



ARCAL

**ACUERDO REGIONAL DE COOPERACION PARA LA
PROMOCION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA NUCLEARES
EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE**

**INFORME SOBRE EL ESTADO DEL PROYECTO
RLA/6/041 ARCAL L**

**III REUNION DEL ORGANO
DE COORDINACION TECNICA**

**(XIX REUNION
DE COORDINACION TECNICA)**

**LIMA, PERU
13 AL 17 DE MAYO DE 2002**

**OCTA 2002-05
MAYO 2002**

CONTENIDO

- I. INTRODUCCION**
- II. RESUMEN DE SITUACIÓN ACTUAL DE PARTICIPANTES EN EL CURSO DE MAESTRIA EN FÍSICA MEDICA**
-según información que se tiene en el OIEA-
- III. REQUISITOS EXIGIDOS POR EL INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (IVIC) Y LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA (UCV) PARA CONCLUIR PROGRAMA DE MAESTRIA EN FISICA MEDICA Y OBTENER EL GRADO RESPECTIVO**
- IV. INFORMACION SOBRE PROGRAMAS DE MAESTRIA EN FISICA MEDICA EXISTENTES EN LA REGION**

I. INTRODUCCION

En base a la Recomendación No. 11 del informe de la II Reunión del Organo de Coordinación Técnica (XVIII Reunión de Coordinación Técnica de ARCAL), realizada en México D.F, México del 21 al 25 de Mayo de 2001, se cumplió con actividades para evaluar diversos aspectos de la ejecución del proyecto RLA/6/041 ARCAL L “Maestría en Física Médica” . Los resultados de las actividades realizadas se presentaron para la consideración del Organo de Representantes ARCAL en su sesión del 20 de Septiembre 2001 como el Documento ORA 2001-07.

El informe de esta Reunión de Representantes de los Estados Miembros de ARCAL realizada durante la 45. Sesión de la Conferencia General del OIEA, Documento ORA 2001-09, incluye la siguiente conclusión y recomendación :

1. Tomar nota del Informe sobre el avance de la evaluación del Proyecto RLA/6/041 ARCAL L “Maestría en Física Médica” Documento ORA 2001-07 y aprobar las conclusiones a que llegó el Grupo Directivo al analizar el informe del Grupo de Trabajo en relación con el proyecto. Estas conclusiones son las siguientes:
 - i) *Considerando la actual situación del proyecto, el Organismo financiará las becas que permitan completar el II año de la Maestría en Física Médica iniciada en Venezuela, en el caso de los estudiantes de los dos cortes, siempre y cuando no lo puedan realizar en su país de origen.*
 - ii) *Considerando que el IVIC (Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas) y la Universidad Central de Venezuela emitirán los diplomas correspondientes, éstos deberán establecer los requisitos que deben cumplir las instituciones de los países que reciban becarios y dar su conformidad a los mismos.*
 - iii) *Mientras se continúen desarrollando acciones a cargo del IVIC y de la Universidad Central de Venezuela, éstas deberán presentar informes trimestrales del avance del proyecto, a través del Coordinador Nacional ARCAL de Venezuela, a la Secretaría para ARCAL para que ésta los distribuya a los países participantes.*
 - iv) *Considerando la gran demanda regional y la existencia de instituciones superiores que ofrecen Maestría en Física Médica, el OIEA mantendrá el apoyo, dentro de las limitaciones presupuestarias, para la formación de especialistas en Física Médica en la región, para lo cual seleccionará los centros calificados.”*

En cumplimiento de lo requerido por el ORA todos los Coordinadores Nacionales ARCAL han realizado acciones como corresponde a sus respectivos países. Este informe presenta un resumen que servirá de base para decisiones que el Organo de Coordinación Técnica considere pertinentes.

**II. RESUMEN DE SITUACIÓN ACTUAL DE PARTICIPANTES EN
EL CURSO
DE MAESTRIA EN FÍSICA MEDICA**

según información que se tiene en el OIEA a la fecha de impresión de este
documento 2002-04-29

RESUMEN DE SITUACIÓN ACTUAL DE PARTICIPANTES DEL PRIMER CORTE EN EL CURSO DE MAESTRIA EN FÍSICA MEDICA según información que se tiene en el OIEA

Nombre y apellido	País	Inscritos en	Segundo Año en	Financiación	Comentario
Bernal, Mario	Cuba	IVIC	Venezuela	IVIC	Con pasantía en C. De Barcelona. Según último informe del Coordinador de Proyecto de Venezuela recibido el 2002-02-06 debe terminar a fines de Mayo 2002. Continúa siendo financiado por el IVIC.
Cabrera, Orlando	Cuba	IVIC	Venezuela	OIEA	Beca del OIEA hasta Septiembre 2002. Fue el primer becario en informar al OIEA que el IVIC le había solicitado pagar derecho de matrícula por semestre.
Collantes, Vladimir	Ecuador	IVIC	Venezuela	IVIC	Según último informe del Coordinador de Proyecto de Venezuela recibido el 2002-02-06 debe terminar a fines de Mayo 2002. Continúa siendo financiado por el IVIC..
Defaz, Yolanda	Ecuador	IVIC	Ecuador	SOLCA	Según informe del CN de Venezuela debe terminar segundo año en Marzo 2002. No se ha recibido ninguna información adicional.
Garzón ,Juan	Perú	IVIC	Perú	INEN	Financiado solo de Julio 2001 a Enero 2002 en el INEN. El Coordinador del Proyecto de Venezuela sugiere que para terminar sus estudios este estudiante debería volver a Venezuela. Recientemente se recibió en el OIEA su solicitud de beca que esta en evaluación.

Cont. RESUMEN DE SITUACIÓN ACTUAL DE PARTICIPANTES DEL PRIMER CORTE EN EL CURSO DE MAESTRIA EN FÍSICA MEDICA según información que se tiene en el OIEA

Nombre y apellido	País	Inscritos en	Segundo Año en	Financiación	Comentario
Gómez, Freddy	Paraguay	UCV	Paraguay	CNEA	A pesar del apoyo otorgado por la CNEA el participante encontró muchas dificultades por no contarse con las condiciones en el país. Paraguay presentó una solicitud y se le ha otorgado una beca de 12 meses en Brasil a partir del 1 de Abril 2002. Todavía no se ha recibido información sobre la vinculación al programa de la UCV para poder completar lo requerido para la obtención del Grado ya que según información que se tiene en el OIEA, la UCV requeriría que el Sr. Gómez haga una pasantía de tres meses en Venezuela para completar su trabajo.
Granado, Armando	Venezuela	IVIC	Venezuela	No	El Informe del Coordinador Nacional de Venezuela indica que este participante esta considerado fuera del programa
Martins, Telpo	Brasil	UCV	Brasil	IRD, parcial	Según informe del CN de Brasil este estudiante: a) De mayo a julio de 2001 realizó tres meses de entrenamiento (sin beca) en el Hospital de las Clínicas en Río Grande do Sul, b) En agosto de 2001 comenzó su capacitación en el IRD (dosimetría y protección radiológica) y en el Hospital del Cáncer - INCA (práctica hospitalaria), c) La conclusión de la capacitación y elaboración de la tesis están programados para agosto/2002.

Cont. RESUMEN DE SITUACIÓN ACTUAL DE PARTICIPANTES DEL PRIMER CORTE EN EL CURSO DE MAESTRIA EN FÍSICA MEDICA según información que se tiene en el OIEA

Nombre y apellido	País	Inscritos en	Segundo Año en	Financiación	Comentario
Martínez, Luis	Venezuela	UCV	Venezuela	UCV	Debe terminar segundo Año en Marzo 2002. No se ha recibido ninguna información adicional
Neyra, Sergio	Nicaragua	IVIC	Cuba	OIEA	Beca del OIEA terminó en Diciembre 2001. Según último informe del Coordinador de Proyecto de Venezuela recibido el 2002-02-06 ha regresado a Nicaragua y esta bajo la tutoría del Dr. F. Morales.El informe final presentado por este estudiante al OIEA con fecha 2002-02-26 indica que concluyó su tesis y que esta trabajando como físico médico en el Departamento de Física del Centro Nacional de Radioterapia en Managua, Nicaragua..
Ochoa, Ricardo	Perú	UCV	Brasil	LCR en Brasil	Según informe del CN de Brasil este estudiante: a) Esta en la fase final conclusión de su Tesis, b) Ha presentado dos trabajos para posible publicación en una revista internacional, c) Otro trabajo ha sido sometido para presentación en conferencia del OIEA en noviembre, y d) Debe volver a su país a mediados de Mayo 2002.
Osorio, Angel	Guatemala	UCV	Argentina	OIEA	Beca del OIEA en Argentina terminó en Diciembre. La UCV ha recibido copia resumida de su trabajo de grado que deberá ser evaluado. No se han recibido noticias adicionales, ni tampoco el informe final del becario.

Cont. RESUMEN DE SITUACIÓN ACTUAL DE PARTICIPANTES DEL PRIMER CORTE EN EL CURSO DE MAESTRIA EN FÍSICA MEDICA según información que se tiene en el OIEA

Nombre y apellido	País	Inscritos en	Segundo Año en	Financiación	Comentario
Pineda, Amalia	Panamá	IVIC	Brasil	OIEA	La beca del OIEA en Brasil terminó en Diciembre 2001. El Coordinador Nacional de Brasil informó el 2002-04-17 que: a) esta estudiante concluyó ya su tesis, b) tiene en tramitación la publicación de un artículo en una revista internacional, el cual fue sometido también para presentación en conferencia del OIEA en noviembre, c) Volvió a su país el 7 de abril de 2002.
Rodríguez, Edgar	El Salvador	IVIC	Brasil	OIEA	Beca del OIEA en Brasil terminó en Diciembre 2001. El Coordinador Nacional de Brasil informó el 2002-04-17 que: a) este estudiante ya concluyó su tesis., b) tiene en tramitación la publicación de un artículo en revista internacional, el cual fue sometido para presentación en conferencia del OIEA en noviembre. c) Volvió a su país el 6 de abril de 2002.
Rodríguez, Miguel	Cuba	IVIC	Brasil	LCR en Brasil	Según informe recibido del Coordinador Nacional de Brasil, este estudiante: a) Ha concluido su tesis con presentación marcada para la primera semana de mayo. b) Tiene in artículo aprobado para ser publicado en una revista internacional; c) Además tiene un trabajo que ha sido sometido para presentación en conferencia del OIEA en noviembre y d) tiene otro artículo que esta en evaluación para su posible publicación en una revista internacional.

Cont. RESUMEN DE SITUACIÓN ACTUAL DE PARTICIPANTES DEL PRIMER CORTE EN EL CURSO DE MAESTRIA EN FÍSICA MEDICA según información que se tiene en el OIEA

Nombre y apellido	País	Inscritos en	Segundo Año en	Financiación	Comentario
Somarriba, Freddy	Nicaragua	UCV	Argentina Extensión en Chile pendiente	OIEA	El OIEA otorgó una beca en Argentina pero a consecuencia que su tutor se trasladó a Chile, el becario se trasladó por su cuenta a Chile. La beca del OIEA en Argentina concluyó en Diciembre 2001. Se tiene un pedido de Nicaragua para que continúe la beca en Chile por unos 3-4 meses adicionales. Chile y el tutor están de acuerdo con el pedido para una extensión de beca de tres meses. La UCV ya confirmo que esta de acuerdo con la extensión de la beca, sin embargo queda pendiente la presentación por parte del Sr. Somarriba de un informe de avances solicitado por el tutor en Chile para iniciar la extensión de beca. El coordinador Nacional ARCAL de Nicaragua ha sido informado de esta situación.
Vargas, Guillermo	Bolivia	UCV	Bolivia		UCV indica en el Informe del Coordinador Nacional de Venezuela que se debería dar apoyo a este participante en el programa ya que no existe razón para que este fuera del Programa. La UCV reporta que ha tenido serios problemas de comunicación con este participante, sin embargo considera que dada la importancia del proyecto en el que estaría el Lic. Vargas consideraran que se le debería apoyar financiando una pasantía en Venezuela de unos tres meses. Por otra parte, el Coordinador del Proyecto Dr. F. Gutt del IVIC ha reiterado en su último informe del 2002-02-06 que este estudiante no tiene el índice académico exigido para permanecer en el postgrado. No se han recibido noticias adicionales.

RESUMEN DE SITUACIÓN ACTUAL DE PARTICIPANTES DEL SEGUNDO CORTE EN EL CURSO DE MAESTRIA EN FÍSICA MEDICA según información que se tiene en el OIEA

NOMBRE	PAIS	Inscritos en	Segundo Año en	Financiación	Comentario
Aguirre, Jaime	Perú	IVIC	¿??	¿??	Perú había indicado que su segundo año sería financiado por INEN, sin embargo este participante ha comunicado su preocupación sobre el financiamiento de su segundo año y además el Coordinador de Proyecto de Venezuela en su informe del 2002-02-06 indica que este estudiante ha solicitado apoyo para tramitar una beca para el segundo año, pero hasta el momento no se ha recibido ninguna solicitud de beca. El Coordinador de Proyecto en Venezuela propone que este estudiante debería ser considerado para una beca en Brasil bajo la tutoría de C. De Almeida.
Aldana, Judith	Venezuela	IVIC	Venezuela	IVIC	Según último informe del Coordinador de Proyecto de Venezuela del 2002-02-06 este estudiante realizará su segundo año con financiamiento del IVIC.r
Borges, Joao	Brasil	IVIC	USA???	USA???	Se ha recibido una solicitud de beca para cursar el Segundo Año. El tema propuesto es un tema que difícilmente podría realizarse en un país en la región por tanto se esta proponiendo a USA la consideración de financiamiento de esta beca.
Campa, Raudel	Cuba	IVIC	Cuba	INOR	Financiamiento del segundo año sería dado por el INOR según información proporcionada por Cuba.
Espinoza, William	Ecuador	IVIC	Ecuador	SOLCA	Según último informe del Coordinador de Proyecto de Venezuela del 2002-02-06 este estudiante realizará su segundo año con financiamiento de SOLCA en Ecuador.
López, Adlin	Cuba	IVIC	Cuba	CIREN	Financiamiento del segundo año sería dado por CIREN según información proporcionada por Cuba. Se ha recibido en el OIEA una carta del Gobierno de Cuba solicitando la financiación de un mes en Venezuela para la culminación de su grado y para la financiación del pago de derecho de matrícula solicitado por el IVIC. Queda pendiente la presentación de una solicitud de beca.

Cont.... RESUMEN DE SITUACIÓN ACTUAL DE PARTICIPANTES DEL SEGUNDO CORTE EN EL CURSO DE MAESTRIA
EN FÍSICA MEDICA según información que se tiene en el OIEA

NOMBRE	PAIS	Inscritos en	Segundo Año en	Financiación	Comentario
Miranda, André	Brasil	IVIC	Argentina	OIEA	En base a la solicitud de beca presentada este estudiante iniciará su beca de 12 meses en Argentina el 6 de Mayo de 2002. El Coordinador de Proyecto del IVIC había indicado en su informe del 2002-02-06 que coordinará con Argentina el programa para el segundo año y para la obtención del grado correspondiente.
Pacheco, Pedro	Perú	IVIC	Perú	INEN	Perú había indicado que su segundo año sería financiado por INEN, sin embargo, el Coordinador de Proyecto de Venezuela en su informe del 2002-02-06 indica que este estudiante ha solicitado apoyo para tramitar una beca para el segundo año, pero hasta el momento no se ha recibido ninguna solicitud de beca. El Coordinador de Proyecto en Venezuela propone que este estudiante debería ser considerado para una beca en Cuba bajo la tutoría de Rodolfo Alfonso.
Piriz, Gustavo	Uruguay	IVIC	Uruguay	Uruguay	El Coordinador de Proyecto de Venezuela en su informe del 2002-02-06 había propuesto que este estudiante podría hacer su segundo año en Cordoba, Argentina bajo la tutoría de M. Brunetto. El OIEA ha recibido información de Uruguay que este estudiante esta cumpliendo un Plan completo de actividades para su Pasantía en Física Médica en Uruguay. Se ha informado a Uruguay que de acuerdo a la conclusión 3. ii) del Informe ORA 2001-09 sería el IVIC (para que pueda otorgar el diploma) el que tendría que establecer los requisitos que deben cumplirse y dar su conformidad sobre este plan de trabajo. Uruguay ha mencionado que solicitará apoyo para que este estudiante pueda viajar a Venezuela a defender su tesis y concluir todos los requisitos para la obtención del grado y para el pago de los derechos de matrícula.

Cont.... RESUMEN DE SITUACIÓN ACTUAL DE PARTICIPANTES DEL SEGUNDO CORTE EN EL CURSO DE MAESTRIA EN FÍSICA MEDICA según información que se tiene en el OIEA

NOMBRE	PAIS	Inscritos en	Segundo Año en	Financiación	Comentario
Rojas, Jorge	Costa Rica	IVIC	UCV Venezuela	6 meses OIEA a partir de Junio 2002	El Coordinador Nacional de Venezuela informó que este participante no se inscribió en el segundo semestre y que por el contrario había hecho gestiones a nivel personal para inscribirse en la UCV para continuar su programa de maestría. Se ha recibido una solicitud de beca solicitando apoyo del OIEA para financiar sus estudios en la UCV. La UCV ya informó al OIEA que luego de hacer una evaluación apoya la solicitud de este estudiante para una beca para continuar sus estudios de Física Médica. Luego de la evaluación de la UCV, el OIEA esta de acuerdo en otorgarle una beca de seis meses a partir del mes de Junio de 2002 y cualquier otra extensión dependerá del desarrollo del programa de este estudiante.
Vásquez, Jaider	Colombia	IVIC	Chile	OIEA	El OIEA ha otorgado una beca de 12 meses a este estudiante para que curse su segundo año bajo la tutoría D. Venencia en la Pontificia Universidad Católica en Chile. Colombia ha solicitado postergación del inicio de esta beca ya que tiene que aclararse la situación de relación de este estudiante con una institución Colombiana para que una vez termine su grado pueda inmediatamente comenzar a trabajar en la institución con la que se hubiera comprometido.

III. REQUISITOS EXIGIDOS POR EL INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (IVIC) Y LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA (UCV) PARA CONCLUIR PROGRAMA DE MAESTRIA EN FISICA MEDICA Y OBTENER EL GRADO RESPECTIVO

**REQUISITOS DEL IVIC PARA LA CONTINUACION
DEL SEGUNDO AÑO EN OTRO PAIS**

1 Calificación académica de los tutores que supervisarán a los tesisistas del 2do corte, del programa para el segundo año.

