulta: 0

Horas de evaluación: 5

Subtotal de horas presenciales: 40

Horas de estudio: 30

Horas resolución de ejercicios/prácticos: 10

Horas proyecto final/monografía: 40

Total de horas de dedicación del estudiante: 120

**Forma de evaluación:** La evaluación se realizará mediante la presentación y defensa oral del proyecto

realizado por el estudiante.

**Temario:**

1. Introducción (1 clase)
2. Diferencias finitas en 1D (3 clases)
3. Diferencias finitas en 2D (3 clases)
4. Volúmenes finitos en 1D y 2D (2 clases)
5. Discretización temporal (2 clases)
6. Navier Stokes en 2D incompresible laminar
  - 6.1- Ec. de vorticidad (3 clases)
  - 6.2- Formulación v-p (3 clases)
7. Parametrizaciones (3 clases)

**Bibliografía:**

- Computational Methods for Fluid Dynamics. Ferziger & Peric, 1997, Springer.
- Numerical Simulation in Fluid Dynamics. Griebel et al., 1998, Siam.

**Asignatura N° 07 Mecánica de los fluidos computacional**

**Responsable:** Dr. Ing. Gabriel Usera

**Instituto:** IMFIA

**N° de créditos:** 8

**Horas presenciales:** 40

**Objetivos:** Familiarizar al estudiante con aspectos fundamentales de la mecánica de los fluidos computacional y su implementación práctica. Se realizarán enfoques introductorios básicos de los distintos componentes de un sistema de simulación numérica en problemas de Mecánica de los Fluidos,

complementados con el análisis y desarrollo práctico de los mismos, sobre la base de un paquete de simulación de código abierto y dominio público. Se introducirán así mismo herramientas imprescindibles para la realización moderna de estos métodos como nociones de programación estructurada (Fortran 90), programación paralela (OpenMP y MPI), métodos multimalla, etc.

Finalizado el curso, el estudiante deberá ser capaz de:

- Establecer las ecuaciones relevantes para un problema de Mecánica de los Fluidos, junto con sus condiciones de borde, identificando sus principales características (Estacionario o no?, Condiciones de borde de Neumann, Dirichlet o de otro tipo?, etc) y requerimientos del punto de vista de la modelación.
  - Implementar una solución aproximada al problema utilizando el código de dominio público analizado en el curso, identificando en caso de ser necesario las ampliaciones requeridas a las capacidades del modelo y desarrollando las acciones requeridas para implementar dichas ampliaciones.
- Evaluar una simulación numérica implementada desde el punto de vista de los errores contenidos en la misma, la independencia de malla, la eficiencia del aprovechamiento de los recursos computacionales, etc.

**Conocimientos previos exigidos:** Se requieren los conocimientos correspondientes a un curso anual (o dos semestres) en Mecánica de los Fluidos y un curso introductorio a los Métodos Numéricos.

**Metodología de enseñanza:** El curso constará de clases teórico-prácticas (34 hs), laboratorios computacionales (5 hs) y la realización de obligatorios (20 hs) y un proyecto individual o en grupos

por parte de los estudiantes (40 hs).

Horas de clase (teórico): 30  
 Horas de clase (práctico): 4  
 Horas de clase (laboratorio): 5  
 Horas consulta: 0  
 Horas de evaluación: 1  
 Subtotal de horas presenciales: 40

Horas de estudio: 20  
 Horas resolución de ejercicios/prácticos: 20  
 Horas proyecto final/monografía: 40  
 Total de horas de dedicación del estudiante: 120

**Forma de evaluación:** La evaluación se realizará mediante la presentación y defensa oral del proyecto realizado por el estudiante.

**Temario:**

- Introducción
- Nociones de programación estructurada (Fortran 90)
- Nociones de Diferencias finitas y volúmenes finitos
- Aplicación de Volúmenes Finitos a las ecuaciones de Navier Stokes
- Componentes de un sistema de mecánica de los fluidos computacional
- Metodologías de discretización del dominio y generación de mallas
- Métodos multimalla
- Nociones prácticas de paralelismo en memoria compartida y distribuida.
- Modularización de extensiones.
- Temas avanzados : parametrizaciones, anidamiento, simulación multidinámica.

**Bibliografía:**

- Computational Methods for Fluid Dynamics. Ferziger & Peric, 1997, Springer
- MPI course. Epcc. 2001
- Parallel Programming in Fortran 95 using OpenMP. UPC, 2002
- Fortran 90 course. U. Liverpool, 2000

**Asignatura Nº 08 Fundamentos de generación hidroeléctrica**

**Responsable:** Ing. Daniel Schenzer  
**Instituto:** IMFIA  
**Nº de créditos:** 6  
**Horas presenciales:** 30

**Objetivos:** Conocer las principales tecnologías de generación hidroeléctrica aplicables a la realidad uruguaya. Permitir un estudio preliminar para selección de emplazamiento para un aprovechamiento hidroeléctrico, evaluación de la potencia y energía posibles. Conocer y practicar los criterios básicos para selección de tipo de turbina y potencia a instalar.  
 Conocer los impactos de un aprovechamiento y las medidas a tomar para su evaluación, mitigación o potenciación.

|  |
|--|
| <b>Conocimientos previos exigidos:</b> Mecánica de los Fluidos   |
| <b>Metodología de enseñanza:</b> Se dictarán clases teóricas y clases prácticas con estudio de casos   |
| <b>Forma de evaluación:</b> Monografía sobre un tema a determinar, que incluya elaboración propia a partir de datos de campo brutos  |
| <b>Temario:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Caracterización del recurso en Uruguay.</li> <li>● Turbinas aplicables al Uruguay: teoría de funcionamiento y principios constructivos.</li> <li>● Estudios requeridos para la implementación de un aprovechamiento</li> <li>● Diseño de represa, sala de máquinas y sistema de control.</li> <li>● Ensayos de aceptación y de campo</li> </ul>   |
| <b>Bibliografía:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● J. Fritz: "Small and mini hydropower systems"; McGraw-Hill, USA, 1984,</li> <li>● S. L. Dixon : "Fluid Mechanics, thermodynamics of turbomachinery"; Pergamon Press Ltd.;</li> <li>● C. Penche: "Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant" (ex : "Layman's Guidebook on How to Develop a Small Hydro Site"); European Small Hydropower Association - ESHA - 2004</li> <li>● R. Gorla, A. Khan: "Turbomachinery. Design and theory"; M. Dekker Inc., New York, USA; 2003</li> <li>● F. Zárate, C. Aguirre, R. Aguirre: "Turbinas Michell-Banki: criterios de diseño, selección y utilización"; Univ. Nal. de la Plata, Argentina, 1987.</li> <li>● Norma IEC 193: "International code for model acceptance tests of hydraulic turbines"</li> <li>● Norma IEC 41: 1991: "Field acceptance tests to determine the hydraulic performance of hydraulic turbines, storage pumps and pump turbines "</li> <li>● IEC: 61116 (1992): "Electromechanical Equipment Guide for Small Hydroelectric Installations"</li> <li>● RetScreen International "Small Hydro Project Analysis"; Minister of Natural Resources, Canada;</li> </ul> |

|  |
|--|
| <b>Asignatura Nº 09</b> Introducción a la Energía Undimotriz   |
| <b>Responsable:</b> Dr. Luis Teixeira, Msc. Ing. Rodrigo Alonso<br><b>Instituto:</b> IMFIA<br><b>Nº de créditos:</b> 6<br><b>Horas presenciales:</b> 36  |
| <b>Objetivos:</b> Proporcionar los conocimientos necesarios para la comprensión de los procesos físicos involucrados en la generación y transformación del oleaje. Desarrollar en el estudiante habilidades para realizar la caracterización del potencial undimotriz de un sitio con datos de oleaje. Brindar una visión general del estado del arte de los dispositivos existentes para convertir la energía de las olas en energía aprovechable, presentando los métodos que permiten el estudio de los mismos. |
| <b>Conocimientos previos exigidos:</b> Formación de Ingeniero  |
| <b>Metodología de enseñanza:</b><br>Horas clase (teórico): 34<br>Horas clase (práctico):<br>Horas clase (laboratorio): 2<br>Horas consulta:  |



Horas evaluación:  
Subtotal horas presenciales: 36

Horas estudio: 20  
Horas resolución ejercicios/prácticos: 10  
Horas proyecto final/monografía: 24  
Total de horas de dedicación del estudiante: 90

**Forma de evaluación:** Realización de una monografía sobre un dispositivo de conversión de la energía de las olas a elegir por el estudiante. Presentando un documento escrito y realizando una presentación en clase

**Temario:**

**Introducción (2hs)**

Fuentes de energías del mar. Descripción y perspectivas futuras.  
Evolución histórica del aprovechamiento de la energía de las olas.  
Presentación del potencial global.

**Descripción y análisis del oleaje (10hs)**

Definición de oleaje.

Teoría lineal: Hipótesis y resultados obtenidos para una onda progresiva (evolución de la superficie libre, campo de velocidades y campo de presiones). Flujo de energía en una onda progresiva monocromática.  
Oleaje real: Definición de Estado de Mar. Descripción espectral y probabilística.

Modelación numérica: Ecuación de balance de la densidad de acción del oleaje. Parametrización de los principales procesos de transformación del oleaje. Presentación de los modelos de tercera generación.  
Fuentes de información de oleaje: Presentación de los distintos tipos discutiendo las limitaciones existentes en cada caso.

**Caracterización del potencial undimotriz (8hs)**

Obtención de la potencia omnidireccional de un estado de mar.

Caracterización del potencial undimotriz de un sitio: Distribución direccional, distribución según alturas y periodos de olas, y consideraciones sobre los eventos extremos.

Presentación del potencial undimotriz del Uruguay.

**Estado del arte de los WEC (4hs)**

Descripción general. Clasificación según diferentes criterios.

Presentación de los dispositivos que cuentan con un mayor desarrollo.

**Métodos para el estudio de WEC's (10 hs)**

Modelación numérica: Ecuación de movimiento de un dispositivo del tipo oscilatorio. Modelos numéricos para estudiar la interacción ola-dispositivo.

Modelación física: Descripción de las instalaciones necesarias. Visita al Canal de Pruebas Navales y Marítimas del IMFIA.

**Bibliografía:**

Ocean Wave Energy. Current Status and Prepectives. Joao Cruz. Springer Series in Green Energy and Technology. ISBN 978-3-540-74894-6. Año 2008.

Waves in Oceanic and Coastal Waters. Leo H. Holthuijsen. Cambridge Press. ISBN 9780521129954. Febrero 2010

Water Wave Mechanics for Engineers and Scientist. Robert G. Dean & Robert A Dalrymple. World Scientific.  
 Advanced Series on Ocean Engineering: Volume 2. ISBN 9789810204204. Enero 1991

**Asignatura N° 10 Elasticidad**

**Responsable:** Dr. Alfredo Canelas

**Instituto:** IET

**N° de créditos:** 10

**Horas presenciales:** 75

**Objetivos:** Que el estudiante adquiriera los conceptos básicos de la teoría que modela el comportamiento de los cuerpos elásticos bajo la acción de cargas y deformaciones aplicadas y de su utilización en diferentes problemas estructurales.

**Conocimientos previos exigidos:** Álgebra lineal, Cálculo Diferencial e Integral, Mecánica Newtoniana, Fundamentos de Resistencia de Materiales.

**Metodología de enseñanza:** Curso semestral de cinco horas semanales, distribuidas en dos clases teóricas de una hora y media y una clase práctica de dos horas.

**Forma de evaluación:** Los estudiantes serán evaluados mediante dos pruebas parciales de 40 puntos cada una y la entrega de trabajos computacionales por un total de 20 puntos.

**Temario:**

- Tensiones
- Deformaciones
- Ecuación constitutiva
- Elasticidad lineal
- Solución por el MEF

**Bibliografía:**

**Asignatura N° 11 Elasticidad finita**

**Responsable:** Dr. Alfredo Canelas

**Instituto:** IET

**N° de créditos:** 8

**Horas presenciales:** 60

**Objetivos:** Profundizar el estudio de las estructuras sometidas a grandes deformaciones, presentando los conceptos y principios básicos y algunas herramientas teóricas utilizadas en la formulación de las teorías elásticas de grandes deformaciones.

**Conocimientos previos exigidos:** Ser egresado de Facultad de Ingeniería

B  
Herrera

|   |
|---|
| <p><b>Metodología de enseñanza:</b><br/> Horas clase (teórico): 40<br/> Horas clase (práctico): 12<br/> Horas clase (laboratorio): 0<br/> Horas consulta: 4<br/> Horas evaluación: 4<br/> Subtotal horas presenciales: 60</p> <p>Horas estudio: 30<br/> Horas resolución ejercicios/prácticos: 30<br/> Horas proyecto final/monografía: 0<br/> Total de horas de dedicación del estudiante: 120</p>   |
| <p><b>Forma de evaluación:</b> Dos Pruebas parciales, entrega de trabajos prácticos.</p>  |
| <p><b>Temario:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinemática, deformación de un cuerpo continuo. Tensores de deformación. Movimiento. Descripciones espacial y material. Teorema del transporte de Reynolds.</li> <li>• Ecuaciones de Balance. Balance de masa. Balance de fuerzas y momentos. Tensor de tensiones. Balance de energía mecánica.</li> <li>• Principio de indiferencia del referencial.</li> <li>• Materiales elásticos. Ecuación constitutiva de un cuerpo elástico. Indiferencia del referencial de la respuesta material. Simetría de la respuesta material. Ecuación constitutiva general de un sólido elástico isótropo. Sólidos elásticos incompresibles.</li> <li>• Planteo de un problema elástico general y de un problema de equilibrio elástico. Tipos de condiciones de contorno. No unicidad de la solución. Ejemplos de problemas de equilibrio de cuerpos isótropos. Efecto Poynting.</li> <li>• Cuerpos hiperelásticos. Energía de deformación. Ejemplos. Balance de energía mecánica para cuerpos hiperelásticos. Ejemplos de ecuaciones constitutivas de materiales hiperelásticos.</li> <li>• Teoría infinitesimal clásica de la elasticidad. Linealización de la ecuación constitutiva en la configuración de referencia. El tensor elástico y sus propiedades.</li> </ul> |
| <p><b>Bibliografía:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Morton E. Gurtin. An introduction to continuum mechanics, volume 158 of Mathematics in Science and Engineering. Academic Press Inc. [Harcourt Brace Jovanovich Publishers], New York, 1981. ISBN 0-12-309750-9.</li> <li>• Morton E. Gurtin, Eliot Fried, and Lallit Anand. The mechanics and thermodynamics of continua. Cambridge University Press, Cambridge, 2010. ISBN 978-0-521-40598-0.</li> <li>• Keith D. Hjelmstad. Fundamentals of Structural Mechanics. Springer Science+Business Media, Inc., Barcelona, 2 edition, 2005. ISBN 978-0-387-23330-7.</li> <li>• Gerhard A. Holzapfel. Nonlinear solid mechanics. John Wiley &amp; Sons Ltd., Chichester, 2000. ISBN 0-471-82304-X. A continuum approach for engineering.</li> <li>• Paolo Podio-Guidugli. A primer in elasticity. Journal of Elasticity. The Physical and Mathematical Science of Solids, 58(1):x+104, 2000. ISSN 0374-3535.</li> </ul>  |

|   |
|---|
| <p><b>Asignatura N° 12 Métodos Computacionales Aplicados al Cálculo de Estructuras</b></p> <p><b>Responsable:</b></p> |
|---|

**Instituto:** IET

**Nº de créditos:** 10

**Horas presenciales:**

**Objetivos:** Adquirir dominio de las técnicas correspondientes a la mecánica computacional. Conocer cómo se aplican estos métodos para diferentes tipos de estructuras, los procedimientos numéricos empleados así como sus limitaciones. Manejar con solvencia los programas especializados en el cálculo estructural como para luego ser aplicados en los proyectos de carrera con un correcto ingreso de datos y un análisis crítico de resultados. Deberá dominar herramientas básicas de programación aplicables a la ingeniería civil. El alcance de la asignatura es que el estudiante sea capaz de realizar programas informáticos básicos para problemas específicos de la ingeniería civil, modelar estructuras de barras en dos y tres dimensiones con carga estática, modelar estructuras de losas apoyadas sobre pilares y vigas con carga estática.

