

CONSEJO NACIONAL DE RECTORES

Oficina de Planificación para la Educación Superior

DICTAMEN SOBRE LA PROPUESTA DE CREACIÓN DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN DISPOSITIVOS MÉDICOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA



MSc. Alexander Cox Alvarado
División Académica



OPES ; no.27 -2014

CONSEJO NACIONAL DE RECTORES

Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES)

DICTAMEN SOBRE LA PROPUESTA DE CREACIÓN DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN DISPOSITIVOS MÉDICOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA



MSc. Alexander Cox Alvarado
División Académica

OPES ; no. 27-2014

378.728.6
C877d

Cox Alvarado, Alexander

Dictamen sobre la propuesta de creación de la maestría en dispositivos médicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica / Alexander Cox Alvarado. -- San José, C.R. : CONARE - OPES, 2014.
40 p. ; 28 cm. -- (OPES ; no. 27-2014).

ISBN 978-9977-77-113-7

1. DISPOSITIVOS MÉDICOS. 2. INGENIERÍA. 3. MAESTRÍA UNIVERSITARIA. 4. OFERTA ACADÉMICA. 5. EDUCACIÓN SUPERIOR. 6. UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. I. Título. II. Serie.

EBV



Presentación

El estudio que se presenta en este documento, (OPES; no. 27-2014) se refiere al dictamen sobre la propuesta de creación de la Maestría en Ingeniería en Dispositivos Médicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

El dictamen fue realizado por el MSc. Alexander Cox Alvarado, Investigador de la División Académica de la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES). 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 23-2014, artículo 4, inciso 2 celebrada el 9 de setiembre de 2014.



Gastón Baudrit Ruiz
Director a.i OPES

**DICTAMEN SOBRE LA PROPUESTA DE CREACIÓN DE LA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN DISPOSITIVOS MÉDICOS DEL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

Índice

	Página
1. Introducción	1
2. Datos generales	2
3. Justificación	2
4. Desarrollo académico del campo de la Maestría propuesta	5
5. Propósitos del posgrado	8
6. Perfil académico-profesional	8
7. Requisitos de ingreso	14
8. Requisitos de graduación	14
9. Listado de las actividades académicas del posgrado	15
10. Descripción de las actividades académicas del posgrado	15
11. Correspondencia del equipo docente con las actividades académicas	16
12. Autorización de la Unidad académica para impartir posgrados	16
13. Conclusiones	17
14. Recomendaciones	18
Anexo A: Plan de estudios de la Maestría en Ingeniería en Dispositivos Médicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica	19
Anexo B: Programas de los cursos de la Maestría en Ingeniería en Dispositivos Médicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica	23
Anexo C: Profesores de los cursos de la Maestría en Ingeniería en Dispositivos Médicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica	37
Anexo D: Profesores de los cursos de la Maestría en Ingeniería en Dispositivos Médicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica y sus grados académicos	39

1. Introducción

La solicitud para impartir la *Maestría en Ingeniería en Dispositivos Médicos* en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) fue solicitada al Consejo Nacional de Rectores por el señor Rector del ITCR, Dr. Julio César Calvo Alvarado, en nota SCI-578-2014, recibida el 26 de agosto de 2014 y, 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.

El CONARE, en la sesión 22-2014, del 2 de setiembre, acordó que la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES) realizara el estudio correspondiente. Cuando se proponen posgrados nuevos 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 autorizar los programas de posgrado que se propongan:

- Datos generales
- Justificación del posgrado.
- El desarrollo académico del campo de estudios en que se enmarca el posgrado.
- Propósitos del posgrado
- Perfil académico-profesional
- Requisitos de ingreso y de permanencia
- Requisitos de graduación
- Listado de las actividades académicas del posgrado
- Descripción de las actividades académicas del posgrado
- Correspondencia del equipo docente con las actividades académicas.
- Autorización para impartir posgrados

A continuación se analizarán cada uno de estos aspectos.

2. Datos generales

La unidad académica base de la *Maestría en Ingeniería en Dispositivos Médicos* será la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales del Instituto Tecnológico de Costa Rica. La maestría tendrá las dos modalidades, profesional y académica. La modalidad profesional tendrá una duración de dos años y se impartirá mediante catorce ciclos de seis semanas cada uno, los cuales se ofrecerán siete al año, mientras que la modalidad académica tendrá una duración de quince ciclos de seis semanas, aproximadamente dos años y dos meses. Cada ciclo lectivo constará de una sola asignatura. Se abrirá la matrícula al menos cada dos años.

Se otorgará el diploma de *Maestría en Ingeniería en Dispositivos Médicos*.

3. Justificación

Sobre la justificación, el Instituto Tecnológico de Costa Rica envió el siguiente resumen: “La Ingeniería en Dispositivos Médicos es una disciplina que permite profundizar y actualizar conocimientos en las áreas de procesos de fabricación y caracterización de materiales, combinando la óptima gestión y el uso de software de ingeniería en el proceso de manufactura de los dispositivos médicos con énfasis en el análisis de fallas y resolución de problemas relacionados a los materiales, siendo un posgrado de un carácter único y novedoso en el país y la región.

La industria médica abarca un campo amplio, en el que se puede encontrar dispositivos de todo tamaño, complejidad y materiales, tales como: jeringas, guantes, pinzas y de gran complejidad como prótesis, implantes, válvulas cardíacas, aparatos quirúrgicos, entre otros.

En este sentido, la Organización Mundial de la Salud conceptualiza los dispositivos médicos, que van desde un simple termómetro hasta equipos de alta complejidad tecnológica como los de imagen por resonancia magnética nuclear y los aceleradores lineales e incluyendo todos los productos que son implantados en forma temporal o permanente en el cuerpo humano, son necesarios para atender las necesidades sanitarias mundiales y pueden ser utilizados por el personal sanitario, los pacientes u otras personas en diferentes entornos, como los hospitales, los dispensarios o su propio domicilio con fines preventivos, diagnósticos, terapéuticos o de rehabilitación.

Los dispositivos médicos ayudan a salvar la vida o a prolongarla. Como ejemplos se tiene los equipos de anestesia y el instrumental quirúrgico utilizados en las operaciones, las unidades de radioterapia para el tratamiento del cáncer o las incubadoras que necesitan los recién nacidos prematuros. Los dispositivos médicos también mejoran la calidad de vida,

como ocurre con las gafas, que mejoran la visión; las prótesis, que compensan la pérdida de un miembro, o los hemodializadores, que sustituyen la función renal.

[...]

Costa Rica, a nivel mundial, logra posicionarse como el segundo país de exportación de dispositivos médicos en América Latina, siendo un país accesible a la inversión extranjera, con gran capital humano para desarrollo tecnológico, facilidades económicas y de seguridad social como zonas francas libres de impuestos para empresas extranjeras, codificación laboral restrictiva, buena educación universitaria que garantiza profesionales de alta calidad y mayor acceso al mercado norteamericano que países localizados en Asia. Este posicionamiento de Costa Rica ha producido una ampliación en el desarrollo de la industria médica, ubicando actualmente a 57 empresas multinacionales que producen cerca de 80 tipos diferentes de dispositivos para áreas médicas muy diversas como: cardiovascular, neurología, ortopedia, implantes y suministro de medicamentos y alimentos. Estos productos son exportados a 72 países alrededor del mundo.