Por normas del IVIC el tutor debe ser un investigador del Instituto. Para el caso de estudiantes que estén fuera del IVIC haciendo su segundo año se utiliza la figura de un Director de Trabajo de tesis. Este profesional debe ser un físico médico con una experiencia no menor a tres años sin interrupción trabajando en el área que escoja el estudiante para realizar su especialidad (radioterapia, diagnóstico por imágenes, medicina nuclear). Debe enviar un Curriculum Vitae actualizado para que la comisión de estudios del IVIC lo analice y decida si lo acepta o no como director de trabajo de segundo año del estudiante.

2. Programa que cada estudiante debe seguir en el 2do año, una vez que finalicen su primer año en Caracas.

Lo primero que se tiene que definir es el área prioritaria que desea seguir el estudiante.

Luego deberá definirse un tema relacionado con el área que el tutor, director de trabajo y el propio estudiante pueden trabajar en conjunto dentro del tema prioritario. El área seleccionada deberá aportar algo nuevo al conocimiento y en lo posible originar una publicación científica.

3. Pago de Derecho de matrícula y registro

Se ha recibido confirmación del Coordinador Nacional ARCAL de Venezuela indicando que el IVIC requiere pago de 200,000 bolívares por semestre para los estudiantes de la primera corte y 400,000 bolívares por semestre para los de la segunda corte por derechos de matrícula y registro.

DETALLES DEL FORMATO FINAL DE LOS TRABAJOS DE GRADO DEL POSTGRADO EN FÍSICA MÉDICA DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

- Todo lo que no se especifique en este documento, queda a criterio del autor y su tutor. Así por ejemplo, la estructura particular de los capítulos y sus secciones, y la numeración particular a emplear para designarlos es libre y queda a criterio del autor y su tutor.
- El papel a ser empleado debe tener como calidad mínima la correspondiente al Bond 20, el cual corresponde a una densidad superficial NO inferior a 75 g/m². Cualquier densidad superficial que resulte mayor es bienvenida.
- La hoja debe ser tamaño carta, es decir 8.5 x 11 pulgadas (en A4 no se recibirá).
- El tamaño de letra es 12 y el estilo del “font” a emplear es totalmente libre. No obstante, recomendamos “Times New Roman” ó “Arial.”
- Las páginas deben estar numeradas, comenzando con el número 1 en la primera página del primer capítulo ó introducción. Todas las secciones anteriores tendrán páginas numeradas con números romanos. En la primera página (que contiene el título) se omitirá el número romano “i” y en la siguiente página debe aparecer el “ii”. Estos números deben estar todos referenciados en el contenido. La razón para omitir el “i” en la primera página es porque a continuación hay que insertar “a posteriori” las páginas correspondientes al veredicto del jurado examinador, que en principio tampoco tienen numeración.
- Las tablas a emplear deben estar numeradas empleando números romanos y las figuras con números arábigos.
- Las referencias pueden ir al final de cada capítulo ó pueden colocarse al final en una sección aparte (ver más adelante). Las referencias en su estructura deben seguir las pautas dadas según la Convención de Vancouver, que es la aceptada internacionalmente para publicaciones.
- El documento final debe estar absolutamente libre de errores tipográficos ó de cualquier otro tipo y a tal efecto el personal de apoyo de la Dirección de Postgrado hará la revisión correspondiente sobre el documento final entregado.
- Debe haber una página por hoja. No se aceptarán dos páginas por hoja.

- Los márgenes deben rigurosamente ser:
 - ✓ Superior 3 cm
 - ✓ Inferior 3 cm
 - ✓ Derecho 3 cm
 - ✓ Izquierdo 4 cm (para facilitar la encuadernación)
- Los espacios entre párrafos deben corresponder a una línea en blanco y debe observarse igualmente uno y medio espacio de interlineado mínimo (absolutamente indispensable para permitir la inclusión de símbolos especiales en el texto)
- En la portada debe decir en la parte central superior (cada “item” debe ir por separado, ver ejemplo al final):
 - ✓ Universidad Central de Venezuela
 - ✓ Facultades de Ciencias y Medicina
 - ✓ Logo de la UCV (centrado, que incorporamos en este documento y pueden ser tomados libremente de este archivo para producir el documento de trabajo de grado)



- ✓ Título del Trabajo de Grado
- ✓ Autor del Trabajo de Grado (en una línea)
- ✓ Tutor del Trabajo de Grado (en una línea)
- ✓ Poner la coletilla: Trabajo de Grado presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Grado de Magister Scientarum en Ciencias Mención Física Médica.
- ✓ Fecha.

- La secuencia de las secciones después de la portada debe ser la siguiente:
 - ✓ Veredicto del jurado examinador.
 - ✓ Dedicatoria (Opcional).
 - ✓ Agradecimientos.
 - ✓ Resumen.
 - ✓ Contenido (índice General).
 - ✓ Lista de Tablas.
 - ✓ Lista de Figuras.
 - ✓ Lista de Símbolos (Opcional).
 - ✓ Sección de introducción ó primer capítulo.
 - ✓ Capítulos relevantes en secuencia.
 - ✓ Sección de conclusiones ó último capítulo.
 - ✓ Referencias, que pueden colocarse en sección aparte ó al final de cada capítulo.
 - ✓ Sección de apéndices.

- A manera de ejemplo, se anexa en las dos páginas siguientes la cubierta (en pergalina negra) y la primera página (que corresponde a la portada) de un ejemplar final. No obstante, el ejemplo presentado corresponde al formato que venía empleándose anteriormente y hay que cambiar (falta) lo correspondiente al nombre del autor, del tutor y la coletilla como se indicó anteriormente (nuevo formato). El resto de los elementos no cambian. Es permitido hacer una copia de la primera página sobre la pergalina negra.

- Para la designación de jurado por el Consejo de Facultad, hay que entregar dos (2) ejemplares respetando este formato a la Dirección de Postgrado de la Facultad de Ciencias. Su dirección postal es

Comisión de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias
Universidad Central de Venezuela
Apartado 20513
Los Chaguaramos, Caracas 1021, Venezuela

- Para la entrega final (una vez que la defensa haya tenido lugar con fallo favorable) de ejemplares para optar al título, estos deben ser dos (2) y deben venir en pergalina negra, títulos en letras doradas y entre las primeras páginas debe estar incluido el veredicto del jurado examinador (con firmas originales).

IV. INFORMACION SOBRE PROGRAMAS DE MAESTRIA EN FISICA MEDICA EXISTENTES EN LA REGION

- ARGENTINA** 1) Información sobre el Programa en la Fac. Matematica, Astronomía y Física de la Universidad Nacional de Cordoba
2) Maestría en Física Médica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.
- BRASIL** 1) Información general proporcionada por el Coordinador Nacional ARCAL de Brasil
2) Pós-Graduação em Biologia –Física Médica
- COLOMBIA** Programa de Maestría en Física con línea de profundización en Física Médica de la Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Física, Facultad de Ciencias
- ECUADOR** Maestría Residencia en Física Médica – Sociedad de Lucha contra el Cancer del Ecuador (SOLCA)
- MEXICO** 1) Universidad Nacional Autónoma de México, Maestría en Ciencias (Física Médica)
2) Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias, Especialidad en Física Médica
- PERU** III Maestría en Física Médica de la Dirección General de Promoción y Desarrollo Tecnológico del Centro Superior de Estudios Nucleares con el auspicio del Instituto Peruano de Energía Nuclear, de la Universidad Nacional de Ingeniería y del Instituto de Enfermedades Neoplásicas
- VENEZUELA** 1) Maestría en Física Médica del Instituto Venezolano de Investigaciones Científica, Unidad de Tecnología Nuclear, Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica
2) Postgrado en Física Médica, Facultades de Ciencias y Medicina, Universidad Central de Venezuela

Córdoba, 12 de abril de 2002

Profesor Cesar Tate
Asuntos Internacionales
CNEA

De mi mayor consideración:

Me dirijo a Ud para solicitarle considere a la Facultad de Matemática Astronomía y Física (FaMAF) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) como posible sede de la Maestría Regional de la OIEA que se dictará el año próximo.

Nuestra facultad está trabajando en un proyecto para implementar una maestría en Física Médica basada en el ARCAL L. Este esta bastante avanzado y esperamos que esté aprobado por el Consejo Superior de la UNC para agosto del corriente año.

Como antecedentes en el área puedo mencionarle que en nuestra facultad, la Licenciatura en Física, tiene una especialidad en Física Médica. Mas del 90% de los licenciados formados, están en los servicios de radioterapia en clínicas en nuestro país, o están en el exterior mejorando su formación de postgrado.

Dos de nuestros graduados (Lic. M. Brunetto y Lic. Daniel Venencia) han colaborado en diferentes misiones de la OIEA y han participado como docentes de la Maestría Regional de la OIEA (ARCAL L sede en Venezuela). Además conjuntamente con la Lic. G. Velez (también egresada de nuestra facultad) han participado en proyectos de este organismo.

Otro antecedente importante que deseo mencionar es la realización del Curso Regional de Capacitación "Garantía de Calidad en Radioterapia" (en el marco del ARCAL LVIII) que se realizó octubre de 2001, con sede en nuestra facultad y en el cual participaron además los centros médicos que forman parte de este proyecto.

Nuestra maestría esta pensada para ser desarrollada en dos años (sin contar con el tiempo que demande la pasantía, y la Tesis). En el caso de que nos veamos beneficiados con la designación de la sede de la Maestría Regional, podemos implementar los cursos en 10 meses, en un periodo que va desde el 15 de febrero al 15 de julio y desde el primero de agosto al 20 de diciembre del año 2003. Las pasantías y las tesis de los participantes de la Maestría Regional, podrán ser desarrolladas en su país de origen, sujeto a las reglamentaciones de nuestra maestría. En caso contrario, que deseen desarrollarlo en nuestro país o en otro, deberán conseguir una financiación extra para poder llevarlas a cabo.

Sin otro particular y esperando considere Ud nuestro pedido Lo saludo muy cordialmente

Dr. Alberto Riveros de la Vega

MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA

Responsable del proyecto: Dr. Alberto Riveros de la Vega, Profesor Titular con Ded. Exclusiva de la FaMA F de la UNC.

Colaboradores en el proyecto: Lic. Mónica Bruneto, Dr. Jorge Trincavelli, Dr. Gustavo Castellano y Dr. Daniel Brusa. Docentes de la FaMAF - UNC

1. FUNDAMENTACIÓN

1.1 Premisas

El rápido desarrollo tecnológico de las aplicaciones de las radiaciones en la medicina no ha estado acompañado de la correspondiente formación de profesionales en física médica en la región, lo que ha implicado que hoy en día exista un significativo déficit de los mismos. Esto, unido al repentino aumento del número y la sofisticación de los nuevos equipos, tanto en radioterapia como en diagnóstico por imágenes, determina la urgente necesidad de tener profesionales especializados en el área.

Es importante destacar que a medida que se incrementan los aportes de la física a la medicina se hace también cada vez más necesario formar equipos interdisciplinarios con personas de otras áreas que se integren para lograr ese objetivo final que es un buen diagnóstico y/o un buen tratamiento al paciente.

1.2 Determinación de la necesidad

Es necesario garantizar la calidad y seguridad de los tratamientos y diagnósticos médicos mediante el empleo de radiaciones, para lo cual la presencia de un profesional especializado en física médica es imprescindible.

La física médica representa en la actualidad un campo de muchas expectativas donde están inmersas varias especialidades, siendo las más aplicadas, la radioterapia, el radiodiagnóstico, la medicina nuclear, la imagenología, la protección radiológica etc. En la mayoría de los países de América Latina estas áreas, aunque existen, se han convertido prácticamente en un problema de salud pública. Por un lado se observa un desconocimiento generalizado del uso y precauciones que han de tomarse cuando se trabaja con radiaciones ionizantes y por el otro una marcada ausencia de personal científico-técnico debidamente formado. Muchos casos simples de cáncer se convierten en verdaderos problemas, por no disponerse de equipos debidamente calibrados, de terapias bien planificadas o de diagnósticos veraces.

1.3 Problema a resolver

El problema existente es la carencia de un número adecuado de físicos médicos en el país. Esto se puede verificar dramáticamente en el caso de radioterapia, donde, de acuerdo a las estadísticas disponibles para Latinoamérica, se requerirían alrededor de 1300 físicos médicos,

para cumplir con las recomendaciones internacionales²; sin embargo, en estos momentos sólo se dispone en la región de alrededor de 300 físicos (un 60% de los cuales se concentra en Brasil). Además, se debe tener en cuenta que un gran porcentaje de los físicos disponibles no poseen una formación académica completa en esta especialidad, sino que son generalmente graduados en especialidades afines a la física general, física nuclear, ingeniería nuclear u otras semejantes; sin embargo, su formación ha sido siempre muy heterogénea, dependiendo del interés y posibilidades de cada centro, ya que no ha existido una escuela de física médica que los prepare de manera integral y con un perfil amplio en los aspectos teórico-prácticos de la especialidad, que genere profesionales aptos para su inmediata participación en el área de salud. Como resultado de este proyecto se espera establecer un curso de física médica a nivel de Maestría en Ciencias ("Master in Sciences"), para incrementar el número y mejorar la formación de los profesionales dedicados a esta disciplina en la República Argentina. Se toma como base para esta maestría el Proyecto ARCAL L debido a que éste a sido cuidadosamente estudiado en su organización y contenidos.

1.4 Requerimientos básicos

La implementación de una maestría en física médica requiere, por una parte, de un grupo de físicos con preparación teórico-práctica en esta especialidad, un número mínimo de doctores (PhD) en ciencias afines, una institución universitaria reconocida con interés y posibilidades de acoger este tipo de curso y alguna institución hospitalaria que cuente con el equipamiento adecuado para realizar prácticas.

1 Tabla 3-B, Informe de Coordinadores de ARCAL XXIV, 1997.

2 WHO (1972), UICC (1991)

1.5 Destinatarios

Los principales destinatarios del presente proyecto serán los graduados en física que deseen especializarse en física médica. Sin embargo, se contempla la participación de graduados universitarios en otras disciplinas, especialmente aquéllas relacionadas con la física y el área de salud, para quienes se impondrá como requisito previo a la inscripción, la aprobación de un examen de admisión basado en un programa de temas que se adjuntan en el Anexo II.

1.6 Perfil

Los contenidos y, especialmente, la parte práctica de la maestría propuesta apuntan a formar profesionales idóneos en el conocimiento y manejo de las distintas técnicas de la física médica involucradas. Por otra parte, en cuanto al área específica relacionada con la tesis desarrollada, se pretende que el egresado sea capaz de desempeñarse en un centro de salud en forma autónoma, inmediatamente después de graduado.

1.7 Relación con centros de salud

Para hacer posible el perfil buscado, es necesario establecer convenios con distintos centros de salud, a los efectos de realizar prácticas en ellos, así como también para llevar a cabo pasantías destinadas a crear el marco propicio para el desarrollo del trabajo de tesis, afianzar a los recién egresados y abrirles perspectivas laborales más concretas.

1.8 Legislaciones relevantes

A medida que en el país se establezcan las regulaciones concordantes con las Normas Básicas Internacionales de Seguridad del OIEA (No. 115), llegará a ser un requisito indispensable para el licenciamiento de instalaciones de terapia con radiaciones, la presencia de especialistas en física médica debidamente formados y acreditados. La posibilidad de ejecutar estas leyes depende mucho de la existencia en el mercado de este tipo de especialistas.

Asimismo, estas Normas establecen la necesidad de velar por la seguridad radiológica de los pacientes expuestos a las radiaciones ionizantes, ya sea con fines terapéuticos o de diagnóstico, lo cual está estrechamente vinculado con la garantía de la calidad de todos los aspectos físicos de estas aplicaciones clínicas.

1.9 Posible impacto del Proyecto

El proyecto apunta a dar una formación de buen nivel en Física Médica. En este sentido, tendrá un efecto directo muy significativo en la calidad de la atención a los pacientes en aquellas aplicaciones médicas que emplean radiaciones ionizantes, con el consecuente impacto social.

2. DESCRIPCION DEL PROYECTO

2.1 Objetivos

1. Elevar el número y la calidad de los físicos médicos de la región.
2. Presentar una alternativa laboral concreta a los licenciados en física de FaMAF y a otros graduados universitarios.
3. Profundizar la inserción de nuestra facultad en el medio mediante la relación con centros de salud, a través de prácticas y pasantías y con otras universidades, a través de la captación de sus graduados, que eventualmente volverán a sus lugares de origen a volcar los conocimientos adquiridos en la maestría.

2.2 Requisitos de ingreso

Se aceptarán licenciados en física de universidades argentinas, sin ninguna condición adicional. Además podrán cursar la maestría graduados universitarios latinoamericanos en física o en otras disciplinas previa aprobación de un examen de admisión sobre temas de

matemática y física que se consideran fundamentales para realizar los cursos de esta maestría. Ver Anexo II.

2.3 Financiamiento

La maestría se solventará con fondos propios, procedentes del cobro de un arancel (*de \$6600 por estudiante*). Se considera la posibilidad de implementar becas para evitar o disminuir el monto de dicho arancel a pagar por los estudiantes. El arancel de \$6600 corresponde al cursado de las materias en los dos años previstos para este fin y no tiene en cuenta los gastos que puedan ocasionar las pasantías y trabajos de tesis.

2.4 Duración

La duración total de la maestría está prevista en tres años, dos para la realización de los cursos y uno para la pasantía y la tesis. Estas dos actividades pueden extenderse dos años mas en forma excepcional si el Consejo Académico Profesional lo considera pertinente. El número total de horas básicas (sin incluir la tesis ni los cursos optativos) es de 660.

2.5 Orientaciones

Al comenzar el tercer año de la maestría se deberá optar por alguna de las siguientes orientaciones:

- a) Diagnóstico por imágenes.
- b) Seguridad en física médica.
- c) Terapia de radiaciones.

2.6 Modalidad

Se prevé el dictado de once materias obligatorias durante los dos primeros años; las cuales pueden ser anuales, cuatrimestrales o intensivas, esta ultima modalidad se debe a que se prevé la participación de docentes de otros centros del país y del exterior. Además se dictarán algunos cursos optativos, de entre los cuales los estudiantes deberán cursar y aprobar al menos uno. Puesto que el programa está abierto a estudiantes de otras ciudades, los horarios de clases están organizados de manera tal que se dicten cada dos semanas, 8 horas diarias el viernes y el sábado subsiguiente.

Durante el tercer año se optará por alguna de las orientaciones contempladas en el inciso anterior. La etapa de orientación incluye una pasantía anual en un centro de salud y el desarrollo del trabajo de tesis, que se defenderá al finalizar el año lectivo.

2.7 Título

Se otorgará el grado académico de Magíster en Física Médica, expedido por la Universidad Nacional de Córdoba de acuerdo con las normas vigentes de la ordenanza 1/89 del Honorable Consejo Superior y la Secretaría General.

