

CONSEJO NACIONAL DE RECTORES

Oficina de Planificación de la Educación Superior

División Académica

DICTAMEN SOBRE LA SOLICITUD DE MODIFICACIÓN
DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA DE LA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

UCR TEC

UNA

Dra. Carla Méndez Libby
M.Sc. Alexander Cox Alvarado



OPES; no 06-2019

CONSEJO NACIONAL DE RECTORES

Oficina de Planificación de la Educación Superior

División Académica

DICTAMEN SOBRE LA SOLICITUD DE MODIFICACIÓN DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA



Dra. Carla Méndez Libby
M.Sc. Alexander Cox Alvarado

OPES; no 06-2019

378.728.6
M538d

Méndez Libby, Carla

Dictamen sobre la solicitud de modificación de la maestría en ingeniería mecánica de la Universidad de Costa Rica / Carla Méndez Libby, Alexander Cox Alvarado. -- San José, C.R. : CONARE - OPES, 2019.
28 p. ; 28 cm. -- (OPES ; no. 06-2019).

ISBN 978-9977-296-7

1. INGENIERÍA MECÁNICA. 2. OFERTA ACADÉMICA. 3. PERFIL PROFESIONAL. 4. PLAN DE ESTUDIOS. 5. PERSONAL DOCENTE. 6. MAESTRÍA UNIVERSITARIA. 7. UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. I. Cox Alvarado, Alexander. II. Título. III. Serie.

EBV



PRESENTACIÓN

El presente estudio (OPES; no. 06-2019) es el dictamen sobre la solicitud de modificación de la *Maestría en Ingeniería Mecánica* de la Universidad de Costa Rica.

El dictamen fue realizado por la Dra. Carla Méndez Libby y el M.Sc. Alexander Cox Alvarado, investigadores de la División Académica de la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES), con base en el documento *Propuesta de modificación del plan de estudios de Maestría Profesional en Ingeniería Mecánica*, elaborado por el Posgrado de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Costa Rica. La revisión del documento estuvo a cargo del Mag. Fabio Hernández Díaz, Jefe de la División citada.

El presente dictamen fue aprobado por el Consejo Nacional de Rectores en la sesión No. 13-2019, artículo 7, celebrada el 9 de abril de 2019.



Eduardo Sibaja Arias
Director de OPES

DICTAMEN SOBRE LA SOLICITUD DE MODIFICACIÓN DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

	Página
Tabla de contenido	
1. Introducción	1
2. Datos generales	1
3. Justificación	2
4. Desarrollo académico del campo de estudios de la Maestría	3
5. Propósitos de la maestría	4
6. Perfil académico-profesional	5
7. Requisitos de ingreso	7
8. Requisitos de graduación	7
9. Listado de las actividades académicas del posgrado	8
10. Descripción de las actividades académicas del posgrado	8
11. Correspondencia del equipo docente con las actividades académicas	8
12. Conclusiones	9
13. Recomendaciones	9
Anexo A: Plan de estudios de la Maestría en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Costa Rica	10
Anexo B: Programa de los cursos de la Maestría en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Costa Rica	13
Anexo C: Profesores de los cursos de la Maestría en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Costa Rica	24
Anexo D: Profesores de los cursos de la Maestría en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Costa Rica y sus grados académicos	26

1. Introducción

La solicitud para modificar la *Maestría en Ingeniería Mecánica* en la Universidad de Costa Rica (UCR) fue enviada al Consejo Nacional de Rectores por medio de su Rector Dr. Henning Jensen Pennington, en nota R-964-2019, recibida en CONARE el 22 de febrero de dicho año, con el objeto de iniciar los procedimientos establecidos en el documento *Lineamientos para la creación de nuevas carreras o la modificación de carreras ya existentes*¹.

Cuando se proponen modificaciones sustanciales a posgrados existentes se utiliza lo establecido en los Lineamientos mencionados, los cuales establecen los siguientes temas, que serán la base del estudio que realice la OPES para modificar los programas de posgrado:

- Datos generales
- Justificación
- Propósitos del posgrado.
- Perfil académico-profesional.
- Requisitos de ingreso
- Requisitos de graduación
- Listado de los cursos.
- Descripción de los cursos.
- Correspondencia de los cursos con los docentes.

2. Datos generales

La unidad académica base de la Maestría en Ingeniería Mecánica es la Escuela de Ingeniería Mecánica. La duración total de la maestría será de cuatro ciclos de dieciséis semanas cada uno y se impartirán dos ciclos al año. Se abrirá la matrícula cada dos años y se ofrecerá de forma indefinida. La modalidad de la maestría será profesional.

La modificación consiste en una actualización de la Maestría existente, en la eliminación de los énfasis y en una flexibilización del plan de estudios.

El diploma a otorgar es *Maestría Profesional en Ingeniería Mecánica*.