**Conocimientos previos exigidos:**

El estudiante debe dominar los conceptos básicos del comportamiento mecánico de los sólidos y de las estructuras de barras.

También debe haber adquirido una introducción a la Teoría General del Método de los Elementos Finitos. Deberán tener conocimientos básicos de programación.

**Metodología de enseñanza:**

El curso está pensado para ser dictado en forma semestral de 5 horas semanales de clases teóricas y prácticas de laboratorio en la computadora divididos en grupos de tres estudiantes como máximo.

En las clases teóricas se dictan los principios básicos de método de los elementos finitos fundamentalmente con técnicas de programación enfocadas a resolución de sistemas lineales.

En las clases prácticas cada grupo con un tutor asignado expone y desarrolla el objeto de estudio que se le asigne ó proponga.

El trabajo final constará de un programa desarrollados por el estudiante para resolver una problemática puntual aplicada al cálculo estructural y una resolución a un problema específico utilizando programas ya existentes que aplican métodos numéricos para cálculo estructural.

**Forma de evaluación:**

**Aprobación del curso:** Para poder rendir el examen de la materia, el estudiante debe obtener un mínimo del 50% de cada una de las siguientes instancias y un 60% del total.

i) Realización de una prueba teórico-práctica en la que los estudiantes deben demostrar tanto conocimientos teóricos de elementos finitos como relativos al uso de alguna herramienta informática para el cálculo de solicitaciones en estructuras.

Esta prueba corresponderá a un 60% de la nota del curso. Se realizará en la semana número 12 del curso. Se tomará en alguna de las sales de computadoras de facultad.

ii) Implementación de un trabajo grupal que involucre: investigación y aplicación pudiéndose o no reproducir los resultados en alguna herramienta informática para cálculo estructural. Presentación oral del trabajo realizado. Corresponderá a un 40% de la nota total del curso.

**Aprobación de examen oral sobre los conceptos teóricos.**

La asistencia será libre.

**Temario:**

- Introducción. Método de los elementos finitos. Modelo estructural. Sistemas de coordenadas.

14  
Cabrera

|  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación del modelo</li> <li>• Elemento pórtico. Características. Aplicación. Creación del elemento. Diferentes secciones geométricas. Restricciones. Liberación de restricciones. Manipulación de los ejes locales del elemento. Zonas de rigidez. Asignación de diferentes tipos de cargas. Nudos, características. Condiciones de apoyo del elemento. Restricciones de desplazamiento determinado. Resortes. Masas. elemento pórtico en el plano y en el espacio.</li> <li>• Elemento cáscara. Definición y tipos de elemento: placa, membrana y cáscara. Secciones. Manipulación de ejes locales. Asignación de diferentes tipos de cargas. Nudos. Placa de entresijos, muro de cortante en un pórtico, viga y placa utilizando restricciones de desplazamiento.</li> <li>• Laboratorio. Estudio de los problemas a resolver. Definición del diagrama de flujo.</li> <li>• Diseño del programa por el estudiante. Resolución del mismo caso con programas existentes. Discusión de resultados.</li> </ul> |
| <p><b>Bibliografía:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de estructuras, método clásico y matricial, Mc Cormac J., Elling R. - Editorial Alfaomega (1991)</li> <li>• Finite Element Modeling for Stress Analysis, Cook R.D. - Jhon Wiley &amp; Sons, inc. (1995) - ISBN 0-471-10774-3</li> <li>• Análisis numérico y visualización gráfica con Matlab, Nakamura - Prentice Hall &amp; IBD (1997) - ISBN-13: 978-9688808603</li> <li>• Introducción al estudio del elemento finito en ingeniería, Chandrupatla y Belegundu - Prentice Hall (2000) - ISBN 9789701702604</li> <li>• Cálculo de estructuras por el método de los elementos finitos, Oñate - CIMNE (1995) - ISBN 84-87867-00-6</li> <li>• Resolución de ecuaciones diferenciales con problemas de valor en la frontera, Boyce di Prima - LIMUSA WILLEY (2010) ISBN 968-18-4974-4</li> </ul>  |

|   |
|---|
| <p><b>Asignatura Nº 13 Análisis no lineal de estructuras</b></p> <p><b>Responsable:</b> : Dr. Ing. Jorge Pérez Zerpa</p> <p><b>Instituto:</b> IET</p> <p><b>Nº de créditos:</b> 6</p> <p><b>Horas presenciales:</b> 35</p>  |
| <p><b>Objetivos:</b> Presentar conceptos básicos del análisis no lineal de estructuras así como también permitir al estudiante contar con nociones que faciliten el uso de herramientas computacionales que realicen este tipo de análisis a nivel académico o profesional. Se hará énfasis en aplicaciones prácticas y didácticas.</p> |
| <p><b>Conocimientos previos exigidos:</b> Análisis estático de estructuras. Nociones básicas del Método de Elementos Finitos para el análisis lineal de estructuras.</p>  |
| <p><b>Metodología de enseñanza:</b></p> <p>Horas clase (teórico): 26</p> <p>Horas clase (práctico): 6</p> <p>Horas clase (laboratorio): 0</p> <p>Horas consulta: 1</p> <p>Horas evaluación: 2</p> <p>Subtotal horas presenciales: 35</p>  |

|  |
|--|
| <p>           Horas estudio: 25<br/>           Horas resolución ejercicios/prácticos: 15<br/>           Horas proyecto final/monografía: 25<br/>           Total de horas de dedicación del estudiante: 100         </p>   |
| <p> <b>Forma de evaluación:</b> Se realizará una prueba escrita al finalizar el curso y se solicitará además la entrega de un trabajo.         </p>  |
| <p> <b>Temario:</b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptos básicos: Revisión de Teoría de Vigas, Elasticidad y Principio de Trabajo Virtual. Aspectos básicos del Método de los Elementos Finitos: elementos de barras, vigas y sólidos. Método numérico para ecuaciones no lineales: Método de Newton-Raphson. Criterios de parada. Orden y velocidad de convergencia.</li> <li>• No linealidad geométrica: análisis de estructuras de barras sometidas a grandes desplazamientos, soluciones analíticas. Medidas de deformación: definiciones y comparación. Principio de trabajo virtual y aplicación del MEF. Método de carga incremental. Control de carga y control de desplazamiento. Análisis de reticulados planos y tridimensionales. Aplicación al estudio de inestabilidad estructural de pórticos.</li> <li>• No linealidad material: Relación tensión-deformación no lineal. Módulo tangente e hiperelasticidad. Conceptos para análisis de sólidos hiperelásticos: tensor de Green, tensor de Cosserat. Problema de análisis dinámico de estructuras y sólidos.</li> <li>• Plasticidad: Modelos unidimensionales de plasticidad: funciones de fluencia y de endurecimiento, condiciones de carga y descarga, módulo tangente elastoplástico. Aplicación a análisis de reticulados sometidos a grandes desplazamientos considerando plastificación. Conceptos básicos en plasticidad de sólidos: función de fluencia de Von-Mises, métodos de retorno.</li> </ul> |
| <p> <b>Bibliografía:</b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures, Volume 1: Essentials, M. A. Crisfield, Wiley, ISBN 0-471-92956-5, 1991.</li> <li>• Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures, R. de Borst, M. A. Crisfield, J. J.C. Remmers, C. V. Verhoosel, Wiley, ISBN 978-0-470-66644-9 2da Ed, 2012.</li> <li>• Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, T. Belytschko, W. Kam Liu, B. Moran K. Elkhodary, Wiley, ISBN 978-1-118-63270-3, 2da Ed. 2014.</li> <li>• Computational Methods for plasticity, De Souza Neto, D. Peric, D.R.J. Owen, ISBN 978-0470694527, Wiley, 2008.</li> </ul>   |

|  |
|--|
| <p> <b>Asignatura N° 14 Estabilidad estructural</b> </p> <p> <b>Responsable:</b> Dr. Ing. Berardi Sensale<br/> <b>Instituto:</b> IET<br/> <b>N° de créditos:</b> 8<br/> <b>Horas presenciales:</b> 60         </p> |
| <p> <b>Objetivos:</b> Profundizar el estudio del pandeo de las estructuras, en particular las de pared delgada, considerando modelos matemáticos de mayor complejidad.         </p>                                |
| <p> <b>Conocimientos previos exigidos:</b> Título de Ingeniero Civil perfil estructuras         </p>   |
| <p> <b>Metodología de enseñanza:</b> </p>  |

|   |
|---|
| <p>           Horas clase (teórico): 44<br/>           Horas clase (práctico): 12<br/>           Horas clase (laboratorio):<br/>           Horas consulta:<br/>           Horas evaluación: 4<br/>           Subtotal horas presenciales:         </p> <p>           Horas estudio: 24<br/>           Horas resolución ejercicios/prácticos: 24<br/>           Horas proyecto final/monografía: 12<br/>           Total de horas de dedicación del estudiante: 120         </p>   |
| <p> <b>Forma de evaluación:</b> Una pruebas parcial, entrega de trabajos prácticos durante el curso, entrega de trabajo final.         </p>   |
| <p> <b>Temario:</b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterio energético de estabilidad elástica. Teorema de la segunda variación de la energía potencial. Interpretación física. Teorema de ortogonalidad. Estabilidad del equilibrio elástico.</li> <li>• Pandeo de columnas en su plano. Primera variación de la energía potencial de una viga columna. Carga crítica de una columna. Análisis de segundo orden de vigas columnas, viga columna de Timoshenko, efectos p-delta.</li> <li>• Estabilidad de pórticos. Ecuación de las deflexiones angulares en teoría de segundo orden. Funciones de estabilidad. Deducción de los nomogramas de cálculo. Análisis de estabilidad de pórticos por métodos matriciales. Matriz geométrica.</li> <li>• Análisis de torres atirantadas. Ecuación del cable, ecuación del mastil, análisis de segundo orden de la torre atirantada, carga de pandeo.</li> <li>• Pandeo flexo-torsional de columnas. Primera variación de la energía potencial. Efecto Wagner. Análisis de columnas cuya sección transversal presenta dos ejes de simetría ortogonales, un eje de simetría y asimetría.</li> <li>• Pandeo lateral de vigas. Primera variación de la energía potencial. Ecuación diferencial que gobierna el problema. Determinación de valores de la carga crítica para diferentes tipos de carga y condiciones de apoyo.</li> <li>• Pandeo de placas. primera variación de la energía potencial. Ecuación diferencial que gobierna el problema. Aplicación al caso de pandeo local.</li> <li>• Pandeo en el rango plástico. Pandeo plástico de columnas. Concepto de módulo tangente y reducido. Efecto de la plasticidad en el pandeo lateral de vigas.</li> </ul> |
| <p> <b>Bibliografía:</b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• "Stability of Structures. Principles and Applications" – Chai H. Yoo and Sung C. Lee – Elsevier- ISBN 978-0-12-365122-2 (2011)</li> <li>• "Stability Analysis and Design of Structures" – Murari Lal Gambhir- Springer –ISBN 978-3-642-05866-0 (2004)</li> <li>• "Fundamentals of Structural Stability" – George J. Simitses and Dewey H. Hodges– Elsevier – ISBN 989-0-7608-7875-9 (2006)</li> <li>• "Structural Stability of Steel: Concepts and Applications for Structural Engineers" – Theodore E. Galambos and A.E. Surovek – John Wiley and Sons, Inc. – ISBN 978-0-470-03778-2 ( 2008)</li> <li>• "Flexural Torsional Buckling of Structures: New Directions in Civil Engineering" – N.S. Trahair – CRC Press, Inc. – ISBN 0-419-171105 – (2000)</li> <li>• "Structural Stability: Theory and Implementation" W.F. Chen and E.M. Lui, -Elsevier - ISBN 0-444-01119-6 (1987)</li> </ul>   |

- "A Variational Approach to Structural Analysis" - David V. Wallerstein. - John Wiley and Sons, Inc - ISBN 0-471- 39593-5 (2002)
- "Mechanics of Structural Elements: Theory and Applications" – V. Slinker - Springer –ISBN 103-540-44718-0 (2007)
- "Shear deformable beams and plates"– Wang C.M., Reddy J.N. and Lee K.H. Oxford Elsevier–ISBN-08-043784-2 – (2000).
- "Fundamentals of Structural Mechanics" – Keith D. Hjelmstad -Springer - ISBN 0-387-23331-0 – (2005)

### Asignatura Nº 15 Álgebra Lineal Numérica

**Responsable:** Dr. Ing. Pablo Ezzatti

**Instituto:** INCO

**Nº de créditos:** 9

**Horas presenciales:** 15

**Objetivos:** Profundizar en los conceptos de álgebra lineal numérica. En particular se hará hincapié en el trabajo con matrices dispersas (o ralas) y la ejecución de algoritmos en paralelo.