2.8 Requisitos para la obtención del grado académico

1. Cursar y aprobar la totalidad de las materias obligatorias y una de las optativas.
2. Desarrollar una pasantía en un centro de salud bajo la supervisión de un Físico Médico.
3. Desarrollar y defender un trabajo de tesis (ver 2.9).
4. En el caso de una extensión excepcional de la maestría por encima de los tres años, el estudiante deberá abonar una matrícula de \$300 por cada nuevo año.

2.9 Tesis

Consistirá en el desarrollo o planificación de métodos o técnicas originales en física médica, o en la aplicación de métodos conocidos a situaciones novedosas dentro de la orientación elegida por el candidato. El plan y el director de tesis deberá ser avalado por el CAP y aprobado por el H CD de la FaMAF

2.10 Beneficios esperados

Satisfacer la necesidad de físicos médicos en servicios de radioterapia, radioprotección, y diagnóstico y de esta manera mejorar la calidad de estas aplicaciones en la medicina y contribuir a la seguridad radiológica en la región.

Proporcionar una salida laboral alternativa.

A mediano plazo se espera sentar las bases de un cuerpo docente estable que garantice el funcionamiento sostenido de esta carrera y además mejorar la organización y los contenidos de la maestría basados en la experiencia que se alcance y en la demanda del medio.

3. ESTRUCTURA INSTITUCIONAL

La facultad de Matemática, Astronomía y Física será responsable de la organización y funcionamiento del postgrado. El gobierno de la maestría estará a cargo de un Consejo Académico Profesional (CAP). El CAP se integrará con cinco miembros titulares y dos suplentes, designados por el Honorable Consejo Directivo de la FaMAF. Los miembros del CAP deberán tener cierta trayectoria en el área de la física médica en general, o en los temas de alguna de las materias de la maestría en particular. Al menos tres de ellos deberán cumplir al momento de la designación funciones relacionadas con algún servicio de física médica de un centro de salud. Los miembros de la Facultad que integren el CAP deberán tener al menos dedicación especial en su actividad académica. El CAP designará, al comenzar su mandato, a uno de sus miembros para constituirse en su Director Ejecutivo. Todas las decisiones del CAP se adoptarán por la mayoría absoluta de sus miembros salvo mención explícita en el reglamento interno. Tanto el CAP como su Director Ejecutivo, durarán tres años en sus funciones renovados parcialmente.

3.1 Funciones del CAP

1. Dictar y modificar el reglamento interno.
2. Proponer y modificar planes y programas de los ciclos lectivos.
3. Aceptar el plan propuesto para pasantías en Centros de Salud (de acuerdo al reglamento interno).
4. Presentar ante el HCD los temas y directores de tesis.
5. Proponer el personal docente afectado al dictado de los cursos y elevar al HCD de la FaMAF propuestas de contratación de personal docente cuando fuere necesario.
6. Aprobar el presupuesto y la rendición de cuentas anuales.
7. Fijar los aranceles de la maestría y decidir sobre las becas y exenciones que oportunamente se solicitaren.
8. Suscribir acuerdos y convenios con entidades privadas y organismos nacionales e internacionales.
9. Gestionar recursos adicionales ante instituciones nacionales e internacionales.
10. Elegir al Director Ejecutivo.

3.2 Funciones del Director Ejecutivo

1. Convocar y presidir las reuniones del CAP.
2. Ser nexo de comunicación entre el CAP y aquellas instituciones con las cuales se mantenga o se desee mantener un convenio o acuerdo y con aquéllas ante las cuales se haya gestionado o se desee gestionar algún tipo de recursos.
3. Ser nexo de comunicación entre el CAP y el HCD de la FaMAF.
4. Ser nexo de comunicación entre el CAP y el personal de la FaMAF afectado a tareas administrativas relacionadas con el funcionamiento de la maestría.
5. Ser nexo de comunicación entre el CAP y el personal docente afectado al dictado de materias de la maestría.
6. Ser co-responsable junto con algún otro miembro del CAP de la administración de los fondos percibidos por aranceles y por cualquier otro concepto.

4. RECURSOS

4.1 Plantel docente

Estará conformado por miembros estables de la FaMAF y por docentes invitados a dictar algunas materias particulares. Los miembros del plantel cumplirán funciones docentes y de dirección de tesis, sin perjuicio de las funciones administrativas y deliberativas en el ámbito del CAP, que podrán conformar. En el Anexo I se dan los contenidos mínimos de los cursos y los posibles docentes que conformarían el plantel estable inicial de la maestría.

4.2 Personal administrativo

El personal administrativo de FaMAF del Departamento de Egresados estará también afectado a la inscripción, cobro de aranceles y demás trámites relacionados con los alumnos de la maestría.

4.3 Recursos físicos

Para el desarrollo de la carrera se prevé la utilización de aulas, laboratorios, gabinetes de computación y biblioteca de la FaMAF. Además para las prácticas se contará con la colaboración de los siguientes Centros de Salud de la ciudad de Córdoba : Centro Médico Privado Dean Funes (Dr. D. Peyrot), Instituto Privado de Radioterapia (Dra. S. Zunino), Hospital San Roque (Dr. M. Ferraris) y Servicio de Diagnóstico por Imágenes del Sanatorio Allende (Dr. A Marangoni y Dr. S. Marchegiani)

4.4 Financiación

Está previsto el uso de recursos económicos provenientes de la Universidad, a través de los cargos docentes del personal involucrado en la carrera, además del arancel que pagará cada alumno para la maestría, cuyo monto podrá ser modificado por el CAP si fuese necesario.

Además de estos recursos se podrán adicionar al presupuesto de cada ciclo lectivo contribuciones provenientes de instituciones gubernamentales, no gubernamentales o privadas, las cuales serán gestionadas oportunamente por el CAP.

5. ÍNDICE DE MATERIAS

1. Física de Radiaciones
 2. Detectores y métodos de Medición
 3. Dosimetría
 4. Radiobiología
 5. Anatomía y Fisiología
 6. Radioprotección
 7. Diagnóstico por imágenes rayos x
 8. Ultrasonido
 9. Resonancia Magnética Nuclear
 10. Medicina Nuclear
 11. Radioterapia
 12. Tesis
- Cursos optativos

ANEXOS

ANEXO I

MATERIAS, CONTENIDOS PRINCIPALES, BIBLIOGRAFÍA Y PROFESORES

1. Física de las Radiaciones

Interacción de Radiación con la materia. Introducción y conceptos generales. Radiaciones ionizantes y no ionizantes. Cantidades empleadas para describir la interacción de la radiación ionizante con la materia. Transformaciones nucleares: Radiactividad, constante de decaimiento, vida media, modos de decaimiento. Radioisótopos mas comúnmente empleados en medicina. Atenuación exponencial. Calidad y producción de Rayos x. Interacción de fotones con la materia. Interacción de partículas con la materia.

Trabajos prácticos (Problemas)

Bibliografía:

- Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, F. Attix (1986).
- The Physics of Radiation Therapy, 2nd. Ed. F. Khan (1994). Anderson
- The Atomic Nucleus, Evans R.D. Mc Graw Hill Book Company

Profesores sugeridos: Dr. Alberto Riveros, Dr. Castellano, Dr. Trincavelli, Dr. G. Stutz. Dr. D. Brusa. (Universidad Nacional de Córdoba)

2. Detectores y Métodos de Medición

Detectores Gaseosos. Detectores de Centelleo. Cámaras de Ionización. Dosímetros integrados Detectores Semiconductores. Dosimetría por termoluminiscencia, otros. Métodos de medición y análisis de resultados. Trabajos practicos (Laboratorios y Problemas).

Bibliografía:

- Radiation Detection and Measurement, G. Knoll (1989).

Profesores sugeridos: Dr. R. Mainardi, Dr. A. Riveros, Dr. G. Stutz (Universidad Nacional de Córdoba).

3. Dosimetría de radiaciones ionizantes

Equipos usados en terapia con radiaciones. Magnitudes y unidades. Fundamentos de dosimetría. Teoría de la cavidad. Equilibrio de partículas cargadas (CPE). Características de los dosímetros empleados en radioterapia. Cámara cilíndrica y cámaras planas. Protocolos de calibración. Trabajos prácticos (Laboratorios y Problemas)

Bibliografía:

- Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, F. Attix (1986).
- The Physics of Radiation Therapy, 2nd. Ed. F. Khan (1994).
- SEFM (Protocolo de la Sociedad Española de Física Médica) 1984.
- OIEA TRS 277 2da. Ed.(1997).
- OIEA TRS 398 (2000).

Profesor sugerido: Contratación de un profesional especializado del exterior (C.E. de Almeida, Brasil) con la colaboración de Lic. G. Vélez, Lic. Mónica Brunetto, Lic. C. Della Bianca (Universidad Nacional de Córdoba), Lic. D. Venencia.

4. Anatomía y Fisiología

Nomenclatura. Posiciones anatómicas. Estructuras, Órganos y Sistemas. Cortes Anatómicos. Anatomía radiológica. Clasificación y Estadíos tumorales.

Bibliografía:

- a sugerir por el profesor

Profesores sugeridos: Dr. Marchegiani o Dr. Marangoni (Servicio de Diagnostico por Imágenes del Sanatorio Allende, Córdoba).

5. Radiobiología (Curso Intensivo o Normal)

Principios básicos. Radiobiología celular. Respuesta de tejidos y órganos a las diferentes radiaciones. Síndrome de radiación aguda . Carcinogénesis. Efectos genéticos. Bases radiobiológicas de la radioterapia. Relaciones Dosis–Tiempo. Fraccionamiento. Modelo Lineal Cuadrático. Trabajos prácticos (Problemas).

Bibliografía: **a sugerir por el profesor**

Profesor sugerido: Contratación de un profesional especializado de CNEA (Bs. As.)

6. Protección Radiológica (Curso Intensivo o Normal)

Introducción, historia, magnitudes y unidades. La protección radiológica y el sistema de limitación de dosis. Sistemas de medida y cuantificación de la radiación. Detectores portátiles usados en protección radiológica. Normativa nacional e internacional en materia de protección radiológica. Métodos de detección y monitoreo. Blindajes. Estadística. Métodos de protección contra la radiación externa. Protección radiológica y control en el trabajo con fuentes abiertas. Desechos radiactivos. Protección radiológica en la práctica médica: Situaciones normales y/o de emergencia. Trabajos prácticos (Problemas).

Bibliografía: a sugerir por el professor

Profesor: Contratación de un profesional especializado de la ARN (Bs. As.)

7. Diagnóstico por imágenes rayos x (Curso Intensivo)

Unidades de Rayos X convencionales y afines: principios básicos de la imagen radiológica obtenida en rayos x (analógica y digital). El cuarto de revelado en el departamento de radiodiagnóstico: El proceso fotográfico y la sensibilidad de las placas. Características del contraste en la película. Unidades de Rayos X con fluoroscopia y cinesfluorografía. Principio físico de la imagen por fluoroscopia. Test de aceptación. Control de calidad. Dosimetría clínica. Unidades de Rayos X para mamografía. Descripción de Unidades. Receptores de imagen. Principios físicos de la xeroradiografía. Riesgos y beneficios de la mamografía. Maniqués y parámetros que intervienen en el control de calidad de mamografías. La dosis en mamografías. Test de aceptación. Control de calidad. Tomografía Computada: Principios físicos de la Tomografía Computada - Conceptos fundamentales -Propiedades. Descripción de unidades y funcionamiento - Distinción de las diferentes generaciones de Tomografía Computada. Componentes de los sistemas de Tomografía Computada. La formación de la imagen en la Tomografía Computada. La fase de obtención de la imagen de Tomografía Computada. Control de calidad. Practicas de laboratorio.

Bibliografía: a sugerir por el professor

Profesor sugerido: Contratación de un profesor especialista en física del diagnóstico por imágenes. (No disponible en Argentina).

8. Ultrasonido

Principios físicos del diagnóstico por Ultrasonido. Naturaleza. Potencia e intensidad acústica. Reflexión acústica. Absorción y atenuación acústica. Transductores en Ultrasonido. Haz de Ultrasonido. Métodos de funcionamiento. Descripción de equipos para Ultrasonido. Efectos biológicos. Maniqués y parámetros que intervienen en el control de calidad en unidades de Ultrasonido.. Trabajos prácticos (Laboratorios y Problemas)

Bibliografía: a sugerir por el profesor

Profesor: Contratación de un profesor especialista en imágenes por ultrasonido de Argentina o del exterior.

9. Resonancia Magnética Nuclear

Principios físicos. Propiedades magnéticas de la materia. Adquisición de imágenes y reconstrucción. Espectroscopía. Instrumentación. Protección. Efectos biológicos. Aplicaciones clínicas. Garantía de Calidad. Trabajos prácticos (Laboratorios y Problemas).

Bibliografía: a sugerir por el profesor

Profesor sugerido: Dr. Clemar Schurrer. (Universidad Nacional de Córdoba)

10. Medicina Nuclear

Principios físicos. Producción de radionuclidos. Marcaje de fármacos. Adquisición de imágenes y reconstrucción. Instrumentación. Sistemas estáticos y dinámicos SPECT, PET. Aplicaciones clínicas. Terapia metabólica. Dosimetría interna. Garantía de Calidad. Trabajos prácticos (Laboratorios y Problemas).

Bibliografía: a sugerir por el professor

Profesor sugerido: Lic. Mariana Cabrejas (CNEA, Bs As).

11. Radioterapia

Parte I:

Equipos de Teleterapia: rayos x de baja y media energía, Co-60, aceleradores. Características de haces de fotones y electrones (distribuciones sobre el eje y fuera del eje del haz). Calibración de haces de fotones y electrones. Pruebas de aceptación y puesta en servicio del equipamiento. Planificación de tratamientos con haces externos. Braquiterapia: Fuentes, características, calibración, uso clínico. Planificación. Sistemas computarizados de planificación. Trabajos prácticos (Laboratorios y Problemas)

Bibliografía:

The Physics of Radiation Therapy, 2nd. Ed. F. Khan (1994)

Radiotherapy Physics, Williams and Thwaites. Eds

Profesor sugerido: Lic. G. Velez, Lic. M. Brunetto, Lic. C. Della Bianca (Universidad Nacional de Córdoba), Lic. D. Venencia

Parte II:

Técnicas especiales en radioterapia. Colimadores asimétricos, cuñas dinámicas. Terapia conformacional, Irradiación total de piel, Irradiación corporal total, radiocirugía y radioterapia estereotáxica. Intensidad

modulada, planificación inversa. Garantía de Calidad . Métodos de verificación del tratamiento. Dosimetría in vivo. Trabajos prácticos (Laboratorios y Problemas).

Bibliografía:

IAEA TECDOC 1151

Profesor sugerido: Lic. D. Venencia, Lic. C. Della Bianca, Lic. Sansogne, Lic. G. Velez, Lic. Brunetto

12. Tesis**Cursos optativos**

a) Simulación Monte Carlo (aplicado a diagnóstico, radioterapia, protección radiológica)

Prof. sugerido: Dr. E. Acosta, Dr. G. Castellano, Dr. Brusa, Dr. Bonzi (Universidad Nacional de Córdoba).

b) Elementos de estadística aplicados a la medicina.

Prof. sugerido: Dra. L. Orellana Universidad Nacional de Bs As), M.S. Casilda Rupérez Universidad nacional de Córdoba.

c) Electrónica aplicado a instrumental médico, funcionamiento y calibración.

Prof. sugerido: Ing Carlos Marqués (Universidad Nacional de Córdoba)

d) Ética médica

e) Humanismo de la ciencia

ANEXO II

TEMARIO EXAMEN DE ADMISIÓN EN LA MESTRÍA DE FÍSICA MÉDICA

1. MATEMÁTICAS GENERALES:

- 1.1. Cálculo diferencial e integral en varias variables.
- 1.2. Álgebra Lineal y problemas de autovalores.
- 1.3. Ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales.
- 1.4. Variable Compleja, transformadas integrales y series de Fourier.

2. MECÁNICA A NIVEL ELEMENTAL E INTERMEDIO:

- 2.1. Cinemática en una, dos y tres dimensiones.
- 2.2. Dinámica: Leyes de Newton.
- 2.3. Trabajo y energía. Conservación de energía. Fuerzas derivables de un potencial. Fricción.
- 2.4. Conservación de cantidad de movimiento lineal. Impulso mecánico.
- 2.5. Conservación de cantidad de movimiento angular y torque.
- 2.6. Sistemas en equilibrio.
- 2.7. Cuerpos rígidos.
- 2.8. Oscilador armónico.

3. ELECTROMAGNETISMO:

- 3.1. Noción de carga eléctrica. Conservación y cuantización de la carga eléctrica. Ley de Coulomb.
- 3.2. Campo eléctrico y potencial eléctrico.
- 3.3. Conceptos de gradiente, divergencia y rotacional.
- 3.4. Teorema de Gauss en forma diferencial y en forma integral. Flujo de campo eléctrico. Ecuaciones de Laplace y Poisson.
- 3.5. Rotacional de un campo y campos conservativos.
- 3.6. Noción de corriente eléctrica. Ecuación de la continuidad y Conservación de la carga eléctrica.
- 3.7. Circuitos eléctricos y concepto de resistencia. Método de resolución de circuitos por el método de mallas y el método de nodos.
- 3.8. Campos eléctricos en movimiento y relatividad. Campo de inducción magnética. Ley de Faraday.
- 3.9. Divergencia del campo de inducción magnética y monopolos.
- 3.10. Ley de Ampère. Rotacional del campo de inducción magnética y corrientes.
- 3.11. Corriente de desplazamiento y modificación de las ecuaciones de Maxwell.
- 3.12. Inducción electromagnética y concepto de inductancia.
- 3.14. Ondas electromagnéticas.
- 3.15. Campo electromagnético en medios materiales.

4. ONDAS Y ÓPTICA:

- 4.1. Modos normales en sistemas de varios grados de libertad.
- 4.2. Relaciones de dispersión.
- 4.3. Comportamiento resonante.
- 4.4. Acoplamiento entre medios con diferentes características. Reflexión y transmisión.
- 4.5. Difracción e interferencia.

5. ELECTRÓNICA Y CIRCUITOS:

- 5.1. Teoremas de la teoría de circuitos: Superposición, Thevenin, Norton y máxima transferencia de potencia
- 5.2. Respuesta de frecuencia y filtros.
- 5.3. Diodos, transistores y transistores de efecto de campo.
- 5.4. Amplificadores operacionales.
- 5.5. Electrónica digital.
- 5.6. Klystron y generación de microondas.

6. FÍSICA ESTADÍSTICA.

- 6.1. Concepto de probabilidad.
- 6.2. Concepto de Ensemble: Microcanónico, Canónico y Gran Canónico. Equilibrio térmico. Ley cero y primera ley de la termodinámica.
- 6.3. Entropía y cantidad de información en un sistema físico. Estados accesibles. Segunda ley de la termodinámica. Tercera ley de la termodinámica.
- 6.4. Distribuciones de probabilidad. Teorema del límite central.
- 6.5. Gases ideales. Ciclo de Carnot. Maquinas ideales y sus eficiencia. Estadística de Fermi-Dirac y Bose-Einstein.
- 6.6. Teoría de transporte: calor, masa y cantidad de movimiento. Leyes de conservación y ecuación de la continuidad. Concepto de conductividad térmica, coeficiente de ARCAL L: Maestría Regional Física Médica difusión y viscosidad.