3. Justificación

A continuación, se presenta un extracto de la justificación presentada por la Universidad de Costa Rica:

“Esta propuesta consiste en la actualización del plan de estudios de la Maestría Profesional en Ingeniería Mecánica creado en 1998. Se reformula el ciclo de formación troncal y se establece un catálogo balanceado de materias para que cubra las áreas de diseño mecánico, termofluidos y materiales y sistemas de manufactura; con esta aproximación se pretende suplir la demanda temática altamente dinámica que exhibe el estudiante interesado en cursar estudios de posgrado en ingeniería mecánica. Se hace énfasis transversal en la investigación aplicada y se propone operar el plan bajo la modalidad de financiamiento regular con el apoyo bilateral de la Escuela de Ingeniería Mecánica y el Sistema de Estudios de Posgrado.

El cambio más significativo en el perfil de los solicitantes tiene que ver con que actualmente los empleadores esperan de la maestría una alta especialización en tópicos muy puntuales y excelente habilidad técnica. Los programas de posgrado anteriores se habían pensado como una preparación general con un énfasis.

En el área de energía, el enfoque original era en la gestión energética y en la operación de servicios energéticos, lo que respondía bien a la alta demanda nacional de especialistas en esta área entre 1999 y 2003. En la reformulación de 2015 del énfasis de Sistemas Térmicos y de Energía, se procuró actualizar el programa para responder a la demanda detectada por un programa enfocado en eficiencia energética y energías renovables y alternativas, además de aumentar el énfasis en investigación según lo requerido por las autoridades universitarias.

En el área de materiales y sistemas de manufactura, entre 2003 y 2015 han ocurrido altibajos en la demanda; originalmente, entre 2003 y 2008 la demanda por preparación en sistemas de producción no calzaba bien con la naturaleza del énfasis de Materiales y Sistemas de Manufactura que se elaboró en 1997, que estaba más enfocado a la industria metalmecánica, no en el área de manufactura de especialidades tecnológicas como microcomponentes o líneas de producción con poca relación con la metalmecánica. Posteriormente, después de 2013 ha habido una demanda menor, pero regular de personas especialistas en producción y manufactura en el área de dispositivos médicos o de ultraprecisión.

En el área de diseño mecánico, la demanda es muy baja; el mercado meta son empresas de servicios de ingeniería de diseño estructural de componentes o desarrollo de productos altamente especializados. Por ende, Diseño Mecánico es el único énfasis para el que nunca se

ha podido abrir una promoción, a pesar de que siempre se ha contado con capacidad académica para preparar a los estudiantes en esta área de trabajo.

Evidentemente, uno de los aspectos centrales es la capacidad del Programa de responder a los vaivenes de la demanda y, por ende, de la preferencia de los estudiantes que optan por un posgrado. Sin embargo, para ello se requiere una alta flexibilidad en los planes de estudio, lo que en la práctica no se puede lograr con el enfoque de énfasis.

Por ello se propone un plan de estudios sin la denominación especial de un énfasis, pero con variedad temática interna suficiente para ser atractivo a un público meta suficientemente grande. Este requerimiento se deriva tanto de las políticas universitarias de aprovechamiento del recurso humano como de la necesidad patente de la Escuela de Ingeniería Mecánica (EIM) de dirigir recursos a aquellos cursos con más alta demanda de matrícula, que evidentemente son las materias de pregrado. En consecuencia, se cerrarán definitivamente los énfasis originalmente abiertos en 1998, y no se volverá a hacer su apertura.”

4. Desarrollo académico del campo de estudios de la Maestría

La Universidad de Costa Rica envió la siguiente información sobre el Desarrollo Académico:

“La Escuela de Ingeniería Mecánica ha impartido tres planes de estudio de maestría profesional con sendos énfasis: Sistemas Térmicos y de Energía (MPSTE), Materiales y Sistemas de Manufactura (MPMM), y Diseño Mecánico (MPDM).

La carrera de Ingeniería Mecánica data de 1964. La fortaleza del plan de Bachillerato y Licenciatura en Ingeniería Mecánica se debe, entre otros factores, a que el nivel de rendimiento que exhiben los estudiantes graduados de esta carrera es excelente para las funciones técnicas variadas que demanda el mercado laboral contemporáneo en Costa Rica. Una parte de esta población podría continuar su formación en posgrado para mejorar sus posibilidades de convertirse en un innovador en su área, para lo que se necesita, además de especialidad técnica en temas determinados, aptitudes de investigador con independencia de pensamiento e iniciativa para llevar a cabo emprendimientos de éxito.

La Escuela de Ingeniería Mecánica (EIM), a través del crecimiento equilibrado en cantidad de docentes en los tres departamentos que la componen (Termofluidos, Materiales y Diseño) ha formado y mantenido buena variedad de especialistas en el área de la ingeniería mecánica, tanto de tiempo completo como de tiempo parcial. Adicionalmente, entre su personal interino se cuentan docentes de tiempo parcial cuya labor primaria está en el sector productivo nacional, lo que completa una plantilla docente con amplia y activa experiencia profesional.

Las áreas de prioridad actuales de la EIM, según el plan estratégico vigente para esta unidad académica, caben dentro de la delimitación del área del conocimiento demarcado por los departamentos. Estas áreas son mecatrónica, aeroespacial, manufactura moderna, sistemas de protección contra incendios, energías renovables y alternativas, modelado computacional, ingeniería forense e ingeniería biomédica.