**Conocimientos previos exigidos:** Conocimientos de cálculo numérico y programación.

#### Metodología de enseñanza:

La metodología se basa en una estrategia semipresencial e incluye:

- Exposición teórica introductoria a cargo del docente.
- Estudio de material teórico por parte de los alumnos, distribuido en 21 sesiones.
- Confección de informes sobre el material teórico, trabajo práctico y aplicaciones en máquina por parte de los alumnos.
- Clases de consultas semanales para evacuar dudas.
- Laboratorio final.

Horas clase (teórico): 2

Horas clase (práctico):

Horas clase (laboratorio):

Horas consulta: 13

Horas evaluación:

Subtotal horas presenciales: 15

Horas estudio: 53 (32 de 21 sesiones teóricas domiciliarias de 1,5 horas + 21 horas de extensión de formación y confección de informes)

Horas resolución ejercicios/prácticos: 22 (6+9+7)

Horas proyecto final/monografía: 50

Total de horas de dedicación del estudiante: 140

#### Forma de evaluación:

- Realización de tres informes sobre el material teórico.
- Realización de trabajos prácticos.
- Trabajo laboratorio final.



*Handwritten signature*

|   |
|---|
| <p>Para aprobar la asignatura se debe aprobar cada una de las instancias de evaluación. La incidencia en la calificación final del curso de cada una de las instancias de evaluación es la siguiente: Trabajos prácticos (30%), Laboratorio (50%) y Informes del material teórico (20%).</p>                    |
| <p><b>Temario:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Repaso de álgebra y errores numéricos</li> <li>● Matrices y máquinas</li> <li>● Técnicas de paralelismo</li> <li>● Resolución de sistemas lineales</li> <li>● Valores y vectores propios</li> <li>● Bibliotecas de ALN y paralelismo</li> </ul> |
| <p><b>Bibliografía:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Matrix Computations. Golub G. and Van Loan C., ISBN 0801854148, 1996.</li> <li>● Introduction to parallel computing design and analysis of algorithms. Kumar V., Grama A., Gupta A. and Karypis G., ISBN 0-201-64865-2, 2003.</li> </ul>   |

|   |
|---|
| <p><b>Asignatura N° 16 Fundamentos de la Robótica Autónoma</b></p> <p><b>Responsable:</b> Dr. Ing. Gonzalo Tejera<br/> <b>Instituto:</b> INCO<br/> <b>N° de créditos:</b> 7<br/> <b>Horas presenciales:</b> 60</p>  |
| <p><b>Objetivos:</b> El objetivo general es que el estudiante comprenda los principios de funcionamiento y construcción de los robots móviles, así como las metodologías para su desarrollo.</p> <p>Objetivos Particulares:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Conocer la teoría y las técnicas que se utilizan para el diseño de robots y sus aplicaciones.</li> <li>● Comprender ejemplos de implementaciones concretas de robots móviles que sean paradigmáticas en sus opciones de diseño.</li> <li>● Utilizar diversos tipos de sensores y actuadores disponibles mediante varios elementos de cómputo.</li> </ul>   |
| <p><b>Conocimientos previos exigidos:</b> La asignatura requiere sólidos conocimientos de lógica y programación. Se recomienda que el estudiante posea conocimientos previos en programación (bajo nivel, orientación a objetos, concurrencia), arquitectura de sistemas y conocimientos básicos de física.</p> <p><b>Plan 97:</b><br/>         Para cursar esta asignatura es necesario tener aprobado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 créditos en la materia Ciencias Experimentales.</li> <li>• examen de Lógica</li> <li>• examen de Programación 2</li> <li>• curso de Programación 3</li> <li>• curso de Arquitectura de computadores o curso de Arquitectura de Computadores 1 o curso de Introducción a la Arquitectura de Computadores</li> </ul> |

**Metodología de enseñanza:** El curso consiste de clases teórico-prácticas y de laboratorio. El curso implica la asistencia obligatoria a las clases laboratorio. Las clases teórico-prácticas tendrán una carga de 4 horas semanales durante 15 semanas. Se estima que cada estudiante debe dedicarle 2 horas de estudio semanales durante las 15 semanas. La realización de laboratorio apunta a formar al estudiante en el desarrollo de sistemas robóticos a varios niveles. Durante el desarrollo curso los docentes realizarán la tutoría a los grupos de laboratorio.

**Forma de evaluación:**

- Los estudiantes realizarán trabajos de laboratorio grupales. Estos trabajos son obligatorios y eliminatorios.
- Habrá dos instancias de evaluación individual.

**Puntajes de evaluación total:**

- 60% pruebas de evaluación individual
- 40% trabajo de laboratorio (grupal)

**La aprobación de la asignatura requiere de:**

- un mínimo de 60% en la evaluación total,
- un mínimo de 60% en todas las actividades (pruebas individuales y trabajos de laboratorio) y
- la asistencia a las clases de laboratorio.

**Temario:**

- Introducción e Historia
- Agentes y entorno
- Construcción, sensores y actuadores.
- Paradigmas en robótica
- Navegación
- Fundamentos de control.

**Bibliografía:**

- Autonomous Robots. From Biological Inspiration to Implementation and Control, Bekey, MIT Press, 0262025787, 2005 (libro del curso).
- Embedded Robotics, Mobile Robot Design and Applications with Embedded Systems, Bräunl, Springer, 3540034366, 2003.
- Behavior-Based Robotics, Arkin, MIT Press, 0262011654, 1998.
- Introduction to AI Robotics, Murphy, MIT Press, 0262133830, 2000.

**Asignatura Nº 17 Estimación numérica Monte Carlo**

**Responsable:** Msc. Ing. María E. Urquhart, Dr. Ing. Héctor Cancela

**Instituto:** INCO

**Nº de créditos:** 8

**Horas presenciales:** 70

**Objetivos:** Presentar las bases de los métodos de Monte Carlo como herramientas para la resolución numérica aproximada de problemas de cálculo, y particularmente de estimación de integrales y de estimación de conteos. Proporcionar al estudiante los conceptos más importantes y las herramientas prácticas para diseñar e implementar un algoritmo Monte Carlo básico incluyendo manejo de la generación y determinación del tamaño de las muestras, y análisis de las salidas para determinar los errores de aproximación esperados.

*A. A. de la...*

**Conocimientos previos exigidos:** Conocimientos generales de probabilidad y estadística y de métodos numéricos. Experiencia en algún lenguaje de programación imperativo y en el uso de bibliotecas.

**Metodología de enseñanza:** La metodología de enseñanza es a distancia, plataforma Moodle, con participación activa del estudiante en todas las actividades del curso y con seguimiento de un tutor.

Horas clase (teórico):

Horas clase (práctico):

Horas clase (laboratorio):

Horas consulta (participación en foros de discusión) : 10

Horas evaluación (ejercicios laboratorios y entregas): 60

Subtotal horas presenciales: 70

Horas estudio (lectura y estudio de material : 40

Horas resolución ejercicios/prácticos (Preparación examen escrito): 10 hs

Horas proyecto final/monografía:

Total de horas de dedicación del estudiante: 120

**Forma de evaluación:**

- Participación en los foros de discusión de cada unidad por parte del estudiante. El porcentaje de esta actividad en el total de puntos (100) será del 10%.
- La aprobación de los laboratorios realizados y entregados en forma individual (60 %).
- Una prueba escrita eliminatoria (30 %).
- Para la aprobación final del curso se requiere: mínimo de 60% de los puntos en cada parte.

**Temario:**

Introducción a los Métodos de Monte Carlo

1. Esquema general.
2. Conceptos básicos.

1. Estimación de volúmenes e integrales.

1. Introducción.
2. Tamaño de muestra y error.
3. Intervalos de confianza..
4. Comparación con otros métodos clásicos para integración en múltiples variables.

2. Problemas de Conteo.

3. Generación de muestras.

1. Números aleatorios y pseudoaleatorios.
2. Variables aleatorias independientes de distribuciones continuas y discretas.

4. Otros tópicos

1. Métodos para aumentar la eficiencia computacional.
2. Intervalos de confianza simultáneos.
3. Estimación de cocientes.

Estimación secuencial.

**Bibliografía:**

- Monte Carlo: concepts, algorithms and applications, George S. Fishman, Springer, 1995, ISBN 0-387-94527

|   |
|---|
| <p><b>Asignatura N° 18 Modelado y Optimización</b></p> <p><b>Responsable:</b> Dr. Ing. Pedro Piñeyro, MSc. Ing. Omar Viera<br/> <b>Instituto:</b> INCO<br/> <b>N° de créditos:</b> 6<br/> <b>Horas presenciales:</b> 2</p>  |
| <p><b>Objetivos:</b> Que el estudiante pueda modelar y solucionar problemas de Optimización de simple y mediana complejidad y a su vez realizar análisis cuantitativos de los mismos. Obtener los fundamentos de modelado en un lenguaje algebraico.</p>  |
| <p><b>Conocimientos previos exigidos:</b><br/>         Investigación Operativa (examen).<br/>         Álgebra Lineal. Conocimientos generales de Programación lineal.</p>   |
| <p><b>Metodología de enseñanza:</b> La metodología de enseñanza es a distancia, con participación activa del estudiante en todas las actividades del curso y con seguimiento de un tutor.</p> <p>Horas clase (teórico):<br/>         Horas clase (práctico):<br/>         Horas clase (laboratorio):<br/>         Horas consulta:<br/>         Horas evaluación: 2<br/>             Subtotal horas presenciales: 2</p> <p>Horas estudio: 28<br/>         Horas resolución ejercicios/prácticos: 60<br/>         Horas proyecto final/monografía:<br/>             Total de horas de dedicación del estudiante: 90</p> |
| <p><b>Forma de evaluación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una participación en un foro de discusión por parte de los grupos de trabajo (la cantidad de estudiantes por grupo dependerá de la cantidad total de estudiantes inscriptos). El porcentaje de esta actividad en el total de puntos (100) será de un máximo de 10 %.</li> <li>• La creación de un modelo a partir de un conjunto de datos (10%).</li> <li>• Una única prueba escrita eliminatoria (30 %).</li> <li>• La aprobación de 5 laboratorios (50 %).</li> </ul>   |
| <p><b>Temario:</b></p> <p>1. Introducción a la Modelación.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modelos, computadoras y planificación.</li> <li>2. Diferentes tipos de modelos.</li> <li>3. Modelos cuantitativos de decisión.</li> <li>4. Construcción de modelos.</li> <li>5. Sobre el uso y la implementación de modelos.</li> <li>6. Temas de discusión.</li> </ol> <p>2. Datos y modelos.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción.</li> </ol>  |

*18/10/10*  
*Chavarría*

2. Un ejemplo.
  3. Consideraciones relacionadas con los datos.
  4. Representación gráfica y continua.
  5. Un ejemplo: producción anual.
3. Método Simplex Revisado.
    1. El método.
    2. Ventajas con respecto al método "común".
    3. Ejercicios.
4. Programación Entera.
    1. Método Branch and Bound.
    2. Ejercicios.
5. Software de Modelado y Optimización

**Bibliografía:**

El curso no se basa en ninguna literatura especial. Alguna literatura de apoyo a algunos temas puede ser:

- Linear and Non Linear Programming, David G. Luemberger, Edisson Wesley, 1989, ISBN 2164408-8
- Introducción a la Investigación de Operaciones, Hillier y Lieberman, Mc Craw Hill, 1991, ISBN 968-422-993-3
- Integer and Combinatorial Optmization, Nemhauser, 1988, Wiley, ISBN 047182819-x

**Asignatura Nº 19 Análisis y Control de Sistemas no Lineales**

**Responsable:** Dr. Pablo Monzón

**Instituto:** IIE

**Nº de créditos:** 10

**Horas presenciales:** (4 horas de exposición semanal x 12 semanas) + 1 hora de consulta semanal x 16 semanas) + ( defensa final) = 68 horas

**Objetivos:** Familiarizar al alumno con la teoría de estabilidad de sistemas no lineales de control (ecuaciones diferenciales a través de las cuales se analiza el comportamiento dinámico de fenómenos reales). Introducir al alumno a las principales áreas del control no lineal, desde el análisis de sistemas hasta el diseño de leyes de control.

**Conocimientos previos exigidos:** Estudio cualitativo de ecuaciones diferenciales lineales. Estabilidad de ecuaciones diferenciales lineales y no lineales.

**Metodología de enseñanza:**

Horas clase (teórico, práctico, laboratorio): 48

Horas estudio: 40

Horas resolución ejercicios/prácticos: 12

Horas proyecto final/monografía: 30  
Horas evaluación: 4  
Horas consulta: 16  
HORAS TOTALES: 150

**Forma de evaluación:** Entrega de ejercicios resueltos. Se deben entregar al menos el 80% de los ejercicios propuestos. Monografía final.

**Temario:**

- Sistemas no lineales
- Sistemas de segundo orden
- Estabilidad según Lyapunov
- Estabilidad Entrada-Salida
- Estabilidad absoluta
- Función Descriptiva
- Temas avanzados
- Técnicas de control no lineal

**Bibliografía:**

- H. Khalil, Nonlinear Systems, Prentice-Hall, 1996. (ISBN: 0-13-228024-8)
- S. S. Sastry, Nonlinear Systems: analysis, stability, and control. Springer-Verlag, 1999. (ISBN: 0-387-98513-1)
- A. Isidori, Nonlinear control systems: an introduction, Springer, 1989. (ISBN: 0-387-50601-2)
- J.J. Slotine, Applied nonlinear control, Prentice-Hall, 1991. (ISBN: 0-13-040890-5)
- S. Strogatz, Nonlinear dynamics and chaos: with applications to physics, biology, chemistry and engineering.
- Westview Press, Cambridge, 1994. (ISBA: 0-7382-0453-6)

**Asignatura N° 20** Introducción a los PLC

**Responsable:** Dr. Ing. Pablo Monzón  
**Instituto:** IIE  
**N° de créditos:** 3  
**Horas presenciales:** 33

**Objetivos:** Al aprobar la asignatura el estudiante será capaz de:

1. Describir los conceptos básicos involucrados en la operación un PLC y su entorno
2. Describir las principales características de los lenguajes de programación gráficos definidos en el estándar IEC 61131
3. Programar aplicaciones básicas en un PLC
4. Realizar la sintonía de un controlador PI implementado en un PLC
5. Describir los sistemas del control distribuidos basados en PLCs
6. Permanecer actualizado con la tecnología utilizada en las aplicaciones de PLCs

**Conocimientos previos exigidos:** -

**Metodología de enseñanza:** La asignatura consta de clases teóricas y laboratorios prácticos para los estudiantes agrupados de a 3 personas. Cada grupo dispone de un tablero de pruebas con un PLC y demás accesorios.