7. FÍSICA CUÁNTICA.

- 7.1. Postulados esenciales de la teoría cuántica. Función de onda y su significado.
- 7.2. Soporte experimental de la teoría cuántica.
- 7.3. Ecuación de Schroedinger y su solución para sistemas sencillos.
- 7.4. El átomo de hidrogeno.
- 7.5. Elementos de teoría de dispersión.

8. FÍSICA ATÓMICA Y NUCLEAR BÁSICA:

- 8.1. Interacción de radiación con núcleos y átomos. Reglas de selección. Transiciones nucleares, atómicas y moleculares. Espectroscopia. Momentos magnéticos, resonancia magnética nuclear y paramagnética electrónica.
- 8.2. Efecto fotoeléctrico, Compton y formación de pares. Producción de rayos-x.
- 8.3. Experimento de Rutherford, Tamaño del núcleo y del átomo, factores de forma nucleares y atómicos. Información obtenida por dispersión de electrones.
- 8.4. Estabilidad y excitación de sistemas atómicos y nucleares. Formula de masas para los núcleos. Radiación alfa, beta, gamma y neutrones. Desintegración radioactiva. Equilibrio secular. Series radioactivas.
- 8.5. Modelo de capas para el átomo y el núcleo. Éxitos y limitaciones del modelo de capas. Modelos colectivos nucleares y modelos híbridos.
- 8.6. Fusión y fisión nuclear. Principios básicos de funcionamiento de los reactores de fisión y fusión.
- 8.7. Principios básicos de funcionamiento de los aceleradores de partículas.

Alberto Riveros, Fac. Matematica, Astronomia y Fisica, Universidad Nacional de Cordoba, (5000) Cordoba – ARGENTINA, E-mail: beto@quechua.fis.uncor.edu, beto@famaf.unc.edu.ar, Fax: +54 351 433-4054, Tel: +54 351 433-4051 (Facultad), +54 351 481-6455 (Particular)

PROGRAMA DE MAESTRIA EN FISICA MEDICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

La Maestría en Física Médica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (FCEyN-UBA) es una carrera de postgrado con una duración estimada de 2 años.

Fue creada en 1995 con la finalidad de modelar un perfil de profesional que resolviera las necesidades que la compleja tecnología ha creado dentro de las ciencias médicas y biológicas y para generar en el país un área de docencia e investigación interdisciplinarias con el respaldo del prestigio de la Universidad de Buenos Aires.

El modelo seguido se corresponde con los más avanzados del mundo respecto a la educación en este área, y ha contado para su organización con el apoyo prestado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

Tal como ha quedado establecido en numerosos foros internacionales, alcanzar el grado de *Especialista en Física Médica* requiere de una formación de posgrado más un adecuado entrenamiento especializado ("Training of Medical Physicists", Radioprotection, Vol 35, C1, pp. 55 – 58, Jan 2000-)

En este sentido resulta importante enfatizar que la formación universitaria impartida en carreras de grado con contenidos interdisciplinarios resulta insuficiente para la formación de especialistas por cuanto la curricula de dichas carreras tiene una amplitud que no permite una formación intensiva. sino que a nuestro criterio se trata en su mayoría de carreras **informativas más que formativas** que no dan como producto profesionales autónomos.

Continuando con esta filosofía la Universidad de Buenos Aires a través de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales ha implementado la formación de Físicos Médicos a nivel de Magister, respondiendo a necesidades nacionales y a una manifiesta vacancia en la formación integral de estos profesionales, que sólo puede ser impartida desde una entidad académica.

A su vez teniendo en cuenta el rápido desarrollo de la tecnología médica y la necesidad de acercar a los alumnos a la misma, el Master ha establecido un convenio con la Fundación de Lucha contra las Enfermedades Neurológicas de la Infancia, Fundación Dr. Raúl Carrea-FLENI (Res. Consejo Directivo N° 465.772 del 10/12 2001) y con la Comisión Nacional de Energía Atómica para que los alumnos realicen sus prácticas con equipamientos de última generación.

Adaptación del curso para lograr una mínima permanencia de los alumnos fuera de su país de origen.

Sobre el dictado del curso

Duración: 18 meses (divididos en 4 cuatrimestres) por orientación

Horas presenciales: 35 horas semanales

Comienzo del curso (*puede modificarse*): mes de febrero

Requisitos a cumplir por los alumnos: graduados en física, química, biología, ingeniería o disciplinas afines de duración no menor a cuatro años.

Examen de admisión: éste será enviado desde la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, sede de la Maestría y será cumplimentado por los alumnos en su país de origen.

Materias Obligatorias:

Anatomía especial

Fisiología especial

Elementos de computación

Bioestadística

Física en medicina y biología

Materias de la Orientación: Física de la Radioterapia

Física de las Radiaciones

Radioprotección

Física de la Radioterapia

Radiobiología y dosimetría

Seminarios y Talleres de apoyo a la tesis

Laboratorio especializado

Tesis de maestría

Materias de la Orientación: Físico Especialista en Medicina Nuclear

Física de las Radiaciones

Radioprotección

Física en Medicina Nuclear

Radiobiología y dosimetría

Técnicas en Radioquímica y Radiofarmacia

Seminarios y Talleres de apoyo a la tesis

Laboratorio especializado

Tesis de maestría

Otras orientaciones posibles (dada la oferta de materias existente en el Master)

Especialista en Control de Calidad de equipamiento médico

Especialista en Imágenes médicas

Especialista en Física de la Resonancia Magnética

Las materias se cursarán en los tres primeros cuatrimestres y el último será dedicado al laboratorio especializado (horas de práctica en la respectiva especialidad bajo la supervisión de tutores) y a la redacción y presentación de la tesis que será dirigida por un profesor de la Maestría.

Para las orientaciones en Física de la Radioterapia y Física en Medicina Nuclear puede optarse por un módulo adicional de un cuatrimestre, que permita a los alumnos completar las horas de práctica necesarias para lograr los permisos individuales en sus respectivos países.

Lugar de trabajo

Las materias se cursarán en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y en la Facultad de Medicina ambas dependientes de la Universidad de Buenos Aires y en FLENI.

Costo del curso:

Este curso se ha diseñado para ser impartido en forma intensiva. A la planta docente deberemos agregar personal de secretaría, para atención permanente de los becarios: El costo calculado será de U\$S 2500 por alumno.

Este costo está dividido en una matrícula de U\$S 500 que será abonada al confirmarse de inscripción del alumno y U\$S 2000, que podrán ser abonados al comienzo del curso o cuotificado en forma mensual o bimensual.

El costo adicional del envío de los exámenes de admisión, deberá ser cubierto oportunamente por el OIEA.

El costo del módulo de prácticas adicionales es de U\$S 500.

Lo que sigue es el reglamento de la Maestría en Física Médica aprobado por resolución del Consejo Superior de la Universidad de Buenos Aires N° 1941/95 y modificado por la resolución N° 12473/99.

REGLAMENTO DE LA MAESTRIA EN FISICA MEDICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA UBA

ARTICULO 1: El Director de la Maestría en Física Médica será designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales a propuesta del Decano y del Secretario Académico.

ARTICULO 2: La Maestría en Física Médica será coordinada por un Comité Asesor de la Maestría en Física Médica constituido por cuatro miembros titulares y dos suplentes, que sean profesores universitarios y/o investigadores del área de reconocida jerarquía, aún cuando no pertenezcan a esta Facultad. Dichos miembros serán designados por el Consejo Directivo a propuesta del Secretario Académico y el Director de la Maestría.

ARTICULO 3: El Comité Asesor de la Maestría en Física Médica tendrá a su cargo las siguientes funciones:

- I. Evaluar los antecedentes de los aspirantes.
- II. Proponer al Consejo Directivo de la Facultad:
 - A. La aceptación o rechazo, con dictamen fundado, de los aspirantes y los requisitos a cumplimentar en los casos que considere pertinente.
 - B. La aprobación de los programas analíticos de las materias, seminarios y talleres.
 - C. Las modificaciones del Plan de estudios de la Maestría.
 - D. La designación de los docentes de las materias, seminarios y talleres de la Maestría.
 - E. La designación de Director y Co Director de Tesis.
 - F. Los Planes de Tesis de la Maestría.
 - G. Los Jurados de Tesis de la Maestría.
 - H. Proponer el monto de la matrícula y el arancel de cada asignatura, taller o seminario que se dicten en el marco de esta Maestría.
- III. Llevar adelante gestiones conducentes a la obtención de financiamiento de la Maestría y al otorgamiento de becas a los maestrandos.
- IV. Determinar el número máximo y mínimo de alumnos que serán admitidos anualmente.
- V. Determinar las condiciones de regularidad de los maestrandos.
- VI. Supervisar el cumplimiento de los Planes de Tesis.
- VII. Decidir la equivalencia de materias cursadas previamente por los maestrandos en otros planes, con materias del plan de estudios de la Maestría en Física Médica.

ARTICULO 4: El título otorgado será el de Magister de la UBA en el área de Física Médica y tendrá valor exclusivamente académico.

ARTICULO 5: Podrán ingresar a la Maestría en Física Médica:

- 1) Los graduados de la Universidad de Buenos Aires, con títulos de grado correspondientes a las carreras de: Física, Medicina, Química, Bioquímica, Farmacia, Biología e Ingeniería y los graduados de otras Universidades argentinas o extranjeras, con títulos equivalentes.
- 2) Los graduados de carreras de duración menor a cuatro años deberán presentar sus antecedentes al Comité Asesor de la Maestría en Física Médica, que determinará las materias de nivelación que el aspirante deberá aprobar antes de su ingreso a la maestría. Las materias de nivelación podrán ser seleccionadas entre los cursos regulares que se cursan en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales u otros preparados *ad-hoc*.

3) Aquellas personas que cuenten con antecedentes de investigación o profesionales relevantes, podrán ser admitidos para ingresar a la maestría con la recomendación del Comité Asesor de la Maestría en Física Médica y la aprobación del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

4) Los aspirantes deberán acreditar conocimiento de idioma inglés, matemática aplicada a nivel de análisis matemático y sistemas de ecuaciones diferenciales y física moderna.

PLAN CURRICULAR

La maestría está conformada por dos ciclos:

Ciclo Obligatorio : TRESCIENTAS CINCUENTA Y DOS (352) horas de clases teóricas y CIENTO SESENTA (160) de seminarios y talleres de apoyo.

Ciclo de Especialización : DOSCIENTAS OCHENTA Y OCHO (288) horas de materias optativas que el maestrando podrá seleccionar de acuerdo a su orientación entre las ofrecidas por la curricula de la Maestría.

Presentación y Defensa de la Tesis de Maestría

I) Ciclo Obligatorio:

Materias Teóricas Obligatorias

<u>Código</u>	<u>Materia</u>	S	T	P	C
FM 01	Anatomía Especial	16	4	2	6
FM 02	Fisiología Especial	16	4	2	6
FM 03	Elementos de Computación	8	2	2	2
FM 04	Bioestadística	8	2	2	2
FM 05	Física en Medicina y Biología	16	4	2	6

Seminarios y Talleres de Apoyo para la preparación de la Tesis

Seminarios 8 4 0 2

Tendrán como objetivo proporcionar una visión de tópicos actuales relacionados a la Física Médica. Los estudiantes asistirán a seminarios sobre los temas de investigación relacionados con su Tesis, presentados por investigadores invitados.

Laboratorio Especializado

16 0 8 8

Tendrá como objetivo el entrenamiento del maestrando en los temas de su Ciclo de Especialización y la preparación de su Tesis. Será realizado en laboratorios y centros de salud, todo lo cual permitirá que el maestrando adquiera experiencia en su campo de trabajo relacionándose con los aspectos físicos y humanos de sus tareas futuras.

II) Ciclo de Especialización

FM 06	Electrónica I: Aplicada	16	2	4	6
FM 07	Electrónica II: Instrumentación	16	2	4	6
FM 08	Física de las Radiaciones	16	4	2	6
FM 09	Radioprotección	16	2	4	6
FM 10	Análisis de Señales	16	4	2	6
FM 11	Física en Radioterapia	16	3	3	6
FM 12	Física en Medicina Nuclear	16	3	3	6
FM 13	Física en Radiodiagnóstico	16	3	3	6
FM 14	Tópicos Avanzados en Radiación no Ionizante	16	3	3	6
FM 15	Radiobiología y Dosimetría	16	3	3	6
FM 16	Técnicas en Radioquímica y Radiofarmacia	8	3	3	3
FM 17	Imágenes Tomográficas en Medicina	16	4	2	6

S: Número de semanas

T: Horas de clases teóricas / semana

P: Horas de clases prácticas / semana

C: Número de créditos (cada crédito corresponde a 16 horas)

CONTENIDOS MINIMOS DE LAS MATERIAS**Anatomía Especial**

Objetivo: Proporcionar a los alumnos una base de conocimientos de Anatomía Topográfica del ser humano, que le serán necesarios para una adecuada comprensión de los numerosos aspectos de la Física Médica.

Programa

- Planimetría.
- Cabeza ósea.
- Raquis, dorso y nuca.
- Cintura escapular.
- Antebrazo y mano.
- Cintura pelviana y muslo.
- Rodilla, pierna y pie.
- Cara y cuello.
- Tronco: Tórax óseo. Mama. Aparato respiratorio. Aparato circulatorio. Mediastino.
- Abdomen: Hígado y vías biliares. Estómago. Bazo. Peritoneo. Páncreas. Intestino.
- Retroperitoneo. Plexo lumbar. Riñones. Vejiga. Conducto anorrectal.
- Aparato genital y periné.
- Sistema nervioso central.
- Sentidos.

Fisiología Especial

Objetivo: Proporcionar a los alumnos, una base de conocimientos de fisiología humana que les serán necesarios para la comprensión adecuada de muchos aspectos de la Física Médica.

Programa:

- Organización funcional y control del medio interno. Ingeniería músculo esquelética.
- Introducción a la interfase materia viviente / materia inerte: sangre, inmunidad, coagulación.
- Transporte de los medios orgánicos. La circulación.
- Los intercambios gaseosos: la respiración.
- La eliminación de los desechos del metabolismo: los fluidos orgánicos y el riñón.
- La absorción: el aparato digestivo.
- Las funciones de integración: el sistema nervioso central.
- Detectores especializados: los órganos de los sentidos.
- La integración química: fisiología endocrinológica.

Elementos de Computación

Objetivo: Lograr que los alumnos adquieran una noción básica de los sistemas de computación existentes y sus particularidades. Manejo de los sistemas operativos más comunes y conceptos de aplicaciones bajo sistemas operativos. Lenguajes de programación y decisión del tipo de lenguaje de acuerdo al objetivo.

Como aplicación orientada se completará el curso con una serie de conceptos generales sobre procesamiento de imágenes.

Programa

COMPUTACIÓN – Parte I : LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN: FORTRAN 77

Computadoras: Nociones de software y hardware. Lenguajes de computación. Fortran 77. Compilación y ejecución. Dispositivos Input/Output. Aproximación a la resolución de problemas. Programación estructurada.

Computación aritmética: Constantes y variables. Valores numéricos. Declaración de variables. Sentencias INTEGER, REAL, COMPLEX, LOGICAL, CARÁCTER. Calculo aritmético. Truncación y modo mixto. Funciones intrínsecas.

Input – Output: Listado – salida directa, sentencia WRITE. Completadores de programa. Listado – entrada directa, sentencia READ. Sentencia FORMAT. Data files: sentencia OPEN, CLOSE.

Estructuras de control: Operaciones lógicas. Sentencias IF-THEN-ENDIF, diagramas de flujo. Sentencias IF-THEN-ELSE-ENDIF, diagrama de flujo. Sentencias IF-THEN-ELSIF-ENDIF, diagrama de flujo. Sentencia WHILE LOOP. Otros controladores: GOTO–CONTINUE, reglas.

DO-Loop: Loop de iteración. Sentencia DO-ENDDO. Estructura del DO-Loop. Ejecución del DO-Loop.

Arreglos: Almacenamiento e inicialización de arreglos unidimensionales. Sentencia DIMENSION. Sentencia DATA. Sentencia PARAMETER. Input/Output de arreglos unidimensionales. Almacenamiento e inicialización de arreglos bidimensionales. Input/Output de arreglos bidimensionales. Arreglos multidimensional

Subprogramas: Programación estructurada. Funciones intrínsecas o de librería. Subprograma FUNCTION. Reglas para escribir subprogramas functions. Sentencia RETURN. Función sentencia aritmética. Subprograma SUBROUTINE. Sentencia CALL. Escritura de subprogramas subroutines. Sentencia COMMON.

COMPUTACIÓN – Parte II : REDES, CONECTIVIDAD, UNIX e INTERNET

Objetivos a lograr El objetivo de estas reuniones es que, una vez completadas, los participantes comprendan y puedan aplicar los conceptos asociados al uso de redes de computadoras, al uso de todas las herramientas que ofrece la Internet hoy y al uso básico del sistema operativo UNIX. Aunque el enfoque es esencialmente práctico e instrumental, se darán los conceptos asociados a cada tema para que cada acción esté respaldada por una noción sólida de lo que se está haciendo en la práctica.

INTERNET. Conceptos básicos: idea de nodo de una red, servidor de red (de archivos, de impresión, de discos, de comunicaciones, etc) cliente de red. Funcionamiento de una red: noción de niveles OSI, protocolos de red (IPX/SPX, NetBeui , AppleTalk y TCP/IP). Ejemplo de funcionamiento en la red de máquinas Windows del IC.

Noción de red entre pares (peer to peer), cliente/servidor, redes más "estáticas": mainframes. E-mail . Configuración y uso de programas de correo electrónico más usados: envío y recepción de mensajes

WWW. HTML (HyperText Markup Language). búsquedas booleanas. Significado de los dominios terminados en .com, .com.ar, .edu, .edu.ar, .org, .net. Noción de protocolos web: http, https, etc. VRML (Virtual Reality Markup Language), java, asp, shockwave. Newsgroups. Uso y configuración de programas para leer NewsGroups.

Protocolos de Uso: FTP, Telnet, Wais, etc

UNIX. Introducción. Comandos básicos. Archivos. Operaciones con archivos
Direccionamiento de entrada y salida (I/O) . Ayuda "en línea" del sistema operativo UNIX : uso de las páginas man .Algunos comandos más entretenidos que solo tienen sentido en sistemas multiusuario:

Bioestadística

Objetivo: Curso de aplicación de los métodos estadísticos a problemas de Medicina y Fisiología. Capacitar al estudiante para proponer diseños de estudio aptos para verificar hipótesis, reconocer las variables críticas para el análisis, seleccionar los métodos apropiados para evaluar el problema, analizar en un ámbito multidisciplinario los resultados.