En consecuencia y aprovechando el personal docente y la infraestructura consolidada de la Escuela de Ingeniería Mecánica, la modificación del plan de estudios pretende proveer una plataforma lo suficientemente flexible como para atender estas preferencias sin que se pierda la integridad de la formación, para lo que el diseño curricular se haría enfocado a estimular las siguientes líneas de investigación:

- Eficiencia energética y gestión de la energía
- Técnicas de gestión de procesos productivos
- Aprovechamiento de energías renovables y alternativas
- Modelado computacional de fenómenos físicos
- Diseño mecánico y análisis de modos de falla
- Automatización de sistemas industriales
- Técnicas de análisis y resolución de problemas
- Ecología industrial
- Tecnologías de movilidad sostenibles

Estos temas tienen considerables antecedentes en la Escuela de Ingeniería Mecánica en los trabajos finales de graduación, tanto de posgrado como de Licenciatura.”

5. Propósitos de la maestría

Objetivo general:

Formar profesionales calificados en la puesta en marcha, operación y gestión de las tecnologías en transformación de la energía, manufactura y producción industrial, de una manera económica y tolerante con el medio ambiente; y que estén capacitados para llevar a la práctica diseños novedosos de procesos y productos necesarios para el quehacer humano.

Objetivos específicos:

Los objetivos específicos de esta maestría son los siguientes:

- Adquirir conocimientos para planificar el uso de los recursos energéticos autóctonos, y dirigir la dependencia energética exterior que sufre el país de manera que se reduzca mediante el uso de tecnologías renovables el peso actual de los hidrocarburos y sus derivados en el parque energético de consumo.
- Conocer las tecnologías de automatización, métodos de optimización de procesos y técnicas de solución de problemas que puedan mejorar significativamente la productividad y la calidad de productos y servicios directamente afines a los quehaceres de la ingeniería mecánica.

- Obtener familiaridad con herramientas, estrategias y códigos de diseño mecánico para aplicarlo al desarrollo de productos, análisis de elementos mecánicos y diagnóstico de condiciones de falla en maquinaria, componentes y estructuras asociadas.
- Proponer, gestionar y desarrollar proyectos de investigación aplicada para aportar al estado del conocimiento en ingeniería mecánica a nivel regional.

6. Perfil académico-profesional

El perfil académico-profesional enviado por la Universidad de Costa Rica se presenta a continuación:

Conocimientos:

- Técnicas de diseño de experimentos.
- Tecnologías para adquisición de datos y sensores.
- Sistemas de automatización y actuadores mecánicos.
- Herramientas para el modelado numérico de fenómenos físicos.
- Técnicas para el análisis de falla de materiales y maquinaria.
- Sistemas contemporáneos de aprovechamiento de energías alternativas.
- Sistemas de auditoría, documentación y gestión energética.
- Tecnología de máquinas herramienta y CNC.
- Sistemas de gestión de procesos industriales.
- Fundamentos de arquitectura bioclimática y ecología industrial.

Habilidades y destrezas:

- Elaboración de modelos numéricos de sistemas y componentes de ingeniería.
- Conformación de balances energéticos y planes de eficiencia energética.
- Diagnóstico de condición de falla de un proceso, máquina o componente.
- Preparación de secuencias de operaciones en máquinas CNC.
- Aplicación de códigos de diseño mecánico.
- Redacción de dictámenes de análisis de falla de procesos y componentes.
- Selección de variables de medición estadísticamente válidas.
- Diseño de factibilidad de sistemas de generación energética.

- Gestión de sistemas de documentación de la calidad.
- Procesamiento de datos y modelos digitales utilizando métodos computacionales.
- Elaboración de protocolos de operación y mantenimiento de equipos y procesos.

Actitudes y valores

- Sólida ética profesional.
- Disposición al aprendizaje de nuevos conocimientos.
- Capacidad para contribuir a la toma de decisiones para resolver problemas de impacto regional.
- Disposición para colaborar al progreso del país y a la innovación tecnológica.
- Compromiso con la preservación del ambiente.
- Valoración del desarrollo sostenible de la actividad humana.
- Comunicación profesional escrita y oral en espacios públicos presenciales y virtuales.
- Redacción de dictámenes e informes técnicos para uso público.
- Elaboración de artículos técnicos para difusión del conocimiento.
- Conformación de normas técnicas y documentos de especificaciones.
- Comunicación instrumental escrita y oral en un segundo idioma.