[...]

Actualmente, Costa Rica cuenta con una serie de empresas en el sector de los dispositivos médicos como Arthrocare, Hospira, Allegra, NDC Nitinol, Baxter, P&G, Boston Scientific, GSK, Hologic, Baxter Healthcare, St. Jude Medical, entre otras que han señalado que uno de los principales factores inhibidores para el desarrollo de proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación (ID&I), es la disponibilidad de recurso humano especializado y con experiencia en las áreas de conocimiento requeridas.

Es importante considerar que el 90% de la inversión extranjera directa va hacia la industria de alta tecnología en la Gran Área Metropolitana (GAM), con un 30% del crecimiento del empleo industrial. El 36% de las exportaciones son de productos diferenciados, entre los que se incluyen productos y servicios de base científica. Con esto, Costa Rica es el segundo lugar en exportaciones de dispositivos médicos y de software de América Latina.

El incremento en el cumplimiento de estándares de cantidad en la producción y mejoras en la calidad del capital humano a nivel científico, con el grado de maestría en áreas de dispositivos médicos con conocimientos fuertes en ciencia de los materiales es una imperante opción.

[...]

Debido al amplio avance en la medicina, cada vez se ha hecho más necesario el acompañamiento de las ciencias naturales y la ingeniería para el desarrollo de tecnología que permita la investigación, cura, monitoreo y prevención de enfermedades. Esto ha producido el surgimiento de la necesidad de formar profesionales con conocimientos especializados del área de las ciencias naturales o ingeniería, pero con un conocimiento práctico de la manufactura, investigación o implementación de dispositivos médicos, con el fin de garantizar un desarrollo interdisciplinario que permita mayor facilidad en la creación e implementación de dispositivos médicos.

La demografía favorable triunfa sobre las preocupaciones económicas de la industria de la salud, cambios de poblaciones que envejecen rápidamente aumentan los tratamientos en los mercados desarrollados; por ejemplo el número de mayores de 65 años en Japón, que com-

ponen alrededor de la cuarta parte de la población del país, consumen más de la mitad de su gasto en medicamentos o consumir productos de índole médico.

En el mundo, el aumento de los ingresos y las poblaciones de rápido crecimiento dará lugar a un mayor gasto en salud y bienestar, como parte de las estadísticas, los costos globales de salud crecieron en más de un 5 % en el 2012, para la población estadounidense se invierten el equivalente a 16 % del PIB en salud, mucho más que cualquier otro país.

[...]

En varios estudios, los empresarios han señalado con urgencia la necesidad de profesionales especializados en la manufactura de dispositivos médicos que contempla desde la inyección y extrusión de plásticos, la esterilización de los aparatos, el procesamiento de materiales, metal mecánica, mecatrónica, hasta la producción de circuitos especializados para aplicaciones médicas. Esto genera una necesidad de alrededor de unos 11 mil profesionales relacionados con el área de desarrollo médico, convirtiendo así a ese sector como uno de los principales empleadores a nivel nacional.

Por lo tanto, debido a la carencia de opciones de estudios de posgrado en el área de Dispositivos Médicos, se fundamenta la creación de un posgrado de tipo maestría, enfocada en procesos de manufactura, producción y creación de dispositivos médicos, como acción proactiva en respuesta a las necesidades del mercado nacional por parte de la Escuela Ciencia e Ingeniería de los Materiales.”²

A continuación, se justifica la creación de cada una de las dos modalidades de Maestría:

“Modalidad académica y su importancia

Una de las principales funciones del Tecnológico de Costa Rica corresponde al desarrollo de investigación para generar un mayor conocimiento en los diversos campos de acción que involucra a dicha institución. La Escuela Ciencia e Ingeniería de los Materiales está comprometida con el sector industrial de dispositivos médicos para formar profesionales capaces de desarrollar investigaciones y la generación de un mayor conocimiento que beneficie el desarrollo de la región. Se espera que la modalidad académica de este programa permita graduar profesionales con carácter de formadores que transmitan su avanzado conocimiento a las nuevas generaciones de ingenieros y a aquellos sectores inmersos en el contexto de producción de dispositivos médicos. El posgrado tiene como fin el desarrollo de la investigación en la Ingeniería en Dispositivos Médicos al profundizar y actualizar conocimientos en las áreas de procesos de fabricación y caracterización de materiales, combinando la óptima gestión y el uso de software de ingeniería en el proceso de manufactura con énfasis en el análisis de fallas y resolución de problemas relacionados a los materiales de los dispositivos médicos.

Modalidad profesional y su importancia

Actualmente, la industria de los dispositivos médicos requiere de profesionales especializados en el área de Ingeniería en Dispositivos Médicos que apliquen apropiadamente sus conocimientos, y que puedan profundizar y actualizar procesos de fabricación y caracteriza-

ción de materiales, combinando la óptima gestión y el uso de software de ingeniería en el proceso de manufactura de los dispositivos médicos con énfasis en el análisis de fallas y resolución de problemas relacionados a los materiales, siendo un posgrado de un carácter único y novedoso en el país y la región. Hoy en día, nuestro país sufre de una necesidad de mejorar en la formación profesional y eficiente uso de los recursos destinados al mejoramiento de la producción existente, particularmente en dispositivos médicos, así como verificar y validar acciones más factibles y eficaces a la hora de seleccionar estrategias de solución ante un problema técnico. El objetivo del posgrado en su modalidad profesional es especializar profesionales en el uso de técnicas, estrategias y sus herramientas para la solución de éstos y otros problemas que aquejan al sector.

Las instituciones, departamentos y empresas que interactúan en el análisis, validez y producción de materiales en dispositivos médicos han manifestado la necesidad de formar a sus profesionales con el fin de que éstos actualicen y refuercen sus conocimientos en el área. De esta manera, la propuesta del posgrado en su modalidad profesional es diseñada para que el profesional aplique la investigación en la solución de problemas y necesidades en las líneas de investigación, caracterización y producción de Materiales en la optimización del proceso de Dispositivos Médicos y manejo de operación en la producción, utilizando el conocimiento adquirido durante el desarrollo del programa.”³

4. Desarrollo académico en el campo de la Maestría propuesta

El Instituto Tecnológico de Costa Rica envió el siguiente resumen sobre el desarrollo académico de la unidad base en el campo de la Maestría propuesta:

“Para iniciar el programa, la Escuela ha reunido un equipo de más de 12 profesores con un nivel de formación y desarrollo profesional oportuno para el campo y que cuenta con una formación académica y experiencia universitaria internacional en el área en particular.

Durante los últimos años, el área de Ciencia e Ingeniería de los Materiales ha generado una cantidad oportuna de material bibliográfico y artículos que pueden ser consultados vía Internet o a través de universidades y centros de investigación de prestigio internacional. De igual forma, como parte de la madurez académica de la Escuela, se cita el Centro de Información Tecnológica y el Centro de Investigación y Extensión en Ingeniería de los Materiales donde el estudiante puede encontrar los títulos de las colecciones generales y de referencia en la biblioteca especializada, base de datos y bibliotecas de las Sedes institucionales, lo que constituyen fuentes potenciales para el desarrollo de temáticas de investigación.