Programa:

- Revisión de principios básicos
- Descripción de datos
- Distribuciones de probabilidad
- Teoría de muestreo
- Métodos de correlación y regresión
- Pruebas de inferencia estadística
- Métodos paramétricos
- Métodos no paramétricos
- Pruebas multigrupales
- Regresión lineal de múltiples variables
- Modelos logísticos
- Tablas de sobrevida
- Análisis de mediciones seriadas
- Diseño de estudios clínicos
- Tamaño de muestra
- Técnicas de meta-análisis

Física en Medicina y Biología

Objetivo: El objetivo principal de esta materia es mostrar a los alumnos las aplicaciones de los principios físicos a tópicos de las áreas biológicas.

Programa:

- Mecánica y su aplicación en Ciencias Biológicas
- Análisis de las variables fisiológicas
- Energía, trabajo y potencia en el cuerpo humano. Sistemas de control de la temperatura
- Biomembranas, fisicoquímica de los fluidos orgánicos
- Bioelectricidad
- Biofísica de los diferentes sistemas
- Biofísica de los sentidos
- Átomos y Luz (termografía, radiación ultravioleta)
- Usos médicos de la radiación

Electrónica I - Aplicada

Objetivo: Brindar a los alumnos los conocimientos básicos sobre el principio de funcionamiento de las unidades funcionales de uso más frecuente en los equipos electrónicos.

Programa:

- Componentes electrónicos pasivos. Componentes activos: diodos transistores, circuitos integrados.
- Amplificadores: Amplificadores operacionales. Realimentación negativa y positiva.
- Fuentes de alimentación. Fuentes reguladas.
- Circuitos lógicos combinacionales y secuenciales.
- Conversión analógica/digital y viceversa.
- Interfases.

Electrónica II - Instrumentación

Objetivo: Proporcionar a los alumnos un enfoque sistémico de los instrumentos electrónicos, aspectos prácticos de su utilización y ejemplos de su empleo en un ambiente hospitalario.

Programa:

- La instrumentación como sistema. Medición, actuación y control. Uso de computadoras dedicadas.
- Ruidos e interferencias en instrumentos. Puesta a tierra.
- Efectos biológicos de la electricidad. La seguridad del paciente.

- Algunos ejemplos de instrumental electrónico en diagnóstico y tratamiento, prótesis, cirugía y control.
- Electrónica de equipamiento específico (según área de especialización del alumno)
- Control de calidad del equipamiento referido en el punto anterior.

Física de las Radiaciones

Objetivo: Utilizar los conceptos físicos fundamentales para explicar los fenómenos producidos por las interacciones de la radiación ionizante con la materia.

Programa:

- Elementos de radiactividad
- Interacción de la radiación con la materia.
- Magnitudes que describen la interacción de la radiación con la materia.
- Radiación ionizante. Rayos X. Radiación fotónica. Partículas cargadas y neutrones.
- Medición de la radiación : Instrumentación y técnicas.
- Dosimetría. Determinación de la dosis absorbida.
- Equipos generadores de radiación.

Radioprotección

Objetivo: Proporcionar a los estudiantes una visión de los problemas referentes a los efectos de la radiación en general con énfasis en el área de la salud, capacitándolos para utilizar los conceptos básicos de radioprotección y dosimetría.

Programa:

- Introducción.
- Magnitudes físicas y unidades de las radiaciones.
- Detección y medidas de las radiaciones.
- Calibración de detectores y dosímetros clínicos.
- Cálculo de dosis por irradiación externa y por contaminación interna.
- Sistema de protección radiológica.
- Cálculo de blindajes.
- Vigilancia radiológica individual y de áreas
- Residuos radiactivos.
- Protección de los pacientes, trabajadores y público.
- Emergencias radiológicas
- Legislaciones. Análisis de normativa nacional e internacional.
- Temas de actualización

▪ **Análisis de Señales**

Objetivo: Proporcionar a los alumnos los conceptos y las herramientas matemáticas necesarias para el análisis de registros (señales) biológicos.

Programa:

- Series temporales: registros, elección de tiempo de muestreo Estacionalidad débil y estricta. Criterios.
- Valores estadísticos significativos.
- Transformada de Fourier. Distintos tipos de ventanas. Aliasing. Limitaciones.
- Método de máxima entropía. Limitaciones y aplicaciones.
- Análisis temporal y frecuencial. Transformada de Gabor. Elección de la ventana.
- Transformada Wavelet. Continua. Discreta. Sin decimación.
- Generalización de los métodos anteriores para registros de tiempo de muestreo variable.
- Ruido: definición y clasificación. Filtros lineales y no lineales, Filtros Wavelet.
- Modelos autorregresivos, lineales y no lineales.
- Teoría de sistemas dinámicos no lineales y su aplicación a las series temporales. Cuantificadores métricos. Dimensiones Generalizadas. Exponentes de Lyapunov.

Física en Radioterapia

Objetivo: Utilizar los conceptos básicos relacionados a la interacción de la radiación con la materia para planear tratamientos con haces simples o combinados y considerando la radiación dispersa.

Programa:

- Conceptos básicos.
- Equipos y fuentes para radioterapia
- Eficacia relativa de diferentes energías de radiación.
- Distribución de dosis absorbida. Sistemas de cálculo dosimétrico
- Adquisición de datos del paciente. Localización de tumores. Simulación. Corrección de inhomogeneidades
- Planificación de tratamiento: Distribución de isodosis.
- Planificación de tratamiento utilizando combinación de haces. Conformación del campo. Planeamiento 3-D.
- Braquiterapia. Técnicas de implante e intracavitarias. Braquiterapia endovascular.
- Protección radiológica.
- Protocolos de garantía de calidad en radioterapia

Física en Medicina Nuclear

Objetivo: Presentar los principios físicos de radioisótopos utilizados en Medicina y Biología así como las técnicas utilizadas en los protocolos clínicos de Medicina Nuclear.

Programa:

- Radionucleidos usados en Medicina y sus características.
- Métodos de producción y marcación.
- Técnicas de diagnóstico y terapia.
- Detección de la radiación. Colimadores, diseño y aplicaciones.
- Estudios estáticos y dinámicos.
- Formación de la imagen.
- Adquisición y procesamiento de imágenes.
- Aplicaciones clínicas de técnicas de radionucleídos
- Tomografía por emisión : SPECT y PET.
- Radioprotección.
- Control de Calidad.

Física en Radiodiagnóstico

Objetivo: Se propone ofrecer los fundamentos básicos referentes a la generación de rayos X y producción de imágenes radiológicas proporcionando al estudiante el conocimiento de la instrumentación utilizada así como los procesos fundamentales para la optimización de los diagnósticos.

Programa:

- Producción de Rayos X.
- Tubos de Rayos X.
- Generadores.
- Factores que afectan la calidad y cantidad de Rayos X.
- Receptores de imagen: películas, pantallas intensificadoras.
- Parámetros característicos: contraste, resolución, etc.
- Rejillas antidifusoras.
- Intensificadores de imagen y sistema de detección electrónica.
- Optimización de sistemas de imágenes.
- Estudios dinámicos y cineradiografía.
- Imagen digital.
- Tomografía computarizada.
- Métodos electrostáticos de formación de imagen.
- Mamografía.
- Angiografía.
- Sistemas de imagen digital.

- Radiología odontológica.
- Control de Calidad.
- Protección radiológica.
- Recomendaciones internacionales y Normas nacionales.

Tópicos Avanzados en Radiación no Ionizante

Objetivo: Transmitir y discutir conocimientos recientes en diversas áreas de interés de la Física Médica en el campo de las radiaciones no ionizantes.

Programa:

Se presenta un listado de tópicos de interés. Cada uno de ellos representa una materia que será dictada en función de la disponibilidad de especialistas en cada tema. Si la demanda de un tema en particular así lo exige podrán ser invitados profesores o expertos extranjeros.

- I) Ultrasonido
 - Conceptos fundamentales.
 - Ondas mecánicas.
 - Producción y detección.
 - Absorción, atenuación y dispersión en medios materiales.
 - Método de ecografía.
 - Efecto Doppler.
 - Efectos biológicos.
 - Aplicaciones clínicas.

- II) Simulación computacional
 - Computadoras y lenguajes.
 - Métodos numéricos y soluciones de ecuaciones.
 - Estrategias de simulación: Métodos de Monte Carlo y Dinámica Molecular.
 - Aplicaciones:
 - Análisis compartimental.
 - Mecánica del sistema cardiovascular.
 - Presión arterial.
 - Potencial de acción del axón.
 - Potencial de acción cardíaco.

- III) Luz y sus aplicaciones en Medicina
 - Laser.
 - Transiluminación.
 - Fibras ópticas y endoscopía.
 - Radiación ultravioleta.
 - Fototerapia.
 - Efectos biológicos de la radiación sobre el tejido. Límites de exposición y métodos de protección.

- IV) Biomagnetismo
 - Magnitudes. Aspectos instrumentales.
 - Detectores de campo magnético.
 - Modelos matemáticos: el problema inverso.
 - Corrientes de acción y campos producidos por órganos aislados.
 - Estudios cardíacos.
 - Estudios cerebrales.
 - Biosusceptometría.

- V) Resonancia Magnética Nuclear
 - El Spin Nuclear.
 - Factores que afectan la señal NMR.
 - El medio biofísico.
 - Obtención de información espacial.
 - Secuencias de pulsos en MRI.
 - RM funcional
 - Espectrometría por RM
 - Fusión de imágenes

Radiobiología y Dosimetría

Objetivo: El contenido de esta materia permite al estudiante la adquisición de conocimientos básicos de los efectos de las radiaciones sobre diferentes órganos, tejidos, células cromosomas y genes así como la recuperación de estos tejidos.

Programa:

- Efecto de las radiaciones sobre los sistemas biológicos.
- Efectos estocásticos y determinísticos de las radiaciones ionizantes.
- Concepto de detrimento.
- Concepto de dosis efectiva.
- Radioprotectores químicos y biológicos.
- Técnicas de radioprotección.
- Radiobiología aplicada.
- Temas de actualización.

Técnicas en Radioquímica y Radiofarmacia

Objetivo: Dar a conocer las distintas técnicas empleadas en un laboratorio de radioquímica y radiofarmacia, así como el manejo de radioisótopos empleados en Medicina Nuclear y las técnicas de medición relacionadas.

Programa:

- Operaciones radioquímicas. Manejo de sustancias radioactivas.
- Normas de seguridad en un laboratorio de Radioquímica.
- Marcado de moléculas y preparación de radiofarmacos.
- Producción y empleo de radioisótopos en Medicina Nuclear.
- Criterios de selección de radioisotopos y radiofármacos.
- Identificación y determinación de radionucleídos.
- Instrumentación relacionada.

Imágenes Tomográficas en Medicina

Objetivo: enseñar los aspectos y técnicas del procesamiento de imágenes de tomografía computarizada y sus algoritmos de reconstrucción para diferentes dominios.

Programa:

- Conceptos fundamentales.
- Aspectos matemáticos y estadísticos de la formación de la imagen.
- Fundamentos de procesamiento de señales.
- Filtros.
- Algoritmos de reconstrucción para haces paralelos y divergentes :
 - a) Retroproyección filtrada.
 - b) Convolución de la retroproyección filtrada.
 - c) Método de máxima entropía.
 - d) Método de la Transformada de Fourier.
- Algoritmos de implementación (digitalización).
- Parámetros de la imagen: resolución, señal/ruido.
- Artificios de reconstrucción.
- Corrección de las Imágenes por atenuación y radiación dispersa.
- Reconstrucción 3D.

TESIS DE MAESTRÍA

Una vez finalizado el Ciclo Obligatorio (dos cuatrimestres), el maestrando deberá proponer al Comité Asesor de la Maestría, el Director de Tesis de Maestría.

El Director de Tesis deberá ser un investigador de sólida formación y acreditada idoneidad en el área correspondiente. A la propuesta de su designación, se deberá adjuntar el *curriculum vitae* del Director de Tesis y éste deberá manifestar fehacientemente su conformidad con dicha proposición.

Serán funciones del Director de Tesis:

- a) Orientar y supervisar el Plan de Tesis de la Maestría.
- b) Atender y supervisar en forma permanente el trabajo de investigación del maestrando.

En casos justificados, el Comité Asesor podrá proponer la designación por el Consejo Directivo de la Facultad de un Codirector de Tesis de Maestría.

PLAN DE TESIS

1) El Director de Tesis presentará, juntamente con el maestrando, el plan de Tesis para su consideración por el Comité Asesor de la Maestría en Ciencias Ambientales.

2) El plan de Tesis deberá contener:

- a) Tema de investigación sobre el cual tratará el trabajo.
- b) Lugar de trabajo.
- c) Antecedentes sobre el tema.
- d) Naturaleza del aporte proyectado.
- e) Campo de aplicación de los resultados.
- f) Disponibilidad de infraestructura, factibilidad de desarrollo del trabajo y financiamiento.
- g) Plan de trabajo.

El Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales aprobará el Plan de Tesis de Maestría, previa aceptación del Comité Asesor de la Maestría en Física Médica y de la Comisión de Maestría de la Facultad.

PRESENTACION DE LA TESIS

A los efectos de la evaluación correspondiente, el maestrando presentará al Comité Asesor de la Maestría, cinco (5) ejemplares de la Tesis, siguiendo las disposiciones que establezca dicho Comité. Todos los ejemplares deberán estar refrendados por el maestrando y su Director (y Codirector si lo hubiere) de Tesis.

El Comité Asesor elevará a la Comisión de Maestría de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales los cinco (5) ejemplares de la Tesis y una propuesta de Jurado.

JURADO DE TESIS

A propuesta de la Comisión de Maestría de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, el Consejo Directivo de la Facultad designará los miembros del Jurado.

El Jurado estará constituido como mínimo por tres especialistas en el tema de la tesis o en temas afines; podrán designarse también hasta dos (2) miembros suplentes. El Director no formará parte del Jurado pero actuará como asesor de éste.

EVALUACIÓN DE LA TESIS

El Jurado evaluará la tesis en un plazo no mayor a dos (2) meses, contados a partir de su designación.

La tesis, con dictamen fundado, podrá ser:

- a) APROBADA y en caso excepcional APROBADA con mención especial.
- b) DEVUELTA, en cuyo caso el Jurado se reunirá con el maestrando y con su Director para proponer correcciones y modificaciones a efectuar y el plazo en el cual se deberán realizar.
- c) RECHAZADA.

La decisión del Jurado se tomará por mayoría simple y deberá ser asentada en el Libro de Actas correspondiente.

Una vez aprobada la Tesis, el maestrando hará una exposición pública de la misma.

NOTA: Es importante hacer constar que los programas son de contenidos mínimos y se adjuntan al sólo afecto de que el interesado tenga en su poder la versión original del plan. Los programas son actualizados en forma permanente por el Comité de la Maestría y los docentes a cargo.

MAESTRIAS DE FISICA MEDICA EN BRASIL

El Coordinador Nacional ARCAL de Brasil, Sr. José Antonio Dias Dieguez nos envió mediante correo electrónico de fecha 2002-04-19 el mensaje que el había recibido del Dr. Helvecio, Coordinador de Proyecto ARCAL L y también Presidente de la Asociación Brasileña de Físicos Médicos, sobre la situación de la enseñanza de física médica indicando lo siguiente:

- 1) No hay en Brasil un curso formal de Maestría o Doctorado en Física Médica. La estrategia para formar físicos médicos en Brasil, desde el inicio de la década de 70 fue a través de cursos de residencia/especialización en física médica. Así, varios cursos de este tipo fueron creados. Los más tradicionales son los de los hospitales A. C. Camargo (radioterapia), INCA(radioterapia) y USP/Ribeirão Preto que existen hasta hoy. Cada uno forma 1 o dos especialistas por año.
- 2) En Brasil se tiene también cursos de Maestría y Doctorado en tecnología nuclear, aplicaciones nucleares, biología, etc, los cuales forman algunos Maestros o Doctores en la especialidad de Física Médica. Utilizando esta modalidad las instituciones siguientes, entre otras, forman Maestros y Doctores en Física Médica (es importante resaltar que los títulos obtenidos no son específicos en Física Médica, en general son relaciones con el nombre oficial del curso, por ejemplo, Maestro en biociencias nucleares, con tesis en física médica):
 - UERJ/Rio de Janeiro (maestría y doctorado)
 - IRD/Rio de Janeiro (maestría)
 - UFRJ/Rio de Janeiro - biofísica (maestría y doctorado)
 - UFRJ/Rio de Janeiro - COPPE (maestría y doctorado)
 - UFRJ/Rio de Janeiro - HC (maestría y doctorado)
 - IPEN/Sao Paulo (maestría y doctorado)
 - USP/Ribeirao Preto (maestría y doctorado)
 - USP/Sao Paulo (maestría y doctorado)

A continuación se presenta información sobre uno de estos programas que existen en Brasil. Se debe destacar que este programa que esta bajo la responsabilidad del Profesor Carlos Eduardo Veloso de Almeida ha venido apoyando la culminación de los programas de Física Médica de los participantes de la Primera y Segunda Corte del Proyecto RLA/6/041 ARCAL L "Maestría en Física Médica".



Novas Áreas

[Biomédica](#)
[Biologia Evolutiva](#)
[Currículo](#)
[Biociências](#)
[Nucleares](#)
[Obrigatórias](#)
[Eletivas de](#)
[Domínio Conexo](#)
[Física Médica](#)
[Radioproteção](#)
[Ciências Biológicas](#)
[Currículo](#)
[Ecologia](#)
[Obrigatórias](#)
[Eletivas](#)
[Eletivas de](#)
[Domínio Conexo](#)
[Processo](#)
[Seletivo](#)
[Docentes](#)



Instituto de Biologia
 Roberto Alcântara Gomes
Pós-Graduação
em Biologia



Veja com resolução de 800x600
e Internet Explorer 5.0

Áreas de Concentração

[Ecologia](#)
[Biociências Nucleares](#)
[Teses](#)
[Física Médica](#)
[Radioproteção](#)
[Ciências Biológicas](#)
[Ecologia](#)
[Formulários](#)
[Requerimento de](#)
[Documentos](#)
[Inscrições em](#)
[Disciplinas](#)
[Alterações em](#)
[Disciplinas](#)
[Programa de](#)
[Estágio Docente](#)
[Fale com a Pós](#)
[Serviços](#)
[On-Line](#)

Física Médica

Física Médica - Métodos Avançados em Dosimetria
 Testes de Aceite e controle de Qualidade de Equipamento
 radiológicos
 Fontes de Radiação - Radioproteção II - Física Radiológica
 I - Física radiológica II
 Cálculo de Blindagem - Instrumentação Nuclear -
 Radiobiologia e Fotobiologia II

Física Médica

Disciplina: Bio 04905

Natureza: Eletiva

Créditos: 02

Carga Horária: 30h

Professor Responsável: Carlos Eduardo Veloso de Almeida/DO

EMENTA

Parâmetros físicos relevantes. Campos estacionários. Campos móveis. Correção por falta de tecido. Correção devido a heterogeneidades de tecidos. Campos especiais. Braquiterapia convencional. Braquiterapia por controle remoto. Técnicas de tratamento. Betaterapia. Planejamento

BIBLIOGRAFIA

- 1 - LEUNG, P. M. Physical basis of Radiotherapy. Toronto: Ontario Cancer Institute 1985
- 2 - JOHNS, H. and. CUNNINGHAM, J. The Physics of Radiology. THOMAS, C. C. (Ed.). Springfield III, 1983.
- 3 - MARTINEZ, A. A., ORTON, C. G., MOULD, R. F. Brachytherapy HDR and LCR. USA: Proceedings, Brachytherapy Meeting, 1989.

