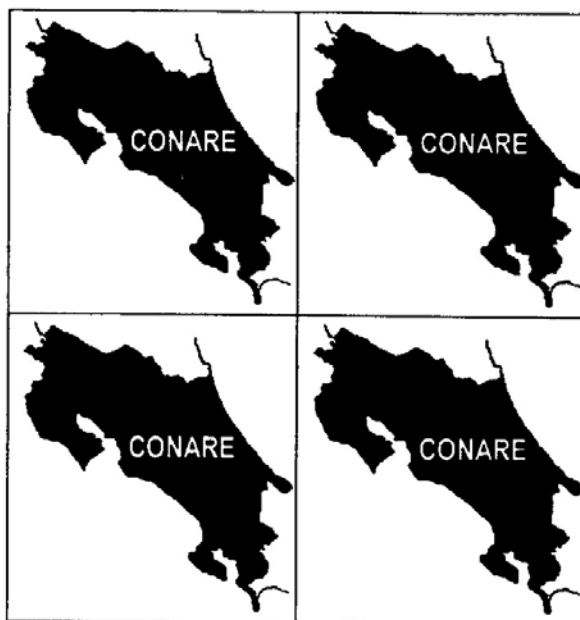


**CONSEJO NACIONAL DE RECTORES
OFICINA DE PLANIFICACION
DE LA EDUCACION SUPERIOR**



*Dictamen sobre la propuesta de creación de
la Maestría en Física Médica de la
Universidad de Costa Rica*

Consejo Nacional de Rectores. Oficina de Planificación de la Educación Superior
OPES 18/2009 Dictamen sobre la propuesta de creación de la Maestría en Física Médica de la
Universidad de Costa Rica / Oficina Académica. – San José C.R : La Oficina 2009.
46 h. ; 28 cm.

1. FISICA MÉDICA. 2. POGRAMA DE LOS CURSOS. 3. PLAN DE ESTUDIOS.
4. DEMANDA SOCIAL. 5. GRADO ACADEMICO. 6. PERFIL PROFESIONAL.
7. UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. I. Título.



Presentación

El estudio que se presenta en este documento, (OPES-18/2009) se refiere al dictamen sobre la propuesta de creación de la *Maestría en Física Médica* de la Universidad de Costa Rica.

El dictamen fue realizado por el M. Sc. Alexander Cox Alvarado, Investigador IV de la División Académica de la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES). La revisión del documento estuvo a cargo del M. Ed. Fabio Hernández Díaz, Jefe de la División citada.

El presente dictamen fue aprobado por el Consejo Nacional de Rectores en la sesión 27-2009, artículo 6, celebrada el 1 de setiembre de 2009.

José Andrés Masís Bermúdez
Director OPES

**DICTAMEN SOBRE LA PROPUESTA DE CREACIÓN DE LA
MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA DE LA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

Índice

	Página
1. Introducción	1
2. Demanda social	2
3. Desarrollo académico y de la investigación en el campo de la maestría propuesta	4
4. Las características académicas del futuro posgrado	6
5. Los académicos que laborarán en el posgrado	10
6. Autorización de la unidad académica para impartir posgrados	11
7. Los recursos físicos y administrativos con que contará el posgrado para su funcionamiento	11
8. Conclusiones	12
9. Recomendaciones	13
Anexo A: Plan de estudios	14
Anexo B: Programas de los cursos	16
Anexo C: Encargados de la Cátedra de los cursos	39
Anexo D: Encargados de la Cátedra y sus grados académicos	41

1. Introducción

La solicitud para impartir la *Maestría en Física Médica* en la Universidad de Costa Rica (UCR) fue solicitada al Consejo Nacional de Rectores por la señora Rectora de la UCR, Dra. Yamileth González García, en nota R-2911-2009, con el objeto de iniciar los procedimientos establecidos en el *Flujoograma para la creación de nuevas carreras o la modificación de carreras ya existentes*¹. El CONARE, en la sesión 14-2009, artículo 9), inciso a), del 19 de mayo de 2009, acordó que la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES) realizara el estudio correspondiente.

La unidad académica base de la Maestría será la Escuela de Física. La *Maestría en Física Médica* será de la modalidad académica.

Cuando se proponen posgrados nuevos se utiliza lo establecido en el documento *Metodología de acreditación de programas de posgrado: Especialidad Profesional, Maestría y Doctorado*². En esta metodología se toman en cuenta siete grandes temas, que serán la base del estudio que realice la OPES para autorizar los programas de posgrado que se propongan. Estos son los siguientes:

- La demanda social para el posgrado que se propone.
- El desarrollo académico del área de estudios en que se enmarca el posgrado.
- El desarrollo de la investigación en el campo de estudios del posgrado.
- Las características académicas del futuro posgrado.
- Los académicos y las académicas que laborarán en el posgrado.
- Los recursos personales, físicos y administrativos con que contará el posgrado para su funcionamiento.
- El financiamiento del posgrado.

A continuación se analizarán cada uno de estos aspectos.

2. Demanda social

Sobre la demanda social, la Universidad de Costa Rica envió el siguiente resumen:

“La Física Médica, es una ciencia interdisciplinaria que, a partir de conocimientos, métodos y técnicas de la Física, ayuda a resolver problemas actuales de la medicina, fundamentalmente en las siguientes tres grandes áreas: imagenología diagnóstica (radiología y medicina nuclear), radioterapia y protección radiológica. En la actualidad, la Física Médica suministra los fundamentos físicos de múltiples técnicas terapéuticas, proporciona la base científica para la comprensión y desarrollo de las modernas tecnologías del diagnóstico médico y establece los criterios para la correcta utilización de las radiaciones ionizantes empleadas en Medicina.

En forma creciente, los físicos son empleados en hospitales y clínicas como físicos médicos. Estos físicos hacen contribuciones importantes al mejoramiento de los equipos y técnicas radiográficas, dosimetría y seguridad radiológica. Con la introducción de las unidades de teleterapia (Co^{60}) en 1951, aceleradores lineales de electrones para uso terapéutico en 1952, nuevas técnicas nucleares, computadores para la planificación de tratamientos en 1960 y posteriormente del tratamiento digital de imágenes, el número de físicos médicos clínicos creció aún más rápidamente durante las décadas de los años cincuenta, sesenta y setenta. En ese período resalta la invención en 1972 del tomógrafo computarizado (TC) y la contribución de Damadian (médico y físico), Mansfield y Lauterbur en el desarrollo de resonancia magnética por imágenes en 1973. En 1979, el físico Allan Cormack de Estados Unidos y el ingeniero Godfrey Hounsfield del Reino Unido reciben el premio Nobel en Medicina por la invención de la tomografía computarizada (TC).

Durante todas esas décadas de rápido crecimiento en términos de puestos de trabajo, el área de desempeño del físico médico también creció y hoy en día cubre prácticamente el campo completo de radiología y de radiaciones no ionizantes (ultrasonido, ultravioleta, radiofrecuencia y radiación láser). También cubre áreas en ciencia de la computación y electrónica que se han introducido recientemente en la práctica médica en colaboración con matemáticos, ingenieros electrónicos e informáticos. A modo de ejemplo se puede mencionar que la American Association of Physicists in Medicine (AAPM) cuenta con más de cinco mil miembros y que otras asociaciones como la Española tienen más de trescientos miembros.

La necesidad de físicos médicos en Latinoamérica es latente y ampliamente reconocida por organismos internacionales tales como la Organización Panamericana de la Salud (PAHO) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). La mayoría de los Físicos Médicos en los países latinoamericanos trabajan en los servicios de Radioterapia, pocos lo hacen en Medicina Nuclear y Radiodiagnóstico y escasamente encontraremos profesionales en las otras áreas. Nuestro país no

escapa a esta realidad, actualmente encontraremos la gran mayoría de los físicos médicos laborando en los servicios de radioterapia (públicos y privados) y en menor cantidad en medicina nuclear, rayos x y servicios de protección radiológica.

A nivel latinoamericano, se han realizado grandes esfuerzos para formar personal profesional, tal como, médicos radioterapeutas, médicos radiólogos, tecnólogos en imagenología diagnóstica y terapéutica y en menor grado se ha logrado formar a los Físicos Médicos. La poca producción de Físicos Médicos, se puede asociar a muchos factores, entre ellos, la dificultad de encontrar físicos interesados en el área, la falta de interés de las instituciones de salud de contratar profesionales en esta área creando una demanda de profesionales, y la escasez de contar en los países con personal ya formado que puede formar a profesionales jóvenes.

Después del accidente ocurrido en el Hospital San Juan de Dios con la Unidad de Cobalto, el país se vio ante la urgente necesidad de contar con personal especializado en la física médica para garantizar los tratamientos que reciben los pacientes. Como primera acción se procedió a contratar personal extranjero que resolviera esta necesidad. Posteriormente las autoridades de salud se acercan a la Universidad de Costa Rica para que se inicien las gestiones de la creación de una maestría en física médica. En ese momento, se decidió que lo más prudente era enviar al exterior a los bachilleres de la Escuela de Física para que sacaran sus maestrías en el exterior y posteriormente regresaran para formar la masa crítica de la Escuela de Física que arrancara este proyecto. Los profesionales recibieron becas tanto de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) como del Instituto Costarricense contra el Cáncer (ICCC).