Otro aspecto a resaltar, es que la Escuela Ciencia e Ingeniería de los Materiales cuenta con un laboratorio de Cómputo y software como Matlab, PTC CREO, Comsol Multiphysic, SolidWorks, entre otros, con capacidad para atender simultáneamente a 30 estudiantes.

La Escuela cuenta además con licencias de operación de software especializado y tecnología de avanzada que facilita la interacción profesor-estudiante en un eventual programa de maestría. Como parte de la formación del estudiante, se incluirán sesiones de horas prácticas, las cuales serán brindadas en los laboratorios de materiales, al contar con el equipo y

las condiciones necesarias para una oportuna enseñanza. Éstos estarán disponibles para los estudiantes del Programa de Maestría Ingeniería en Materiales de Dispositivos Médicos. [...]

La Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales cuenta con los siguientes laboratorios:

- Metalografía y análisis químico
- Arenas y fundición de metales
- Ensayos mecánicos
- Metalurgia extractiva
- Tratamientos térmicos y termoquímicos
- Microscopia electrónica
- Soldadura y corte de materiales
- Procesamiento de polímeros
- Modelización y simulación
- Ensayos tribológicos

Otro aspecto a resaltar, es que la Escuela Ciencia e Ingeniería de los Materiales cuenta con un laboratorio de Cómputo y software como Matlab, PTC CREO, Comsol Multiphysic, Solidworks, entre otros, con capacidad para atender simultáneamente a 30 estudiantes.

La Escuela cuenta además con licencias de operación de software especializado y tecnología de avanzada que facilita la interacción profesor-estudiante en un eventual programa de maestría. Como parte de la formación del estudiante, se incluirán sesiones de horas prácticas, las cuales serán brindadas en los laboratorios de materiales, al contar con el equipo y las condiciones necesarias para una oportuna enseñanza. Éstos estarán disponibles para los estudiantes del Programa de Maestría Ingeniería en Materiales de Dispositivos Médicos.

Además de lo anteriormente señalado, la Escuela e Institución cuenta con equipos sofisticados como un microscopio electrónico de barrido (SEM) con una capacidad de EDX, un Microscopio de Fuerza Atómica (AFM), y un microscopio electrónico de transmisión (TEM), Difractómetro de rayos $-X$, espectrómetro de emisión óptica y una cámara de vacío para tratamiento y deposición por Plasma.

Los equipos están disponibles para asignaciones del plan de estudios, proyectos de graduación y actividades de investigación de los profesores y los estudiantes.

Otra mejora importante, en términos de capacidades, es la puesta en marcha de los laboratorios de plasma, muchos de nuestros estudiantes han logrado trabajar en proyectos de graduación significativos, tal es el caso de temas como *Simulación del plasma en un acelerador Stellator*, *Caracterización de superficies tratadas con plasma*.

Una de las actividades de investigación de la Escuela se centra en la caracterización de películas delgadas depositadas por Plasma utilizando los equipos especializados de la escuela.

La Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales aprobó líneas de investigación en degradación y protección de materiales, nuevos materiales y energías, caracterización de materiales y ensayos no destructivos, procesos tecnológicos para la ingeniería en materiales. Además, se cuenta con infraestructura tecnológica, acceso a internet, plataforma de e-learning, bases de datos especializados, biblioteca digital, convenios con bibliotecas nacionales e internacionales y software especializado.

Es importante señalar que el Tecnológico de Costa Rica pondrá a disposición de este posgrado todos los recursos de infraestructura y equipo propios, así como de los recursos y experiencia de la Escuela Ciencia e Ingeniería de los Materiales para poder formar un profesional altamente calificado y comprometido con el desarrollo económico y social de este país en el área de Ingeniería en Dispositivos Médicos.

[...]

Por otra parte, la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales ha fortalecido una estrecha vinculación con la industria que ha promovido el desarrollo y participación activa de los estudiantes en prácticas, proyectos finales de cursos, desarrollo de investigación y oferta de servicios.

Al mismo tiempo, la relación empresa y escuela se ha beneficiado con proyectos finales de graduación, donde se busca el resolver un problema industrial de una complejidad mayor que el de las prácticas de trabajo y presentar un informe final con las soluciones y recomendaciones.

Por otra parte, la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales ofrece servicios directos a los profesores y técnicos de la industria, contando con personal y laboratorios certificados y apoyar las actividades de la industria local. Estas actividades incluyen la asistencia técnica, servicios de laboratorio y de los esfuerzos de investigación y desarrollo.”⁴

5. Propósitos del posgrado

Los objetivos generales de cada una de las modalidades de la Maestría en Ingeniería en Dispositivos Médicos son los siguientes:

Modalidad académica

Formar investigadores en el análisis de fallas y resolución de problemas relacionados con los materiales, procesos de fabricación y caracterización de materiales en la Ingeniería en Dispositivos Médicos, para la generación de más conocimiento a beneficio del sector en la región.

Modalidad profesional

Formar profesionales en la Ingeniería en Dispositivos Médicos que apliquen la investigación, uso de software de ingeniería, análisis de fallas, resolución de problemas, procesos de fabricación y caracterización de materiales, para una óptima gestión del proceso de manufactura de dispositivos médicos.

6. Perfil académico-profesional

El ITCR envió el siguiente perfil profesional, clasificado por saberes:

Saber conocer (común para ambas modalidades)

- Domina diferentes técnicas de caracterización de los materiales utilizados en la industria.
- Profundiza en las técnicas de análisis de fallas de elementos o dispositivos médicos.
- Domina las tecnologías electrónicas para la comprensión del funcionamiento de los dispositivos médicos.
- Domina las propiedades de los materiales necesarias en un dispositivo médico para su correcto funcionamiento.
- Domina las herramientas CAD, CAM y CAE en el diseño de dispositivos médicos.
- Domina procedimientos óptimos para la esterilización y empaquetado de dispositivos.
- Domina los materiales metálicos óptimos en la fabricación y manufactura de dispositivos médicos.

- Domina las diferentes técnicas de procesamiento de polímeros en la manufactura de dispositivos.
- Domina los principales polímeros empleados en la manufactura de dispositivos médicos, considerando las etapas posteriores como esterilización y empaquetado.
- Domina sistemas de procesamiento de polímeros.
- Domina técnicas de soldadura láser y ultrasonido.
- Domina metodologías de diseño de experimentos.
- Domina la nomenclatura relacionada con las normas y regulaciones de la FDA.
- Profundiza en la óptima gestión de procesos productivos de los dispositivos médicos, considerando el impacto ambiental.
- Domina procesos de innovación y desarrollo de productos de dispositivos médicos.
- Domina la investigación aplicada en propuesta alternativas de validación de procesos.
- Domina la probabilidad y estadística aplicada a la ingeniería en materiales.