Métodos Avançados em Dosimetria

Disciplina: Bio 04906

Natureza: Eletiva

Créditos: 03

Carga Horária: 45h

Professor Responsável: Carlos Eduardo Veloso de Almeida/DO

EMENTA

Bases teóricas da dosimetria. Fundamentos da microdosimetria. Recentes avanços na dosimetria de fótons e elétrons. Dosimetria por ressonância paramagnética, Métodos analíticos e computacionais aplicados a dosimetria.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - KASE, K., BJARNGARD, B., ATTIX, F. The Dosimetry of Ionizing Radiation. New York: Academic Press, 1987.
- 2 - ORTON, C. Radiation Dosimetry. New York: Plenum Publishing Co., 1986.

Testes de Aceite e Controle de Qualidade de Equipamentos Radiológicos

Disciplina: BIO 04907

Natureza: Eletiva

Créditos: 02

Carga Horária: 30h

Professor Responsável: Carlos Eduardo Veloso de Almeida/DO

EMENTA

Testes mecânicos e elétricos. Características dos feixes. Características radiológicas. Parâmetros físicos. Calibração dos feixes. Controle de qualidade de imagem. Frequência dos testes.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - American Association in Physicist in Medicine. Protocols for Radiation Safety Surveys of Diagnostic Radiological Equipment. AAFM n. 25, 1982.
- 2 - American Association in Physicist in Medicine. Equipment Requirement and quality control in mammography. AAFM n. 29, 1988.
- 3 - American Association in Physicist in Medicine. Acceptance Testingt of Radiological Equipment. AAFM n. 1, Proceedings, 1988.
- 4 - American Association in Physicist in Medicine. Quality Aassurance of Radiotherapy Equipment. AAFM n. 3, Proceedings, 1986.
- 5 - American Association in Physicist in Medicine. Imaging Hardware and Software for Nuclear Medicine. AAFM n. 6, Proceedings1987.
- 6 - GRAY, J. E., WINKLER, N., STEARS, J., FRANK, E. Quality Control in Diagnostic Imaging. Baltimore: University Park Press, 1983.

Fontes de Radiação

Disciplina: BIO 04908

Natureza: Eletiva

Créditos: 02

Carga Horária: 30h

Professor Responsável: Carlos Eduardo Veloso de Almeida/DO

EMENTA

Isótopos radioativos. Raios X. Unidade de cobalto. Aceleradores lineares. Betatrons. Cyclotrons. Microtons. Reatores nucleares.

BIBLIOGRAFIA

- 1- ATTIX, F. H., Radiation dosimetry. New York: Academic Press, 1969, v. II e III.
- 2 - GREENING, J. R., Topics in radiation dosimetry. New York: Academic Press, 1972.
- 3 - American Association in Phisicist in Medicine. Acceptance testing of radiological

equipament.

AAPM n.1, 1988.

4 - American Association in Phisicist in Medicine. Imaging hardware and software for nuclear medicine. AAPM n.3, 1986.

5 - American Association in Phisicist in Medicine. Imaging hardware and software for nuclear medicine. AAPM n.6, 1987.

6 - GRAY,J. E., WINKLER, N., STEARS, J., FRANK,E., Qualit control in diagnostic imaging. Baltimore: University Park Press, 1983.

Radioproteção II

Disciplina: BIO 04909

Natureza: Eletiva

Créditos: 03

Carga Horária: 45h

Professor Responsável: Joyce Landmann Lipsztein/DO

EMENTA

Grandezas utilizadas em proteção radiológica. Interação da radiação com a matéria biológica. Efeitos determinísticos. Efeitos estocásticos-carcinogênese. Estimativas da probabilidade de efeito carcinogênico. Efeitos estocásticos hereditários. Efeitos no embrião e no feto. Efeitos na pele. Métodos de avaliação de riscos-incertezas. Desenvolvimento de um índice de dano. Otimização. Filosofia do sistema de proteção radiológica. Sistemas de proteção radiológica ocupacional, médica, pública. Sistema de proteção radiológica em situações de intervenção. Intervenção pós-acidente..

BIBLIOGRAFIA

1 - International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the International

Commission on Radiological Protection. ICRP publ. 60, Annals of the ICRP, v. 21, Oxford, 1990. .

2 - International Commission on Radiological Protection. Optimization and decision-making in radiological protection. ICRP publ. 55, Annals of the ICRP, v. 20, nº 1, Oxford, 1989.

3 - International Commission on Radiological Protection. Quantitative basis for development of na unified index of harm. ICRP publ. 45, Annals of the ICRP, v. 15, nº 3, Oxford, 1985.

Física Radiológica I

Disciplina: BIO 04910

Natureza: Eletiva

Créditos: 02

Carga Horária: 30h

Professor Responsável: Mário Bernardo Filho/DO

EMENTA

Estrutura atômica e nuclear. Fundamentos da teoria quântica. Radioatividade, leis da transformação radioativa. Transformações nucleares e atômicas. Reações nucleares. Aceleração de partículas carregadas. Fissão nuclear. Fontes de radiação. Interação da radiação γ e X com a matéria.

Interação da partícula carregada com a matéria. Interação de neutrons com a matéria.

Produção e qualidade do raio X .

BIBLIOGRAFIA

- 1 - KAPLAN, I. **Física Nuclear**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1978.
- 2 - ATTIX, F.H. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry. New York: Wiley & Sons, 1986. JOHNS, H.E. e CHARLES, C. (Eds). The Physics of Radiology. USA: Thomas Publisher, 1982.
- 3 - LAPP, R.E., ANDREWS, H.L. Nuclear Radiation Physics. New York: Prentice Hall Inc., 1963.
- 4 - DYER, A. An Introduction to Liquid Scintillation Counting. London: Hyden and Son, 1974.
- 5 - CHELET, Y. L'Énergie Nucléaire. 8^a ed. Paris: Editions du Senil, 1985.

Física Radiológica II

Disciplina: Bio 04911

Natureza: Eletiva

Créditos: 03

Carga Horária: 45h

Professor Responsável: Carlos Eduardo Veloso de Almeida/DO

EMENTA

Radiação ionizante. Grandezas relacionadas a interação da radiação com o meio. Interação da radiação γ , X e partículas carregadas e nêutrons com a matéria. Produção e qualidade de raios X . Atenuação exponencial. Equilíbrio de partícula carregada. Dose absorvida em um meio radioativo. Decaimento radioativo. Teoria da cavidade.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - ATTIX, F. H., Introduction to radiological physics and radiation dosimetry. New York: Wiley & Sons,
- 2 - 1986. BERGER, M., Theoretical aspects of electron dosimetry. AAPM Proceedings séries n.2, Vermont, 1981.
- 3 - International Commission on Radiation Units and Measurements, Radiation quantities and units. ICRU publ. 33, Washington, 1980.
- 3 - International Commission on Radiation Units and Measurements, Microdosimetry. ICRU publ. 36, Washington, 1983.
- 4 - International Commission on Radiation Units and Measurements, Stopping powers for electrons and positrons. ICRU publ.37, Washington, 1984(a).

5 - International Commission on Radiation Units and Measurements, Radiations Dosimetry: electron beams with energies between 1 and 50 Mev. ICRU publ.35, Washington, 1984(b).

Cálculo de Blindagem

Disciplina:BIO 04913

Natureza: Eletiva

Créditos: 02

Carga Horária: 30h

Professor Responsável: Carlos Eduardo Veloso de Almeida/DO

EMENTA

Introdução à teoria de blindagem: processos de atenuação de nêutrons, processos de atenuação de gamas, fontes de radiação. Níveis de radiação aceitáveis em projetos de blindagem. Materiais utilizados em blindagem. Efeito da geometria e irregularidades de blindagem. Blindagens típicas em instalações radiológicas.

BIBLIOGRAFIA

1 - ROCKWEELL, T. III, Reactor shielding design manual. New York: Van Nostrand Co., 1987.

Instrumentação Nuclear

Disciplina:BIO 04913

Natureza: Eletiva

Créditos: 03

Carga Horária: 45h

Professor Responsável: Carlos Eduardo Veloso de Almeida/DO

EMENTA

Fundamentos de dosimetria. Câmaras de ionização. Dosimetria de feixes de fótons e elétrons. Dosimetria termoluminescente. Dosimetria fotográfica. Dosimetria química. Dosimetria calorimétrica. Contadores proporcionais. Cintiladores. Semicondutores. Monitores portáteis. Estatística de contagens. Eletrônica nuclear. Metrologia das radiações.

BIBLIOGRAFIA

1 - ATTIX, F. H., Introduction to radiological physics and dosimetry. New York: Wiley & Sons, 1990.

2 - HOLM, N. W., BERRY, R. J., Manual on radiation dosimetry. New York: Marcell Dekker, 1970.

3 - KNOLL, G.F., Radiation dosimetry and measurement. New York: John Wiley & Sons, 1979.

Radiobiologia e Fotobiologia II

Disciplina:BIO 04914

Natureza: Eletiva

Créditos: 06

Carga Horária: 270h

Professor Responsável: Israel Felzenszwalb/DO e Adriano Caldeira de Araújo/DO

EMENTA

Produção de estados ativados em moléculas irradiadas. Isolamento e caracterização de foto e radioprodutos. Efeitos ultravioleta longo. Utilização de métodos biofísicos para análise de macromoléculas irradiadas. Modelos matemáticos para interpretação de curvas de sobrevivência em fotobiologia e radiobiologia. Mecanismos de reparação do DNA. Funções SOS. Indução lisogênica, mutagênese e filamentação. Avaliação de atividades mutagênicas e da potencialidade oncogênica por meio de testes com microorganismos. Efeitos da desintegração de radionuclídeos incorporados no DNA. Reparação de fotolesões em células de mamíferos. Aspectos da radiopatologia humana.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - ALCÂNTARA GOMES, R. e LEITÃO, A. A. C. Radiologia e Fotobiologia. Rio de Janeiro: Instituto de Biofísica/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 1986.
 2. FRIEDBERG, E. DNA Repair. New York: W. H. Freeman and Company, 1985.
 3. SMITH, K. C. (Eds.) The Science of Photobiology. New York: Plenum Press, 1977.
 4. TUBIANA, M., DUTREIX, J., WAMBERSIE, A. Radiobiologie. Paris: Hermann Editeurs des Sciences et des Arts, 1986.
 5. YARMONENCO, S. P. Radiobiology of Humen and animals. Moscow: Mix Publishers, 1988.
 6. Artigos científicos publicados nas revistas Photochemistry e Photobiology, Journal of Bacteriology, Proceedings of the National Academy of Sciences (USA), Brazilian Journal of Medical and Biological Research, Microbiological Reviews e Revista Brasileira de Genética.
- 5 - American Association in Physicist in Medicine. Imaging Hardware and Software for Nuclear Medicine. AAFM n. 6, Proceedings 1987.
- 6 - GRAY, J. E., WINKLER, N., STEARS, J., FRANK, E. Quality Control in Diagnostic Imaging. Baltimore: University Park Press, 1983.

Fontes de Radiação

Disciplina: BIO 04908

Natureza: Eletiva

Créditos: 02

Carga Horária: 30h

Professor Responsável: Carlos Eduardo Veloso de Almeida/DO

EMENTA

Isótopos radioativos. Raios X. Unidade de cobalto. Aceleradores lineares. Betatrons.

Cyclotrons. Microtons. Reatores nucleares.

BIBLIOGRAFIA

- 1- ATTIX, F. H., Radiation dosimetry. New York: Academic Press, 1969, v. II e III.
- 2 - GREENING, J. R., Topics in radiation dosimetry. New York: Academic Press, 1972.
- 3 - American Association in Phisicist in Medicine. Acceptance testing of radiological equipament.
AAPM n.1, 1988.
- 4 - American Association in Phisicist in Medicine. Imaging hardware and software for nuclear medicine. AAPM n.3, 1986.
- 5 - American Association in Phisicist in Medicine. Imaging hardware and software for nuclear medicine. AAPM n.6, 1987.
- 6 - GRAY,J. E., WINKLER, N., STEARS, J., FRANK,E., Qualit control in diagnostic imaging. Baltimore: University Park Press, 1983.

Radioproteção II

Disciplina: BIO 04909

Natureza: Eletiva

Créditos: 03

Carga Horária: 45h

Professor Responsável: Joyce Landmann Lipsztein/DO

EMENTA

Grandezas utilizadas em proteção radiológica. Interação da radiação com a matéria biológica. Efeitos determinísticos. Efeitos estocásticos-carcinogênese. Estimativas da probabilidade de efeito carcinogênico. Efeitos estocásticos hereditários. Efeitos no embrião e no feto. Efeitos na pele. Métodos de avaliação de riscos-incertezas. Desenvolvimento de um índice de dano. Otimização. Filosofia do sistema de proteção radiológica. Sistemas de proteção radiológica ocupacional, médica, pública. Sistema de proteção radiológica em situações de intervenção. Intervenção pós-acidente..

BIBLIOGRAFIA

- 1 - International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publ. 60, Annals of the ICRP, v. 21, Oxford, 1990. .
- 2 - International Commission on Radiological Protection. Optimization and decision-making in radiological protection. ICRP publ. 55, Annals of the ICRP, v. 20, nº 1, Oxford, 1989.
- 3 - International Commission on Radiological Protection. Quantitative basis for development of na unified index of harm. ICRP publ. 45, Annals of the ICRP, v. 15, nº 3, Oxford, 1985.

Física Radiológica I

Disciplina: BIO 04910

Natureza: Eletiva

Créditos: 02

Carga Horária: 30h

Professor Responsável: Mário Bernardo Filho/DO

EMENTA

Estrutura atômica e nuclear. Fundamentos da teoria quântica. Radioatividade, leis da transformação radioativa. Transformações nucleares e atômicas. Reações nucleares. Aceleração de partículas carregadas. Fissão nuclear. Fontes de radiação. Interação da radiação γ e X com a matéria.

Interação da partícula carregada com a matéria. Interação de nêutrons com a matéria.

Produção e qualidade do raio X .

BIBLIOGRAFIA

1 - KAPLAN, I. **Física Nuclear**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1978.

2 - ATTIX, F.H. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry. New York: Wiley & Sons, 1986. JOHNS, H.E. e CHARLES, C. (Eds). The Physics of Radiology. USA: Thomas Publisher, 1982.

3 - LAPP, R.E., ANDREWS, H.L. Nuclear Radiation Physics. New York: Prentice Hall Inc., 1963.

4 - DYER, A. An Introduction to Liquid Scintillation Counting. London: Hyden and Son, 1974.

5 - CHELET, Y. L'Énergie Nucléaire. 8ª ed. Paris: Editions du Senil, 1985.

Física Radiológica II

Disciplina: Bio 04911

Natureza: Eletiva

Créditos: 03

Carga Horária: 45h

Professor Responsável: Carlos Eduardo Veloso de Almeida/DO

EMENTA

Radiação ionizante. Grandezas relacionadas a interação da radiação com o meio.

Interação da radiação γ , X e partículas carregadas e nêutrons com a matéria.

Produção e qualidade de raios X . Atenuação exponencial. Equilíbrio de partícula carregada.

Dose absorvida em um meio radioativo. Decaimento radioativo. Teoria da cavidade.

BIBLIOGRAFIA

1 - ATTIX, F. H., Introduction to radiological physics and radiation dosimetry. New York: Wiley & Sons,

2 - 1986. BERGER, M., Theoretical aspects of electron dosimetry. AAPM Proceedings séries n.2, Vermont, 1981.

3 - International Commission on Radiation Units and Measurements, Radiation quantities and units.

ICRU publ. 33, Washington, 1980.

3 - International Commission on Radiation Units and Measurements, Microdosimetry. ICRU publ. 36, Washington, 1983.

4 - International Commission on Radiation Units and Measurements, Stopping powers for electrons and positrons. ICRU publ.37, Washington, 1984(a).

5 - International Commission on Radiation Units and Measurements, Radiations Dosimetry: electron beams with energies between 1 and 50 Mev. ICRU publ.35, Washington, 1984(b).

Cálculo de Blindagem

Disciplina: BIO 04913

Natureza: Eletiva

Créditos: 02

Carga Horária: 30h

Professor Responsável: Carlos Eduardo Veloso de Almeida/DO

EMENTA

Introdução à teoria de blindagem: processos de atenuação de nêutrons, processos de atenuação de gamas, fontes de radiação. Níveis de radiação aceitáveis em projetos de blindagem. Materiais utilizados em blindagem. Efeito da geometria e irregularidades de blindagem. Blindagens típicas em instalações radiológicas.

BIBLIOGRAFIA

1 - ROCKWELL, T. III, Reactor shielding design manual. New York: Van Nostrand Co., 1987.

Instrumentação Nuclear

Disciplina: BIO 04913

Natureza: Eletiva

Créditos: 03

Carga Horária: 45h

Professor Responsável: Carlos Eduardo Veloso de Almeida/DO

EMENTA

Fundamentos de dosimetria. Câmaras de ionização. Dosimetria de feixes de fótons e elétrons. Dosimetria termoluminescente. Dosimetria fotográfica. Dosimetria química. Dosimetria calorimétrica. Contadores proporcionais. Cintiladores. Semicondutores. Monitores portáteis. Estatística de contagens. Eletrônica nuclear. Metrologia das radiações.

BIBLIOGRAFIA

1 - ATTIX, F. H., Introduction to radiological physics and dosimetry. New York: Wiley & Sons, 1990.

2 - HOLM, N. W., BERRY, R. J., Manual on radiation dosimetry. New York: Marcell

Dekker, 1970.

3 - KNOLL, G.F., Radiation dosimetry and measurement. New York: John Wiley & Sons, 1979.