Debido a lo anteriormente expuesto, algunos de los Físicos Médicos formados por la CCSS y los profesionales del Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares (CICANUM) de la Escuela de Física, promueven la creación de una Maestría en Física Médica en la Universidad de Costa Rica, la cual responde a la impostergable necesidad de formar físicos médicos en el país, tanto para satisfacer la demanda relacionada con los aspectos clínicos en los servicios del sector salud (gubernamental o privado), así como, para reforzar y crear grupos de investigación en esa temática. Además, se podrá proporcionar a los demás países del área centroamericana con un programa académico que brinde respuesta a la formación de físicos médicos en la región.”³

“Se pretende inicialmente un cupo máximo de seis estudiantes debido al hecho de que la cantidad de profesionales en física médica laborando en la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) y en la UCR, en capacidad de supervisar las prácticas hospitalarias, al comienzo de la maestría, es reducida, al igual que el número de servicios de radioterapia y medicina nuclear. Después de este lapso de tiempo y analizando la demanda nacional de este tipo de profesionales se podría incrementar la cantidad de estudiantes por generación.”⁴

3. Desarrollo académico y de la investigación en el campo de la maestría propuesta

La Universidad de Costa Rica envió el siguiente resumen sobre el desarrollo académico y de la investigación en el campo de Física en general y de la Física Médica en particular:

“La idea del profesional en Física surge con la creación de la Facultad de Ciencias y Letras en 1957. Ella trajo consigo la apertura del Departamento de Física y Matemática, en donde se ofreció la carrera de Licenciatura en Física y Matemática; sin embargo, los cursos del plan de estudio estaban orientados más al área matemática que a la física. No obstante, gracias a la visión de sus primeros directores, seis años después, se otorgaban títulos independientes de Bachillerato y Licenciatura en Física o bien en Matemática. Aprovechando la política de becas de la Universidad, muchos profesores tuvieron la oportunidad de estudiar en el exterior, y poco a poco se integró un personal docente acorde con las necesidades propias de la carrera.

A partir de 1972, ya como Departamento de Física, se continúan ofreciendo las carreras de Bachillerato y Licenciatura en Física. Paralelamente, y desde 1968, se ofrecen las carreras de Bachillerato y Licenciatura en Meteorología en un programa que inicialmente fue una cooperación entre la Organización Meteorológica Mundial y nuestra Universidad. Por otra parte, se le proporciona colaboración a la Facultad de Educación para formar los profesores para la enseñanza de la Física.

Las reformas del III Congreso Universitario, en 1973, transformaron el Departamento en Escuela de Física de la Facultad de Ciencias. Luego, en 1976, se crea la Maestría en Física, adscrita al Sistema de Estudios de Postgrado de la Universidad de Costa Rica. Estos altos estudios responden al gran desarrollo que la Escuela ha alcanzado en sus campos de docencia e investigación, como son: Física de campos y partículas, física nuclear, física del estado sólido, física atmosférica, física atómica y molecular, geofísica y óptica y espectroscopia, todas en sus ramas teóricas y experimentales.

Se debe señalar que la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica es un Centro Regional de Formación Meteorológica de la Organización Meteorológica Mundial (organismo especializado de las Naciones Unidas). De los programas de Meteorología se han graduado personas de los siguientes países: Brasil, Colombia, Costa Rica, el Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y República Dominicana. También se han ofrecido cursos a nivel técnico para estudiantes de países de Latinoamérica. Además de la Organización Meteorológica Mundial, se ha recibido ayuda de la Agencia Filandesa para el Desarrollo Internacional (FINNIDA) y de "Carl Duisberg Gesellschaft e. V. de Alemania.”⁵

“Luego de algunos años, la Escuela de Física ha venido notando que la cantidad de estudiantes en los cursos avanzados de su programa de Bachillerato se ha incrementado de gran manera, llegando a tener más de treinta estudiantes en estos cursos, lo cual implica que la cantidad de graduados por año debe ser alrededor de quince estudiantes. De esta manera la maestría en Física Médica pretende iniciar con un máximo de seis estudiantes, durante las tres primeras graduaciones. Se pretende inicialmente un número menor de 10 estudiantes debido al hecho de que la cantidad de profesionales en física médica laborando en la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) y en la UCR en capacidad de supervisar las prácticas hospitalarias al comienzo de la maestría es reducida, al igual que el número de servicios de radioterapia y medicina nuclear. Después de este lapso de tiempo y analizando la demanda nacional de este tipo de profesionales se podría incrementar la cantidad de estudiantes por generación.

Debido al auge de la Física Médica en el mundo, especialmente en países altamente desarrollados, se ha logrado crear una gran cantidad de revistas científicas y de difusión, donde investigadores publican sus diferentes estudios. A continuación se detalla una pequeña cantidad de estas revistas, muchas de las cuales están disponibles en línea en el Sistema de Bibliotecas, Documentación e Información (SIBDI) de la Universidad de Costa Rica:

- Journal of Nuclear Medicine.
- Journal of Nuclear Medicine Technologist.
- Journal of Nuclear Cardiology.
- Medical Physics.
- Nuclear Medicine Communications.
- European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging.

También existen organizaciones las cuales cuentan con información disponible, en muchos casos, al público, libre de costo, como por ejemplo:

- The International Atomic Energy Agency. (www.iaea.org)
- The Society for Radiological Protection. (www.srp-uk.org)
- Australasian Radiation Protection Society. (www.arps.org.au)
- International Radiation Protection Association. (www.irpa.net)
- International Commission on Radiological Protection. (www.icrp.org)
- American Association of Physicist in Medicine (www.aamp.org)

A nivel nacional, las investigaciones en el área de la Física Médica han estado lideradas por el Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares de la UCR desde los años 90. Actualmente, se cuenta con más de 25 publicaciones científicas tanto a nivel nacional como internacional en temas particulares como monitoreos de las radiaciones naturales, gestión de los desechos radiactivos, protección radiológica del paciente, control de calidad en mamografía, mejo-

ramiento de las radiografías de tórax, niveles orientativos de dosis (para radiodiagnóstico y mamografía), optimización de protección en tomografía computarizada, protección al paciente pediátrico, etc. Una cantidad importante de esta investigación se ha realizado bajo el auspicio del Organismo Internacional de Energía Atómica a través de proyectos de cooperación técnica entre los países latinoamericanos.”⁶

4. Las características académicas del futuro posgrado

4.1 Objetivo general de la Maestría

- Formar profesionales e investigadores en el campo de la Física Médica, con el propósito de responder a la demanda existente en el país, tanto en el sector salud como en el académico.

Objetivos específicos

- Solventar la necesidad nacional de contar en el corto plazo con profesionales en el campo de la física médica que sean capaces de desempeñarse en el ámbito hospitalario.
- Velar por la protección radiológica del paciente que recibe tratamientos con radiaciones ionizantes o un diagnóstico médico.
- Fomentar el trabajo multidisciplinario entre médicos, tecnólogos, ingenieros y otros profesionales del área de salud que utilizan las aplicaciones de las radiaciones ionizantes en la medicina.
- Generar más investigación científica en el área de la física médica en el país.
- Proveer a las instituciones de salud centroamericanas (gubernamentales y privadas) con profesionales en el área de la física médica.
- Posicionar al físico médico dentro del esquema laboral del país.
- Garantizar un mejor diagnóstico y tratamiento mediante la incorporación del conocimiento del físico médico en los esquemas de abordaje al paciente.
- Colaborar en el desarrollo de la práctica de la física médica en el país.
- Contribuir al mejoramiento de los programas de formación de físicos que trabajan actualmente en los hospitales.

4.2 Perfil profesional

Conocimientos:

El graduado adquirirá conocimientos en al menos las siguientes áreas:

- Interacción de las radiaciones ionizantes y no ionizantes con la materia.
- Detección de las radiaciones ionizantes.
- Dosimetría.
- Programas de aseguramiento de la calidad.
- Generación de imágenes de uso diagnóstico y terapéutico.
- Anatomía y fisiología humanas para físicos médicos.
- Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.
- Legislación nacional e internacional en materia de protección radiológica.
- Principios de protección radiológica.
- Uso terapéutico de las radiaciones ionizantes.
- Protocolos clínicos usados para el diagnóstico y tratamiento terapéutico.
- Ejecución de programas de calidad y aseguramiento de la calidad en el área médica

Habilidades y destrezas:

El graduado será capaz de:

- Realizar las especificaciones técnicas para la compra de equipos médicos en su área de trabajo.
- Realizar las pruebas de aceptación de los equipos médicos.
- Implementar y supervisar controles de calidad a los equipos en los servicios hospitalarios donde estos no hayan sido implementados.
- Utilizar software para manejo de imágenes en medicina nuclear, rayos x y otras áreas del diagnóstico.
- Estimar blindajes para instalaciones hospitalarias u otras.
- Estimar dosis en pacientes tratados en radioterapia y medicina nuclear.

- Estimar dosis para personal ocupacionalmente expuesto (POE) y/o público en general para poder estimar riesgos biológicos.
- Desempeñar funciones como físico médico dentro de un servicio hospitalario, trabajando en cualquier área de la física médica.
- Mejorar protocolos o procedimientos clínicos, mediante la aplicación de conceptos físicos en ellos.
- Participar en procesos de optimización de dosis a los pacientes.
- Capacitar a miembros del Personal Ocupacionalmente Expuesto de su institución.
- Impartir cursos de protección radiológica en general.
- Colaborar en la formación docente de profesionales afines.
- Participar y promover la investigación científica en la física médica

Actitudes y valores:

El graduado desarrollará las siguientes actitudes y valores:

- Servicio a los pacientes, sin distinción de raza, sexo, edad, religión o posición económica, etc.
- Disposición de explicar y aclarar los beneficios y riesgos del uso de las radiaciones ionizantes al público, pacientes y personal hospitalario.
- Eficiencia y eficacia en los trabajos que se realizan.
- Guardar secreto profesional.
- Asumir sus responsabilidades y ser consiente de ello.
- Comprender los problemas de las personas, en particular de los pacientes, y ser sensible a las condiciones de salud de los mismos.
- Asumir una actitud crítica y analítica.
- Ser capaz de expresar ideas, sentimientos y relacionarse con los miembros de su entorno profesional.
- Actualización profesional constantemente.