Saber conocer (de la modalidad académica)

- Profundiza cómo interactúa el funcionamiento electrónico en los dispositivos médicos con el funcionamiento del cuerpo humano.
- Profundiza cómo interactúan las propiedades de los materiales en los dispositivos, ejemplo: biocompatibilidad, resistencia química, entre otros con el cuerpo humano.
- Domina las técnicas de investigación en la caracterización de los materiales.
- Domina técnicas de modelación y simulación para el diseño de nuevos dispositivos médicos.
- Domina herramientas de software en el diseño de proceso de la fabricación y el correcto funcionamiento de líneas de producción.
- Domina los componentes de un proyecto de investigación.
- Comprende sobre técnicas para el diseño de experimentos.

- Domina técnicas estadísticas para el análisis de datos.
- Explica la factibilidad de posibles soluciones en la Ingeniería en Dispositivos Médicos.
- Comprueba hipótesis y explica un fenómeno relacionado con la Ingeniería en Dispositivos Médicos.
- Establece relaciones causales y correlacionales en la investigación de procesos de fabricación y manufactura de dispositivos médicos.
- Domina la nomenclatura relacionada con la investigación

Saber conocer (de la modalidad profesional)

- Profundiza en el empleo de prototipos en el diseño, accesorios y fabricación de dispositivos médicos.
- Domina técnicas de modelación y simulación para la verificación de funcionamiento de los dispositivos médicos.
- Domina la gestión de decisiones sobre los cambios de materiales para optimizar el proceso de producción.
- Domina la gestión de diferentes procesos de manufactura en la producción de dispositivos médicos.

Saber hacer (común para ambas modalidades)

- Aplica diversas técnicas de caracterización de los materiales utilizados en la industria.
- Utiliza técnicas de análisis de fallas de elementos o dispositivos médicos.
- Desarrolla tecnologías electrónicas para la comprensión del funcionamiento de los dispositivos médicos.
- Aplica propiedades de los materiales para el desarrollo de dispositivos médicos.
- Aplica herramientas propias de la ingeniería.
- Aplica herramientas CAD, CAM, CAE en el diseño de dispositivos médicos.

- Desarrolla prototipos en el diseño, accesorios y fabricación de dispositivos médicos.
- Optimiza el procesamiento de materiales.
- Utiliza los principales polímeros empleados en la manufactura de dispositivos médicos, considerando las etapas posteriores como esterilización y empaquetado.
- Utiliza técnicas de soldadura láser y de ultrasonido.
- Aplica metodologías de diseño de experimentos.
- Utiliza la nomenclatura relacionada normas y regulaciones de la FDA.
- Desarrolla e innova procesos en la producción de dispositivos médicos.
- Ejecuta actividades de análisis de fallas.
- Aplica métodos de análisis de riesgos en el análisis de fallas.

Saber hacer (de la modalidad académica)

- Desarrolla prototipos que simulan el cómo interactúa el funcionamiento electrónico en los dispositivos médicos con el funcionamiento del cuerpo humano.
- Elabora procedimientos manipulando las propiedades de los materiales en los dispositivos, ejemplo: biocompatibilidad, resistencia química, entre otros con el cuerpo humano.
- Aplica técnicas de investigación en la caracterización de los materiales.
- Aplica técnicas de modelación y simulación para el diseño de nuevos dispositivos médicos.
- Desarrolla herramientas de software en el diseño de proceso de la fabricación y el correcto funcionamiento de líneas de producción.
- Aplica e innova en procedimientos óptimos para la esterilización y empaquetado de dispositivos.
- Desarrolla nuevas técnicas de esterilización y empaquetado de dispositivos médicos.
- Propone nuevos procedimientos para la fabricación de dispositivos médicos poliméricos.

- Aplica mejoras en el proceso de manufactura de materiales metálicos.
- Elabora estudios del impacto ambiental del proceso de manufactura.
- Elabora propuestas de investigación con base en los componentes estudiados.
- Aplica técnicas estadísticas para analizar bases de datos relacionadas con la Ingeniería en Dispositivos Médicos.
- Elabora artículos científicos sobre temas afines a la Ingeniería en Dispositivos Médicos.
- Desarrolla una tesis de investigación en el campo de la Ingeniería en Dispositivos Médicos.

Saber hacer (de la modalidad profesional)

- Utiliza técnicas de modelación y simulación para la verificación de funcionamiento de los dispositivos médicos.
- Aplica procedimientos óptimos para la esterilización y empaquetado de dispositivos.
- Selecciona los materiales metálicos óptimos en la fabricación y manufactura de dispositivos médicos.
- Aplica diferentes técnicas de procesamiento de polímeros en la manufactura de dispositivos.
- Gestiona los cambios de materiales para optimizar el proceso de producción.
- Desarrolla diferentes procesos de manufactura en la gestión de la producción de dispositivos médicos.
- Aplica la óptima gestión de procesos productivos de los dispositivos médicos, considerando el impacto ambiental.
- Aplica conocimiento de los materiales para mejorar proceso de manufactura.
- Aplica métodos y criterios para selección de materiales.
- Aplica mejoras en el proceso de manufactura de materiales metálicos.
- Diseña prototipos de piezas metálicas y plásticas.

- Elabora estudios del impacto ambiental del proceso de manufactura.
- Aplica la investigación aplicada para la solución de problemas desde el diseño, planificación y gestión de proyectos.

Saber convivir

- Posee una formación cultural y humanística que le permite tener clara conciencia del contexto socioeconómico, cultural y ambiental.
- Muestra capacidad humana y profesional para dirigir equipos de trabajo.
- Tiene habilidad para utilizar el lenguaje oral y escrito en forma asertiva tanto en las relaciones interpersonales como en su disciplina.
- Trabaja en cooperación con otros y contribuye a los esfuerzos del grupo aportando conocimiento y en su desarrollo profesional para el bienestar colectivo como para la organización.
- Mantiene buenas relaciones interpersonales en el ámbito de su desempeño profesional y social.
- Muestra respeto hacia las diferencias individuales e igualdad de oportunidades en la organización en la cual se desempeña.

Saber ser

- Cuenta con una formación integral que lo capacita para enfrentar el contexto en forma crítica y creativa.
- Posee una visión holística e integrada del contexto laboral.
- Posee principios humanísticos, ambientales y éticos que orientan su desempeño profesional.
- Maneja adecuadamente las relaciones humanas ante situaciones de conflicto.

- Promueve cambios y muestra compromiso con los procesos que propician un bienestar físico, ambiental, espiritual y social, que contribuyan a la calidad de vida.
- Es una persona honesta, íntegra, responsable y con sentido ético para contribuir al desarrollo y progreso de la sociedad.

7. Requisitos de ingreso

Según el Instituto Tecnológico de Costa Rica, los requisitos de ingreso son los siguientes:

- Poseer un grado académico de Bachillerato o preferiblemente Licenciatura en algunas de las siguientes ingenierías: Producción Industrial, Industrial, Mecánica, Electrónica, Mecatrónica, Eléctrica, Química o de Materiales.
- Contar con conocimientos en estadística descriptiva, inferencial y en el software para ingeniería *SolidWorks*.
- Presentar certificación de un dominio instrumental en una segunda lengua, preferiblemente idioma inglés.
- Cumplir con lo estipulado con los reglamentos de ingreso del ITCR.