*diego*

|   |
|---|
| <p>           Horas clase (teórico): 19<br/>           Horas clase (práctico): -<br/>           Horas clase (laboratorio): 14<br/>           Horas consulta: -<br/>           Horas evaluación: -<br/>           Subtotal horas presenciales: 33         </p> <p>           Horas estudio: -<br/>           Horas resolución ejercicios/prácticos: 12<br/>           Horas proyecto final/monografía: -<br/>           Total de horas de dedicación del estudiante: 45         </p> |
|---|

**Forma de evaluación:** Asistencia a clases teóricas y realización de ejercicios de laboratorio con carácter grupal.

|  |
|--|
| <p><b>Temario:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción</li> <li>• Arquitectura de un PLC</li> <li>• Tipos de datos</li> <li>• Lenguaje Ladder (LD)</li> <li>• Introducción al ambientes de desarrollo de programas</li> <li>• Lenguaje FBD</li> <li>• El PLC como controlador</li> <li>• Lenguajes IL y SFC</li> <li>• Lenguaje ST</li> <li>• Norma IEC 61131</li> <li>• Comunicaciones</li> <li>• Sistemas supervisorios (SCADA)</li> </ul> |
|--|

|   |
|---|
| <p><b>Bibliografía:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• "PLCOpen" - <a href="http://www.plcopen.org/">http://www.plcopen.org/</a></li> <li>• "PLCs.net" - Phil Melore – <a href="http://www.plcs.net/">http://www.plcs.net/</a></li> <li>• "Programmable Logic Controllers: Principles and Applications" - J. Webb y R. Reis - 4th. edition, Prentice</li> <li>• Hall - ISBN 0-13-679408-4 – 1999</li> <li>• "Programmable Logic Controllers" - S. Brian Morriss - Prentice Hall – ISBN 0-13-095565-5, 2000</li> <li>• "AC500-eCO Starter Kit" - ABB – 2012</li> <li>• "CoDeSys 2.3 User Manual" – 3S Smart Software Solutions – 2010</li> <li>• "Open Modbus/TCP specification Release 1.0" - Andy Swales, Schneider Electric -- 29/3/1999</li> </ul> |
|---|

|  |
|--|
| <p><b>Asignatura N° 21 Ingeniería Clínica</b></p> <p><b>Responsable:</b> Dr. Ing. Franco Simini</p> <p><b>Instituto:</b> IIE</p> |
|--|

|   |
|---|
| <p> <b>Nº de créditos:</b> 8<br/> <b>Horas presenciales:</b> 60         </p>  |
| <p> <b>Objetivos:</b> Profundizar los conocimientos de los profesionales que tienen a su cargo la gestión de equipos biomédicos y de hospitales. Colaborar con las Empresas del ramo para capacitar el personal técnico superior en los elementos básicos del mantenimiento y aseguramiento de la continuidad del servicio, ya sea por mantenimiento, rutinas de prevención, planificación y enfrentamiento de contingencias.         </p>  |
| <p> <b>Conocimientos previos exigidos:</b> Título de ingeniero electricista o equivalente, título de técnico en electrónica o similar de la Universidad del Trabajo (UTU) o licenciado en ciencias y en todos los casos alguna experiencia de trabajo en desarrollo de equipos, en ingeniería clínica, en mantenimiento de equipos médicos o en áreas afines. Se requieren conocimientos previos en manejo de herramientas de productividad personal informática y capacidad de redactar informes.         </p>   |
| <p> <b>Metodología de enseñanza:</b><br/>           Horas clase (teórico): 32<br/>           Horas clase (práctico): 0<br/>           Horas clase (laboratorio): 20<br/>           Horas consulta: 4<br/>           Horas evaluación: 4<br/>               Subtotal horas presenciales: 60<br/><br/>           Horas estudio: 44<br/>           Horas resolución ejercicios/prácticos: 16<br/>           Horas proyecto final/monografía: 0<br/>               Total de horas de dedicación del estudiante: 120         </p>  |
| <p> <b>Forma de evaluación:</b><br/>           Los docentes siguen el proceso de aprendizaje de los estudiantes de posgrado mediante los laboratorios y dos pruebas parciales. Primer prueba parcial (40 puntos): abarca la primera mitad de los temas y los dos primeros laboratorios. Para presentarse el estudiante debe haber aprobado los dos laboratorios y tener 5 asistencias a las clases teóricas. Segunda prueba parcial (40 puntos): abarca la segunda mitad de los temas y los dos últimos laboratorios y tiene los mismos requisitos que el primer parcial. El conjunto de las 4 prácticas es evaluado sobre 20 puntos. Aprueban los estudiantes con más de 60 puntos y 16 como mínimo en cada parcial. La nota de los aprobados será ajustada al terminar mediante oral opcional a juicio de la mesa.         </p>   |
| <p> <b>Temario:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Introducción a la Ingeniería Biomédica y a su caso particular de aplicación a hospitales: Ingeniería Clínica Enseñanza de normas de seguridad en la gestión tecnológica.</li> <li>● Taller de mantenimiento de equipos biomédicos con disponibilidad 7/24</li> <li>● Servicio post ventas de equipos de imagenología de gran porte</li> <li>● Modelos de mantenimiento y relación con la industria y la investigación</li> <li>● Seguridad de equipos biomédicos en instalaciones eléctricas de hospitales</li> <li>● Proyecto de Hospital: el caso de la ampliación del Hospital Pasteur</li> <li>● Gestión de tecnologías biomédicas con eficiencia y eficacia</li> <li>● Verificación y planes de contingencia en obras de operación continua</li> <li>● Instalaciones para diálisis y tratamiento de agua</li> <li>● Proyecto de equipos biomédicos</li> <li>● Planificación de compras y bajas de equipos de imagenología de gran porte</li> </ul> </p> |



- Gestión de mantenimiento de equipos biomédicos
- Evaluación de gestión tecnológica en términos de eficiencia/eficacia entregadas
- Repaso del curso y evaluación subjetiva de participantes

**Prácticas:**

1. planificación de mantenimiento en Taller 7/24
2. relevamiento de avance de obra de un hospital (instalaciones biomédicas)
3. visita a planta de generación de energía eléctrica
4. planta de tratamiento de agua para diálisis: rutinas de verificación

**Bibliografía:**

- Franco Simini "Ingeniería Biomédica: perspectivas desde el Uruguay", Universidad de la República, Montevideo, 2007, ISBN 9974-0-0343-1
- John G. Webster, "Medical Instrumentation: Application & Design", John Wiley, New York, 1997, ISBN 0471-1-5368-0
- John G. Webster, "Bioinstrumentation", John Wiley, New York, 2003, ISBN 0471263273.
- Zhi-Pei Liang, "Principles of Magnetic Resonance

**Asignatura N° 22 Seminario de Ingeniería Biomédica**

**Responsable:** Dr. Ing. Franco Simini

**Instituto:** IIE

**N° de créditos:** 4

**Horas presenciales:** 37

**Objetivos:** El Seminario tiene un contenido informativo con estímulos para el trabajo personal. La secuencia de conferencias abre el panorama técnico en Ingeniería Biomédica mediante la presentación de realizaciones de equipos, de investigaciones y de aplicaciones industriales novedosas. Estimula la iniciativa de desarrollos originales adaptados al país y a la Región y permite crear un espacio de cooperación con industrias afines a la fabricación de equipos biomédicos y con empresas de mantenimiento de equipamiento biomédico. Tomada como Curso de Postgrado, la asignatura requiere un trabajo personal como monografía cuyo nivel refleje el estado del arte en la frontera del conocimiento.

**Conocimientos previos exigidos:** Formación terciaria que permite llevar adelante una búsqueda bibliográfica y que habilite para la redacción de una monografía sobre un tema asignado, y luego presentarla.

**Metodología de enseñanza:**

Horas clase (teórico): 30 horas

Horas clase (práctico): 4 horas (visita a equipo en un Hospital)

Horas clase (laboratorio): 0 horas

Horas consulta: 2 horas

Horas evaluación: 1 hora

Subtotal horas presenciales: 37

Horas estudio: 14 horas

Horas resolución ejercicios/prácticos: 0 horas  
 Horas proyecto final/monografía: 30 horas  
 Total de horas de dedicación del estudiante: 81 horas total

**Forma de evaluación:**

Asistencia obligatoria presencial o por videoconferencia (Paysandú u otras sedes). Para presentarse al examen se debe haber atendido 12 de las 15 clases y haber realizado la monografía. Previo acuerdo con el coordinador, el estudiante elige un tema afín a una de las exposiciones que luego profundiza mediante lecturas y la elaboración de un escrito. Para aprobar el Seminario en calidad de Posgrado la monografía aborda un tema en la frontera del conocimiento y se relaciona a menudo con el tema de tesis del estudiante. Los participantes entregan el escrito una semana antes de la sesión de recapitulación, durante la cual lo presentan en forma oral. No se prevén otras instancias de aprobación.

**Temario:** El temario varía de año en año sobre temas actualizados y de interés, relacionados con la Ingeniería Biomédica. Para ver los temarios de otros años visita: [http://www.nib.fmed.edu.uy/sitio\\_nib/docencia.html](http://www.nib.fmed.edu.uy/sitio_nib/docencia.html)

**Bibliografía:**

- Publicaciones indicadas por los respectivos docentes.

Franco Simini "Ingeniería Biomédica: perspectivas desde el Uruguay", Universidad de la República, Montevideo, 2007, ISBN 9974-0-0343-1

**Asignatura Nº 23 Mecánica de la fractura**

**Responsable:** Msc. Ing. Rodolfo Mussini  
**Instituto:** IEM  
**Nº de créditos:**  
**Horas presenciales:** 12

**Objetivos:** Se espera que al finalizar el curso, los asistentes estén en condiciones de realizar evaluaciones simples de Mecánica de la Fractura y relacionar los resultados de las mismas con los requerimientos necesarios de inspección mediante END.

**Conocimientos previos exigidos:** Materiales, Propiedades Mecánicas, resistencia de Materiales y Mecánica de Sólidos Deformables.

**Metodología de enseñanza:**

Horas clase (teórico): 10  
 Horas clase (práctico): 2  
 Horas clase (laboratorio): 0  
 Horas consulta: 3 (opcionales)  
 Horas evaluación: 0  
 Subtotal horas presenciales: 12 (a 15)

Horas estudio: 8  
 Horas resolución ejercicios/prácticos: 2

Horas proyecto final/monografía: 0  
 Total de horas de dedicación del estudiante: 22

**Forma de evaluación:**

**Temario:**

1. Introducción
2. Curvas de crecimiento de daño/fisura
3. Ensayos no Destructivos (Nondestructive Testing, NDT) y Mecánica de la Fractura: su importancia en la definición de intervalos de inspección
4. Confiabilidad en NDT
5. Revisión de comportamiento frágil y comportamiento dúctil en materiales metálicos
6. Principios Básicos de Mecánica de la Fractura Lineal Elástica (Linear Elastic Fracture Mechanics, LEFM)
7. Determinación de propiedades e régimen de LEFM
8. Ejemplos de cálculo de LEFM
9. Alcances y limitaciones de LEFM en aplicaciones industriales
10. Introducción al mecanismo de falla por colapso plástico
11. Diagrama de Evaluación de Falla (failure Assessment Diagram, FAD) como método de evaluación de integridad estructural en Procedimientos de Adecuación al Uso (Fitness for Service, FFS)

**Bibliografía:**

1. Fracture Mechanics - Fundamentals and Applications, Anderson T.L., CRC Press, Third Edition, 2005.
2. The Practical Use of Fracture Mechanics, Broek, Davis, Kluwer Academic Publisher, 1988.
3. NDE Reliability Data Analysis in Metals Handbook, Vol. 17, Alan P. Berens, ASM, 9th Ed., 1989.

**Papers**

1. Christina Müller. Matt Goils and Tom Taylor, Basic Ideas of the American-European Workshops 1997 in Berlin and 1999 in Boulder, 15th World Conference on Nondestructive testing, Roma, Italy, 15-21 Oct., 2000.
2. Guidelines for Interpretation of Publishing data on Probability of Detection for Nondestructive Testing, C.A. Harding and G.R. Hugo, Defence Science and Technology Organisation, 20011.
3. Nondestructive Inspection Reliability: History, Status and futures Path, Ward D. Rummel, 18th World Conference on Nondestructive, 2010.