- Mostrar actitud colaboradora y comprometerse con sus funciones y responsabilidades.
- Poseer iniciativa, ser creativo aplicando el método científico.
- Capaz de enfrentar nuevas situaciones en su campo profesional.

4.3 Requisitos de ingreso y de permanencia

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

- Poseer como mínimo el grado de Bachillerato en Física.
- Dominio del inglés para la comprensión escrita.
- Disponer de al menos medio tiempo para los estudios.
- Se podrá admitir profesionales en Ingeniería, y quedan a criterio de la Comisión del Posgrado en Física los cursos de nivelación que deba realizar el postulante para ingresar a la Maestría.

Se deberán cumplir con los demás requisitos administrativos que señale el Sistema de estudios de Posgrado (SEP) de la UCR: La permanencia en la Maestría está determinada por lo que establece al respecto el Reglamento del SEP.

4.4 Plan de estudios, programas, duración, requisitos de graduación y diploma a otorgar

El plan de estudios de la maestría, presentado en el Anexo A, consta de setenta y dos créditos y tiene una duración de cinco semestres. La maestría, de modalidad académica, tiene las siguientes actividades en su plan de estudios:

- Diez cursos de tres créditos.
- Un curso de de cuatro créditos.
- Dos prácticas hospitalarias de tres créditos cada una.
- La tesis con 32 créditos, dividida en dos seminarios de investigación de un crédito cada uno, dos investigaciones dirigidas de cuatro créditos cada una,

dos investigaciones de tesis de ocho créditos cada una y la defensa de la tesis con seis créditos.

Los programas de los cursos se muestran en el Anexo B.

Se establece como requisito de graduación la aprobación de todas las actividades del plan de estudios.

Se otorgará el diploma de *Maestría en Física Médica*.

4.5 Vinculación de las actividades de docencia, investigación y extensión o acción social

“Los estudiantes de la maestría estarán estrechamente ligados a las actividades de investigación que se desarrollan en el CICANUM o en cada centro hospitalario, ya que los docentes de los cursos tienen proyectos de investigación, extensión o acción social en la Universidad de Costa Rica o en cada centro hospitalario, además de los proyectos de Cooperación Técnica Nacionales o bien proyectos regionales con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Al mismo tiempo durante el segundo año los estudiantes estarán realizando diferentes cursos que culminarán con la generación de una tesis de maestría, la misma se comienza a establecer prácticamente durante los cursos del primer año ya que los estudiantes pueden ir visualizando cuál es el área de la Física Médica que más le llama la atención. Este llamado será reforzado durante el segundo año en las prácticas hospitalarias, ya que los estudiantes podrán ver el trabajo cotidiano de un físico médico y todas sus posibles aplicaciones, además de su relación con los pacientes y entorno médico hospitalario, reafirmando la labor social que tiene esta profesión. Cabe mencionar que esta formación será la plataforma para que los estudiantes comiencen a indagar e investigar en todas las múltiples aplicaciones de la Física Médica, por ejemplo, el análisis numérico y estadístico de datos, análisis y manipulación de imágenes médicas, análisis y manipulación de modelos matemáticos aplicados a la práctica clínica mediante códigos Monte Carlo y muchos otros más.”⁵

5. Los académicos que laborarán en el posgrado

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

- El personal docente debe poseer al menos el nivel académico de Maestría debidamente reconocido y equiparado, si fuese del caso. Los profesores podrían contar con el grado de Especialidad en aquellas disciplinas en las cuales tradicionalmente se ha favorecido la especialidad como formación de posgrado siempre que se posea una destacada experiencia en el campo.
- Los profesores del posgrado deben tener una dedicación mínima de un cuarto de tiempo.
- Preferiblemente, la mitad de los profesores deben ser doctores e investigadores activos.

Los profesores de los cursos de la *Maestría en Física Médica* 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.

6. Autorización de la unidad académica para impartir posgrados

La Escuela de Física será la unidad base de la Maestría en Física Médica. La Escuela ha impartido posgrados antes de que CONARE tuviera la función de autorizar los posgrados en las universidades estatales. La Escuela ha impartido la *Maestría en Física*, la cual fue evaluada por el CONARE por medio del documento OPES-16/1998. El CONARE ha autorizado los siguientes posgrados a la Escuela de Física, la *Especialidad en Meteorología*, la *Maestría en Ciencias de la Atmósfera*, la *Maestría en Astrofísica*, la *Maestría en Hidrología* y la *Maestría en Meteorología Operativa*.

7. Los recursos físicos y administrativos con que contará el posgrado para su funcionamiento.

La maestría será de financiamiento regular. En notas SEP-1107-2009, de la Directora del Sistema de Estudios de Posgrado, Dra. Gabriela Marín Raventós, y R-2109-2009, de la señora Rectora de la Universidad de Costa Rica, Dra. Yamileth García González, se refleja el compromiso de la universidad proponente en relación con los recursos docentes. La Universidad de Costa Rica envió la siguiente información sobre los recursos con que contará el posgrado:

“Este posgrado contará con el apoyo directo de la Escuela de Física y del Centro de Investigación en Ciencias Atómicas Nucleares y Moleculares (CICANUM), el cual brindará apoyo en prácticas dirigidas en tópicos específicos y en apoyo audiovisual.

Los cursos teóricos serán brindados en el campus universitario.

Se cuenta con cupos clínicos para los estudiantes en los Servicios de Radioterapia del Hospital México y de Medicina Nuclear del San Juan de Dios.

Además, se cuenta con el laboratorio de cómputo de la Escuela de Física y los laboratorios de Referencia Dosimétrica, Espectroscopia Gamma, Mamografía y Dosimetría Personal del CICANUM.

En cuanto a material de referencia, los estudiantes pueden acceder a las bases de datos del SIBDI en la Universidad de Costa Rica y del BINASS de la Caja Costarricense del Seguro Social, ambas cuentan con acceso ilimitado a las revistas de circulación internacional que los docentes y estudiantes de la maestría necesitan.”⁷

En nota GM-31287-2 del 6 de julio de 2009 (incluida en el Anexo E), de la Gerente Médica de la Caja Costarricense del Seguro Social, la doctora Rosa Climent Martin se indica que se “autoriza a los estudiantes de la Maestría en Física Médica de la UCR a realizar las prácticas hospitalarias ... en las instalaciones de la CCSS”.

Los recursos administrativos y secretariales serán provistos por el Posgrado en Física.

8. 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 *Fluxograma para la creación de nuevas carreras o la modificación de carreras ya existentes* ¹ y en la *Metodología de acreditación de programas de posgrado: Especialidad Profesional, Maestría y Doctorado* ².

9. Recomendaciones

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

- Que se autorice a la Universidad de Costa Rica para que imparta la *Maestría en Física Médica*.
- Que la Universidad de Costa Rica realice evaluaciones internas durante el desarrollo del posgrado.
- Que la OPES considere la evaluación del posgrado propuesto después de cinco años de iniciada.

1) Aprobado por CONARE en la sesión N°02-04 del 27 de enero de 2004 y sustituye de esta manera al Fluxograma anterior, aprobado por el CONARE en 1976 y modificado en 1977.

2) Aprobada por el CONARE en la sesión 19-03, artículo 2, inciso c), del 17 de junio de 2003.

3, 4, 5 y 6) Propuesta de apertura de la Maestría en Física Médica, Universidad de Costa Rica, 2008.

ANEXO A

**PLAN DE ESTUDIOS DE LA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

ANEXO A

PLAN DE ESTUDIOS DE LA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

CICLO Y NOMBRE DEL CURSO	CRÉDITOS
<u>Primer semestre</u>	<u>16</u>
Partículas cargadas, no cargadas	3
Instrumentación nuclear	3
Dosimetría	3
Anatomía humana	4
Fisiología humana	3
<u>Segundo semestre</u>	<u>18</u>
Radiodiagnóstico	3
Radioterapia	3
Medicina nuclear	3
Ultrasonido y resonancia magnética	3
Protección radiológica	3
Efectos biológicos de las radiaciones	3
<u>Tercer semestre</u>	<u>16</u>
Seminario de investigación I	1
Investigación dirigida I	4
Investigación de tesis I	8
Práctica hospitalaria I	3
<u>Cuarto semestre</u>	<u>16</u>
Seminario de investigación II	1
Investigación dirigida II	4
Investigación de tesis II	8
Práctica hospitalaria II	3
Examen de candidatura	
<u>Quinto ciclo</u>	<u>6</u>
Defensa de tesis	6
<i>Total de créditos</i>	<i>72</i>

ANEXO B

**PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA
EN FÍSICA MÉDICA DE LA UNIVERSIDAD
DE COSTA RICA**

ANEXO B

PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Nombre del Curso: Partículas cargadas, no cargadas

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso se describen las interacciones de las partículas cargadas, partículas no cargadas y neutrones con la materia; los procesos y/o productos que de estas interacciones se generan y la terminología asociada para entenderlos.

Objetivo:

Comprender las interacciones de las radiaciones con la materia.

Contenido:

Tema 1: Interacción de las partículas cargadas con la materia

Penetración de las partículas cargadas: Definición de rango, CSDA, métodos de dependencia de la transmisión y profundidad de la penetración de las partículas cargadas, relaciones empíricas entre rango y energía.

Tipos de interacciones de las partículas cargadas: Tipos de interacción de las partículas cargadas, parámetros de la trayectoria los cuales determinan la naturaleza de la interacción, transferencia de energía en la colisión elástica, expresión de Bethe para el poder de frenado.

Corrección a la expresión de Bethe: Correcciones a la expresión de Bethe, energía de excitación, energía de corte, importancia de las restricciones al poder de frenado, números de frenado, términos de Barkas y Shell.