La División Académica de la Oficina de Planificación de la Educación Superior considera que el perfil profesional, de forma general, se adecúa a los resultados de aprendizaje esperados establecidos en el Marco Centroamericano de Cualificaciones para la Educación Superior Centroamericana para el grado de Maestría.³

7. Requisitos de ingreso

Según la Universidad de Costa Rica, los requisitos de ingreso son los siguientes:

- Contar con un Bachillerato en Ingeniería Mecánica oficialmente reconocido. En casos excepcionales la Comisión del Programa de Posgrado en Ingeniería Mecánica podrá considerar la admisión de estudiantes provenientes de carreras afines a la Ingeniería Mecánica.
- Presentar una certificación emitida por la Escuela de Lenguas Modernas de la Universidad de Costa Rica del manejo instrumental de inglés o del alemán.
- Presentar un currículum vitae actualizado y copia certificada de su expediente académico completo de las instituciones educativas de educación superior en que haya cursado materias de nivel universitario.
- Aprobar las asignaturas de nivelación que la Comisión del Programa de Posgrado en Ingeniería Mecánica considere necesarias para complementar el currículo del postulante.

Adicionalmente, quien desee cursar la maestría debe expresar por escrito que comprende que deberá dedicar al programa veinte horas por semana, distribuidas según el caso en actividades presenciales (cursos, visitas y charlas) y trabajo fuera de clase.

La permanencia en la Maestría está determinada por lo que establece al respecto el Reglamento del Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica.

8. Requisitos de graduación

Se establece como requisito de graduación aprobar todas las materias y actividades establecidas en el plan de estudios, incluyendo la presentación del proyecto final de graduación. Además, los estudiantes deberán cumplir con los requisitos administrativos señalados por la UCR.

9. Listado de las actividades académicas del posgrado

El plan de estudios de la Maestría se presenta en el Anexo A. Las actividades del plan de estudios se pueden categorizar de la siguiente manera:

- Cuatro cursos obligatorios de cuatro créditos cada uno.
- Seis cursos electivos de cuatro créditos cada uno.
- La investigación aplicada, con veinte créditos, subdividida con dos talleres de investigación aplicada, con seis y siete créditos, respectivamente, y el proyecto final de graduación, con siete créditos.

El total de créditos es de 60. Todas las normativas vigentes para los cursos y para el grado y modalidad profesional de Maestría se cumplen.

10. Descripción de las actividades académicas del posgrado

Los programas de los cursos, talleres de investigación aplicada y proyecto final de graduación se muestran en el Anexo B.

11. Correspondencia del equipo docente con las actividades académicas.

Los requerimientos mínimos para el personal docente que participa en una maestría profesional son los siguientes:

- El personal académico debe poseer al menos el nivel académico de Maestría debidamente reconocido y equiparado.
- Los profesores deben tener una dedicación mínima de un cuarto de tiempo al posgrado.

Los profesores de los cursos de la Maestría en Ingeniería Mecánica son los que se indican en el Anexo C.

En el Anexo D se indica el título y grado del diploma respectivo de posgrado de cada uno de los docentes. Todas las normativas vigentes se cumplen.

12. Conclusiones

La solicitud cumple con la normativa aprobada por el CONARE en el *Convenio para crear una nomenclatura de grados y títulos de la Educación Superior Estatal* ⁴, en el *Convenio para unificar la definición de crédito en la Educación Superior* ⁵ y con los procedimientos establecidos por el documento *Lineamientos para la creación de nuevas carreras o la modificación de carreras ya existentes* ¹.

13. Recomendaciones

Con base en las conclusiones del presente estudio, se recomienda lo siguiente:

- Que se autorice a la Universidad de Costa Rica para que modifique la *Maestría en Ingeniería Mecánica* de acuerdo con los términos expresados en este dictamen.
- Que la Universidad de Costa Rica realice evaluaciones internas durante el desarrollo del posgrado.

1) Aprobado por el Consejo Nacional de Rectores en la sesión N°27-2013, artículo 3, inciso g) y h), celebrada el 22 de octubre de 2013.

2) Resumen ejecutivo de la Maestría Profesional en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica, 2019.

3) Consejo Superior Universitario Centroamericano, Marco de Cualificaciones para la Educación Centroamericana, 2018. Adoptado por el Consejo Nacional de Rectores el 11 de setiembre de 2018.

4) Aprobado por el Consejo Nacional de Rectores el 2 de mayo de 2004 y ratificado por los Consejos Universitarios e Institucional.

5) Aprobado por el Consejo Nacional de Rectores el 10 de noviembre de 1976.

ANEXO A

**PLAN DE ESTUDIOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

ANEXO A

PLAN DE ESTUDIOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

CICLO Y CURSO	CRÉDITOS
<u>Primer ciclo</u>	<u>16</u>
Gestión de la calidad	4
Electiva I	4
Diseño de experimentos	4
Electiva II	4
<u>Segundo ciclo</u>	<u>14</u>
Taller de mediciones e instrumentación	4
Electiva III	4
Taller de investigación aplicada I	6
<u>Tercer ciclo</u>	<u>15</u>
Electiva IV	4
Métodos computacionales avanzados	4
Taller de investigación aplicada II	7
<u>Cuarto ciclo</u>	<u>15</u>
Electiva V	4
Electiva VI	4
Proyecto final de graduación	7
<i>Total de créditos de la Maestría</i>	60

Cursos electivos (todos de cuatro créditos):