Radiobiologia e Fotobiologia II

Disciplina: BIO 04914

Natureza: Eletiva

Créditos: 06

Carga Horária: 270h

Professor Responsável: Israel Felzenszwalb/DO e Adriano Caldeira de Araújo/DO

EMENTA

Produção de estados ativados em moléculas irradiadas. Isolamento e caracterização de foto e radioprodutos. Efeitos ultravioleta longo. Utilização de métodos biofísicos para análise de macromoléculas irradiadas. Modelos matemáticos para interpretação de curvas de sobrevivência em fotobiologia e radiobiologia. Mecanismos de reparação do DNA. Funções SOS. Indução lisogênica, mutagênese e filamentação. Avaliação de atividades mutagênicas e da potencialidade oncogênica por meio de testes com microorganismos. Efeitos da desintegração de radionuclídeos incorporados no DNA. Reparação de fotolesões em células de mamíferos. Aspectos da radiopatologia humana.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - ALCÂNTARA GOMES, R. e LEITÃO, A. A. C. Radiologia e Fotobiologia. Rio de Janeiro: Instituto de Biofísica/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 1986.
2. FRIEDBERG, E. DNA Repair. New York: W. H. Freeman and Company, 1985.
3. SMITH, K. C. (Eds.) The Science of Photobiology. New York: Plenum Press, 1977.
4. TUBIANA, M., DUTREIX, J., WAMBERSIE, A. Radiobiologie. Paris: Hermann Editeurs des Sciences et des Arts, 1986.
5. YARMONENCO, S. P. Radiobiology of Human and animals. Moscow: Mix Publishers, 1988.
6. Artigos científicos publicados nas revistas Photochemistry e Photobiology, Journal of Bacteriology, Proceedings of the National Academy of Sciences (USA), Brazilian Journal of Medical and Biological Research, Microbiological Reviews e Revista Brasileira de Genética.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
FACULTAD DE CIENCIAS**

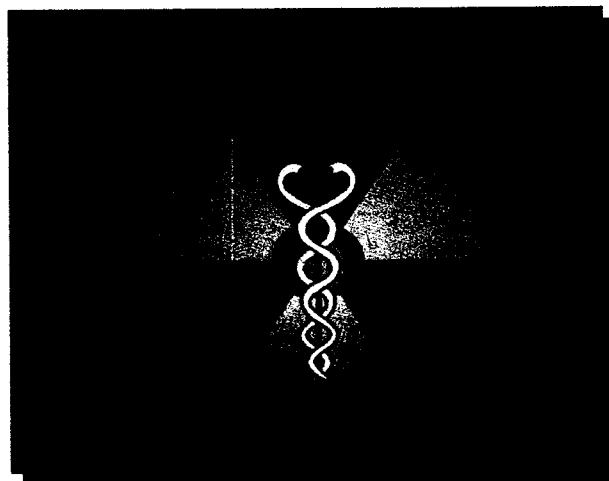
P R O G R A M A

MAESTRÍA EN:

FÍSICA

LINEA DE PROFUNDIZACIÓN EN:

FÍSICA-MÉDICA



Objetivo:

- Formar profesionales universitarios a nivel de posgrado en Física-Médica para trabajar en forma interdisciplinariamente con los médicos, ingenieros y personal para-médico en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades, mediante el uso de radiaciones ionizantes

Dirigido a:

Profesionales Universitarios con el título de Físico

Antecedentes:

I. Especialización en Física Radiológica

El programa de Especialización en Física Radiológica, se desarrolló en su etapa inicial con base en un convenio de cooperación entre el Instituto de Asuntos Nucleares (IAN), el Instituto Nacional de Cancerología (INC) y la Universidad Nacional de Colombia (UN). La propuesta formulada se presentó a consideración de las instancias académicas de la Universidad Nacional en octubre 29 de 1985. El Consejo Superior Universitario expidió el acuerdo 93, mediante el cual creó el Programa de Especialización en Física Radiológica.

II. Maestría en Física con línea de profundización en Física-Médica

El 22 de julio de 1989, se firmó un nuevo convenio interinstitucional con el propósito de elevar la formación a nivel de Maestría y desde 1991, este programa se viene desarrollando. En el anexo se describen los estudiantes y sus temas de tesis que han cursado este programa.

A nivel de Pregrado, Especialización y Maestría, se han formado 28 estudiantes (ver anexo). A nivel nacional, el Grupo asesora mediante prestación de servicios a diferentes centros oncológicos del país en: Dosimetrías, absoluta y relativa, diseño y cálculos de blindajes para las instalaciones, asesora en equipamiento a los servicios de radioterapia, radiodiagnóstico y medicina nuclear, etc. De la misma manera, a nivel internacional, presta asesoría a centros tales como: Clínica del Seguro en San José de Costa Rica, Solca, Guayaquil en el Ecuador, Instituto Nacional de Cancerología, en Managua, Nicaragua, entre otros.

Plan de estudios:

El plan de estudios, conducente al título de Magister Scientiae en Física con línea de profundización en Física-Médica, está diseñado para ser realizado en cuatro semestres académicos con dedicación de tiempo completo. Las actividades académicas que lo conforman son las siguientes:

Primer Año:

1er Semestre:

- ◆ Elementos de Biología, Anatomía y Fisiología (16 semanas 2h/semana)
- ◆ Física Cuántica (16 semanas 4h/semana)
- ◆ Inicio de la investigación (16 semanas 2h/semana)

2do Semestre

- ◆ Dosimetría de radiaciones (16 semanas 4h/semana)
- ◆ Instrumentación Nuclear (16 semanas 4h/semana)
- ◆ Seminario de Maestría I (Presentación Proyecto de tesis, 16 semanas)

Segundo Año:

1er Semestre

- ◆ Protección Radiológica (16 semanas 4h/semana)
- ◆ Seminario de Maestría II (Realización Tesis de Maestría)

2do Semestre

Trabajo y sustentación de Tesis (16 semanas)

Nota: La práctica hospitalaria y asistencial se realiza en el Instituto Nacional de Cancerología durante los 4 semestres.

Profesores:

- ◆ Por parte de la Universidad Nacional:
 - Fernando Cristancho. Ph.D
Doctor en Física Nuclear, Gottinger Universitat, Alemania
 - Hector Múnera Ph.D.
Doctor en Física Nuclear, Surrey University, UK
 - Maria Cristina Plazas Ph.D.
Doctor en Física-Médica, Paul Sabatier University, Toulouse Francia.
- ◆ Por parte del Instituto Nacional de Cancerología:
 - Alfonso Mejía, M.Sc.
Magister en Física, Universidad Nacional de Colombia.
 - Gabriel Murcia, Esp
Fis. Esp. en protección Radiológica, Universidad de Buenos Aires, Argentina
 - Odilia Mattos, Esp.
Lic en Física, Esp. En Protección Radiológica, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
 - Mario Angulo, MD
Médico, Radio-Oncólogo, Texas University
 - Augusto Enrique Llamas, MD
Médico, Esp. en Medicina Nuclear, Universidad Javeriana
 - Claudia Betancourt, MD
Médico, Esp. en Radiología, Surrey University, UK

Inscripción y Admisión

Las admisiones al programa son semestrales y para la inscripción se requiere diligenciar el formulario correspondiente y presentarlo oportunamente con la siguiente documentación autenticada:

- Título Profesional
- Fotocopia del diploma o acta de grado.
- Certificado de calificaciones de Pregrado.
- Hoja de vida y documentos asociados.
- Recibo de pago de derechos de inscripción (Fondo Especial Facultad de Ciencias)
- Carta de aceptación por parte del futuro Director de tesis.

La evaluación de los candidatos a ingresar se basa en un puntaje que considera los siguientes aspectos:

- Hoja de vida y calificaciones de pregrado
- Prueba de conocimientos
- Entrevista
- Exámen de comprensión de textos científicos en inglés.

Para poder ser admitido se debe obtener como mínimo un puntaje de 60 sobre 100 puntos posibles.

Costos del Programa

- | | |
|------------------------------------|------------|
| • Inscripción (solicitud admisión) | 10 puntos |
| • Costo por semestre académico | |
| Matrícula | 15 puntos |
| Servicio Médico | 10 puntos |
| Derechos académicos | 225 puntos |

El valor del punto corresponde a un día de salario mínimo en Colombia (\$10.000 pesos colombianos, aproximadamente \$ 5 US) .

Informes:

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de ciencias
Departamento de Física
Teléfono: 57 1 3165215
Instituto Nacional de Cancerología
Grupo de Física-Médica
Teléfono: 57 1 2331903
e-mail: mcplazas@andinet.com
fisimed@excite.com

Infraestructura:

La Universidad Nacional en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias, cuenta con un laboratorio de Física Radiológica que fue dotado por el Organismo Internacional de Energía Atómica de un sistema de Espectrometría, detectores de radiación y un sistema de Termoluminiscencia. Además cuenta mediante convenio con el Instituto Nacional de Cancerología con las instalaciones de los Grupos de Radioterapia, Medicina Nuclear, Radiodiagnóstico y Física-Médica.

Hoy en día el Instituto Nacional de Cancerología, tiene dentro de su organigrama un Grupo de Física-Médica compuesto de 11 personas, constituidas por: 3 Físicos Médicos (1 Ph.D, 2 especialistas), 3 estudiantes de la Maestría en Física, 2 estudiantes de la carrera de Física, 2 tecnólogos en Física- Médica y 1 secretaria.

El Instituto Nacional de Cancerología (Centro de referencia en la aplicación de la Física-Médica en el tratamiento y diagnóstico del cáncer en Colombia), es considerado el laboratorio adjunto en Física-Médica del Departamento de Física de la Universidad Nacional ya que:

- Cuenta con la infraestructura hospitalaria y de equipos necesarios para el correcto desarrollo de la Física-Médica.
- Los estudiantes de pregrado, posgrado y maestría, pueden realizar las prácticas hospitalarias.

Se ha ganado un lugar a nivel nacional e internacional como un centro de investigación en cáncer de muy alto nivel, documentado por las publicaciones a nivel nacional e internacional.

El Grupo de Física-Médica, ocupa una posición prominente en el INC con pleno respaldo de las directivas, según resolución 00250 del 1 de marzo por la cual se crea el Grupo con la infraestructura orgánica de un departamento.

El Grupo participa activamente en Congreso, seminarios, foros, etc. Entre ellos se pueden citar

- ◆ E Congreso Nacional de Física realizado en Medellín en Junio de 1997, en el cual presentó 4 conferencias, las cuales generaron 4 publicaciones en la Revista Colombiana de Física.
 1. "Implementación de la curva dinámica en tratamientos de Radioterapia"
Autores: J. Alejandro Organista y María Cristina Plazas.
 2. "Dosimetría Termoluminiscente con LIF en el Estudio de las distribuciones de Dosis para una Fuente de ^{192}Ir , en aplicaciones de Braquiterapia Intracavitaria Ginecológica.
Autores: Luis E. Matamoros y María Cristina Plazas
 3. "Determinación de la Dosis recibida en Embrión-Feto por tratamiento de Teleterapia en Mujer Embarazada".
Autores: Mauricio Hurtado y Luis E. Matamoros.
 4. "Principios Físicos de la Radiocirugía Estereotáctica".
Autora: María Cristina Plazas.

- ◆ Del 15 al 26 de Junio de 1998, el Grupo de Física Médica en conjunto con el Grupo de Radioterapia del Instituto Nacional de Cancerología, realizaron el Primer Curso Regional en Garantía de Calidad en Radioterapia para Tecnólogos. Curso financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica y para los países de la Región Andina (Venezuela, Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia).
- ◆ Con motivo de los 100 años del Descubrimiento del Radium – 226 realizó el Primer Congreso Nacional de Física-Médica y Protección Radiológica del 3 al 5 de Diciembre de 1998, en conjunto con la Asociación Colombiana de Física Médica y Radiológica ACOFIMPRO.
- ◆ En conjunto con la Sociedad Colombiana de Física, se organizó la Primera Escuela Andina de Física Médica del 29 de Junio al 2 de julio de 1999.
- ◆ En el Congreso Mundial de Física-Médica en Chicago, julio 23 al 28 de 2000, se presentaron los siguientes trabajos:
 - " Construction and dosimetry characterization of breast phantom as a Quality Assurance test for Clinical Radiotherapy treatment planning systems" poster. Autores: Laiton O., Plazas MC., Diaz F., Mejía A., Murcia G. y Mattos O.
 - "Quality assessment of diagnostic radiology services in Latin American countries" presentación oral. Autores: Caspani C., Borrás C., Brandan M., Miranda L., Plazas MC., Svarka J.
- ◆ De 11 al 14 de septiembre de 2000, organizó con la Embajada de Francia y la ACCI (Agencia de cooperación Internacional, OEA) "El Foro Interinstitucional sobre Protección Radiológica en Salud Ocupacional".
- ◆ Presentación oral: "La Física-Médica en Irradiación Corporal Total", Congreso actualización en trasplante de médula ósea", Villa de Leyva, noviembre, 2000
- ◆ Conferencia: "Conoce usted las bases físicas de las imágenes diagnósticas?". Encuentro con el futuro, Bogotá, junio 9, 2001.
- ◆ Poster: "Quality assessment of mamography in five Latin American countries". M. Brandan, C. Caspani, C Borrás, A. Miranda, L. Pedroso, M. C. Plazas. Encuentro Internacional de protección Radiológica, Málaga, España, 26 al 29 de marzo, 2001
- ◆ Presentación Oral: "Garantía de Calidad en los tratamientos de Radiocirugía en Colombia". M.C. Plazas, R. Dussan. United States Colombian Medical Association, Miami, 5 al 8 julio, 2001

Cada año realiza:

- ◆ Un curso de extensión con las Facultades de Medicina y Odontología en : "Protección Radiológica para profesionales en Ciencias Médicas y Odontológicas". La duración es de 40 horas.
- ◆ Un curso de extensión con el Departamento de Radiología de la Facultad de Medicina en : "Bases Físicas de las imágenes diagnósticas para los residentes de Radiología, Medicina Nuclear, Radioterapia y para los estudiantes del posgrado en Física-Médica". La duración es de 100 horas.

Desde el primer semestre del 2000, inició con la Facultad de Medicina los cursos electivos: Física-Médica I y Física-Médica II; a los cuales han acudido estudiantes de Física, Medicina y Enfermería.

En investigación el Grupo cubre cuatro grandes líneas: Dosimetría Clínica, Instrumentación, Protección Radiológica y Radiobiología. Los temas que se desarrollan en cada una de ellas son:

1. Dosimetría Clínica

- ◆ Análisis dosimétrico con cálculos tipo Montecarlo (Respuesta de los detectores, análisis de interacción radiación-tejido vivo, entre otros)
- ◆ Intercomparación de dosimetría in vivo (Termoluminiscencia y semiconductores) para Radioterapia, Medicina Nuclear y Radiodiagnóstico.
- ◆ Optimización de los Programas de Control de Calidad en Radioterapia, Medicina Nuclear y Radiodiagnóstico.
- ◆ Dosimetría Interna para pacientes de terapia y diagnóstico en Medicina Nuclear.
- ◆ Análisis dosimétrico en Radioterapia conformal e intensidad modulada y nuevos procedimientos en terapia con radiaciones.
- ◆ Implementación de la técnica de Braquiterapia usando placa oftalmológica para tumores oculares.

2. Instrumentación:

- ◆ Diseño y construcción de sistemas de imágenes portales para equipos de Cobaltoterapia
- ◆ Diseño y concepción de dosímetros individuales y operacionales (Dosímetros electrónicos)
- ◆ Análisis espectral de los haces de radiación
- ◆ Imagenología

3. Protección Radiológica:

- ◆ Creación de un Programa de vigilancia Epidemiológico en Salud Ocupacional para el uso y manejo de las radiaciones ionizantes
- ◆ Programa de vigilancia de trabajadores en Radioterapia, Radiodiagnóstico y Medicina Nuclear con dosimetría individual y operacional (Dosímetros electrónicos)
- ◆ Manejo de desechos radiactivos
- ◆ Cálculos de blindajes
- ◆ Sistemas de vigilancia epidemiológicos

4. Radiobiología

- ◆ Efectos de la Radiación ionizante en modelos in vitro e in vivo y sus aplicaciones en enfermedades neoplásicas tales como: Cáncer de cuello uterino, seno, gástrico y próstata por ser las causas de mayor incidencia en cáncer en nuestro país.

- ◆ Modelos de carcinogénesis para el estudio de los efectos de la radiación ionizante para personal ocupacionalmente expuesto.
- ◆ Análisis de vías de señalización intracelular que permitan optimizar la radiosensibilidad de los tumores malignos.
- ◆ Estudio de la respuesta tumoral in vitro de los tratamientos concomitantes de Quimioterapia y Radioterapia.
- ◆ Estudio de los efectos de la Fotoquimioterapia in vitro
- ◆ Efectos biológicos de los rayos X (Mamografía) sobre un modelo in vitro de células tumorales de seno.

Además, el Grupo de Física-Médica, desarrolla las siguientes funciones asistenciales en el Instituto Nacional de Cancerología:

Apoyo para el Grupo de Radioterapia.

1. Participación en los procesos de aceptación y comisionamiento de los equipos de Teleterapia y Braquiterapia.
2. Realización de calibraciones y dosimetrías de los equipos emisores de radiación; así como de las fuentes radiactivas utilizadas en Teleterapia y Braquiterapia.
3. Colaboración en los Programas de Control de Calidad de los equipos y fuentes radiactivas de Teleterapia y Braquiterapia.
4. Desarrollo de los protocolos de calibración para los detectores y dosímetros.
5. Brindar asesorías en los procesos de simulación de tratamientos.
6. Evaluación de las placas y los contornos de los pacientes para realizar las planeaciones dosimétricas.
7. Realización de los cálculos y las planeaciones dosimétricas de los tratamientos de Teleterapia y Braquiterapia.
8. Trabajo en forma interdisciplinaria con el Radio-oncólogo en las planeaciones dosimétricas.
9. Participación en las labores de verificación, calibración y evaluación de los daños e intervenciones técnicas que se realicen en los equipos de Teleterapia y Braquiterapia.
10. Realización la aceptación de los equipos de Teleterapia y Braquiterapia después de cada intervención y aprobar su empleo para el tratamiento de pacientes.
11. Brindar asesorías en la adquisición de equipos y adaptación de nuevas tecnologías.
12. Participación en el desarrollo de protocolos de simulación y tratamientos de pacientes.
13. Realización los Programas de Control de Calidad de los sistemas de planeación dosimétrica y demás aplicaciones de Física-Médica.
14. Representación del grupo en reuniones nacionales e internacionales.

Apoyo para el Grupo de Medicina Nuclear

1. Desarrollo y establecimiento de Programas de Control de Calidad para los equipos, radionúclidos, imágenes y cuartos de revelado.
2. Desarrollo de protocolos de calibración para los detectores y dosímetros.
3. Colaboración en las demás labores que se requieran en Física-Médica.