Partículas cargadas ligeras / pérdida de momentum / pérdida radiactiva: Pérdida del momentum, dispersión de partículas cargadas pesadas, dispersión inelástica de partículas cargadas ligeras, pérdida de radiación energética.

Factores importantes en la dosimetría y micro-dosimetría: Pico de Bragg, Regla de aditividad de Bragg para compuestos, Dependencia Energética del valor W, Energías de Excitación y Potenciales de Ionización, Efecto Jesse.

Consecuencias de las partículas cargadas: Bremsstrahlung, Rayos X característicos, Electrones Auger, Excitación electrónica y vibracional.

Tema 2: Interacción de la radiación EM con la materia

Atenuación: Derivación de la ley exponencial de la atenuación, efectos de las buenas y malas geometrías, espectros mono y poli-energéticos, definición de secciones transversales y coeficientes.

Descripción de las interacciones: Descripción detallada de las interacciones por dispersión Rayleigh y Compton, resumen del modelo teórico de las interacciones, estudio de las secciones transversales totales y diferenciales, descripción detallada de la interacción fotoeléctrica y radiación característica, estudio del comportamiento de las secciones transversales con Z y la energía, bordes de absorción, Descripción

detallada de la producción de pares y de la modificación a los “modelos fotoeléctricos” que permiten su comprensión teórica.

Aplicaciones prácticas: Filtración usando los bordes de absorción, selección de materiales para maniqués debido atenuación y coeficientes de dispersión.

Tema 3: Neutrones

Propiedades físicas: Secciones transversales y el “mean free path”. Clasificación de las reacciones neutrónicas. Resonancias y formula de Breit-Wigner. Contribuciones a la absorción y dispersión.

Producción: Partículas cargadas energéticas y reacciones de fotones inducidas. Límites de energías y valores Q. Ejemplos de reacciones (α,n), (d,n), (γ,n) usando fuentes radiactivas y aceleradores. (D,t) generadores y de fisión espontánea (^{252}Cf).

Detección: Métodos de fotones desviados para neutrones rápidos. Métodos proporcionales y centelleo. Reacciones (n,α) para neutrones lentos. Contadores BF_3 . Cámaras de fisión. Sensitividad gamma. Activación de láminas. Dosimetría por neutrones.

Bibliografía:

Attix Frank H., “Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry”, Editorial John Wiley and Sons, 1986.

Attix, Frank and Roesch William, “Radiation Dosimetry Volumen I: Fundamentals”, Academic Press, New York, 1969.

Attix, Frank and Roesch William, “Radiation Dosimetry Volumen III: Sources, Fields, Measurements and Applications”, Academic Press, New York, 1969.

Cherry Simon R., Sorenson James A., Phelps Michael E., “Physics in Nuclear Medicine”, Tercera Edición, Editorial Saunders, 2003.

Khan Faiz M, “The physics of radiation therapy”, Editorial Williams & Wilkins, USA, 1984.

Cunningham John R., Johns Harold E., “The Physics of Radiology”, Cuarta Edición, Publisher Charles C Thomas, USA, 1983.

Nombre del Curso: Instrumentación nuclear

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso se pretende introducir al estudiante a los diferentes modos de detección de las radiaciones ionizantes, para esto se estudian los diferentes tipos de detectores que hay en el mercado, y sus principales características, ventajas y desventajas de unos u otros según el tipo de radiación ionizante.

Objetivo:

Comprender los diferentes modos de detección de las radiaciones ionizantes.

Contenido:

Tema 1: Propiedades de los detectores: Resolución energética, tiempo muerto, eficiencia.

Tema 2: Procesos de detección: Estadística de la producción debido a la ionización, factor de Fano para los gases y sólidos, resolución de diferentes tipos de detectores.

Tema 3: Detectores Gaseosos: Ionización de las moléculas de un gas, cámaras de ionización, contadores proporcionales, contares Geiger Müller.

Tema 4: Detectores de Estado Sólido: Detectores homogéneos (Bulk), Detectores de unión PN, uniones superficiales.

Tema 5: Detectores Fílmicos: Características de los filmes, proceso de formación de la imagen, densidad óptica.

Tema 6: Contadores de Centelleo: Tipos de tubos foto-multiplicadores, propiedades de los centelladores orgánicos e inorgánicos, escogencia de centelladores según el propósito.

Tema 7: Pre-amplificadores: Optimización de las condiciones de entrada para minimizar el ruido, configuración de carga sensitiva.

Tema 8: Forma del Pulso: Efecto del ruido sobre la resolución, apilamiento de pulsos y el papel del formador del pulsos.

Tema 9: Analizadores de Alto del Pulso: Principio de operación de un instrumento de canal único e instrumentos multi-canales.

Tema 10: Detectores de Imágenes: Cámaras proporcionales de múltiples cables, detectores de silicón, CCD's y detectores microstrip, semiconductores CdTe y CdZnTe.

Tema 11: Termoluminiscencia: Principio de detección por termoluminiscencia (TLD), características de los materiales termoluminiscentes, forma física.

Bibliografía:

Abson, W., Detection of Nuclear Radiation, in Nuclear Power Technology, Volume 3: Nuclear Radiation, Marshall, W. (editor), Clarendon Press, Oxford, 1983.

Attix, F., Introduction to Radiological Physics and radiation Dosimetri, Jonh Wiley & Sins (editor), 1986.

Knoll, G.F., Radiation Detection and Measurement, Second Edition, John Willey & Sons Inc., 1989.

Safety Series No 102, Recommendations for the Safe use and Regulation of Radiation Sources in Industry, Medicine, Research and Teaching, International Atomic Energy Agency, 1990.

Ramalio, A. T., Dosimetria Citogenética, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear, 1993.

Tauhata, L.; Salati, I.P.A; Di Prinzio, R. e Di Prinzio, A.R.; Radiação e Dosimetria: Fundamentos, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear, 1999.

Nombre del Curso: Dosimetría

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso se pretende capacitar al profesional en el fundamento teórico de la dosimetría de las radiaciones ionizantes, estudiando las principales magnitudes y unidades utilizadas, y la metodología para su cuantificación.

Objetivo:

Comprender las magnitudes que se utilizan en la dosimetría de las radiaciones ionizantes.

Contenido:

Tema 1: La ICRU: Actividades, Historia, Publicaciones.

Tema 2: Definiciones y términos: radiación de ionización directa o indirecta, cantidades estocásticas y no-estocásticas, radiometría, coeficientes de interacción, exposición, kerma, dosis absorbida.

Tema 3: Radiometría: Flujo de partículas, flujo de energía, fluencia de partículas, fluencia de energía, tasa de fluencia de partículas, tasa de fluencia de energía, coeficientes de atenuación másico, coeficiente másico de transferencia de energía, coeficiente másico de absorción energética, curvas de dosis con la profundidad para fotones, equilibrio de partículas cargadas, equilibrio transiente de partículas cargadas, dosis en un punto.

Tema 4: Kerma: kerma, kerma de colisión y radiactivo.

Tema 5: Exposición: unidades antiguas y nuevas, exposición versus fluencia de energía y kerma de colisión, valores W , relación entre los coeficientes másicos de transferencia energética y absorción energética.

Tema 6: Revisión de métodos dosimétricos: ionización, calorimetría, químico.

Tema 7: Dosimetría de ionización: cámara de aire libre, cámaras aire-pared, cámaras thimble y de circuito.

Tema 8: Teoría de la cavidad: Teoría de Bragg-Gray, corrección de Spencer-Attix, corrección de Burling, Teorema del Fano.

Tema 9: Dosimetría de Mega-voltaje: uso de C_I , C_e y C_E , incertidumbres en la medición de la dosis absorbida, cámara de cavidad planas, cámaras de extrapolación, medición de W/e . dosimetría filmica, dosimetría termoluminiscente.

Bibliografía:

Attix, F., Introduction to Radiological Physics and radiation Dosimetri, Jonh Wiley & Sins (editor), 1986.

Attix, Frank and Roesch William, "Radiation Dosimetry Volumen I: Fundamentals", Academic Press, New York, 1969.

Attix, Frank and Roesch William, "Radiation Dosimetry Volumen III: Sources, Fields, Measurements and Aplications", Academic Press, New York, 1969.

Cherry Simon R., Sorenson James A., Phelps Michael E., "Physics in Nuclear Medicine", Tercera Edición, Editorial Saunders, 2003.

Khan Faiz M, "The physics of radiation therapy", Editorial Williams & Wilkins, USA, 1984.

Cunningham John R., Johns Harold E., "The Physics of Radiology", Cuarta Edición, Publisher Charles C Thomas, USA, 1983.

Nombre del Curso: Anatomía Humana

Número de créditos: 4

Descripción:

Este curso brinda los conocimientos generales de anatomía macroscópica para los estudiantes de Física Médica. El curso incluye laboratorios correspondientes al tema impartido en teoría.

En los laboratorios se usarán cadáveres disecados, piezas anatómicas preservadas y modelos anatómicos de plástico.

Objetivo:

Al finalizar el curso, el estudiante será capaz de describir la anatomía general y las funciones de los sistemas que conforman el cuerpo humano y reconocer en diagramas, radiografías y material preservado, los órganos y partes de estos sistemas.

Contenido:

Introducción a la anatomía
Osteología
Miología
Sistema nervioso
Sistema circulatorio
Sistema respiratorio
Sistema digestivo
Sistema genital masculino
Sistema genital femenino
Cabeza y cuello

Bibliografía:

Moore, Keith. Fundamentos de anatomía con orientación clínica. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana.

Netter, Franck, Atlas de anatomía humana.

Mayo, Goss. Anatomía de Gray. 36va. Edición. Mosby Doibas. Alhambra, Madrid.