**Asignatura Nº 24 Tratamientos superficiales contra el desgaste y la corrosión**

**Responsable:** Ing. Carlos Mantero

**Instituto:** IEM

**Nº de créditos:**

**Horas presenciales:** 30

**Objetivos:** Comprender los mecanismos que rigen los procesos de desgaste y corrosión de materiales. Establecer los criterios para evitar un problema de corrosión o desgaste mediante selección de materiales adecuados y/o implementación de soluciones fisicoquímicas superficiales.

|  |
|--|
| <p><b>Conocimientos previos exigidos: -</b></p>  |
| <p><b>Metodología de enseñanza:</b><br/>         Horas clase (teórico): 26<br/>         Horas clase (práctico): 0<br/>         Horas clase (laboratorio): 0<br/>         Horas consulta: 2<br/>         Horas evaluación: 2<br/>         Subtotal horas presenciales: 30</p> <p>Horas estudio: 60<br/>         Horas resolución ejercicios/prácticos: 0<br/>         Horas proyecto final/monografía: 0<br/>         Total de horas de dedicación del estudiante: 90</p> |
| <p><b>Forma de evaluación:</b> Examen escrito final.</p>   |
| <p><b>Temario:</b> Superficies. Descripción de los fenómenos de Fricción, Desgaste y Corrosión. Tratamientos superficiales contra la Corrosión: Protección Catódica y Anódica; pasivación, anodizado, aceros inoxidables; Pinturas. Concepto de tribología. Lubricación. Comportamiento de metales, cerámicos y polímeros frente al desgaste y la fricción. Tratamientos térmicos, termoquímicos y revestimientos superficiales contra el desgaste y la fricción.</p>    |
| <p><b>Bibliografía:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Engineering Tribology, G. W. Stachowiak &amp; A. W. Batchelor ED.</li> <li>• Corrosion Engineering, Third edition M. G. Fontana National Association of Corrosion Engineers/ 544 pages ISBN: 00729397374 / 01-Jan-1986</li> </ul>   |

|   |
|---|
| <p><b>Asignatura Nº 25 Metalurgia de transformación</b></p> <p><b>Responsable:</b> Ing. Eduardo Vedovatti<br/> <b>Instituto:</b> IEM<br/> <b>Nº de créditos:</b> 10<br/> <b>Horas presenciales:</b> 96</p>  |
| <p><b>Objetivos:</b> Esta disciplina tiene como objetivo que el estudiante se familiarice con diversas tecnologías que se relacionan con la transformación de metales y aleaciones. estas a vía de ejemplo pueden ser soldadura, fundición, etc. También se pretende dar una visión de las diversas técnicas de ensayo no destructivo habitualmente empleadas para descubrir discontinuidades o defectos en piezas obtenidas y/o tratadas por alguno de los procesos antes mencionados. con la realización de un trabajo monográfico que incluye investigación bibliográfica, trabajos de laboratorio y campo se espera reafirmar los conceptos analizados en las clases teóricas. Además, la presentación escrita y oral de la monografía permite familiarizar al estudiante con prácticas importantes en su futura actividad profesional.</p> |
| <p><b>Conocimientos previos exigidos:</b><br/>         Introducción a la Ciencia de los materiales: Examen a Curso</p>  |

99  
2013  
Votados

**Metalurgia Física:** curso a curso y Examen a Examen.

**Metodología de enseñanza:**

El curso tendrá una carga de 6 horas semanales totalizando 96 horas asignándose:

- 64 horas para clases teóricas
- 32 horas de curso práctico. Estas últimas se subdividen en:

a) Aproximadamente 20 horas correspondientes a la realización de un trabajo referente a algún tema del curso, en el que se pretende que el estudiante desarrolle la búsqueda de información bibliográfica, el contacto con proveedores o empresas del medio y tareas en los laboratorios del instituto de Ensayo de Materiales o en la mencionadas empresas. A esos efectos el alumno acordará con el docente que guía su trabajo el horario que cumplirá para la realización del mismo, debiendo presentar el informe correspondiente antes del día de finalización del curso.

**Forma de evaluación:**

El curso teórico es de asistencia libre.

El curso práctico es de asistencia obligatoria, debiéndose asistir por lo menos al 80% de las reuniones de trabajo con los docentes y de las presentaciones de las monografías.

Durante el curso se realizará un trabajo monográfico individual y dos pruebas parciales, una a mitad y la restante al final del curso. Se otorgará un máximo de 20 puntos para el trabajo monográfico y de 80 puntos para el conjunto de las dos pruebas.

La actividad del trabajo monográfico incluye la asistencia a las reuniones que se coordinen con el docente encargado del grupo, la presentación escrita y oral del trabajo y la asistencia a las presentaciones de los restantes estudiantes del curso.

Para poder aprobar el curso y dar el examen se deberá obtener un mínimo de 10 puntos en el trabajo monográfico y por lo menos 30 entre el trabajo y las dos pruebas.

Para exonerar la asignatura se deberá obtener un mínimo de 10 puntos en el trabajo monográfico y un mínimo de 60 entre el trabajo y las dos pruebas. Deberá además cumplirse con un mínimo de 15 puntos en cada una de ellas.

**Temario:**

**Bibliografía:**

**Asignatura N° 26 Trabajos especiales de metalurgia**

**Responsable:** Eduardo Vedovatti

**Instituto:** IEM

**N° de créditos:** 10

**Horas presenciales:**

**Objetivos:** El objetivo del curso es dar continuidad en el proceso de aprendizaje de tópicos vinculados al área metalúrgica buscando introducir al estudiante al nivel de investigación científica en un área específica.

**Conocimientos previos exigidos:** Será condición necesaria para ser admitido en el curso la aprobación previa de las asignaturas:

- Introducción a la Ciencia de los Materiales
- metalurgia Física
- Metalurgia de Transformación

Además el estudiante deberá demostrar capacidad e interés en encarar las obligaciones de la asignatura, presentando sus antecedentes de escolaridad en las asignaturas previas, otros estudios realizados, actividad laboral respecto al tema propuesto y un plan de trabajo detallado. El IEMA evaluará estos antecedentes, mantendrá una entrevista personal con el estudiante y decidirá su admisión.

**Metodología de enseñanza:**

Horas clase (teórico):

Horas clase (práctico):

Horas clase (laboratorio):

Horas consulta:

Horas evaluación:

Subtotal horas presenciales:

Horas estudio:

Horas resolución ejercicios/prácticos:

Horas proyecto final/monografía:

Total de horas de dedicación del estudiante: 150

**Forma de evaluación:**

Una vez admitido el estudiante se conformará un cronograma en el que constarán las etapas del trabajo donde se explicitarán: la fecha de realización de un seminario (de aproximadamente veinte minutos) a mitad del periodo y la fecha de la presentación final escrita y oral. El curso se llevará a cabo de acuerdo al mencionado cronograma, contando con la orientación de un profesor responsable.

Una vez llevado a cabo el seminario para evaluar el aprovechamiento del alumno, podrá decidirse la conveniencia o no de seguir el trabajo. En caso negativo el alumno pierde la asignatura.

La aprobación del curso se obtiene por la evaluación continua (por parte del profesor responsable) del trabajo teórico experimental del alumno, y de las calificaciones del seminario y de las presentaciones escrita y oral al final del curso.

**Temario:** A manera de ejemplo se tratarán trabajos en los siguientes temas metalúrgicos: Soldadura, corrosión, tratamientos térmicos, análisis de fallas, revestimientos superficiales, ensayos no destructivos, fundición, etc.

**Bibliografía:**

- Revistas científicas relativas a Metalurgia y Ciencias de Materiales

**Asignatura N° 27 Materiales compuestos**

**Responsable:** Ing. Pablo Raimonda

**Instituto:** IEM

**N° de créditos:** 8

**Horas presenciales:**

**Objetivos:** El objetivo del presente curso es el estudio de los materiales poliméricos reforzados de uso más frecuente en la ingeniería, sus aplicaciones, y los diferentes procesos de transformación a que se ven sometidos para cumplir con los requisitos adecuados para un uso determinado.

**Conocimientos previos exigidos:** La asignatura previa es Introducción a la Ciencia de los Materiales, o en su defecto Química Orgánica III (Fac. Química)

**Metodología de enseñanza:**

El curso tendrá una carga de 4 horas semanales totalizando 64 horas asignándose la totalidad de las mismas al curso teórico-práctico, en el cual el alumno deberá desarrollar un trabajo original, en el que se pretende que el estudiante desarrolle la búsqueda de información bibliográfica, el contacto con proveedores o empresas del medio y tareas de laboratorio en el Instituto de Ensayo de Materiales. A esos efectos, el alumno acordará con el docente que guía su trabajo el horario que cumplirá para la realización del mismo debiendo presentar el informe correspondiente antes del día de finalización del curso.

**Forma de evaluación:** Para el curso teórico se entregarán a los alumnos 3 monografías, una por cada uno de los bloques en que se divide el curso. de común acuerdo entre los docentes y los alumnos se propondrán tres fechas para la evaluación de los conocimientos teóricos. En cada una de las pruebas se pondrán en juego 20 puntos. Paralelamente a estos se realizará el trabajo del curso práctico. Este último será evaluado de 0 a 40 puntos luego de la presentación del informe. Para aprobar la asignatura deberán cumplirse las siguientes condiciones: a) No tener menos de 10 puntos en cada prueba parcial. b) Asistir al 80% de los prácticos y obtener no menos de 10 puntos en el trabajo presentado. c) Obtener por los menos 60 puntos sumando las calificaciones de las tres pruebas parciales y el trabajo práctico.

**Temario:**

- Introducción sobre el porqué del estudio de la materia
- Clasificación de los materiales compuestos
- Matrices
- Tipos particulares de matices poliméricas
- Fibras
- Procesos de fabricación de composites
- Consideraciones sobre diseño
- Interfases
- Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales compuestos
- Ecuaciones de los laminados
- Métodos de falla

**Bibliografía:**

- Apuntes del curso
- Composite Materials Science and Engineering K.K. Chawla, Springer Veriag
- Composites: A design Guide Terry Richarson Industrial Press Inc.
- Composite Materials Testing and Design, John D. Whitcomb (Editor) ASTM STP 972
- Test Methods and Design Allowables for Fibrous Composites Christos C. Chamis (Editor) ASTM STP 1003
- Mechanical Properties of Polymers and Composites, Lawrence E. Nielsen, Robert F. Landel MArcel dekker, Inc.
- Destructive Testing of Fibre-Reinforced Plastics Composites Vol. 2

**Asignatura N° 28 Teoría de Combustión**

**Responsable:** Dr. Ing. Pedro Curto

**Instituto:** IIMPI

**N° de créditos:** 5

**Horas presenciales:** 30

**Objetivos:** Familiarizar al estudiante con los procesos combustión y presentar herramientas de análisis de cálculo asociado a la dinámica de llama.

**Conocimientos previos exigidos:** Termodinámica

**Metodología de enseñanza:**

Horas clase (teórico): 25

Horas clase (práctico): 3

Horas clase (laboratorio):

Horas consulta: 2

Horas evaluación:

Subtotal horas presenciales: 30

Horas estudio: 25

Horas resolución ejercicios/prácticos: 5

Horas proyecto final/monografía: 15

Total de horas de dedicación del estudiante: 75

**Forma de evaluación:** Ejercicios y trabajo final.

**Temario:**

1. Termoquímica - Balance de Masa y Energía: (reacción de combustión estequiométrica, con exceso y deficiencia de oxígeno, análisis de productos de la combustión) y conservación de energía (entalpía absoluta, de formación, sensible, de combustión y poder calorífico, temperatura de llama adiabática).
2. Termoquímica – Equilibrio Químico: segunda ley de termodinámica, función de Gibbs, equilibrio para combustión rica, equilibrio con reacciones simultáneas, uso de softwares.
3. Cinética Química: reacciones elementales, reacciones reversibles, reacciones en cadena, mecanismos simplificados.
4. Análisis de Reactores de Flujo Continuo: reactor con mezcla homogénea y reactor tubular.
5. Llamas premezcladas, estructura de una llama premezclada, modelo simplificado para cálculo de velocidad de llama, laminar, métodos de medida de velocidad de llama, límites de inflamabilidad, introducción a la llama premezclada turbulenta. Llamas Difusivas: características fundamentales (aspectos conceptuales, resultados experimentales), modelo para cálculo de longitud de llama, llamas parcialmente premezcladas, modelo de llama difusiva para quema individual de gotas, llama difusiva de sprays.

**Bibliografía:**

- VanWylen, G.J., Sonntag, R.E.; Fundamentos da Termodinâmica Clássica, Edgard Blucher, 2ª edição, 1989.
- Turns, S.R.; An Introduction to Combustion, Concepts and Applications, McGraw-Hill, 1996.
- Borman, G.L., Ragland, K.W.; Combustion Engineering, McGraw – Hill, 1998.
- Strehlow, R.A.; Combustion Fundamentals, McGraw-Hill, 1984.
- Keating, E.L.; Applied Combustion, 1993.



|  |
|--|
| <p><b>Asignatura N° 29 Combustión de Biomasa</b></p> <p><b>Responsable:</b> Dr. Ing. Pedro Curto<br/> <b>Instituto:</b> IIMPI<br/> <b>N° de créditos:</b> 5<br/> <b>Horas presenciales:</b> 30</p>   |
| <p><b>Objetivos:</b> Familiarizar al estudiante con los procesos combustión de biomasa y gasificación, tanto en los conceptos fundamentales como en las tecnologías.</p>   |
| <p><b>Conocimientos previos exigidos:</b> Termodinámica y transferencia de calor</p>   |
| <p><b>Metodología de enseñanza:</b><br/>         Horas clase (teórico): 24<br/>         Horas clase (práctico): 6<br/>         Horas clase (laboratorio): 0<br/>         Subtotal horas presenciales: 30</p> <p>Horas estudio: 15<br/>         Horas resolución ejercicios/prácticos: 5<br/>         Horas proyecto final/monografía: 20<br/>         Total de horas de dedicación del estudiante: 70</p>  |
| <p><b>Forma de evaluación:</b> Proyecto Final.</p>   |
| <p><b>Temario:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biomosas: origen, producción y su utilización como combustible.</li> <li>2. Caracterización fisicoquímica de la biomasa energética.</li> <li>3. Combustión de biomasa sólida.</li> <li>4. Procesos fundamentales de la combustión de sólidos.</li> <li>5. Combustión en lecho fijo, combustión en suspensión y combustión en lecho fluidizado .</li> <li>6. Formación de contaminantes en la combustión de biomasa.</li> <li>7. Transferencia de calor en generadores de vapor a biomasa</li> <li>8. Control de emisiones en la combustión de biomasa</li> <li>9. Fundamentos de gasificación de biomasa y tecnología.</li> </ol> |
| <p><b>Bibliografía:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Van Loo, S. e Koppejan, J., The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing, Earthscan, London, 2008</li> <li>• Sánchez, C.G. (organizador), Tecnologia da Gaseificação de Biomassa, Editora Átomo, Campinas(Brasil), 2010.</li> <li>• Cortez, L.A.B., Lora, E.S. e Gómez, E.O.(organizadores), Biomassa para Energia, Editora da Unicamp, Campinas (Brasil), 2008.</li> <li>• URL:<a href="http://www.renacionaldecombustao.org">http://www.renacionaldecombustao.org</a></li> </ul>  |

|   |
|---|
| <p><b>Asignatura N° 30 Optimización Termodinámica de Máquinas Térmicas</b></p> <p><b>Responsable:</b> Dr. Ing. Pedro Curto<br/> <b>Instituto:</b> IIMPI-Salamanca</p> |
|---|