Administración de la energía en la industria
Análisis numérico
Aprovechamiento de la energía eólica
Aprovechamiento de la energía hidráulica
Aprovechamiento de la energía solar
Energía de la biomasa
Estructuras metálicas
Instalaciones electromecánicas
Integración de ambientes bioclimáticos
Método de elementos finitos
Taller de análisis de falla
Tecnología de las máquinas herramienta

ANEXO B

**PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

ANEXO B

PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Curso: GESTIÓN DE LA CALIDAD

Créditos: 4

Propósito del curso:

El Curso Gestión de la Calidad pretende que el estudiante conozca los métodos básicos de gestión y documentación de la calidad para su aplicación en organizaciones que laboran en campos técnicos. El objetivo es que el estudiante reconozca las normas y técnicas más utilizadas en el control de la calidad para su implementación pertinente en las actividades regulares de una organización y que conozca los medios para certificación de calidad disponibles en Costa Rica, así como la justificación, planificación y alcances de las auditorías de calidad aplicables a entidades técnicas.

Contenidos:

- Conceptos generales sobre calidad y control de calidad.
- Sistema MNPC (Metrología, Normalización, Pruebas y Calidad).
- Introducción al aseguramiento de la calidad. Control total de la calidad.
- Técnicas para el aseguramiento de la calidad. Control estadístico de la calidad.
- Normas ISO-8402, serie 9000, 10011, 10012, 10013, 45000.
- Sistemas de aseguramiento de calidad.
- Auditorías y certificación de sistemas de aseguramiento de calidad.

Curso: DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Créditos: 4

Propósito del curso:

El Curso Diseño de Experimentos pretende que el estudiante desarrolle criterios de selección de variables por medir a través del estudio de técnicas contemporáneas de diseño experimental para que obtenga resultados relevantes de la implementación de experimentos.

Contenidos:

- Pertinencia de los métodos de diseño de experimentos
- Aplicaciones de los experimentos comparativos
- Experimentos de factor único y ANOVA en entornos aleatorios
- Implementación del diseño de bloques y de cuadrados latinos
- Bases y uso del diseño factorial 2^k

- Consolidación y formación de bloques de un factorial 2^k
- Diseños factoriales fraccionados 2^k y 3^k
- Modelos de regresión y métodos de superficie de respuesta
- Prueba de hipótesis e intervalos de confianza.

Curso: TALLER DE MEDICIONES E INSTRUMENTACIÓN

Créditos: 4

Propósito del curso:

El curso pretende brindar al estudiante las herramientas para utilizar sistemas de medición contemporáneos para medir propiedades físicas de interés en aplicaciones de la ingeniería mecánica. Además pretende utilizar transductores de temperatura, presión, posición, velocidad, aceleración, fuerza y otras magnitudes para la ejecución de mediciones, configurar el sistema de alimentación y lectura de los transductores a través de un equipo de adquisición de datos, comprender el funcionamiento de los componentes y de las interfaces físicas de sistemas de adquisición de datos, elaborar programas de cómputo para operar interfaces de adquisición de datos así como obtener familiaridad con la integración de las etapas de supervisión, control y adquisición de datos.

Contenidos:

- Tecnologías contemporáneas de transductores
- Circuitos electrónicos básicos para mediciones
- Sistemas digitales de comunicación analógico-digital
- Sistemas de adquisición de datos TTL
- Amplificadores y filtros
- Integración de la supervisión, control y adquisición de datos.

Curso: MÉTODOS COMPUTACIONALES AVANZADOS

Créditos: 4

Propósito del curso:

Aplicar técnicas computacionales al modelado de fenómenos físicos de interés para el área de ingeniería mecánica. El curso pretende conocer los principales ámbitos de aplicación de los paquetes de cómputo comerciales y de licencia libre contemporáneos dedicados al modelado de fenómenos físicos, diseñar una aplicación científica utilizando un lenguaje de programación de amplio uso contemporáneo, aplicar técnicas analíticas para garantizar la credibilidad de los resultados del uso de paquetes informáticos, comprender los alcances de los distintos tipos de licenciamiento de paquetes de cómputo para el ejercicio de la profesión. Asimismo, se propone elaborar programas de cómputo utilizando bibliotecas de programación para el modelado de fenómenos físicos complejos.

Contenidos:

- Familias de aplicaciones programadas para ingeniería
- Programación de aplicaciones científicas

- Modelado de fenómenos no lineales
- Técnicas de verificación cruzada de resultados
- Licenciamiento de paquetes informáticos y el ejercicio de la profesión

Cursos electivos

Curso: ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA EN LA INDUSTRIA

Créditos: 4

Propósito del curso:

El curso pretende familiarizar y capacitar al estudiante en aspectos técnicos, económicos y administrativos para lograr implementar y administrar programas de ahorro de energía bajo el concepto integral de administración de la energía en la industria.