Sobotta, Johannes. Atlas de Anatomía Humana. Editorial Médica Panamericana, Madrid, 1994.

Gray, Henry. Gray's Anatomy. 15 edition. Barnes and Noble, Nueva York.

Nombre del Curso: Fisiología Humana

Número de créditos: 3

Descripción:

Este curso brinda los conocimientos generales de fisiología humana para los estudiantes de Física Médica.

Objetivo:

Al finalizar el curso, el estudiante conocerá los principios generales de la fisiología humana.

Contenido:

Fisiología celular
Fisiología general y muscular
Fisiología del sistema nervioso
Fisiología del sistema endocrino
Fisiología del sistema digestivo
Fisiología cardiovascular
Fisiología respiratoria
Fisiología renal

Bibliografía:

Rhoades, A. Taner. Fisiología Médica. Editorial Masson-Little, Brown, España, 1996.
Gannon, Fisiología Médica. Editorial Manual Moderno. 17. Ed. México, 2000.

Nombre del Curso: Radiodiagnóstico

Número de créditos: 3

Descripción:

El curso permitirá al estudiante comprender el proceso de generación de los rayos X y su eventual uso para la formación de imágenes médicas. Se estudiarán los diferentes tipos de equipos diagnósticos (radiología general, mamografía, tomografía axial y radiología intervencionista). Se analizarán los aspectos físicos que tienen relevancia a la hora de la formación de la imagen.

Objetivo:

Comprender los principios de la generación de los rayos X y como éstos se utilizan para la formación de imágenes médicas diagnósticas.

Contenido:

Tema 1: Introducción: concepto general de las imágenes médicas, introducción a los tipos de técnicas para obtener imágenes e importancia relativa de los diferentes métodos.
Tema 2: Producción de Rayos X: espectros de blanco grueso y fino, líneas características, espectro continuo.

Tema 3: Calidad del rayo X: Energía del fotón, potencial del tubo, EHR.

Tema 4: Haces de rayos X diagnósticos: tipos de blancos, componentes espectrales y relevancia del diseño del tubo de rayos x diagnóstico.

Tema 5: Interacciones en el paciente y el detector: revisión de las interacciones por los fotones de rayos X (dispersión coherente, Compton y efecto fotoeléctrico)

Tema 6: Sistemas simples de rayos X y la aplicación a la teoría de sistemas lineales: uso de la teoría de los sistemas lineales para describir los procesos de rayos X de transmisión simple, detector a resolución máxima.

Tema 7: Sistemas de detección: a) película de rayos X: Descripción de las propiedades físicas, derivación de las características de la película desde sus inicios, estudio del tamaño del grano, densidad de cubrimiento y grosor como desempeño relevante del detector. b) combinaciones película / pantalla: descripción de las propiedades físicas, estudio de los parámetros de velocidad del sistema, pantallas de tierras raras, c) sistema de fluoroscopia de los intensificadores de imágenes: desempeño de detección visual en bajos niveles de luz, descripción del intensificador de imágenes y sus usos.

Tema 8: Sistemas especiales de rayos X: tórax, cabeza, sistemas tomográficos, sistemas de radiografía digital, mamografía.

Tema 9: Tomografía Axial Computada (TAC): a) Descripción General: principales detectores usados en CT, diseño del gantry y sistemas computacionales, b) Técnicas de reconstrucción: Fourier, ART, convoluciones, retro-proyecciones y retro-proyecciones filtradas, c) Problemas en el uso: efecto de volumen parcial, endurecimiento de haz, generación de artefactos, aplicaciones y evaluación diagnóstica y radioterapia, métodos para evaluar el desempeño.

Bibliografía:

W Hendee and E Russel, Medical Imaging Physics, Wiley-Liss Inc., New York, 2002.

J Cameron , Medical Physics. John Wiley and Sons Inc, New York, 1978.

W Huda and R Slone, Review of Radiological Physics. Lippincott, Williams and Wilkins, 2003.

H Barrett and W Swinder, Radiological Imaging, Academic Press Inc, 1981.

RSNA, Categorical Course in Diagnostic Radiology Physics: CT and US Cross Section Imaging, Oak Brook Ill, 2000.

RSNA, Categorical Course in Diagnostic Radiology Physics: From Invisible to Visible the Science and Practice of XRay Imaging and Radiation Dose Optimization, Oak Brook Ill, 2006.

IAEA, IAEA-TECDOC 1517: Control de Calidad en Mamografía. Viena, Austria, 2006.

J Cunningham, The Physics of Radiology, Thomas Books, Ill, 1983.

P Sprawls, Physical Principles of Medical Imaging, Medical Physics Publishing, 1995.

NCRP, A Guide to Mammography and other Breast Imaging Procedures, NCRP 149, Bethesda MD, 2004.

Nombre del Curso: Ultrasonido y Resonancia Magnética

Número de créditos: 3

Descripción:

Durante el curso el estudiante entenderá los procesos necesarios para se generen imágenes en resonancia magnética, formas de generar imágenes entendiendo los tiempos T_1 , T_2 y T_2^* . En el caso de ultrasonido se introduce al estudiante a la generación de imágenes por ésta técnica y los procesos que conlleva.

Objetivo:

Comprender los procesos mediante los cuales se genera imágenes por Ultrasonido y Resonancia Magnética.

Contenido:

Tema 1: Imágenes por resonancia magnética

Definiciones: momento angular, spin nuclear, niveles de energía nucleares, precesión de Larmor, distribución de Boltzman, magnetización macroscópica, relajación, ecuaciones de Bloch, macros de referencia rotatorio.

Generación de la imagen: Transformada de Fourier en resonancia magnética nuclear (NMR), cambios químicos, teoría de imágenes en NMR, gradientes, spin-ecos, imágenes en 2D-FT, resolución, selección del corte.

Tema 2: Aplicaciones médicas de las imágenes en resonancia magnética

Imágenes contrastadas y medición del fenómeno relacionado a la MR: s/n, c/n, densidad de protones - MRI eco-gradiente (FLASH), T_2^* , T_2 – MRI spin eco, T_1 – saturación progresiva, recuperación de la saturación, recuperación invertida – supresión selectiva de los componentes T_1 (STIR, FLAIR), coeficiente de difusión – gradiente pulsado de difusión pesada, flujo sensitivo del contraste de fase, realce del contraste de gadolinio vía T_1 , flujo sensitivo vía seguimiento de bolus.

Tema 3: Imágenes por ultrasonido

Descripción del ultrasonido: frecuencias usadas en biomedicina, resolución de la imagen y longitud de onda, velocidades de propagación in medios biológicos y no-biológicos, dependencia de la temperatura de la velocidad de propagación.

Propagación en el medio: especificaciones de la impedancia acústica, presión, intensidad de la reflexión y transmisión en el plano de interfases, transmisión a través de capas, atenuación, dispersión y absorción, dependencia en la frecuencia de los coeficientes de absorción, absorción del tejido, resolución de la imagen, dibujo del haz, técnicas Schlieren, mediciones de potencia.

Transductores: características de un típico elemento simple, arreglo de elementos múltiples, haz guiado, haz focalizado, focalización dinámico.

Técnicas básicas de imágenes: barrido A, barrido B, modo TM.

Principios del procesamiento de la señal: demodulación, compensación en el tiempo de ganancia (TGC), rango dinámico, registro, pre-procesamiento, post-procesamiento.

Imágenes en tiempo real: scanners mecánicos, scanners de arreglos lineales de multi-elementos, scanners de arreglos en fase de multi-elementos, procesamiento de la señal, frecuencias de repetición de pulso, tasa de cuadros.

Técnicas doppler: principios de las mediciones de velocidad de las ondas continuas en sangre, transductores, procesamiento de señales, detección bi-direccional, doppler pulsado, scanners duplex.

Bibliografía:

McRobbie D. W., Moore E. A., Graves M. J., Prince M. R., "MRI from picture to proton", Cambridge University Press, 2004.

Sprawls P., Magnetic Resonance Imaging: Principles, Methods and techniques. Medical Physics Publishing, Madison Wisconsin, 2000.

Foster M.A., Magnetic Resonance in Medicine and Biology, Pergamon Press, England, 1984.

Hussey M., Diagnostic Ultrasound: An Introduction to the Interactions between Ultrasound and biological Tissues. John Wiley and Sons, New York, 1975.

DiStasio, J.I., Ultrasound as a Diagnostic Medical Tool, Noyes Data Corporation, New Jersey, 1980.

RSNA, Categorical Course in Diagnostic Radiology Physics: CT and US Cross Sectional Imaging, RSNA, Inc, Chicago, 2000.

Nombre del Curso: Medicina Nuclear

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso se pretende que estudiante sea capaz de comprender todos los procesos asociados a la generación de imágenes por emisión de fotón único (SPECT) y por emisión de positrones (PET), técnicas utilizadas, casos clínicos, preparación y manipulación de radio-fármacos, etc.

Objetivo:

Comprender las diferencias entre estudios clínicos que se realizan en medicina nuclear.

Contenido:

Tema 1: Instrumentación en medicina nuclear

Imágenes por fotón único: Introducción a los problemas de imágenes clínicas usando detectores de fotón único, descripción detallada de la construcción y operación de la gamma cámara.

Corrección de señales: ajuste de los tubos foto-multiplicadores, medida de la energía y posición, sensibilidad a la respuesta en los errores.

Colimación: construcción y modo de operación del colimador, rango de disponibilidad de colimadores, propiedades de las imágenes y caracterización de colimadores de hoyos "pinhole" y paralelos.

Caracterización y evaluación de las gamma cámaras: especificaciones del sistema para los estándares NEMA, resolución espacial, resolución temporal, resolución energética, uniformidad, linealidad, respuesta del contraste, control y aseguramiento de la calidad.