La permanencia en la Maestría está determinada por lo que establece al respecto los reglamentos del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

8. Requisitos de graduación

Se establece como requisito de graduación la aprobación de todos los cursos y las actividades del plan de estudios, incluyendo la presentación del informe final del proyecto de graduación, para la modalidad profesional o bien de la tesis de maestría, para la modalidad académica. Además, los estudiantes deberán cumplir con los requisitos de índole administrativa que establezca el ITCR.

9. Listado de las actividades académicas del posgrado

El listado de actividades académicas de la Maestría se presenta en el Anexo A. La modalidad académica de la Maestría (Anexo A.1) consta de 69 créditos categorizados de la siguiente manera:

- Dos cursos electivos de dos créditos cada uno.
- Tres cursos de tres créditos cada uno.
- Seis cursos de cuatro créditos cada uno.
- La investigación de tesis, con 32 créditos, a su vez subdividida en las siguientes actividades:
 - Cuatro seminarios de investigación con cinco créditos cada uno.
 - Dos actividades denominadas Tesis I y Tesis II, con seis créditos cada una.

La modalidad profesional de la Maestría (Anexo A.2) consta de 63 créditos categorizados de la siguiente manera:

- Dos cursos electivos de dos créditos cada uno.
- Tres cursos de tres créditos cada uno.
- Siete cursos de cuatro créditos cada uno.
- Tres talleres de proyectos de cinco créditos cada uno.
- El informe final del proyecto de graduación con siete créditos.

En ambas modalidades los cursos se impartirán bimestralmente y se dará solo uno a la vez. Todas las normativas vigentes para los cursos y para el grado académico de Maestría se cumplen.

10. Descripción de las actividades académicas del posgrado

Los programas de los cursos y las actividades de investigación 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 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.
- En las maestrías académicas, preferiblemente, al menos la mitad de los docentes del equipo básico, deberá poseer el grado de doctorado académico o ser investigadores activos.

Los profesores de los cursos de la Maestría en Ingeniería en Dispositivos Médicos 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. Autorización de la unidad académica para impartir posgrados

La Escuela de Ciencia e Ingeniería en de los Materiales aún no ha ofrecido posgrados. De acuerdo con los *Lineamientos para la creación de nuevas carreras o la modificación de carreras ya existentes*, para impartir un posgrado, las unidades académicas responsables deben estar autorizadas para impartir posgrados. Si no lo están, como es el caso de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales, deben enviar la siguiente información de cada uno de los docentes de las unidades académicas participantes que tengan nombramiento en propiedad para proceder a su valoración:

- El grado académico.
- La jornada laboral.
- Experiencia docente en Educación Superior.
- Idiomas que domina diferentes al español,

En el Cuadro N°1 se presenta esta información junto con la puntuación que se otorga a cada uno de dichos aspectos. La puntuación total es de 91,6, la cual se considera adecuada para ofrecer un programa de maestría.

Cuadro N°1

Puntaje del personal docente de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales del Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2014

Nombre	<u>Formación</u>		<u>Dedicación</u>		<u>Experiencia</u>		<u>Idiomas</u>	
	grado	puntaje	tiempos	puntaje	años	puntaje	número	puntaje
Araya Mora Fabián	M.	90	¼ TC	60	5	70	1	2
Benavides Ramírez William	M.	90	TC	100	9	85	0	0
Brenes Brenes Ronald	Lic.	80	¾ TC	85	3	60	0	0
Chaverri Quirós Oscar Alberto	M.	90	TC	100	11	100	0	0
Chávez Villareal Claudia	M.	90	TC	100	2	60	1	2
Chiè Polito Bruno	D.	100	TC	100	27	100	2	4
Conejo Solís Mario	Lic.	80	TC	100	27	100	1	2
Esquivel Isem Ricardo	M.	90	TC	100	6	70	1	2
Fernández Chaves Roberto	Lic.	90	½ TC	70	1	60	1	2
Guillén Girón Teodolito	D.	100	TC	100	9	85	1	2
Jiménez Salas Ronald	M.	90	TC	100	27	100	1	2
León Salazar José Luis	D.	100	TC	100	7	70	1	2
Pridybailo Chekan Galina	M.	90	TC	100	31	100	1	2
Ramírez Picado José Alberto	M.	90	TC	100	27	100	1	2
Stradi Granados Benito Alberto	D.	100	TC	100	23	100	1	2
Promedios		91,3		94,3		84,0		1,7
Puntaje total		91,6						

13. Conclusiones

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

14. Recomendaciones

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

- Que se autorice al Instituto Tecnológico de Costa Rica para que imparta la *Maestría en Ingeniería en Dispositivos Médicos*.
- Que el Instituto Tecnológico 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) Aprobada por el CONARE en la sesión 19-03, artículo 2, inciso c), del 17 de junio de 2003.

3, 4 y 5) Propuesta de apertura de la Maestría en Ingeniería en Dispositivos Médicos, Universidad Nacional, 2013.

ANEXO A

**PLAN DE ESTUDIOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN DISPOSITIVOS MÉDICOS
DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

ANEXO A.1

LISTADO DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN DISPOSITIVOS MÉDICOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA (modalidad académica)

<u>CURSO</u>	<u>CRÉDITOS</u>
Empaque y esterilización	3
Diseño de experimentos para la resolución de problemas	3
Herramientas CAD CAM CAE	4
Materiales metálicos para la manufactura de Dispositivos Médicos	4
Regulación en la industria de dispositivos médicos	3
Seminario de investigación I	5
Procesamiento de polímeros en la industria de Dispositivos Médicos	4
Seminario de investigación II	5
Electivo I	2
Seminario de investigación III	5
Técnicas de caracterización de materiales de Dispositivos Médicos	4
Diseño y fabricación de prototipos	4
Análisis de fallas en materiales de Dispositivos Médicos	4
Electivo II	2
Seminario de investigación IV	5
Tesis I	6
Tesis II	6
<i>Total de créditos de la Maestría</i>	69

Nota: Todos los cursos son bimestrales y se impartirá solo un curso por bimestre.

ANEXO A.2

LISTADO DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN DISPOSITIVOS MÉDICOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA (modalidad profesional)

<u>CURSO</u>	<u>CRÉDITOS</u>
Empaque y Esterilización	3
Diseño de experimentos para la resolución de problemas	3
Herramientas CAD CAM CAE	4
Materiales Metálicos para la manufactura de Dispositivos Médicos	4
Regulación en la Industria de Dispositivos Médicos	3
Gestión de los procesos de Manufactura de Dispositivos Médicos	4
Procesamiento de polímeros en la Industria de Dispositivos Médicos (DM)	4
Taller de proyectos I	5
Electivo I	2
Taller de proyectos II	5
Técnicas de caracterización de materiales de Dispositivos Médicos	4
Diseño y fabricación de prototipos	4
Análisis de fallas en materiales de Dispositivos Médicos	4
Electivo II	2
Taller de proyectos III	5
Informe Final de Proyecto	7
<i>Total de créditos de la Maestría</i>	63

Nota: Todos los cursos son bimestrales y se impartirá solo un curso por bimestre.