Contenidos:

- Legislación y normativa de eficiencia energética
- Balances energéticos y su relación contable
- Gestión de la energía en sistemas industriales
- La auditoría energética
- Identificación de oportunidades de conservación de energía
- Compromiso ambiental

Curso: ANÁLISIS NUMÉRICO

Créditos: 4

Propósito del curso:

El curso pretende facilitar al estudiante la aplicación de métodos de análisis numérico a casos particulares que los demanden para resolución de problemas de ingeniería. Entre otros pretende que el estudiante reconozca problemas para los que es pertinente una solución numérica, resuelva sistemas de ecuaciones, algebraicas lineales, resuelva sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias, obtenga curvas de ajuste óptimas para la aplicación particular y calcule derivadas e integrales de series de datos en forma global o instantánea.

Contenidos:

- Herramientas básicas de análisis numérico
- Modelado matemático
- Sistemas de ecuaciones lineales
- Sistemas de ecuaciones no lineales
- Interpolación
- Derivadas numéricas
- Integración numérica

- Solución de ecuaciones diferenciales ordinarias
- Solución de ecuaciones diferenciales parciales
- Propagación del error y análisis de estabilidad

Curso: APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA

Créditos: 4

Propósito del curso:

El curso pretende que el estudiante desarrolle criterio técnico acerca de la conformación y operación de sistemas de aprovechamiento de la energía eólica para la evaluación certera e integral de su impacto socioeconómico en una localidad proyecto.

Contenidos:

- Fundamentos de energía eólica
- Potencial eólico de una localidad
- Caracterización de aerogeneradores
- Economía de operación de un proyecto eólico
- Gestión de proyectos eólicos

Curso: APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA

Créditos: 4

Propósito del curso:

El curso tiene como objetivo desarrollar criterio técnico acerca de la conformación y operación de sistemas de aprovechamiento de la energía hidráulica a mediana y pequeñas escalas para la evaluación técnica y económica de un proyecto considerando aspectos ambientales y socioeconómicos.

Contenidos:

- Matriz de generación de Costa Rica y potencial de desarrollo
- Infraestructura de las centrales hidroeléctricas
- Estudios básicos topográficos, geológicos e hidrológicos
- Estudio hidrológico del emplazamiento y determinación de la curva de duración
- Esquematización del proyecto y variables de operación
- Solución electromecánica del proyecto
- Legislación nacional asociada a la hidrogenación
- Costos y ciclo de vida de un proyecto de hidrogenación

Curso: APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR

Créditos: 4

Propósito del curso:

El curso pretende analizar las diferentes fases del desarrollo del aprovechamiento de la energía solar, para incorporarlas en el diseño, la construcción y gestión de diferentes tipos de plantas solares, teniendo en cuenta aplicaciones tecnológicas e investigaciones contemporáneas.

Contenidos:

- Caracterización de la fuente energética
- Energía solar térmica
- Energía fotovoltaica
- Integración arquitectónica
- Análisis de ciclo de vida
- Gestión de proyectos de energía solar

Curso: ENERGÍA DE LA BIOMASA

Créditos: 4

Propósito del curso:

Desarrollar criterio técnico acerca de las alternativas de uso de la biomasa como fuente de energía para la valoración precisa de su efecto en el medio ambiente y en la factura energética de una planta proyecto. El objetivo es evaluar la factibilidad económica de técnicas contemporáneas de transformación de biomasa en fuentes energéticas, valorar los cambios necesarios para la operación segura y continuada de maquinaria moderna con bioetanol o biodiesel y adquirir perspectiva del impacto ambiental de las tecnologías de transformación y consumo de la biomasa como fuente energética.

Contenidos:

- Química y microbiología de la biomasa
- Fuentes de biomasa
- Producción y purificación de combustibles
- Tecnología de digestores
- Gasificación y pirólisis en aplicaciones modernas

Curso: ESTRUCTURAS METÁLICAS

Créditos: 4

Propósito del curso:

El curso pretende caracterizar mediante técnicas analíticas y computacionales el comportamiento elástico y plástico de diseños por código de estructuras metálicas destinadas a formar parte de construcciones urbanas e industriales. Entre los objetivos están calcular esfuerzos principales, frecuencias de resonancia y carga crítica en elementos estructurales convencionales, obtener esfuerzos de diseño en uniones apertadas, remachadas y por soldadura, utilizar códigos de diseño para seleccionar elementos estructurales metálicos que formen parte de obras de ingeniería mayores, comprender los modos de falla relevantes en estructuras metálicas, y diseñar estructuras metálicas simples sometidas a carga estática.

Contenidos:

- Cálculo de esfuerzos críticos y cargas de pandeo
- Modos de resonancia y estimación de frecuencias naturales
- Determinación experimental de indicadores y modos de falla
- Códigos de diseño aplicables a estructuras metálicas
- Técnicas de estimación de carga estática y carga máxima
- Estructuras móviles y alteración de grados de libertad

Curso: INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS

Créditos: 4

Propósito del curso:

El curso pretende que los estudiantes adquieran habilidades básicas de diseño, documentación y valoración de redes de distribución de potencia eléctrica, instrumentación y control para la operación segura de sistemas eléctricos industriales, comerciales y residenciales bajo la normativa vigente contemporánea.

Contenidos:

- Conductores, ductos y soportes para potencia eléctrica.
- Factor de potencia y bancos de capacitores.
- Sistemas de protección industriales.
- Calidad de la energía eléctrica
- Sistemas de instrumentación y control industrial.