Coincidencia en la detección: Introducción a las imágenes por positrones, coincidencia en la detección con la gamma cámaras, instrumentación para geometrías 2D y 3D.

Tema 2: Técnicas trazadoras en medicina

Teoría cinética de trazadores: Principios de los trazadores, criterio de selección de los trazadores.

Análisis compartimental: Sistemas de compartimentos simples y múltiples.

Tema 3: Aplicaciones clínicas de la medicina nuclear

Datos de adquisición de la gamma cámara: sistemas digitales en ADC's, modos de adquisición, criterios para muestreo de datos, factores afectando el ruido en el muestreo de datos.

Imágenes tomográficas: principios de adquisición y reconstrucción, reconstrucción analítica e iterativa, instrumentación, atenuación, dispersión, resolución, efecto de volumen parcial, control de calidad.

Estudios clínicos: estudios cardiacos (MUGA, perfusión miocárdica), rastreos de cuerpo entero usando ^{131}I , ^{67}Ga , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, estudios de riñones, estudios hepáticos, estudios tiroideos, estudios cerebrales, estudios linfáticos y tratamientos terapéuticos.

Tema 4: Preparación de radio-fármacos

Producción de $^{99\text{m}}\text{Tc}$: método de producción por pares Padre/Hija, construcción y uso de un generador $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$.

Características de los radio-fármacos: escogencia de radio-nucleidos, propiedades físicos/químicas de los radio-fármacos, métodos de preparación y aseguramiento de la calidad de los equipos utilizados.

Bibliografía:

Cherry Simon R., Sorenson James A., Phelps Michael E., "Physics in Nuclear Medicine", Tercera Edición, Editorial Saunders, 2003.

Saha Gopal B., "Basics of PET Imaging", Editorial Springer, 2005.

Sharp Peter F., Gemmell Howard G., Murray Alison D., "Practical Nuclear Medicine", Tercera Edición, Editorial Springer, 2005.

Early Paul J., Sodee D. Bruce, "Principles and Practice of Nuclear Medicine", Segunda Edición, Editorial Mosby, 1995.

Valk Peter E., Bailey Dale L., Townsend David W., Maisey Michael N., "Positron Emission Tomography", Tercera Edición, Editorial Springer, 2004.

Zaidi Habib, "Quantitative Analysis in Nuclear Medicine Imaging", Editorial Springer, 2006.

Sonka Milan, Hlavac Vaclav, Boyle Roger, "Image Processing, Analysis and Machine Vision", Segunda Edición, Editorial ITP, 1999.

Nombre del Curso: Protección Radiológica

Número de créditos: 3

Descripción:

El curso pretende capacitar al profesional en formación en los aspectos más relevantes de la protección radiológica de las radiaciones ionizantes tanto para el personal ocupacionalmente expuesto como para el paciente. Además se tratarán temas sobre el diseño de las instalaciones, la gestión del desecho radiactivo y el manejo de los accidentes radiológicos.

Objetivo:

El objetivo principal consiste en ofrecer al alumno fundamentos básicos de protección radiológica, magnitudes físicas y unidades, así como conceptos de dosis y principios de protección radiológica operacional.

Contenido:

Tema 1: Introducción: El desarrollo histórico del uso de las radiaciones ionizantes en el área clínica y de los primeros efectos nocivos observados luego del descubrimiento de los rayos X. Permite de esta forma conocer el panorama mundial que llevó a la necesidad de regular la exposición de los individuos a estas radiaciones, y a la importancia de establecer normas de protección radiológica.

Tema 2: Magnitudes y unidades utilizadas en protección radiológica: Magnitudes y unidades utilizadas en protección radiológica (actividad, fluencia, exposición, dosis absorbida, dosis equivalente, dosis efectiva, kerma, dosis equivalente comprometida, dosis absorbida comprometida, equivalente de dosis comprometida, dosis colectiva, restricción de dosis, límite de incorporación anual)

Tema 3: Principios y factores de protección radiológica: Conceptos de justificación, optimización y límite de la dosis, así como los factores que deben de ser tomados en consideración para el límite de la dosis (tiempo, distancia y blindaje).

Tema 4: Cálculo de blindajes: Cálculo de blindajes, análisis de los diferentes materiales que pueden ser utilizados para la atenuación de las radiaciones ionizantes.

Tema 5: Tipos de fuentes y modos de exposición: Estudio del adecuado manejo de los diferentes tipos de fuentes emisoras de radiaciones ionizantes utilizadas en medicina, industria y investigación científica, considerando si estas son fuentes naturales abiertas o selladas y equipos emisores.

Tema 6: Irradiación y contaminación: La diferencia entre irradiación y contaminación, analizando los diferentes niveles de acción a ser ejecutados en ambos incidentes.

Tema 7: Reglas básicas de protección radiológica: Estudio de los diferentes documentos publicados a nivel nacional e internacional en materia de reglamentación en el uso de radiaciones ionizantes con fines pacíficos.

Tema 8: Accidentes radiológicos: Estudio de los principales accidentes radiológicos sucedidos a nivel mundial, utilizando los informes publicados por la Agencia Internacional de Energía Atómica.

Bibliografía:

IAEA-TECDOC-1162, Generic Procedures for Assessment and Response during a Radiological Emergency, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2000.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS. : Conversion Coefficients for Use in Radiological Protection Against External Radiation, Bethesda, Maryland, 1998 (ICRU Publication 57).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS. : Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation, Bethesda, Maryland, 1998 (ICRU Publication 60).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. 1990 Recommendations of the international commission on radiological protection. Adopted by the Commission in november 1990, Oxford, 1997, (ICRP Publication 60).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. . Implications of Commission Recommendations that Doses be Kept as Low as Reasonably Achievable,

Pergamon Press, Oxford, 1973, Adopted by the Commission in January 1973, (ICRP Publication 22).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP, Pergamon Press, Oxford, 1977, Adopted by the Commission in January 1977, (ICRP Publication 26).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Vienna, 1996, (IAEA-SS-115).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION General principles for Radioprotection of workers. Oxford, 1983. (ICRP Publication 35).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION General principles for the radiation protection of workers. Oxford, 1997. (ICRP Publication 75).

MEDICAL USE OF X RAYS AND GAMMA RAYS OF ENERGY UP TO 10 MEV, Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements, 1976.

SAFETY SERIES No 2, Safe Handling of Radioisotopes, Health Physics Addendum, International Atomic Energy Agency, 1960.

SAFETY SERIES No 102, Recommendations for the Safe Use and Regulation of Radiation Sources in Industry, Medicine, Research and Teaching, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1990.

TECHNICAL REPORT SERIES No 152, Evaluation of Radiation Emergencies and Accidents, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1974.

TECHNICAL REPORTS SERIES No 233, Training Manual on Radioimmunoassay in Animal Reproduction, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1984.

Nombre del Curso: Efectos biológicos de las radiaciones

Número de créditos: 3

Descripción:

El alumno es introducido al estudio de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes, los factores que interactúan en buenos procesos terapéuticos, los procesos de muerte celular, efectos tempranos y tardíos de irradiaciones leves y agudas.

Objetivo:

Que el estudiante sea capaz de comprender los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes en tratamientos terapéuticos principalmente.

Contenido:

Tema 1: Introducción: escala de tiempos, de ionización a carcino-génesis.

Tema 2: Biología Celular de Radiaciones: cinética de inactivación simple, daño al ADN, teoría del blanco, reparación del ADN. Datos de supervivencia de estudios in Vitro de células mamalian. Factores físicos (tasa de dosis, LET). Factores biológicos (O₂, sensibilizadores de células hipoxicas, agentes radioprotectores) que modificas la respuesta de la radiación.

Tema 3: Efectos agudos de las radiaciones: En animales – síndromes por radiación, dosis, tiempo de muerte, síntomas, mecanismos, CNS, BM, muerte GI, efectos sobre la piel y pulmones. En el hombre - controversia LD en humanos, rol de la terapia de soporte, pneumonitis y efectos en la piel.

Tema 4: Efectos Genéticos: efectos cualitativos y cuantitativos en las anomalías de los cromosomas. Mutaciones del gen – métodos de evaluación en peligros genéticos en el hombre.

Efectos sobre el sistema reproductivo: Descripción de la gametogenesis de células mamalian en hombres y mujeres con énfasis en el tiempo de desarrollo desde la germinación de células primordiales del adulto. Efectos de la radiación en términos de muerte celular y pérdida concomitante del desempeño reproductivo – exposición aguda y prolongada.

Tema 5: Efectos tardíos de la radiación: cataratas, fibrosis, acortamiento de la vida.

Tema 6: Carcino-génesis: biología del cáncer, teorías de la inducción del cáncer, aspectos fundamentales de las curvas de respuesta de dosis, datos experimentales, datos de epidemiología humana, factores que afectan las curvas DR.

Daño de la radiación en células: escala de tiempo de las interacciones químicas, mecanismos directos e indirectos. Especies primarias en la radiolisis. Especies primarias en la radiolisis del agua e interacciones secundarias. Dependencia de producción sobre el LET. Interacción entre el blanco oxigenado e ionizado y productos de radiolisis. Las causas por radiación relacionadas a los mecanismos químicos OER o LET. OER y sus implicaciones en radioterapia.

Bibliografía:

Steel G. G. "Basic Clinical Radio-Biology", 3rd Edition, Arnold Publishers, 2002.

Ramalio, A. T., Dosimetria Citogenética, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear, 1993.

Tauhata, L.; Salati, I.P.A; Di Prinzio, R. e Di Prinzio, A.R.; Radiação e Dosimetria: Fundamentos, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear, 1999.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. 1990 Recommendations of the international commission on radiological protection. Adopted by the Commission in november 1990, Oxford, 1997, (ICRP Publication 60).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. . Implications of Commissin Recomentations that Doses be Kept as Low as Reasonable Achievable, Pergamon Press, Oxford, 1973, Adopted by the Commission in January 1973, (ICRP Publication 22).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP, Pergamon Press, Oxford, 1977, Adopted by the Commission in January 1977, (ICRP Publication 26).