Lista de cursos electivos (todos de dos créditos)

Tecnología electrónica de los Dispositivos Médicos

Tecnología de plasma aplicada a Dispositivos Médicos

Tecnología de soldadura y uniones

Gestión de los procesos de innovación y desarrollo

Formulación y evaluación de proyectos en Dispositivos Médicos

Administración de proyectos en Dispositivos Médicos

Modelación y simulación

Estudio independiente

ANEXO B

**PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN DISPOSITIVOS
MÉDICOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

ANEXO B

PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN DISPOSITIVOS MÉDICOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

Cursos comunes a las dos modalidades

Nombre del curso: Empaque y esterilización

Créditos 3

Propósito general:

Estudiar la perspectiva del empaque y esterilización, utilizados en el empaque y embalaje de dispositivos médicos y conocer las nuevas tendencias en este ámbito.

Temática:

- Introducción al concepto del empaque, su importancia e historia
- Impresión y decoración del empaque
- Empaques en vidrio
- Formado del plástico y sus diferentes materiales
- Cierres del empaque y su selección
- Uso del metalizado y hojas de papel aluminio en el empaque. Uso de empaque laminado flexible.
- Uso del cartón corrugado en el empaque
- Distribución del empaque y sus evaluaciones (vibración, golpes y compresión)
- Esterilización

Nombre del curso: Diseño de experimentos para la resolución de problemas

Créditos: 3

Propósito general:

Profundizar en los fundamentos y metodologías del diseño de experimentos con énfasis en la reducción de la variabilidad para la optimización de respuestas de factores o variables críticas de los procesos productivos.

Temática:

- Introducción al diseño de experimentos (DOE)
- Experimentos con uno y dos tratamientos
- Experimentos con un solo factor
- Adecuación del modelo - transformaciones
- Diseños de bloques completamente aleatorizados y diseños relacionados

- Adecuación del modelo
- Diseños factoriales con efectos fijos
- Diseño factorial 2^k
- Diseño factorial fraccionado 2^{k-p}
- Optimización de experimentos factoriales 2^k
- Experimentos con factores aleatorios
- Diseños jerárquicos o anidados

Nombre del curso: Herramientas CAD CAM CAE

Créditos: 4

Propósito:

Profundizar en los alcances de las herramientas CAD, CAM y CAE (*Computer Aided Design*, *Computer Aided Manufacture* y *Computer Aided Engineering*) en el desarrollo y diseño de dispositivos médicos y cómo estas herramientas ocasionan un impacto positivo en la eficiencia del proceso productivo.

Temática:

- Introducción de CAD/CAM/CAE
- Modelado de superficies
- Modelado de sólidos
- Presentación de dibujos en 2D
- Procesos de Manufactura
- Roscas, sujetadores y resortes
- Modelo de elemento finito (FEM)
- CNC

Nombre del curso: Materiales metálicos para la manufactura de Dispositivos Médicos

Créditos: 4

Propósito:

Profundizar en las características y propiedades de los metales y aleaciones del desempeño biológico de los biomateriales metálicos empleados en dispositivos médicos no implantables e implantables.

Temática:

- Introducción a los biomateriales
- Evaluación de los biomateriales in-vivo, in-vitro, ex-vivo
- Aleaciones ferrosas usadas en los dispositivos médicos
- Aceros inoxidable más usados en la industria de implantes
- Aleaciones de titanio en los dispositivos médicos. Nitinol en la industria de dispositivos médicos
- Efecto de la superficie y geometría en las propiedades de biocompatibilidad y oseointegración.

- Nuevos desarrollos en los implantes. Diseño de dispositivos
- Estudios de casos

Nombre del curso: Regulación en la industria de Dispositivos Médicos

Créditos: 3

Propósito:

Profundizar en los fundamentos y metodologías del sistema de regulación de la industria de los dispositivos médicos.

Temática:

- Introducción al Sistema de Regulación de Dispositivos Médicos.
- Estudio de Acciones Regulatorias Clave
- Componentes de las Regulación de Dispositivos Médicos
- El Proceso de Aceptación 510(k)
- Vigilancia, Cumplimiento y Revisión
- Factores externos que afectan el sistema regulatorio

Nombre del curso: Procesamiento de polímeros en la industria de Dispositivos Médicos

Créditos: 4

Propósito:

Profundizar en las características y propiedades de los materiales poliméricos y nuevos biopolímeros usados en los dispositivos médicos.

Temática:

- Nociones generales, propiedades y clasificación de los polímeros
- Principales técnicas de caracterización de los polímeros
- Proceso de extrusión utilizado en la industria de los dispositivos médicos
- Elementos de las máquinas de extrusión
- Condiciones de diseño de las boquillas, hileras o dados.
- Proceso de inyección utilizado en la industria de los dispositivos médicos
- Ciclo de inyección
- Partes de la máquina de inyección
- Generalidades en el diseño de moldes de inyección
- Proceso de termoformado utilizado en la industria de los dispositivos médicos
- Aspectos a considerar en el diseño de dispositivos médicos fabricados por termoformado.
- Avances en diseño y nuevos biopolímeros usados en los dispositivos médicos.

Nombre del curso: Técnicas de caracterización de materiales de Dispositivos Médicos

Créditos: 4

Propósito:

Profundizar en los fundamentos y metodologías de los principales instrumentos de caracterización de materiales.

Temática:

- Técnica de microscopía electrónica
- Marco teórico de la técnica
- Principios de operación del instrumento
- Preparación de la muestra
- Técnica de difracción de rayos X
- Marco teórico de la técnica
- Sesión de laboratorio de microscopía electrónica
- Técnica de TGA y DSC
- Laboratorio difracción de Rayos X
- Laboratorio TGA y DSC
- Laboratorio AFM y TEM

Nombre del curso: Diseño y fabricación de prototipos

Créditos: 4

Propósito:

Profundizar en los fundamentos y metodologías de la ingeniería en reversa y la fabricación de rápidos prototipos en la fabricación y diseño de nuevos productos de la industria médica.

Temática:

- Introducción de rápidos prototipos (RP)
- ¿Qué es “rápidos prototipos”?
- RP vrs máquinas CNC
- Sistemas RP de base líquida
- Sistemas RP de base sólida
- Sistemas RP de base polvo
- Materiales para RP
- Ingeniería inversa (RE)
- Equipos de medición
- Modelo de construcción CAD por nube de puntos
- Herramientas rápidas
- Aplicaciones médicas de RP
- Réplicas de huesos
- Implantes y prótesis a su medida

- Diseño y producción de dispositivos médicos
- Tipos de imágenes médicas
- Programas para hacer modelos médicos
- Materiales médicos
- Otras aplicaciones
- Investigación y desarrollo

Nombre del curso: Análisis de fallas en materiales de Dispositivos Médicos

Créditos: 4

Propósito:

Profundizar en los fundamentos de las principales técnicas, metodologías e instrumentos empleados en el análisis de fallas de dispositivos médicos.