|  |
|--|
| <p><b>Nº de créditos:</b> 4<br/><b>Horas presenciales:</b> 20</p>  |
| <p><b>Objetivos:</b> Analizar termodinámicamente las principales irreversibilidades de algunos tipos de máquinas térmicas y estudiar sus regímenes óptimos de funcionamiento.</p>  |
| <p><b>Conocimientos previos exigidos:</b> Termodinámica</p>  |
| <p><b>Metodología de enseñanza:</b><br/>Horas clase (teórico): 18<br/>Horas clase (práctico): 2<br/>Horas clase (laboratorio):<br/>Horas consulta:<br/>Horas evaluación:<br/>    Subtotal horas presenciales: 20<br/><br/>Horas estudio: 20<br/>Horas resolución ejercicios/prácticos: 5<br/>Horas proyecto final/monografía: 15<br/>    Total de horas de dedicación del estudiante: 60</p>   |
| <p><b>Forma de evaluación:</b> Realizar un trabajo final</p>   |
| <p><b>Temario:</b><br/>Segundo principio de la Termodinámica y reversibilidad.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Motores tipo Carnot endoreversibles e irreversibles.</li> <li>2. Análisis y optimización de motores alternativos de combustión interna.</li> <li>3. Análisis y optimización de turbinas de gas y vapor.</li> <li>4. Máquinas frigoríficas.</li> <li>5. Criterios de optimización y otros sistemas termodinámicos.</li> </ol> <p>Análisis de casos particulares de actualidad: Simulación y optimización de motores tipo Otto y ciclos combinados colector solar-turbina de gas.</p> |
| <p><b>Bibliografía:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CALLEN, H.B, Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics. Wiley, 1988.</li> <li>• BEJAN, A. Advanced Engineering Thermodynamics. Wiley, 2006.</li> <li>• De VOS, A.. Thermodynamics of Solar Energy Conversion. Wiley-VCH, 2008.</li> <li>• HORLOCK, J.H.. Advanced Gas Turbine Cycles, Pergamon, 2003.</li> <li>• HEYWOOD, J.B.. Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill, 1988.</li> <li>• SIENIUTYCZ, S. and SALAMON, P. Finite-Time Thermodynamics and Thermoeconomics, 1990.</li> </ul>                         |

|  |
|--|
| <p><b>Asignatura Nº 31 Tecnología y Utilización de Gases Combustibles - Fundamentos</b></p> <p><b>Responsable:</b> Dr. Ing. Pedro Curto<br/><b>Instituto:</b> IIMPI<br/><b>Nº de créditos:</b> 4<br/><b>Horas presenciales:</b> 22</p> |
|--|

|  |
|--|
| <p><b>Objetivos:</b> Desarrollar los fundamentos fisico-químicos para la utilización eficiente y segura de los gases combustibles a nivel industrial, comercial y residencial.</p>   |
| <p><b>Conocimientos previos exigidos:</b> Fundamentos de Termodinámica, Mecánica de los Fluidos y Resistencia de Materiales.</p>   |
| <p><b>Metodología de enseñanza:</b><br/>         Horas clase (teórico): 18<br/>         Horas clase (práctico): 4<br/>         Horas clase (laboratorio):<br/>         Horas consulta:<br/>         Horas evaluación:<br/>             Subtotal horas presenciales: 22</p> <p>Horas estudio: 18<br/>         Horas resolución ejercicios/prácticos: 10<br/>         Horas proyecto final/monografía: 10<br/>         Total de horas de dedicación del estudiante: 60</p>   |
| <p><b>Forma de evaluación:</b> Combinación de una o más de las siguientes metodologías: Entrega en tiempo y forma de trabajos prácticos específicos. Presentación y desarrollo en clase de temas monográficos. Examen oral teórico práctico.</p>   |
| <p><b>Temario:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gases utilizados con fines energéticos: Reseña histórica. Caracterización físico-química de los gases combustibles. Clasificación de los gases combustibles. Gases Manufacturados, Gas Natural, Gases Licuados de Petróleo, Biogás, Syngas, Hidrógeno. Características. Intercambiabilidad entre gases combustibles. Composición y propiedades físicas del GLP y el GN. Caracterización y propiedades de los gases combustibles: toxicidad, inflamabilidad, explosividad. Temperatura de ignición, punto de inflamación y punto de combustión. Combustión, deflagraciones y explosiones.</li> <li>2. Producción y tratamiento: Origen y formación del GN. Características de los yacimientos. Extracción. Acondicionamiento del gas. Procesos empleados. Eliminación de partículas sólidas y líquidas, de vapor de agua y de hidrocarburos condensables. Criterios de diseño de los equipos. Extracción de CO<sub>2</sub> y SH<sub>2</sub>. Punto de rocío. Recuperación de hidrocarburos. Producción, Transporte y Almacenamiento de GLP en fase líquida. Características del GLP producido por ANCAP en el Uruguay.</li> <li>3. Combustión de gases: Combustión e intercambiabilidad de gases combustibles. Poder calorífico, densidad relativa e índice de Woobe. Familias de gases combustibles. Intercambiabilidad de gases combustibles. Quemadores de gas.</li> <li>4. Flujo de gas en cañerías y diseño de cañerías: Flujo compresible. Velocidad del sonido. Flujo estacionario adiabático e isentrópico. Flujo isentrópico con cambios de área. Toberas convergentes y divergentes. Flujo compresible en conductos con fricción. Flujo en conductos sin fricción y con adición de calor. Ecuación general para flujos compresibles estacionarios e isotermos en cañerías horizontales. Cálculo mecánico de cañerías. Presión interna y solicitudes externas. Criterios de falla y factores de diseño en cañerías presurizadas.</li> </ol> |
| <p><b>Bibliografía:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tratado General del Gas, Raúl R. Llobera, I.S.B.N. 950-526-071-7, Cesarini Hnos. – Editores – Buenos Aires</li> <li>2. Material Específico del Curso, desarrollado o seleccionado por los Docentes a cargo del Curso: apuntes, selección de notas y artículos bibliográficos, catálogos e información técnica de</li> </ol>  |

proveedores especializados.

**Asignatura Nº 32 Tecnología y Utilización de Gases Combustibles - Regulación y Normativa para el Proyecto, Operación y Mantenimiento de las Instalaciones**

**Responsable:** Dr. Ing. Pedro Curto

**Instituto:** IIMPI

**Nº de créditos:** 5

**Horas presenciales:** 39

**Objetivos:** Desarrollar los aspectos normativos y reglamentarios de aplicación para la elaboración de proyectos de instalaciones, así como para su posterior operación y mantenimiento.

**Conocimientos previos exigidos:** Diseño de instalaciones de gases combustibles.

**Metodología de enseñanza:**

Horas clase (teórico): 39

Horas clase (práctico):

Horas clase (laboratorio):

Horas consulta:

Horas evaluación:

Subtotal horas presenciales: 39

Horas estudio: 16

Horas resolución ejercicios/prácticos: 10

Horas proyecto final/monografía: 10

Total de horas de dedicación del estudiante: 75

**Forma de evaluación:** Combinación de una o más de las siguientes metodologías: Entrega en tiempo y forma de trabajos prácticos específicos. Presentación y desarrollo en clase de temas monográficos. Examen oral teórico práctico.

**Temario:**

1. GLP y GN en el mundo: Síntesis de la situación actual. Producción y Reservas. Tamaño y evolución en las distintas regiones. Comercialización y consumo de GLP y GN en el mundo. Participación en el balance energético de diferentes países del mundo.
2. Sistemas de transporte y distribución de GLP y GN en el Uruguay: Características generales y parámetros operativos. Áreas de influencia e interconexión. Estadísticas de demanda y crecimiento. Perspectivas de desarrollo y expansión en el corto y mediano plazo.
3. Integración de sistemas gasíferos: Conexión e interdependencia de los sistemas de transporte de GN. Integración regional. La situación del Uruguay en el contexto regional.
4. Regulaciones establecidas para la industria del GLP y el GN en el Uruguay: Legislación vigente en el Uruguay. Reglamento de Instalaciones de Gas. Unidad Reguladora de los Servicios de Energía y Agua. Empresas e instaladores habilitados. Competencia y Responsabilidades de los Instaladores. Licencias de transporte, comercialización y distribución vigentes. Características del servicio. Acceso abierto. Exclusividad. Ajuste de tarifas. Calidad del gas. Pautas de Despacho. Medición. Control y fiscalización.
5. Normativa técnica de aplicación en el Uruguay: Normas UNIT 1005, NAG 201, NAG 100, NFFPA 54 y NFFPA 58. Otras normas de referencia. Reglamento Técnico y de Seguridad de la URSEA.

- Decretos y Ordenanzas Municipales. Instructivos Técnicos de la Dirección Nacional de Bomberos. Procedimientos de presentación de proyectos ante las Autoridades Competentes y las Empresas Distribuidoras. Formularios CPP, CCTO, CCTO - Verificación Punto a Punto, CIA, CMI.
6. Operación y mantenimiento de gasoductos e instalaciones asociadas: Manuales de Ingeniería y Materiales, Construcciones, Operación y Mantenimiento, de Protección Ambiental, de Medición, de Atención de Emergencias, etc. Elaboración de procedimientos específicos para operación y mantenimiento de gasoductos, redes e instalaciones asociadas. Programas de Mantenimiento. Presiones Operativas. Verificación de Clases de trazado. Vigilancia continua. Planos y diagramas operativos. Unifilares. Modificación de la presión de operación. Inyección y extracción de gas. Cumplimiento de estándares de calidad. Criterios de seteo de válvulas reguladoras y de seguridad. Verificación de nivel de ruido e impacto ambiental. Control de funcionamiento de separadores, calentadores y odorizadores. Mantenimiento preventivo y correctivo. Plan anual de trabajos. Relevamiento de fugas. Medición de potenciales de protección catódica. Señalización. Control de instrumentos. Verificación de funcionamiento de reguladoras, dispositivos de line-break, otros equipos. Pasaje de scrapers. Sistemas SCADA. Historial de reparaciones realizadas. Organización de bases operativas y de mantenimiento. Dotación de personal. Selección de equipo. Máquinas y herramientas. Camiones taller. Stock de repuestos.
  7. Operación y mantenimiento de redes de distribución: Presiones operativas. Planos y diagramas operativos. Modelización y vectorización de redes. Control invernal de presiones. Puntas de red. Distribución de presiones para asegurar el normal funcionamiento en picos horarios y prevenir ampliaciones. Bases operativas en redes de distribución. Trabajos en cañerías de polietileno. Termofusión y electrofusión. Pinzado y corte de caños. Derivaciones en carga.
  8. Adquisición y comercialización de GLP y GN en el Uruguay. Tipos de contrato y modalidades de suministro. Expansión de redes en función de la demanda: Actores del mercado. Productores, cargadores, comercializadores, envasadores, transportistas, distribuidores y usuarios. Costo del GN en boca de yacimiento. Costos estacionales. Transporte en firme e interrumpible. Clientes industriales y residenciales. Costos de operación y mantenimiento correspondientes a materiales, mano de obra, repuestos, insumos, etc. Gas retenido. Gas no contabilizado. Impuestos. Seguros. Otros costos. Evaluación de proyectos de ampliación del sistema. Consideraciones sobre el pase a tarifa. Estudio de nuevas unidades de negocios. Posibilidad de incorporación de nuevos usuarios en función de su posible contribución económica. Perspectivas de crecimiento. Planificación estratégica. Desarrollo de obras en función del crecimiento esperado de clientes.
  9. Aspectos Tarifarios: Cuadros tarifarios. Tarifas de transporte. Tarifas de distribución. VADEG. Concepto y procedimiento de cálculo. Tasa de rentabilidad.
  10. Proyectos de suministro a industrias y grandes consumidores: Evaluación del costo de obras nuevas y de ampliaciones o modificaciones. Costo de materiales y mano de obra. Otros costos. Cronograma de obras y su incidencia en el financiamiento. Estudios de rentabilidad. Proyectos verdes; reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, mercado de bonos de carbono e incremento de eficiencia energética. Proyectos amparados en la Ley de Inversiones.

#### Bibliografía:

1. Tratado General del Gas, Raúl R. Llobera, I.S.B.N. 950-526-071-7, Cesarini Hnos. – Editores – Buenos Aires
2. Reglamento de Instalaciones de Gas, Resolución del Ministerio de Industria, Energía y Minería (31 de Octubre de 2002) y sus Modificatorios
3. Reglamento para la Prestación de Actividades de Comercialización Mayorista, Transporte, Envasado, Recarga y Distribución de Gas Licuado de Petróleo Resolución N° 5/004 de la Unidad Reguladora de los Servicios de Energía y Agua (URSEA – 6 de Febrero de 2004) y sus Modificatorios
4. Reglamento Técnico y de Seguridad de Instalaciones y Equipos Destinados al Manejo de Gas Licuado de Petróleo Resolución N° 5/004 de la Unidad Reguladora de los Servicios de Energía y Agua (URSEA - 6 de Febrero de 2004) y sus Modificatorios

5. Reglamento de Suministro y Uso Vehicular del Gas Natural Comprimido Resolución N° 26/003 de la Unidad Reguladora de los Servicios de Energía y Agua (URSEA – 5 de Diciembre de 2003) y sus Modificatorios
6. UNIT 1005 – Norma de Instalaciones para Gases Combustibles por Cañería Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT)
7. NAG -100: Normas Argentinas Minimas de Seguridad para el Transporte de Gas Natural y Otros Gases por Cañerías Ente Nacional Regulador del Gas de la República Argentina (ENARGAS)
8. NAG - 201: Disposiciones, Normas y Recomendaciones para Uso de Gas Natural en Instalaciones Industriales Ente Nacional Regulador del Gas de la República Argentina (ENARGAS)
9. NFPA 54: National Fuel Gas Code National FIRE Protection Association (EEUU)
10. NFPA 58: Liquefied Petroleum Gas Code National FIRE Protection Association (EEUU)
11. Material Especifico del Curso, desarrollado o seleccionado por los Docentes a cargo del Curso: apuntes, selección de notas y artículos bibliográficos, catálogos e información técnica de proveedores especializados.