Latorre E., Primer of Medical Radiobiology, Year Book Medical Publishers Inc, Chicago, 1975.

Hall E., Radiobiology for the Radiologist, Harper and Row Publisers Inc, 1978.

Nombre del Curso: Radioterapia

Número de créditos: 3

Descripción:

El curso cubre conceptos básicos de interacción de radiación con la materia, mecanismos para el tratamiento de enfermedades y también el funcionamiento de los equipos y técnicas empleadas para realizar cálculos de dosis.

Objetivos:

- Discutir el diseño básico del equipo utilizado en radioterapia, criterios de control de calidad, calibración de equipos, uso de simuladores y maniqués.
- Introducir al estudiante al manejo de los haces de fotones y electrones, cálculo de distribución de dosis y planificación de tratamiento de teleterapia y braquiterapia.

Contenido:

Tema 1: Dosimetría Clínica

1.1 Características de equipos de alta energía de teleterapia: Co-60 y acelerador lineal

Penumbra geométrica y física.

Definición de tamaño de campo.

Campos equivalentes.

Dosis dada.

Tasa de dosis en aire y en superficie; dosis porcentual en profundidad.

Variación de la dosis con la distancia-fuente-superficie, tamaño de campo, energía de la radiación incidente.

Curvas de iso-dosis.

Normalización.

Corrección por superficies irregulares y heterogeneidades.

Composición de iso-dosis para distancia-fuente-superficie constante y para técnica iso-céntrica.

Radiación dispersa. Factor de dispersión.

Relación-tejido-aire (TAR).

Relación-dispersión-aire (SAR y SMR).

Relación-tejido-maniquí (TPR). Relación-tejido-máximo (TMR).

Relación entre estas cantidades y la dosis porcentual en profundidad.

Aplicación de SAR y SMR al cálculo de tasa de dosis en campos conformados.

Filtros en cuña.

Ángulo de cuña.

Uso de filtros en cuña.

Factor de cuña; su determinación.

Modificación de las curvas de iso-dosis.

Compensadores.

Cuña virtual.

Diseño de cuñas.

Aceleradores lineales.

Determinación de la calidad para haces de fotones.

Haces de electrones, características.

Filtro aplanador.

Colimadores multi-hojas

atenuación, transmisión entre hojas,

forma del final de la hoja,

detección de la posición de la hoja,

pruebas de aceptación del colimador multi-hojas (MLC) y su comisionamiento

Colimadores asimétricos.

Kilo-voltaje de Rayos X

introducción al modulo de las distribuciones de dosis,

curvas de iso-dosis y

porcentajes de dosis en profundidad (PDD)

1.2 Dosimetría de fuentes empleadas en braquiterapia.

Características de los distintos radioisótopos y formas empleadas.

Aplicaciones clínicas de la braquiterapia: de baja tasa de dosis a alta tasa de dosis

Distribución de dosis.

Equivalencias por filtrado y por cambio de radioisótopos.

Distintos métodos de planificación (método de París, etc.).

Recomendaciones para cáncer de cuello uterino:

Braquiterapia con alta tasa de dosis.

Planificación y controles.

Errores que se cometen en dosimetría.

Bases para un programa de Garantía de Calidad.

Tema 2: Técnicas de planificación de tratamientos

2.1 Teleterapia

Planificación de tratamientos en terapia estática con curvas de iso-dosis.

Correcciones por inhomogeneidades en el tejido irradiado y por superficie irregular del paciente.

Planificación con filtros en cuña y compensadores.

Utilización de accesorios.

Campos irregulares, diseño y confección de bloques conformadores.

Campos contiguos.

Planificación 3D: Histogramas dosis-volumen. Garantía de Calidad en planificación.

Bases del Tec Doc 430 (OIEA).

2.2 Braquiterapia

Aspectos físicos y clínicos:

Introducción a la braquiterapia, principales fuentes radiactivas y sus usos, braquiterapia según la tasa de dosis, diferentes técnicas según el posicionamiento de

las fuentes, sistemas dosimétricos (Manchester, Quimby, Paris). Radiobiología y tipos de tumores tratables.

Planeamiento del tratamiento:

Sistema de planeamiento del tratamiento (TPS), controles de calidad. Unidades de carga remota (*afterloaders*). Definición de volúmenes y prescripción de dosis.

Alta tasa de dosis (HDR):

Dosimetría y calibración de fuentes de alta tasa (^{192}Ir), ventajas de la alta tasa de dosis versus baja tasa de dosis (LDR). Protección radiológica.

Tema 3: Aseguramiento de la calidad en radioterapia

Tema 4: Técnicas especiales en radioterapia

Irradiación de cuerpo entero

Radiocirugía

Radioterapia de intensidad modulada

Radioterapia con neutrones, protones e iones pesados.

Bibliografía:

AAPM, Report no. 17, The Physical Aspects of Total and Half Body Photon Irradiation, American Institute of Physics, New York, New York, USA, 1986.

AAPM, Report no. 19, Neutron Measurements Around High Energy X-Ray Radiotherapy Machines, American Institute of Physics, New York, New York, USA, 1987.

AAPM, Report no. 21, Specification of Brachytherapy Source Strength, American Institute of Physics, New York, New York, USA, 1987.

AAPM, Report no. 23, Total Skin Electron Therapy Technique and Dosimetry, American Institute of Physics, New York, New York, USA, 1988.

AAPM, Report no. 51, Dosimetry of Interstitial Brachytherapy Sources, American Institute of Physics, New York, New York, USA, 1995.

Attix, F., Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, John Wiley and Sons, New York, New York, USA, 1986.

ICRU report 50, Prescribing, recording, and reporting photon beam therapy, 1993

Khan, F., The Physics of Radiation Therapy, Williams and Wilkins, 1984.

McGinley P. H., Shielding techniques for radiation oncology facilities, McGinley P. H., Medical Physics Pub. Corp., 1998.

NCRP Report No. 49 - Structural shielding design and evaluation for medical use of X ray and gamma rays of energies up to 10 MeV, 1976

NCRP Report n° 79 - Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma -Ray Radiotherapy Facilities. Bethesda, MD, 1984.

NCRP Report n° 151 - Neutron contamination from medical accelerators. Bethesda, 2005.

OIEA, Determinación de dosis absorbida en haces externos de Radioterapia TRS-398, Vienna, Austria, 2000.

Radiation Therapy Committee Task Group # 21, A protocol for the determination of absorbed dose from high-energy photon and electron beams, Medical Physics (Vol. 10, Issue 6) (1983) 741-771.

Radiation Therapy Committee Task Group #25; clinical electron-beam dosimetry, Reprinted from Medical Physics (Vol. 18, Issue 1) (1991) 40 pp.

International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). Dose and Volume Specification for Reporting Interstitial Therapy. ICRU Report No. 58, ICRU, Maryland, 1997.

International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). Dose and volume specification for reporting intracavitary therapy in gynecology. ICRU Report No. 38, ICRU, Washington, DC. 1985.

Nath, R.; Anderson, L.; Luxton, G.; et al. Dosimetry of Interstitial Brachytherapy Sources: REPORT OF AAPM RADIATION THERAPY COMMITTEE TASK GROUP 43. Medical Physics, 22, 209-237, 1995.

Nath, R.; Anderson, L.; Meli, J.; et al. Code of practice for brachytherapy physics: Report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 56. Medical Physics, 24, 1557-1598, 1997.

Kubo, H.; Glasgow, G.; Pethel, T.; et al. High dose-rate brachytherapy treatment delivery: Report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 59. Medical Physics, 25, 375-403, 1998.

VENSELAAR, J. e PÉREZ-CALATAYUD J. (Ed.). A practical guide to quality control of brachytherapy equipment. Brussels: ESTRO Booklet No. 8, 2004.

Williamson, J.; Butler, W.; DeWerd, L.; et al. Recommendations of the American Association of Physicists in Medicine regarding the Impact of Implementing the 2004 Task Group 43 Report on Dose Specification for 103Pd and 125I Interstitial Brachytherapy. Medical Physics, 32, 1424-1439, 2005.

Williamson, J.; Thomadsen, B.; Nath, R. Brachytherapy Physics. AAPM, 1994.

Nombre del Curso: Seminario de Investigación I

Número de créditos: 1

Descripción:

Este curso consiste en una guía de estudio en temas relacionados con la investigación que conduce a un trabajo final de graduación.

Objetivo:

Guiar a los y las estudiantes para que estudien y busquen información en forma independiente en un tema que les pueda ayudar a orientar mejor su trabajo de investigación

Contenido:

De acuerdo con el tema de cada estudiante.

Bibliografía:

De acuerdo con el tema de cada estudiante.

Nombre del Curso: Seminario de Investigación II

Número de créditos: 1

Descripción:

Mediante los hallazgos encontrados en el primer seminario, se brinda seguimiento a la investigación que conduce al trabajo final de graduación.

Objetivo:

Brindar seguimiento a los hallazgos de los estudiantes encontrados en el primer seminario con el fin de orientarlos para producir su trabajo de investigación.

Contenido:

De acuerdo con el tema de cada estudiante.

Bibliografía:

De acuerdo con el tema de cada estudiante.

Nombre del Curso: Investigación Dirigida I

Número de créditos: 4

Descripción:

En este curso se empieza a desarrollar el trabajo de investigación que realizan las y los estudiantes en temas relacionados con su trabajo final de graduación, realizado como trabajo individual y con reuniones con los o las tutores de tesis, profesores y profesoras visitantes o pertenecientes al programa de posgrado, sobre temas específicos.