Curso: INTEGRACIÓN DE AMBIENTES BIOCLIMÁTICOS

Créditos: 4

Propósito del curso:

El propósito del curso es aplicar conceptos básicos de la arquitectura bioclimática a través de ejercicios de diseño, visitas y experiencias de medición, para la integración de la variable medioambiental en proyectos profesionales de diseño y construcción.

Contenidos:

- Impacto de la arquitectura bioclimática
- Factores climáticos y ambientales
- Sensación integral de bienestar y confort hidrotérmico
- Termorregulación humana y su entorno inmediato
- Sistemas de acondicionamiento pasivo
- Técnicas de monitoreo de condiciones ambientales

Curso: MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Créditos: 4

Propósito del curso:

Comprender el fundamento teórico, principios de operación y utilidad práctica del método de elementos finitos para la aplicación a problemas de ingeniería. Dentro de los objetivos se encuentran transformar fenómenos propios de un problema de ingeniería en un modelo por elementos finitos, interpretar y valorar la credibilidad del resultado del modelado de casos específicos, comprender los conceptos fundamentales del método de elemento finito, usar paquetes de cómputo especializados para la conformación y solución de modelos por elementos finitos así como identificar adecuadamente la pertinencia de usar herramientas basadas en el método de elementos finitos.

Contenidos:

- Metodología general de elementos finitos y aplicaciones
- Principales herramientas computacionales contemporáneas
- Método directo aplicado a elementos de barra
- Principio de energía potencial estacionaria
- Formulación isoparamétrica
- Clasificación y selección de tipos de elementos finitos
- Generación de mallas
- Aplicación de condiciones de frontera y de simetría

Curso: TALLER DE ANÁLISIS DE FALLA

Créditos: 4

Propósito del curso:

El curso pretende que los estudiantes apliquen técnicas analíticas y experimentales de la ciencia de los materiales para determinar posibles orígenes de falla de componentes de máquinas. Asimismo, pretende que los estudiantes obtengan familiaridad con métodos sistemáticos para el análisis de efectos por modo de falla, apliquen técnicas de microscopía óptica y electrónica al análisis de superficies de falla en componentes mecánicos, comprendan los principales modos de falla de componentes en sistemas de ingeniería mediante estudio de casos y elaboren dictámenes de análisis forense de falla de componentes mecánicos y estructurales.

Contenidos:

- Técnicas para el análisis de causa raíz y depuración de hipótesis
- Análisis de composición química de piezas y lubricantes.
- Modos de falla dominantes en componentes mecánicos
- Análisis microscópico de superficies de falla
- Técnicas de procesamiento y conservación de muestras

Curso: TECNOLOGÍA CNC DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTA

Créditos: 4

Propósito del curso:

El curso pretende que los estudiantes se familiaricen con los principios de diseño de proceso para fabricar componentes en tornos y fresadoras de control numérico computarizado mediante el análisis de propiedades de materiales, trayectorias de herramienta y técnicas de sujeción.

Contenidos:

- Sensores y actuadores mecatrónicos
- Herramientas de corte y conformación
- Operaciones unitarias en máquinas CNC
- Seguridad ocupacional en talleres con automatización
- Programación asistida de trayectorias de herramienta
- Estrategias y accesorios para sujeción de componentes

Cursos de la investigación aplicada

Curso: TALLER DE INVESTIGACIÓN APLICADA I

Créditos: 6

Propósito del curso:

El curso pretende brindar al estudiante las herramientas para aplicar técnicas esenciales de investigación académica, para la recopilación de datos y documentación de ciencia aplicada a problemas de ingeniería.

Contenidos:

- Introducción general. Definiciones esenciales: la investigación académica. La investigación aplicada.
- Formulación de proyectos de investigación académica. El ámbito de estudio. El problema. Las hipótesis. Fundamentos conceptuales, teóricos y metodológicos. El plan de trabajo. Propósitos y eventuales aportaciones al campo.
- La investigación aplicada en las ciencias exactas. Espacios de investigación contemporánea en ingeniería mecánica.
- La investigación bibliográfica: el uso de bases de datos de texto completo.
- La redacción de documentos. Formatos normalizados para documentación técnica. Diagramación con LaTeX.
- Fundamentos del diseño experimental en el área de la ingeniería mecánica.
- Normas y procedimientos para la difusión del trabajo científico. La comunicación. La ponencia. La conferencia. El artículo científico. Ejercicios para el debate sobre temas científicos.

Curso: TALLER DE INVESTIGACIÓN APLICADA II

Créditos: 7

Propósito del curso:

El curso pretende que los estudiantes desarrollen destrezas de innovación con técnicas contemporáneas para la solución de problemas de ingeniería. Además se pretende que los estudiantes ubiquen los esquemas de gestión y financiamiento de proyectos mediante estudio de casos particulares para programas de investigación en áreas tecnológicas, identifiquen retos globales de ingeniería mediante agrupamiento de casos para la generación de ideas innovadoras, discutan temas contemporáneos relevantes para la identificación del aporte potencial de la ingeniería mecánica, evalúen soluciones de ingeniería mediante técnicas conocidas para su valoración. Finalmente, se espera en este curso que los estudiantes redacten el informe de trabajo final de graduación con formato y estructura apropiados.