**Asignatura N° 33 Tecnología y Utilización de Gases Combustibles - Tecnología y Aplicaciones**

**Responsable:** Dr. Ing. Pedro Curto

**Instituto:** IIMPI

**N° de créditos:** 6

**Horas presenciales:** 57

**Objetivos:** Desarrollar los aspectos tecnológicos y aplicados para la utilización eficiente y segura de los gases combustibles a nivel industrial, comercial y residencial.

**Conocimientos previos exigidos:** Combustión de Gases. Flujo de gases en cañerías. Diseño mecánico de cañerías presurizadas.

**Metodología de enseñanza:**

Horas clase (teórico): 50

Horas clase (práctico): 7

Horas clase (laboratorio):

Horas consulta:

Horas evaluación:

Subtotal horas presenciales: 57

Horas estudio: 13

Horas resolución ejercicios/prácticos: 10

Horas proyecto final/monografía: 10

Total de horas de dedicación del estudiante: 90

**Forma de evaluación:** Combinación de una o más de las siguientes metodologías: Entrega en tiempo y forma de trabajos prácticos específicos. Presentación y desarrollo en clase de temas monográficos. Examen oral teórico práctico.

**Temario:**

1. Diseño, construcción y ampliación de propanoductos y gasoductos de transporte: Caudal de transporte. Consumo específico. Presiones operativas. Determinación del espesor y el diámetro de

- las cañerías. Fórmulas de cálculo. Consideración de la eficiencia operativa. Fórmulas simplificadas. Cálculo del factor de fricción. Factor de diseño según trazados. Protección anticorrosiva. Procedimientos constructivos. Especificaciones de soldadura. Calificación de procedimientos de soldadura y soldadores. Planos y especificaciones técnicas. Seguridad. Materiales utilizados. Reglamentación. Pruebas. Inspecciones de materiales en fábrica. Inspección de obras. Certificaciones de calidad. Criterios de ampliación de gasoductos. Previsión de demanda. Gestión del line-pack. La problemática uruguaya. Evaluación de alternativas para la ampliación de la capacidad de transporte. Incremento de la máxima presión operativa. Incremento de la potencia de compresión. Construcción de loops.
2. Compresión y transporte de GN: Tipos de compresores y de impulsores. Turbinas a gas. Cálculo de la potencia de compresión. Modelos de turbinas disponibles comercialmente. Rendimientos. Factor de compresibilidad. Consumo de combustible. Transporte de gas por cañerías. Plantas compresoras. Optimización de su ubicación sobre la línea. Gasoductos Virtuales. Gas Natural Licuado.
  3. Diseño y construcción de redes de distribución: Presiones operativas. Diseño básico. Cálculo de diámetros. Válvulas de línea. Construcción de redes de polietileno. Materiales utilizados (cañerías, accesorios, herramientas). Obra mecánica. Obra civil. Planos y especificaciones técnicas. Seguridad. Reglamentación. Pruebas. Inspección de obras. Puesta en servicio. Calificación del personal. Criterios de ampliación de redes de distribución. Previsión de demanda y ampliación de la capacidad de la red.
  4. Estaciones reguladoras de presión: Criterios de diseño y construcción. Sistemas aislados y en antena. Tipos de abastecimiento. Abastecimiento a redes y consumos concentrados (industrias y grandes consumidores) Procedimientos de cálculo. Verificación de la velocidad de circulación del gas. Selección de válvulas de regulación y de seguridad. Instrumentos. Pruebas. Separadores de polvo y líquido, filtros, calentadores, otros dispositivos.
  5. Medición y odorización: Diseño y construcción de plantas de medición y odorización. Selección de equipos. Criterios de asignación de medidores para uso industrial y residencial. Cumplimiento de normas. Error de medición admitido. Dosificación de odorante. Controles.
  6. Instalaciones de GLP: Plantas de Almacenamiento y Envasado. Depósitos de Recipientes. Diseño y construcción de tanques y recipientes Portátiles de GLP. Baterías de cilindros. Características generales. Ubicación e instalación. Cálculo y dimensionamiento. Capacidad de suministro en régimen continuo. Factor de utilización. Almacenamiento de GLP en instalaciones industriales. Tipos de depósitos. Cálculo y dimensionamiento. Equipos de vaporización. Elementos de control y dispositivos de seguridad. Cañería interna. Cálculo y dimensionamiento. Instalaciones domiciliarias individuales y colectivas. Instalaciones de calefacción. Aplicaciones industriales. Utilización de gas licuado como combustible alternativo. Plantas de indilución. Sistemas de peak-shaving. Previsión para futura conversión e intercambiabilidad con GN
  7. Combustión y evacuación de humos: Combustión e intercambiabilidad de gases combustibles. Poder calorífico, densidad relativa e índice de Woobe. Familias de gases combustibles. Intercambiabilidad entre gas natural y propano indiluido. Conversión de redes de distribución. Adaptación de gasodomésticos. Efectos del monóxido de carbono. Evacuación de los productos de combustión. Clasificación de sistemas. Sistemas para artefactos no conectados a conductos. Requerimientos de ventilación de ambientes y cálculo de aberturas mínimas. Artefactos conectados a conductos individuales. Artefactos de tiro natural o cámara abierta. Artefactos de tiro balanceado ocámara cerrada. Sistemas de conexión a conducto colectivos. Cálculo del conducto colectivo. Ventiladores. Tipos y características. Regulación del caudal.
  8. Quemadores de gas: Tipos y características. Presión de trabajo. Incorporación de aire. Grado de automatización. Controlador. Secuencia de encendido. Tiempos de seguridad. Prebarrido. Control de aire primario y secundario. Regulación de la potencia de fuego. Dispositivos de seguridad: pilotos; detección de llama; detectores térmicos, iónicos y fotoeléctricos; dispositivos de control de límite; válvulas automáticas de cierre; enclavamientos. Quemadores duales.

9. Instalaciones residenciales y gasodomésticos: Prolongación domiciliaria. Prolongaciones con medidores al frente y en el interior del edificio. Prolongaciones para baterías de medidores. Cañería interna: instalación; soportes de la cañería; pendientes mínimas; ubicación de sifones. Llaves de paso. Accesorios. Pruebas de hermeticidad, habilitación y puesta en servicio. Obstrucciones. Localización de pérdidas. Instalación y utilización de los gasodomésticos. Cocinas. Secadores de ropa. Producción de agua caliente sanitaria. Calefones. Termotanques. Sistemas de calefacción a gas. Calefacción local y centralizada. Calderas de cámara estanca. Calderas de cámara abierta con ventilación a los cuatro vientos. Calefactores a gas. Sistemas de radiación infrarroja. Convectores de tiro natural o cámara abierta. Convectores de tiro balanceado o cámara estanca. Estufas catalíticas. Refrigeradores y equipos de aire acondicionado. Eficiencia de la instalación. Funcionamiento. Distribución del calor.
10. Instalaciones y equipos comerciales e industriales: Criterios de diseño y configuración general. Sistemas ramificados y de anillo. Consumos de procesos y servicios. Planilla de artefactos y planilla de cálculo. Parámetros de diseño: presión de distribución interna; velocidad máxima de gas; caídas de presión admisibles; diámetros, espesores y materiales. Equipos de secado, cocción y manufactura de alimentos. Equipos industriales: sopletes, secadores, hornos y calderas industriales. Generación de energía eléctrica. Calderas a gas. Tipos y características. Conversión de calderas para uso con gas combustible. Instalación. Sala de calderas: Ubicación y lay-out; dimensiones y distancias de seguridad; ventilación del recinto; evacuación de los productos de combustión. Instalación de servicios en la sala de calderas. Instalación eléctrica. Instalación de lucha contra incendios. Normas de aplicación.
11. Gas Natural Comprimido Vehicular (GNCV): Utilización del GNC para transporte vehicular en el mundo. La experiencia Argentina. Sistemas de adaptación. Performance del motor. Kits de conversión. Elementos de seguridad. Revisión periódica de cilindros. Estaciones de abastecimiento de GNCV. Normativa aplicable en el Uruguay.

**Bibliografía:**

1. Tratado General del Gas, Raúl R. Llobera, I.S.B.N. 950-526-071-7, Cesarini Hnos. – Editores – Buenos Aires
2. UNIT 1005 – Norma de Instalaciones para Gases Combustibles por Cañería Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT)
3. NAG - 201: Disposiciones, Normas y Recomendaciones para Uso de Gas Natural en Instalaciones Industriales Ente Nacional Regulador del Gas de la República Argentina (ENARGAS)
4. NAG - 100: Normas Argentinas Mínimas de Seguridad para el Transporte de Gas Natural y Otros Gases por Cañerías Ente Nacional Regulador del Gas de la República Argentina (ENARGAS)
5. Material Específico del Curso, desarrollado o seleccionado por los Docentes a cargo del Curso: apuntes, selección de notas y artículos bibliográficos, catálogos e información técnica de proveedores especializados.

**Asignatura Nº 34 Fundamentos de energía Solar**

**Responsable:** Dr. Italo Bove  
**Instituto:** IF  
**Nº de créditos:** 11  
**Horas presenciales:** 59

**Objetivos:** Describir los mecanismos físicos determinantes en la conversión de la energía solar en energía (térmica o eléctrica) aprovechable. Particulares: Considerar las técnicas usadas para el



modelado y la estimación del recurso solar. Analizar el funcionamiento de diversos dispositivos de captación, concentración y almacenamiento de energía solar. Analizar el fenómeno fotovoltaico en diversas estructuras sobre materiales cristalinos, policristalinos y amorfos. Caracterizar y diseñar celdas solares a través de sus figuras de mérito más importantes.

**Conocimientos previos exigidos:** Electromagnetismo y Termodinámica a nivel intermedio en Ingeniería o equivalente.

**Metodología de enseñanza:**

Horas clase (teórico): 33  
 Horas clase (práctico): 12  
 Horas clase (laboratorio): 4  
 Horas consulta: 6  
 Horas evaluación: 4  
 Subtotal horas presenciales: 59

Horas estudio: 45  
 Horas resolución ejercicios/prácticos: 30  
 Horas proyecto final/monografía: 30  
 Total de horas de dedicación del estudiante: 164

**Forma de evaluación:** 2 pruebas parciales + 1 proyecto final

Cada parcial: 30 puntos. Proyecto final: 40 puntos. Se aprueba el curso con al menos 60 pts, con al menos 30 pts en la suma de los parciales y al menos 20 pts en el proyecto

**Temario:**

- Radiación Solar. Movimiento del sol. Efecto de la atmósfera. Radiación directa y difusa. Medidas de radiación. Instrumentos. Estimación de la radiación incidente en una superficie plana horizontal e inclinada. Estimación de radiación horaria media a partir de datos diarios. Modelos de día claro. Modelos de radiación basados en datos satelitales.
- Fundamentos de Transferencia de calor. Conducción térmica. Radiación. Superficies grises. Convección natural y forzada. Transmisión de radiación a través de placas de vidrio. Producto  $\tau \cdot \alpha$
- Colectores planos. Balance térmico. Distribución de temperaturas. Eficiencia para colectores planos. Colectores tubulares. Heat pipes. Tipos disponibles. Análisis de eficiencia.
- Colectores concentradores (CC). CC Parabólico lineal. CC parabólico individual. Performance comparativa. Arrays CC de torre central.
- Almacenamiento de energía térmica. Tanques de agua. Estratificación. Sistemas con cambio de fase. Almacenamiento químico. Baterías. Almacenamiento estacional.
- Cristales. Enlaces y bandas en cristales. Estados electrónicos en semiconductores. Metales, semi-metales, semiconductores. Masa efectiva. Electrones y agujeros. Gap directo e indirecto. Semiconductores en equilibrio: densidad de estados en semiconductores intrínsecos. Impureza y doping en semiconductores.
- Generación y recombinación. Absorción de la luz. Foto-generación. Juntura p-n. Metal-semiconductor. Semiconductor-semiconductor (homo- y hetero-juntura). Comportamiento en oscuridad y bajo iluminación. Curvas I-V. Respuesta espectral.
- Celdas solares de silicio monocristalino. Otros materiales. Películas delgadas. Celda de Grätzel. Límites de eficiencia y pérdidas. Tercera generación. Sistemas fotovoltaicos.

**Bibliografía:**

1. Solar Engineering of Thermal Processes, John A. Duffie and William A. Beckman, de. John Wiley and Sons, ISBN-13 978-0-471-69867-8, 3ra edición 2006 .
2. Principles of Solar Engineering, Y. Goswami, F. Kreith, J. Kreider, Second Edition, Taylor & Francis, 2000, ISBN: 978-1-56032-714-1.
3. Solar Cells: Operating Principles, Technology and System Applications, M. A. Green, Prentice-Hall series in solid state physical electronics, 1982, ISBN 0-13-822270-3.
4. The Physics of Solar Cells, J. Nelson, Imperial College Press, 2003, ISBN 10-186-0-943497.

**Asignatura N° 35 MEC040 Convecção de Calor**

**Responsable:** Dr. Ing. Francis Henrique Ramos França  
**Instituto:** UFRGS  
**N° de créditos:** 3  
**Horas presenciales:** 45

**Objetivos:**

**Conocimientos previos exigidos:**

**Metodología de enseñanza:**

- Horas clase (teórico): 30
- Horas clase (práctico): 6
- Horas clase (laboratorio): 0
- Horas consulta: 9
- Horas evaluación:

Subtotal horas presenciales: 45

- Horas estudio: 25
- Horas resolución ejercicios/prácticos: 5
- Horas proyecto final/monografía: 15

Total de horas de dedicación del estudiante: 90

**Forma de evaluación:**

**Temario:**

- Principios fundamentais da convecção de calor;
- Camada limite laminar;
- Convecção laminar no interior de condutos;
- Convecção laminar sobre superficies;
- Convecção natural;
- Transição para o regime turbulento pleno;
- Camada limite turbulenta;
- Convecção com mudança de fase;
- Transferência de massa convectiva;
- Convecção em meios porosos.