Temática:

- Fundamento de las propiedades y variables en los materiales que afectan el procesamiento y comportamiento del producto
- Consideraciones sobre resistencia de los materiales
- Consideraciones de mecanismos de fractura
- Fallas relacionadas con el diseño y selección de materiales
- Factores causantes de fallas relacionados con el procesamiento
- Análisis de fallas relacionados con las condiciones de servicio
- Análisis de fallas relacionados con procedimientos de ensayos
- Control de calidad- análisis de fallas preventivo
- Consideraciones en el análisis de fallas de polímeros y composites.
- Consideraciones en el análisis de fallas de tubos, ajustes y uniones
- Fallas en adhesión de dispositivos poliméricos
- Consideraciones en el análisis de fallas en piezas esterilizadas
- Consideraciones en el análisis de fallas de materiales metálicos
- Análisis de fallas de implantes ortopédicos
- Análisis de fallas de uniones implante-hueso
- El efecto de la corrosión en los implantes

Curso exclusivo de la modalidad profesional

Nombre del curso: Gestión de los procesos de manufactura de Dispositivos Médicos

Créditos: 4

Propósito:

Profundizar en los fundamentos y metodologías del proceso de validación de las prácticas de manufactura de acuerdo a las regulaciones.

Temática:

- Introducción a los sistemas de calidad y a las buenas prácticas de manufactura
- Calidad de los dispositivos médicos
- Aseguramiento de la calidad del proceso de manufactura
- Elementos del sistema de calidad y de buenas prácticas de manufactura
- Control de documentos
- Estudio de casos
- Controles de compras
- Requerimientos generales
- Evaluación de suplidores, contratistas y consultores
- Datos de compras
- Identificación y seguimiento
- Producción y control de procesos
- Actividades de aceptación
- Registros
- Inspecciones del sistema de calidad

Cursos electivos

Nombre del curso: Tecnología electrónica de los Dispositivos Médicos

Créditos: 2

Propósito:

Profundizar en la electrónica aplicada en los principales dispositivos médicos tomando en cuenta el desarrollo histórico, fisiología del área a tratar, y detección de señales eléctricas producidas por el cuerpo.

Temática:

- Introducción al diagnóstico y la terapia
- Estimuladores eléctricos en medicina
- Electrocardiogramas
- Defibriladores
- Válvulas cardiacas

- Laboratorio diseño experimental de un electrocardiógrafo: catéteres, stents, injertos
- Electro-encefalograma
- Estimuladores cerebrales profundos
- Implantes cocleares
- Estimuladores eléctricos funcionales

Nombre del curso: Tecnología de plasma aplicada a Dispositivos Médicos

Créditos: 2

Propósito:

Profundizar en los fundamentos y tecnologías en la aplicación del plasma para la modificación de propiedades de las superficies de los materiales utilizados en la fabricación de dispositivos médicos.

Temática:

- Introducción a principales técnicas de plasma
- Plasmas de presión atmosférica. Parámetros de operación de sistemas de plasma
- Mecanismos de interacción de los plasmas
- Modificación de superficies. Esterilización. Laboratorio de modificación de superficies
- Instrumentos de plasma en la medicina
- Aplicación del plasma en la medicina

Nombre del curso: Tecnología de soldadura y uniones

Créditos: 2

Propósito:

Profundizar en los fundamentos y tecnologías de la soldadura y uniones para la unión de piezas poliméricas y metálicas.

Temática:

- Láser en el procesamiento de materiales.
- Operación de sistemas láser
- Sistemas láser para el procesamiento de metales
- Propiedades de materiales para procesamiento láser
- Diagramas de procesamiento de láser
- Modificación de superficies
- Introducción a la soldadura de polímeros
- Técnicas de soldadura térmica por movimiento mecánico
- Técnicas que emplean fuente de calor externa
- Soldadura por electromagnetismo
- Soldadura por molduras
- Marco teórico de la soldadura de polímeros

- Investigaciones recientes en soldadura de termoplásticos
- Mediciones de difusión en polímeros
- Caracterización de soldaduras térmicas en polímeros
- Estudio del estado del arte: avances en la unión de polímeros para la manufactura de dispositivos médicos, avances en micro ensamblajes para sistemas médicos

Nombre del curso: Gestión de los procesos de innovación y desarrollo

Créditos: 2

Propósito:

Profundizar en la gestión de la innovación como proceso para el desarrollo de productos en la industria de dispositivos médicos.

Temática:

- Bases sobre conocimiento, innovación y desarrollo
- Ciclo de la innovación
- La aplicación de innovaciones de otros sectores a la asistencia sanitaria
- Elementos del sistema de innovación
- Sistemas nacional, regional y sectorial de innovación
- La gestión de la innovación como proceso
- La innovación como proceso estratégico
- Fuentes y mecanismos de financiamiento para la innovación
- Las barreras a la innovación
- Los derechos de propiedad intelectual y su aporte a la innovación
- Evaluación: Validación y verificación
- Análisis de casos para comprender cómo las empresas pueden lograr innovar
- Investigación, transferencia de tecnología e innovación para el desarrollo
- Regulaciones relacionadas a la innovación de dispositivos médicos
- Ciclo de vida de los productos
- Metodología sistemática para el desarrollo de productos
- El proceso de desarrollo de dispositivos médicos
- Implementación de procedimientos de diseño
- Casos de estudio
- Recopilación de datos de productos
- Implementación de procesos de calidad
- Reducción de riesgo del diseño y validación
- Las tecnologías de información y comunicación (TIC) en la generación de conocimiento y la innovación

Nombre del curso: Formulación y evaluación de proyectos en Dispositivos Médicos

Créditos: 2

Propósito:

Profundizar en los principios y las técnicas para la formulación y evaluación de proyectos de inversión en dispositivos médicos.

Temática:

- Formulación de proyectos en Dispositivos Médicos
- La empresa y los proyectos de inversión
- Evaluación financiera de proyectos de inversión

Nombre del curso: Administración de proyectos en Dispositivos Médicos

Créditos: 2

Propósito:

Profundizar en conocimientos generales sobre el área de administración de proyectos, independientemente del área de aplicación o tipo de proyecto específico.

Temática:

- Introducción en la administración de proyectos
- Iniciación de proyecto
- Gestión del alcance del proyecto
- Gestión del tiempo del proyecto
- Gestión de los costos del proyecto
- Gestión de la integración del proyecto
- Gestión de la calidad del proyecto
- Gestión de los recursos humanos del proyecto
- Gestión de las comunicaciones del proyecto
- Gestión de los riesgos del proyecto
- Gestión de las adquisiciones del proyecto

Nombre del curso: Modelación y simulación

Créditos: 2

Propósito:

Profundizar en métodos matemáticos y computacionales en la modelación y simulación de fenómenos propios de la ingeniería de dispositivos médicos.

Temática:

- Introducción a la modelación y simulación.
- Modelos descriptos por EDP
- Métodos de volúmenes finitos
- Métodos de volúmenes finitos
- Método de elementos finitos

Nombre del curso: Estudio independiente

Créditos: 2

Propósito:

Investigar sobre productos de la industria médica, afines al trabajo final de graduación, con el fin de generar un mayor conocimiento y reforzar la investigación.

Temáticas:

Depende de la investigación de la tesis.