Contenidos:

- Gestión de la investigación tecnológica en corporaciones transnacionales
- Caracterización de la investigación contratada.
- Esquemas de colaboración entre la industria privada y la academia.
- Retos globales contemporáneos para la ingeniería como ciencia.

- Tema especial A: Problemática del transporte
- Demanda para la sostenibilidad energética de procesos industriales.
- Técnicas clásicas de diseño conceptual.
- Tema especial B: Técnicas de innovación
- Tema especial C: Documentación técnica especial

Curso: PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN

Créditos: 7

Propósito del curso:

Una vez que el alumno ha completado las actividades correspondientes a las materias de *Taller de Investigación Aplicada I y II*, podrá matricular el Proyecto final de graduación para llevar a término el tópico de investigación que ha venido desarrollando en los cursos formativos. Si bien el trabajo es independiente, deberá programar sesiones de trabajo con su profesor asesor guía para asegurar el avance del trabajo y regularizar la documentación de la investigación que desarrolla.

ANEXO C

**PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

ANEXO C

PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

CURSO

Gestión de la calidad
Diseño de experimentos
Taller de mediciones e instrumentación
Taller de investigación aplicada I
Métodos computacionales avanzados

Taller de investigación aplicada II
Proyecto final de graduación

PROFESOR

Humberto Tioli Mora
Raziel Farid Sanabria Sandí
Olman Ramos Alfaro
Bárbara Miranda Morales
André Licks Miranda
Alberto Serrano Pacheco
Carlos Amaris Castilla
Depende del tema

Cursos electivos

Administración de la energía en la industria

Análisis numérico
Aprovechamiento de la energía eólica
Aprovechamiento de la energía hidráulica
Aprovechamiento de la energía solar

Energía de la biomasa
Estructuras metálicas
Instalaciones electromecánicas
Integración de ambientes bioclimáticos
Método de elementos finitos
Taller de análisis de falla
Tecnología de las máquinas herramienta

Luis Fernando Chanto Jarquín
Leonora de Lemos Medina
Juan Gabriel Monge Gapper
Leonardo Suárez Matarrita
Luis Fernando Chanto Jarquín
Leonardo Suárez Matarrita
Eduardo Calderón Obaldía
Eduardo Calderón Obaldía
Stefan Salazar Burger
Raymond Ordeñana Carmiol
Sergio Ferreto Brenes
Luis Quirós Fonseca
Juan Gabriel Monge Gapper
Luis Arturo Rapso Brenes

ANEXO D

**PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
Y SUS GRADOS ACADÉMICOS**

ANEXO D

PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA Y SUS GRADOS ACADÉMICOS

CARLOS AMARIS CASTILLA

Doctorado en Tecnologías de Climatización y Eficiencia Energética en Edificios, Universidad de Rovira i Virgili, Tarragona, España.

EDUARDO CALDERÓN OBALDÍA

Doctorado en Sistemas Alternativos de Energía, Universidad Complutense de Madrid, España.

LUIS FERNANDO CHANTO JARQUÍN

Bachillerato en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica. Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica. Maestría en Administración de Empresas, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

LEONORA DE LEMOS MEDINA

Maestría en Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes, Colombia. Maestría en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica.

SERGIO FERRETO BRENES

Maestría en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica.

ANDRÉ LICKS MIRANDA

Maestría en Ingeniería, Universidad de Stuttgart, Alemania.

BÁRBARA MIRANDA MORALES

Licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de Costa Rica. Maestría en Ingeniería Química con énfasis en Ingeniería en Procesos Industriales, Universidad de Costa Rica. Doctorado en Ingeniería Química, Ambiental y de Procesos, Universidad de Rovira i Virgili, Tarragona, España.

JUAN GABRIEL MONGE GAPPER

Bachillerato en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica. Maestría en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica.

RAYMOND ORDEÑANA CARMOL

Bachillerato en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica. Maestría en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica.

LUIS QUIRÓS FONSECA

Bachillerato en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica. Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica, Universidad de Kansas, Estados Unidos de América.

OLMAN RAMOS ALFARO

Bachillerato en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica. Maestría en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica

LUIS ARTURO RAPSO BRENES

Maestría en Sistemas Modernos de Manufactura, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Maestría en Ingeniería Mecánica, Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil.

STEFAN SALAZAR BURGER

Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. Maestría en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.

RAZIEL FARID SANABRIA SANDÍ

Maestría en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica.

ALBERTO SERRANO PACHECO

Doctorado en Mecánica de Fluidos, Universidad de Zaragoza, España.

LEONARDO SUÁREZ MATARRITA

Bachillerato en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica. Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica. Maestría en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética, Universidad de Barcelona, España.

HUMBERTO TIOLI MORA

Maestría en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica.



UCR

TEC

UNA