**Bibliografía:**

Ver en nave

1. - Bejan, A., Convection Heat Transfer, Segunda Edição, John Wiley and Sons, 1995.
2. -Burmeister, L. C., Convective Heat Transfer, Segunda Edição, Wiley Interscience, 1997.
3. -Kaviany, M., Principles of Convective Heat Transfer, Springer-Verlag, 1994.
4. -Kaviany, M., Principles of Heat Transfer in Porous Media, Springer-Verlag, 1991.
5. -Kays, W. M., Crawford, M. E., Convective Heat and Mass Transfer, McGraw-Hill, 1980.
6. - Nield, D. A., e Bejan, A., Convection in Porous Media, Springer-Verlag, 1992.
7. - Schlichting, Boundary Layer Theory, Sétima Edição, McGraw-Hill, 1979.

|   |
|---|
| <p><b>Asignatura Nº 36 MEC111 Simulação e Otimização de Sistemas Térmicos</b></p> <p><b>Responsable:</b> Dr. Ing. Paulo S. Schneider<br/> <b>Instituto:</b> UFRGS<br/> <b>Nº de créditos:</b> 3<br/> <b>Horas presenciales:</b> 45</p>  |
| <p><b>Objetivos:</b></p>  |
| <p><b>Conocimientos previos exigidos:</b></p>   |
| <p><b>Metodología de enseñanza:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Horas clase (teórico): 30</li> <li>o Horas clase (práctico): 6</li> <li>o Horas clase (laboratorio): 0</li> <li>o Horas consulta: 9</li> <li>o Horas evaluación:</li> </ul> <p style="text-align: center;"><u>Subtotal horas presenciales: 45</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Horas estudio: 25</li> <li>o Horas resolución ejercicios/prácticos: 5</li> <li>o Horas proyecto final/monografía: 15</li> </ul> <p style="text-align: center;"><u>Total de horas de dedicación del estudiante: 90</u></p> |
| <p><b>Forma de evaluación:</b></p>  |
| <p><b>Temario:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introdução ao projeto, sistemas e otimização</li> <li>• Modelagem de equipamentos e de sistemas</li> <li>• Análise energética e exergetica</li> <li>• Ferramentas computacionais</li> <li>• Análise econômica</li> <li>• Otimização</li> </ul>  |
| <p><b>Bibliografía:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. - Bejan, A., 1988. <b>Advanced Engineering Thermodynamics</b>, John Wiley &amp; Sons.</li> <li>2. - Bejan, A. ; Tsatsaronis, G. &amp; Moran, M., 1996. <b>Thermal Design &amp; Optimization</b>, John Wiley &amp; Sons.</li> <li>3. - Boehm, R.F., 1987. <b>Design Analysis of Thermal Systems</b>, John Wiley &amp; Sons.</li> <li>4. - Jaluria, Y., 1997. <b>Design and Optimization of Thermal Systems</b>, McGraw-Hill.</li> <li>5. - Stoecker, W.F., 1989. <b>Design of Thermal Systems</b>, McGraw-Hill.</li> </ol>           |

6. - Artículos de periódicos e de congresos.  
 7. - Catálogos de fabricantes.

**Asignatura N° 37 MEC112 Mecânica Aplicada Experimental**

**Responsable:** Dr. Ing. Herbert M. Gomes

**Instituto:** UFRGS

**N° de créditos:** 3

**Horas presenciales:** 45

**Objetivos:**

**Conocimientos previos exigidos:**

**Metodología de enseñanza:**

- Horas clase (teórico): 30
- Horas clase (práctico): 6
- Horas clase (laboratorio): 0
- Horas consulta: 9
- Horas evaluación:

Subtotal horas presenciales: 45

- Horas estudio: 25
- Horas resolución ejercicios/prácticos: 5
- Horas proyecto final/monografía: 15

Total de horas de dedicación del estudiante: 90

**Forma de evaluación:**

**Temario:**

- 1.1 - Fundamentos do Método de Medição.
- 1.2 - O sistema de medição generalizado.
- 1.3 - Aferição e Calibração.
- 2.1 - Terminologia e sistema internacional de unidades. Padrões de comprimento, massa, frequência.
- 2.2 - Erros sistemáticos, aleatórios e grosseiros.
- 2.3 - Incerteza de medição, propagação da incerteza.
- 2.4 - Parâmetros característicos de um sistema de medição.
- 2.5 - Apresentação de dados experimentais
- 3.1 - Elementos transdutores de resistência variável.
- 3.2 - Elementos transdutores com indutância variável.
- 3.3 - Transformadores Diferenciais .
- 3.4 - Transdutores capacitivos.
- 3.5 - Transdutores piezelétricos.
- 3.6 - Sinais modulados e não modulados.
- 3.7- Pontes de resistência, amplificação eletrônica, filtros.
- 4.1 - Digitalização de sinais mecânicos, códigos binários.
- 4.2 - Microprocessadores e microcomputadores
- 4.3 - Conversores analógico-digital e digital-analógico.

33  
bento

- 5.1 – Medidas de Deformação.
- 5.2 – Circuitos para utilização de medidores de deformação.
- 5.3 – Efeitos de compensação, sistemas de aquisição de dados.
- 5.4 – Orientação das medições de deformação e interpretação resultados .
- 5.5 – Relações tensões x deformações para corpos elásticos.
- 5.6- Técnicas de medições óticas.
- 6.1 – Sistemas mecânicos de peso, balanças.
- 6.2 – Transdutores elásticos, anéis
- 6.3 – Células de Carga, por medição de deformação, por material piezoelétrico.
- 6.4 – Medidas de torque, dinamômetros de torque.
- 7.1 – Acelerômetros.
- 7.2 – Acelerômetros sísmicos
- 7.3 – Calibração de acelerômetros. 7.4 – Métodos para testes de vibração. 7.5 – Testes de Impacto. 8.1- Medidas Acústicas de ruído.

**Bibliografía:**

1. BECKWITH, T. G.; MARANGONI, R. D.; LIENHARD V, J. H. Mechanical Measurements, 5th Edition, Addison-Wesley Publishing Company, 1993, 866p.
2. DALLY, J.; RILEY, W. F.; MCCONNELL, K. G. Instrumentation for Engineering Measurements, John Wiley & Sons, 1993, 584p.
3. HOLMAN, J. P., Experimental Methods for Engineers, Ed. McGraw Hill, 1995.
4. POBLET J. M., Transductores y medidores electrónicos, Marcombo Boixareu Editores, 1983.
5. WHEELER, A. J.; GANJI, AHMAD R., Introduction to Engineering Experimentation, Ed. Prentice Hall, 1995

**Asignatura Nº 38 MEC117 Confiabilidad em Sistemas Mecânicos**

**Responsable:** Dr. Ing. Herbert M. Gomes

**Instituto:** UFRGS

**Nº de créditos:** 3

**Horas presenciales:** 45

**Objetivos:**

**Conocimientos previos exigidos:**

**Metodología de enseñanza:**

- o Horas clase (teórico): 30
- o Horas clase (práctico): 6
- o Horas clase (laboratorio): 0
- o Horas consulta: 9
- o Horas evaluación:

Subtotal horas presenciales: 45

- o Horas estudio: 25
- o Horas resolución ejercicios/prácticos: 5
- o Horas proyecto final/monografía: 15

Total de horas de dedicación del estudiante: 90

**Forma de evaluación:**

**Temario:**

- 1.1-Medidas de Confiabilidad.
- 1.2-Fatores que afetam a confiabilidade, Passos na modelagem de Incertezas.
- 1.3-Regras para uso da avaliação da confiabilidade pelo Método dos Elementos Finitos Estocásticos.
- 2.1 -Estatística Básica e Teoria de Conjuntos.
- 2.2 -Variáveis Aleatórias Contínuas e Variáveis Aleatórias Discretas.
- 2.3-Distribuições de Valores Extremos.
- 3.1-Conceitos de Fatores de Risco e Segurança.
- 3.2-Fundamentos da Análise de Confiabilidade.
- 3.3-Método FOSM, Método AFOSM, Método SORM.
- 3.4- Análise de Confiabilidade com Variáveis Correlacionadas.
- 3.5-Avaliação da Confiabilidade de Sistemas.
- 4.1-Técnica de Monte Carlo.
- 4.2-Simulação com Variáveis Correlacionadas.
- 5.1-Técnica de Monte Carlo.
- 5.2-Superfícies de Resposta.

**Bibliografía:**

- 1.ANG., A.; TANG., W. Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Vol. I and II. John Wiley & Sons, Inc. New York, 409p. and 562p.
- 2.CASCIATI, F.; ROBERTS, B. Mathematical Models for Structural Reliability Analysis CRC (July 24, 1996) 384 p.
- 3.GHANEM, R. G.; SPANOS, P. D., Stochastic Finite Elements: A Spectral Approach, Dover Publications; Revised edition (August 7, 2003), 224p.
- 4.HALDAR, A.; MAHADEVAN, S., Probability, Reliability, and Statistical Methods in Engineering Design, Wiley (November 1, 1999), 320p.
- 5.LEMAIRE, M. Structural Reliability, ISTE Publishing Company (March 1, 2007), 480p.
- 6.MELCHERS, R. E. Structural Reliability Analysis and Prediction, Wiley; 2nd edition (May 11, 1999), 456p.
- 7.RACKWITZ, R.; AUGUSTI, G.; BORRI, A. Reliability and Optimization of Structural Systems, Springer; 1 edition (May 31, 1995), 324p.
- 8.SORENSEN, J. D.; FRANGOPOL, D. M., Advances in Reliability and Optimization of Structural Systems, Taylor & Francis (August 3, 2006), 306p.
- 9.THOFT-CHRISTENSEN, P.; Structural Reliability Theory and Its Applications, Springer-Verlag (September 1982), 207p

**Asignatura Nº 39 MEC109 Projeto de Sistemas Mecatrônicos**

**Responsable:** Dr. Ing. Eduardo André Perondi

**Instituto:** UFRGS

**Nº de créditos:** 3

**Horas presenciales:** 45

39  
Trabajo  
uno

|   |
|---|
| <p><b>Objetivos:</b> Ministrar conocimientos sobre as técnicas de integração entre os sistemas mecânicos, computacionais e eletrônicos visando proporcionar ao aluno a capacidade de analisar e projetar sistemas mecatrônicos.</p>   |
| <p><b>Conocimientos previos exigidos:</b></p>   |
| <p><b>Metodología de enseñanza:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Horas clase (teórico): 30</li> <li>○ Horas clase (práctico): 6</li> <li>○ Horas clase (laboratorio): 0</li> <li>○ Horas consulta: 9</li> <li>○ Horas evaluación:</li> </ul> <p style="text-align: center;"><u>Subtotal horas presenciales: 45</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Horas estudio: 25</li> <li>○ Horas resolución ejercicios/prácticos: 5</li> <li>○ Horas proyecto final/monografía: 15</li> </ul> <p style="text-align: center;"><u>Total de horas de dedicación del estudiante: 90</u></p>   |
| <p><b>Forma de evaluación:</b></p>  |
| <p><b>Temario:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistemas de controle automáticos contínuos e discretos</li> <li>● Simulação no auxílio de projeto sistemas de controle</li> <li>● Transdutores</li> <li>● Atuadores</li> <li>● Pneutrônica</li> <li>● Controladores programáveis e programação de microcontroladores</li> <li>● Projeto prático de um sistema de controle mecatrônico.</li> </ul>   |
| <p><b>Bibliografía:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. - Bollmann, A., Fundamentos da automação Industrial Pneutrônica, Projetos de Comandos Binários Eletropneumáticos. ABHP – Associação Brasileira de Hidráulica e Pneumática, 1996.</li> <li>2. - Bolton, W., Pneumatic and Hydraulic Systems. Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford, U.K., 1997.</li> <li>3. - Capelli, A., Mecatrônica Industrial, 1ª Ed. Editora Saber, São Paulo- SP, 2002.</li> <li>4. - Cupido, A., Milanese, S., Sala, R., Sistemi ed Automazione Industriale 3. Edizione Cupido, 60025 LORETO (AN) – Zona Ind.le Brodolini 12, 1996.</li> <li>5. - Pazos, F., Automação de sistemas &amp; Robótica. Axcel Books do Brasil Editora, Rio de Janeiro, RJ, 2002.</li> <li>6. - Silveira, P.R., Santos, W. E., Automação e Controle Discreto. 4ª Ed. São Paulo – SP, 2002.</li> </ol> |

**Asignatura Nº 40 MEC110 Projeto de Controladores de Servoposicionadores Hidráulicos e Pneumáticos**

**Responsable:** Dr. Ing. Eduardo André Perondi

**Instituto:** UFRGS

**Nº de créditos:** 3

**Horas presenciales:** 45

**Objetivos:** O curso visa proporcionar ao aluno os conhecimentos necessários ao projeto de controladores para sistemas hidráulicos e pneumáticos de posicionamento preciso. Para tanto, temas como modelagem de sistemas fluidos, análise linear, instrumentação e técnicas de controle lineares e não-lineares serão abordados.

**Conocimientos previos exigidos:**

**Metodología de enseñanza:**

- Horas clase (teórico): 30
- Horas clase (práctico): 6
- Horas clase (laboratorio): 0
- Horas consulta: 9
- Horas evaluación:

Subtotal horas presenciales: 45

- Horas estudio: 25
- Horas resolución ejercicios/prácticos: 5
- Horas proyecto final/monografía: 15

Total de horas de dedicación del estudiante: 90

**Forma de evaluación:**

**Temario:**

- Fundamentos da teoria de controle de sistemas lineares
- Fundamentos de mecânica de fluidos
- Modelagem de sistemas hidráulicos e pneumáticos
- Não-linearidades e técnicas de linearização
- Servoatuadores hidráulicos e pneumáticos
- Projeto de controladores para servoposicionadores hidráulicos e pneumáticos

**Bibliografía:**

1. - Bolton, W., "Pneumatic and Hydraulic Systems". Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford, U.K., 1997.
2. - Fox, R.W. & McDonald, A.T., "Introdução à Mecânica dos Fluidos". Editora Guanabara Dois S.A., Rio de Janeiro - RJ, 1981.
3. - Franklin, G.F, Powell, J.D. e Emani-Naeini, A., "Feedback Control of Dynamic Systems". Addison Wesley Publishing Company, 1994.
4. - Martin, H., "The Design of Hydraulic Components and Systems". Ellis Horwood Limited, Great Britain, 1995.
5. - Merrit, H. E., "Hydraulic Control Systems". John Wiley & Sons, New York, NY, 1967.
6. - Ogata, K., "Engenharia de Controle Moderno". Prentice Hall do Brasil LTDA., Rio de Janeiro, RJ,



39  
1  
2

1998.

#### 6. ANTECEDENTES DEL CUERPO DOCENTE

A continuación a modo de anexo se adjuntan los currículos de los docentes que participarán de los cursos.