Actividades de investigación en la modalidad académica:

Los seminarios de investigación son cursos que forman parte de la Maestría Académica de Ingeniería en Dispositivos Médicos y que están enfocados a la formulación y desarrollo de proyectos de investigación en el campo de los dispositivos médicos para la generación de conocimiento en investigación, desarrollo e innovación. Son cuatro seminarios de investigación impartidos en forma consecutiva los cuales desembocan con la tesis de Ingeniería en Dispositivos Médicos, presentada ante un Comité Evaluador.

Nombre del curso: Seminario de Investigación I

Créditos: 5

Propósito:

Analizar los conceptos y componentes de una tesis y proponer dentro de la ingeniería en materiales una investigación, para generar conocimiento en investigación, desarrollo e innovación o mejorar los procesos y las actividades ejecutadas en la industria de los dispositivos médicos.

Temática:

- Tipos de investigación
- Componentes de investigación
- Estudio de casos
- Revisión de literatura
- Propuesta de Investigación

Nombre del curso: Seminario de Investigación II

Créditos: 5

Propósito:

Analizar y aplicar los conceptos estadísticos usados en la ingeniería en materiales para la investigación, para generar conocimiento en investigación, desarrollo e innovación o mejorar los procesos y las actividades ejecutadas en la industria de los dispositivos médicos.

Temática:

Análisis estadísticos que se usarán en la investigación de tesis.

Nombre del curso: Seminario de Investigación III y IV

Créditos: 5 cada uno

Propósito:

Profundizar sobre la de investigación para generar conocimiento en investigación, desarrollo e innovación y mejorar procesos y actividades ejecutadas en la industria de dispositivos médicos.

Temática:

Continuación de la investigación y redacción de la tesis.

Nombre del curso: Tesis I y II

Créditos: 6 cada una

Propósito:

Concluir el proyecto de investigación planteado y ejecutado en los seminarios de investigación y presentarlo ante un comité evaluador encargado de aprobar el cumplimiento de los objetivos planteados.

Temática:

Finalización de la redacción de la tesis y su presentación ante un comité evaluador.

Actividades de investigación en la modalidad profesional:

Los talleres de proyecto son actividades académicas de la Maestría Profesional de Ingeniería en Dispositivos Médicos, enfocados en la formulación y desarrollo de proyectos profesionales aplicados en las áreas de Procesamiento de Materiales, Gestión de la Ingeniería, Propiedades y Caracterización de Materiales y Herramientas de Ingeniería para solucionar un problema en específico. Son tres talleres de proyecto impartidos en el tercer, cuarto y quinto bloque, los cuales finalizan con el informe final del proyecto, presentado ante un Comité Evaluador. Los cursos brindados del octavo bloque en adelante, estarán enfocados en colaborar con el estudiante en el desarrollo de su investigación aplicada mediante el estudio de herramientas y metodologías que permitan mejorarla y alimentarla.

Nombre del curso: Taller de Proyecto I

Créditos: 5

Propósito:

Analizar los conceptos y componentes de una investigación y proponer un proyecto de investigación aplicado a la ingeniería en materiales, para solucionar un problema o mejorar los procesos y las actividades ejecutadas en la industria de los dispositivos médicos.

Temática:

- Tipos de investigación
- Componentes de la investigación

Nombre del curso: Taller de Proyecto II y III

Créditos: 5 cada uno

Propósito:

Desarrollar el proyecto de investigación aplicado a la ingeniería en materiales, para solucionar un problema o mejorar los procesos y las actividades ejecutadas en la industria de los dispositivos médicos.

Temática:

Desarrollo de la investigación aplicada que considera las líneas de investigación propuestas en la maestría.

Nombre del curso: Informe final de proyecto

Créditos: 7

Propósito:

Concluir el proyecto de investigación planteado y ejecutado en los talleres de ingeniería en materiales de dispositivos médicos y presentarlo ante un Comité Evaluador encargado de aprobar el cumplimiento de los objetivos planteados

Temática:

Conclusión del proyecto de investigación aplicada que considera las líneas de investigación propuestas en la maestría.

ANEXO C

**PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN DISPOSITIVOS
MÉDICOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

ANEXO C

PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN DISPOSITIVOS MÉDICOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

CURSO

Empaque y esterilización

Diseño de experimentos para la resolución de problemas

Herramientas CAD CAM CAE

Materiales Metálicos para la manufactura de Dispositivos Médicos

Regulación en la Industria de Dispositivos Médicos

Procesamiento de polímeros en la industria de Dispositivos Médicos

Técnicas de caracterización de materiales de Dispositivos Médicos

Diseño y fabricación de prototipos

Análisis de fallas en materiales de dispositivos médicos

Gestión de los procesos de manufactura de Dispositivos Médicos

PROFESOR

Víctor Ramírez Vargas

Federico Picado Alva-
rado

José Luis León Salazar

Teodolito Guillén Girón

Ricardo Esquivel Isern

Teodolito Guillén Girón

Ricardo Esquivel Isern

José Luis León Salazar

Teodolito Guillén Girón

Federico Picado Alva-
rado

Cursos electivos

Tecnología electrónica de los Dispositivos Médicos

Tecnología de plasma aplicada a Dispositivos Médicos

Tecnología de soldadura y uniones

Gestión de los procesos de innovación y desarrollo

Formulación y evaluación de proyectos en Dispositivos Médicos

Administración de proyectos en Dispositivos Médicos

Modelación y simulación

Estudio independiente

Johan Carvajal Godínez

Iván Vargas Blanco

Ricardo Esquivel Isern

Federico Picado Alva-
rado

Federico Picado Alva-
rado

Bruno Chinè Polito

Bruno Chinè Polito

Según el tema

Actividades de investigación en las dos modalidades de maestría

Seminario de investigación I, II, III, IV y Tesis I y II

Taller de proyectos I, II y III e Informe final del proyecto

Todos los anteriores

Todos los anteriores

ANEXO D

**PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN DISPOSITIVOS
MÉDICOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
Y SUS GRADOS ACADÉMICOS**

ANEXO D

PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN DISPOSITIVOS MÉDICOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA Y SUS GRADOS ACADÉMICOS

JOHAN CARVAJAL GODÍNEZ

Bachillerato en Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Maestría en Sistemas Modernos de Manufactura, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

BRUNO CHINÈ POLITO

Doctorado en Ingeniería Metalúrgica, Universidad de Trieste, Italia.

RICARDO ESQUIVEL ISERN

Maestría en Ingeniería de Materiales, Instituto de Nuevo México de Minería y Tecnología, Estados Unidos de América.

TEODOLITO GUILLÉN GIRÓN

Doctorado en Ingeniería Mecánica, Universidad de Siegen, Alemania.

JOSÉ LUIS LEÓN SALAZAR

Doctorado en Ingeniería Mecánica, Universidad Kun Shan, Taiwán, China.

FEDERICO PICADO ALVARADO

Doctorado en Ingeniería Industrial, Universidad Purdue, Indiana, Estados Unidos de América.

VÍCTOR RAMÍREZ VARGAS

Maestría en Ingeniería Mecánica, Universidad Kun Shan, Taiwán, China.

IVÁN VARGAS BLANCO

Doctorado en Física del Plasma y de la Fusión Nuclear, Universidad Complutense de Madrid, España.