Objetivo:

Definir y delimitar el tema de la tesis de la Maestría. Documentar y encontrar respuestas a las preguntas planteadas en el tema a desarrollar. Establecer qué puntos deben ser tratados en investigaciones futuras.

Contenido:

De acuerdo con el tema de cada estudiante.

Bibliografía:

De acuerdo con el tema de cada estudiante.

Nombre del Curso: Investigación Dirigida II

Número de créditos: 4

Descripción:

En este curso los y las estudiantes continuarán el trabajo de investigación a partir de los resultados obtenidos en el curso Investigación Dirigida I, con el fin de analizarlos y discutirlos con los tutores.

Objetivo:

Analizar los resultados obtenidos durante el trabajo de investigación realizado hasta el momento, con el fin de analizar si todas las preguntas planteadas han sido resueltas con claridad.

Contenido:

De acuerdo con el tema de cada estudiante.

Bibliografía:

De acuerdo con el tema de cada estudiante.

Nombre del Curso: Práctica Hospitalaria I

Número de créditos: 3

Descripción:

Este curso pretende ser una guía para que el estudiante se desenvuelva adecuadamente en un servicio de radioterapia.

Objetivo:

Mediante este curso se pretende que el estudiante se forme y aprenda todos los aspectos relacionados a las responsabilidades, deberes y funciones como físico médico en un servicio hospitalario de radioterapia.

Contenido:

Entre otros aspectos, los estudiantes participarán activamente en los controles de calidad diarios, mensuales y semestrales de los siguientes equipos: aceleradores lineales, unidades de cobalto, unidades de braquiterapia, simuladores, cámaras de ionización, unidades de ortovoltaje; desarrollarán prácticas dirigidas en protección radiológica focalizada en radioterapia, realizarán practicas supervisadas en los cálculos de dosis a pacientes de cada una de las modalidades disponibles en el servicio; participarán de toda la cadena del tratamiento de cáncer que tiene un paciente.

En cada uno de los procesos anteriormente mencionados el estudiante deberá tener un respaldo en medio escrito, donde demuestre el contenido teórico que será visto en la práctica, de tal forma que pueda formar un portafolio de todas las actividades desarrolladas a lo largo de la práctica.

Bibliografía:

De acuerdo con la formación programada para cada estudiante.

Nombre del Curso: Práctica Hospitalaria II

Número de créditos: 3

Descripción:

Este curso pretende ser una guía para que el estudiante se desenvuelva adecuadamente en un servicio de Medicina Nuclear.

Objetivo:

Que el estudiante se forme y aprenda todos los aspectos relacionados a las responsabilidades, deberes y funciones como físico médico en un servicio hospitalario medicina nuclear.

Contenido:

Entre otros aspectos, los estudiantes participarán activamente en los controles de calidad diarios, mensuales y semestrales de los siguientes equipos: gamma cámaras planares, SPECT, activímetros, sondas de captación; desarrollarán prácticas dirigidas en protección radiológica focalizada en medicina nuclear, en este particular desarrollarán prácticas en el cálculo de dosis al Personal Ocupacionalmente Expuesto y al público, estarán realizando practicas supervisadas en los cálculos de dosis a pacientes de cáncer de tiroides (casos simples y metastáticos); participarán de toda la cadena del tratamiento de cáncer de tiroides, participarán en cada uno de los procesos que se llevan acabo en los estudios diagnósticos, es decir, desde la preparación del paciente antes del estudio hasta el reporte del mismo.

En cada uno de los procesos anteriormente mencionados el estudiante deberá tener un respaldo en medio escrito, donde demuestre el contenido teórico que será visto en la práctica, de tal forma que pueda formar un portafolio de todas las actividades desarrolladas a lo largo de este curso.

Bibliografía:

De acuerdo con la formación programada para cada estudiante.

Nombre del Curso: Investigación de Tesis I

Número de créditos: 8

Descripción:

En este curso se brinda una guía para el análisis de la información y el ordenamiento de la misma, de manera que se presente en forma ordenada, coherente y convincente. También se brinda una guía sobre la redacción de la tesis de maestría.

Objetivo:

Elaboración de un trabajo de investigación como requisito final de graduación.

Contenido:

Depende de la temática de la investigación.

Bibliografía:

De acuerdo al tema de cada estudiante.

Nombre del Curso: Investigación de Tesis II

Número de créditos: 8

Descripción:

En este curso se efectúa una revisión preliminar de la redacción del marco teórico, justificación del tema, resultados y discusión de la tesis del estudiantado del posgrado.

Objetivo:

Revisión de lo que lleva hasta el momento escrito el estudiante de su tesis de grado. Se espera que para este momento el estudiante se encuentre próximo a escribir los resultados de su tesis.

Contenido:

A criterio del Tutor

Bibliografía:

Depende de la temática de la investigación.

Nombre del Curso:

Defensa de Tesis

Número de créditos:

6

Descripción:

El estudiante estará preparando la defensa pública del trabajo final de investigación, durante este tiempo hará todas las correcciones que el grupo director de tesis le sugiera. Una vez que el trabajo sea aprobado por el grupo director de su tesis, el estudiante cumplirá con el acto de la defensa de tesis.

Objetivo:

Defender su trabajo final de graduación.

ANEXO C

**PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

ANEXO C

PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

CURSO

PROFESOR

Partículas cargadas, no cargadas	Juan Carlos Rivera Coronado Erick Mora Ramírez
Instrumentación nuclear	José Ralph García Vindas Deyssler Murillo Rodríguez Alfonso Varela Meléndez
Dosimetría	Patricia Mora Rodríguez Javier Bonatti González Escuela de Medicina
Anatomía	Escuela de Medicina
Fisiología	Escuela de Medicina
Radiodiagnóstico	Patricia Mora Rodríguez
Radioterapia	Juan Carlos Rivera Coronado
Medicina nuclear	Erick Mora Ramírez
Ultrasonido y resonancia magnética	Deyssler Murillo Rodríguez
Protección radiológica	Alfonso Varela Meléndez
Efectos biológicos de las radiaciones	Lisbeth Cordero Méndez
Práctica hospitalaria I y II	Erick Mora Ramírez Alfonso Varela Meléndez Deyssler Murillo Rodríguez Juan Carlos Rivera Coronado
Actividades de investigación	Jorge Gutiérrez Camacho Francisco Frutos Alfaro Rodrigo Carboni Méndez

ANEXO D

**PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA Y SUS
GRADOS ACADÉMICOS**

ANEXO D

PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA Y SUS GRADOS ACADÉMICOS

JAVIER BONATTI GONZÁLEZ

Doctorado en Física, Universidad Eberhard Karls de Tübingen, Alemania.

RODRIGO CARBONI MÉNDEZ

Maestría en Física, Universidad de Costa Rica. Doctorado en Física, Universidad Ruhr de Bochum, Alemania.

LISBETH CORDERO MÉNDEZ

Especialidad en Radio-Oncología, Instituto Nacional de Cancerología, México.

FRANCISCO FRUTOS ALFARO

Doctorado en Física, Universidad Eberhard Karls de Tübingen, Alemania.

JOSÉ RALPH GARCÍA VINDAS

Doctorado en Física, Universidad de Montpellier, Francia.

JORGE GUTIÉRREZ CAMACHO

Doctorado en Física, Universidad de Reading, Inglaterra.

ERICK MORA RAMÍREZ

Maestría en Física de Radiaciones, Universidad de Londres, Inglaterra.

PATRICIA MORA RODRÍGUEZ

Maestría en Física Médica, Universidad de Wisconsin – Madison, Estados Unidos de América.

DEYSSLER MURILLO RODRÍGUEZ

Maestría en Biología con concentración en Física Médica, Universidad del Estado de Río de Janeiro, Brasil.

JUAN CARLOS RIVERA CORONADO

Maestría en Biología con concentración en Física Médica, Universidad del Estado de Río de Janeiro, Brasil.

ALFONSO VARELA MELÉNDEZ

Maestría en Biología con concentración en Física Médica, Universidad del Estado de Río de Janeiro, Brasil.

ANEXO E

**NOTA DEL DRA. ROSA CLIMENT MARTIN SOBRE LA ANUENCIA DE LA
CAJA COSTARRICENSE DEL SEGURO SOCIAL A FACILITAR SUS
INSTALACIONES HOSPITALARIAS PARA EL
DESARROLLO DE LA MAESTRÍA**



06 de Julio de 2009
GM-31287-2

CONARE - OPES
División Académica

Recibido por: *Melissa Guerrero Villalobos*
Fecha: 8-7-09 Hora: 2:00

Señor
Alex Cox Alvarado
OPES-CONARE

Estimado señor:

Actualmente en el país existe una inopia de físicos médicos, la cual obliga a la Caja Costarricense de Seguro Social a contratar estos profesionales en el extranjero. Existe una declaratoria oficial de Inopia de Profesionales y Técnicos en esta área establecida mediante Decreto Ejecutivo No. 27466-S, Artículo 1°, aún vigente.

Por este motivo, es de Interés Institucional todos aquellos esfuerzos tendientes a establecer programas de postgrado que permitan al país ser autoficientes en la formación de físicos médicos, profesionales cada vez más requeridos en diversas áreas de la salud.

En razón de lo anterior y con base en el convenio firmado entre el CENDEISSS - UCR, la CCSS autoriza a los estudiantes de la Maestría en Física Médica de la UCR a realizar las prácticas hospitalarias con los profesionales de la CCSS que sean docentes de la UCR en las Instalaciones de la CCSS.

De usted muy atentamente,

GERENCIA MÉDICA


Dra. Rosa Climent Martín
GERENTE



RCM/CMR

Cf: Archivo