Apoyo para el Grupo de Radiodiagnóstico

1. Desarrollo y establecimiento de Programas de Control de Calidad para los equipos, imágenes y cuartos de revelado.
2. Desarrollo de protocolos de calibración para los detectores y dosímetros.
3. Colaboración en las demás labores que se requieran en Física-Médica.

Apoyo en Protección Radiológica

1. Garantizar al personal ocupacionalmente expuesto, pacientes y público en general, las condiciones adecuadas en Seguridad Radiológica.
2. Llevar a cabo las labores del Comité de Protección Radiológica.
3. Realización de las radiometrías y coordinar la señalización en cada uno de los servicios en que se utilicen fuentes radiactivas o equipos emisores de radiación ionizante.
4. Coordinación de la prestación del servicio de dosimetría de personal.
5. Desarrollo los procedimientos del manejo de emergencias radiológicas.
6. Asesorar al Ministerio de Salud en los Sistemas de vigilancia epidemiológica

Apoyo en capacitación y docencia

1. Participación en el desarrollo de los cursos que en Física-Médica requieran los residentes de Radioterapia y Medicina Nuclear.
2. Colaboración en los cursos de Física-Médica para el Programa de Tecnólogos de Radioterapia.
3. Participación en los Programas docentes de los convenios interinstitucionales:
 - Universidad Nacional de Colombia: Postgrado Física-Médica
 - Universidad Javeriana: Postgrado Enfermería Oncológica y Biología
 - Universidad de los Andes: Postgrado Ingeniería Biomédica

Apoyo en Investigación, Proyectos y Asesorías

1. Colaboración en las actividades de investigación que se realicen en el Instituto.
2. Presentación de proyectos de investigación a instituciones nacionales e internacionales (Universidad Nacional, COLCIENCIAS, ICFES, OIEA, etc).
3. Participación en los trabajos de investigación que se realicen en el Instituto y en los cuales se incluyan aspectos de la Física-Médica.
4. Asesorar al Ministerio de Salud en los aspectos que de la Física- Médica requiera.
5. Coordinación para Colombia del Programa de Intercomparación Postal de Dosis que patrocinan la OPS y el OIEA.

6. Coordinación y participación en la ejecución de proyectos con el OIEA y demás Organismos Internacionales que desarrollen actividades de Física-Médica.
7. Prestar asesorías en dosimetrías, Control de Calidad, Protección Radiológica y los demás aspectos de Física-Médica, solicitadas al INC-ESE por otras Instituciones.

El Grupo ha adquirido una gran proyección nacional gracias a las asesorías y a los servicios que ha prestado en coordinación con el Ministerio de Salud y de los diferentes Centros de cáncer del país. Por ejemplo: Hospital Universitario de Cartagena, Clínica Blas de Leso de Cartagena, Hospital Universitario de Barranquilla, Clínica La Asunción de Barranquilla, entre otros. De la misma manera lleva a cabo, programas de colaboración a nivel internacional (Ver anexo 4) de los cuales vale la pena resaltar, el Programa de intercomparación postal de dosis con la OPS (Organización Panamericana de la Salud), el cual consiste en irradiar tubos de fluoruro de litio en todos los equipos de Cobalto - 60 y aceleradores lineales del país y reexpedirlos a la oficina de la OPS de Washington para su respectiva lectura y análisis.

El Grupo de Física-Médica, tiene convenios de cooperación con universidades e instituciones a nivel internacional, entre ellas se pueden mencionar: El Instituto Gustave Roussy, Villejuif, Francia, El Instituto de Ciencias y técnicas nucleares INSTN de la Comisión de Energía Atómica de Francia, La Universidad Paris XI, La Universidad de Nice y el Royal Marsden Hospital de Inglaterra.

Los Proyectos de divulgación y de cooperación en que ha participado son los siguientes:

- En 1996, elabora el vídeo "Física Radiológica y Médica", financiado por el ICFES.
- Con el OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica); se han llevado a cabo los siguientes proyectos:
 - "COL 6/006 (Proyecto Multicéntrico Latinoamericano de Mejoramiento de la infraestructura de la Braquiterapia del Instituto Nacional de Cancerología".
Contraparte: Ferney Díaz Molina 1994 - 1998.
 - "COL 6/009" (Sustitución de Ra-226 por Cs 137 para el Programa Nacional de Control de Cáncer).
Contraparte: María Cristina Plazas, 1996 - 1997.
 - "COL 6/008" (Mejoramiento de la infraestructura del Postgrado en Física-Médica y Radiológica).
Contraparte: Milciades Díaz y María Cristina Plazas 1994 - 1996.
 - "ARCAL XXIV" (Control de Calidad en Radioterapia)
Coordinación: María Cristina Plazas 1994 - 1998.
 - "CRP Protocolo de Cáncer de Cuello Uterino" (Garantía de Calidad en el Tratamiento Radiante de Carcinoma de Cuello Uterino).

Contraparte: Juan Carlos Arbelaez 1997 – 1998.

- **ARCAL XXXV (Mejoramiento de Instrumentación Nuclear)**
Coordinador: María Cristina Plazas 1999, Luis Gutierrez, 2000.
- A la OPS (Organización Panamericana de la Salud) y al Ministerio de Salud, se presentó en abril de 2000 el Proyecto: "Evaluación de los Servicios de Radioterapia en Colombia" y fue aprobado por un monto de 35 millones de pesos por parte del Ministerio de Salud, 20 millones de pesos de la OPS y 26 millones de pesos por parte del Instituto Nacional de Cancerología". (Se encuentra en proceso de ejecución)
- La OPS aprobó en Diciembre de 2000 el Proyecto: "Estudio de la calidad de los centros de radiodiagnóstico en Colombia" por un monto de US \$25.000. (Se encuentra en proceso de ejecución).
- Se firmó el convenio con el INSTN (Institut de Sciences Nucleaires et Thechniques) de Francia; mediante el cual ya un estudiante de último año de Biología, Alejandro Ondo, está terminando su trabajo de grado en Francia y lo han aceptado para iniciar directamente el Doctorado en Radiobiología.

Proyectos de investigación

- La DIB (División de Investigaciones de la Universidad Nacional, }aprobó el proyecto: Análisis dosimétrico de las irradiaciones en Teleterapia y Braquiterapia como método de aseguramiento de la calidad en los tratamientos de Radio-Oncología por un monto de \$5'000.000 de pesos colombianos.
- La OPS aprobó el proyecto: Implementation of in-vivo dosimetry as method of quality assurance in Radiation Therapy para desarrollarlo durante la formación postdoctoral de Maria Cristina Plazas en el Center for Cancer Research of National Cancer Institute in Bethesda, Washington, (Agosto 2002 a julio 2003)
- Ecos Nord, el Gobierno Francés, Icfes e Icetex clasificaron nuestro proyecto: Implantation de la dosimétrie opérationnelle pour le contrôle des rayonnements ionisants dans les applications médicales, entre los 12 primeros y con el compromiso de adjudicar la aprobación en febrero del 2002 .

Metas alcanzadas

La Universidad y el Grupo de Física Médica del Instituto Nacional de Cancerología han obtenido, gracias a un trabajo en conjunto:

- Crear y constituir un Grupo sólido en Física-Médica
- Impulsar La Radioprotección, la Radiofarmacia y la Radiobiología.
- Asesorar al Ministerio de salud en la creación de Sistemas de Vigilancia Epidemiológica para los trabajadores Ocupacionalmente expuestos y en todos los asuntos sobre radiaciones ionizantes.

- Colaborar con las Directivas del Instituto en la compra de tecnología de punta para ésta institución
- Prestar servicios a los Grupos de Radioterapia, Radiodiagnóstico y Medicina Nuclear.
- Dar cursos de Educación Continuada de la Física Radiológica en la Medicina.
- Crear la modalidad de especialistas en entrenamiento (Residentes) en Física-Médica en el Instituto bajo el cual podrán los estudiantes realizar su formación práctica y tener el respaldo económico para hacerlo en el Instituto.
- Proyectar la Física-Médica a nivel nacional e internacional.

ANEXO

Pregrado:

1. Estudiante: Jaime Sandoval, INGEOMINAS- Bogotá
 Trabajo de Grado: "Cuantificación de las dosis recibidas por los familiares de los Pacientes en las salas de espera de Medicina Nuclear"
 Dirigido por: María Cristina Plazas, UN-INC y Hector Zamora, INEA
 Fecha de Grado: Junio de 1996.
2. Estudiante: Luis Jorge Herrera, independiente - Bogotá
 Trabajo de Grado: "Estudio de la estimulación de una fibra muscular: Sincronización".
 Dirigido por: Maria Cristina Plazas, UN-INC
 Fecha de Grado: Diciembre de 1996
3. Estudiante: Julian Sans, Argentina.
 Trabajo de Grado: "Programa de Control de Calidad para la Radioterapia".
 Dirigido por: María Cristina Plazas, UN-INC y Gustavo Barreto, INEA
 Fecha de Grado: Marzo de 1997
4. Estudiante: Camilo Maldonado, Quirúrgicos - Bogotá
 Trabajo de Grado: "Programa de Control de Calidad en Radiodiagnóstico".
 Dirigido por: María Cristina Plazas, UN-INC y Gustavo Barreto, INEA.
 Fecha de Grado: Marzo de 1997
5. Estudiante: Jaider Vasquez, INC - Bogotá
 Trabajo de Grado: "Caracterización Dosimétrica de un material con base en tejido blando de pescado y agua para uso en radioterapia"
 Dirigido por: Gabriel Murcia Cañón, INC
 Fecha de Grado: mayo de 2000
6. Estudiante: Alejandro Bolívar, INC - Bogotá
 Trabajo de Grado: "Estudio de blindajes de las instalaciones de los equipos del Grupo de Radiodiagnóstico del INC
 Dirigido por: Odilia Mattos, INC.
 Fecha de Grado: mayo de 2000

7. Estudiante: Oscar Laiton, INC - Bogotá
 Trabajo de Grado: "Construcción y análisis dosimétrico de un maniquí de seno"
 Dirigido por: Maria Cristina Plazas UN-INC y Ferney Diaz, INC
 Se encuentra en proceso de elaboración
8. Estudiante: Jaime Robinson Rodriguez, INC - Bogotá
 Trabajo de Grado: "Procesamiento digital de imágenes en Odontología"
 Dirigido por: Paulo Orozco, UN y Hannia Camargo, UN
 Se encuentra en proceso de elaboración
9. Estudiantes: Helen M. Belalcazar, Nelson Javier Ramírez Suárez
 Trabajo de Grado: "Sensibilidad del tejido tumoral al fraccionamiento d radiación, según el parámetro radiobiológico A/b del modelo lineal cuadrádico, en pacientes con cáncer de seno tratados en el Instituto Nacional de cancerología"
 Dirigido por: Maria Cristina Plazas, UN -INC
 Se encuentra en proceso de elaboración.
10. Estudiante: German Benavides
 Trabajo de Grado: "Estudio de las características físicas de los detectores semiconductores y su aplicación práctica a la dosimetría in vivo en Teleterapia".
 Dirigido por: Maria Cristina Plazas, UN_INC
 Se encuentra en proceso de elaboración

Especialización:

11. Estudiante: José González Flores, Universidad Pedagógica, Bogotá
 Trabajo : "Evaluación de las dosis por contaminación interna debida al I-131 en el Instituto de Asuntos Nucleares"
 Dirigido por: Anselmo Puerta, UN-Medellín
 Fecha de Grado: Diciembre de 1988
12. Estudiante: Hernan Medina Luna, Instituto Oftalmológico Carlos Ardila Lülle, Bucaramanga
 Trabajo : "Estudio y comparación de las distribuciones de dosis de radiación las diferentes técnicas utilizadas en Teleterapia"
 Dirigido por: Maria Cristina Plazas, UN-INC
 Fecha de Grado: Diciembre de 1988
13. Estudiante: Nixon Gutierrez Parrado, Solca Guayaquil - Ecuador
 Trabajo : "implementación de un Programa de Control de Calidad para el Departamento de Radiodiagnóstico del Instituto Nacional de Cancerología "
 Dirigido por: Maria Cristina Plazas, UN-INC
 Fecha de Grado: Diciembre de 1988
14. Estudiante: María Esperanza Castellanos López, INGEOMINAS-Bogotá

- Trabajo : "Fluoruro de litio para las aplicaciones en dosimetría por termoluminiscencia"
 Dirigido por: Jean Marc Tauziede, VSNA, Francia
 Fecha de Grado: Diciembre de 1988
15. Estudiante: Laureano Niño Rojas, UPTC, Tunja
 Trabajo : "Evaluación de dosis por contaminación interna de I-131 en Medicina Nuclear"
 Dirigido por: Anselmo Puerta, INEA
 Fecha de Grado: Diciembre de 1988
16. Estudiante: Jorge Contreras, Univ. De Córdoba - Montería
 Trabajo : "Verificación de los blindajes en 13 Centros de Radiodiagnóstico de la Ciudad de Montería"
 Dirigido por: María Cristina Plazas, UN-INC
 Fecha de Grado: Diciembre de 1997.

Maestría:

17. Estudiante: Luis Chica, UN - Bogotá
 Tesis: "Estudio de la dosis efectiva en tiroides".
 Dirigido por: Anselmo Puerta, INEA
 Fecha de Grado: Septiembre de 1991
18. Estudiante: Ferney Díaz Molina, Jewish Medical Center, N.Y.-USA.
 Tesis: "Estudio dosimétrico de los haces de Electrones en su Interacción tejido hueso y músculo-pulmón".
 Dirigido por: Diego Buritica, UN y Esperanza Castellanos, INC.
 Fecha de Grado: Septiembre de 1999
19. Estudiante: Luis Enrique Matamoros, INC, Managua - Nicaragua
 Tesis: "Dosimetría in vivo en Braquiterapia de alta tasa de Dosis".
 Dirigido por: María Cristina Plazas, UN-INC
 Fecha de Grado: Agosto 1997
20. Estudiante: Jorge Alejandro Organista, Clínica del Seguro, San José de Costa Rica
 Tesis: "Estudio de la distribución de dosis para haces de fotones con energía de 1.25 MeV con cuñas fijas y de 6 MeV con cuñas dinámicas".
 Dirigido por: María Cristina Plazas, UN-INC
 Fecha de Grado: Diciembre de 1997.
21. Estudiante: Pilar Infante, Medicina Legal – Bogotá y U. Javeriana
 Tesis: "Estudio Dosimétrico de la película radiográfica para la determinación de la dosis individual".
 Dirigido por: María Cristina Plazas, UN-INC
 Fecha de Grado: Diciembre de 1999
22. Estudiante: Mauricio Hurtado, Centro Oncológico Javeriano - Bogotá

- Tesis: "Estudio dosimétrico para haces de fotones y electrones en irradiación corporal total".
 Dirigido por: María C. Plazas, UN-INC y Juan Carlos Arbelaez, INC
 Fecha de Grado: Diciembre 1999
23. Estudiante: Alfonso Mejía Montenegro, INC - Bogotá
 Tesis: "Diseño y caracterización de un sistema de imágenes en tiempo real para los tratamientos con cobalto - 60".
 Dirigido por: María Cristina Plazas, UN-INC y Jaime Nieto, Royal Marsden Hospital, Londres, UK.
 Se encuentra en proceso de elaboración
24. Estudiante: Camilo Maldonado, Quirúrgicos - Bogotá
 Tesis: "Optimización de la planeación dosimétrica y del control de calidad como método de aseguramiento de la calidad en Radiocirugía"
 Dirigido por: María Cristina Plazas, UN-INC
 Se encuentra en proceso de elaboración
25. Estudiante: Gabriel Murcia, INC - Bogotá
 Tesis: "Análisis dosimétrico de los minihaces de radiación utilizados en radiocirugía".
 Dirigido por: María Cristina Plazas, UN-INC
 Se encuentra en proceso de elaboración
26. Estudiante: Ubaldo Nerio
 Tesis: "Simulación de las interacciones de los haces de fotones con los detectores de estado sólido en el rango de energía de 2 a 6 MeV".
 Dirigido por: María Cristina Plazas, UN-INC
 Se encuentra en proceso de elaboración
27. Estudiante: Gustavo Alvarino
 Tesis: "Dosimetría in vivo en Braquiterapia de alta tasa de dosis con Ir-192 para tratamientos de cáncer de cérvix en Radioterapia"
 Dirigido por: María Cristina Plazas, UN-INC
 Se encuentra en proceso de elaboración
28. Estudiante: Francisco Torres
 Tesis: "Comportamiento físico del Ir-192 en Braquiterapia de alta tasa de dosis para los tratamientos intersticial de seno e intracavitario de esófago y bronquios y verificación de la dosis mediante dosimetría in vivo".
 Dirigido por: María Cristina Plazas, UN-INC
 Se encuentra en proceso de elaboración

En el Grupo de Física-Médica, han realizado estudios y prácticas los siguientes estudiantes:

- Estudiante: Daniel Ocaris
 Estadía: Procedente de Asunción Paraguay y Becado por el Organismo Internacional de Energía Atómica".
 Agosto, 1998

- **Estudiante:** Harold Machado, Japón
Prácticas del curso, Dosimetría de radiación
II Semestre 1998.
Universidad Nacional de Colombia
- **Estudiante:** Adriana Torres, Manizales
Estadía: Octubre 1997 a Julio 1998
Universidad Nacional de Colombia
- **Estudiante:** Patricia Mora. Clínica de la Asunción , Barranquilla
Estadía: Octubre 1997 a Julio 1998.
Universidad Nacional de Colombia
- **Estudiante:** Sergio Neira
Estadía : Procedente de Managua, Nicaragua y Becado por el
Organismo Internacional de Energía Atómica.
II semestre de 1998 y enero-marzo, 1999
- **Estudiante:** Jorge Alemany
Estadía : Procedente de La Habana, Cuba y Becado por el Organismo
Internacional de Energía Atómica.
I semestre de 2000

Los estudiantes: Helen Belalcazar, Alejandro Ondo, Juan Carlos Vargas y Nelson Ramírez, estudiantes de la carrera de Biología de la Universidad Nacional de Colombia, asistieron durante el I semestre de 1999 al curso de Radiobiología.

El Grupo de Física-Médica además, académicamente presta sus servicios a los estudiantes que cursan los siguientes programas:

- Especialización en Radio-Oncología
- Especialización en Medicina Nuclear
- Tecnólogos en Radioterapia
- Posgrado en Enfermería Oncológica
- Especialización en Radiología.

L

**SOCIEDAD DE LUCHA CONTRA EL CANCER DEL ECUADOR
(SOLCA)**

OFICINAS ADMINISTRATIVAS NACIONALES
Teléfono: 281744
Fax: 287151
Casilla Correo 5255-3263
GUAYAQUIL-ECUADOR-SUDAMÉRICA

INSTITUTO ONCOLÓGICO NACIONAL
DR. JUAN TANCA MARENGO
Teléfono: 289088

Julio 17 del 2000.

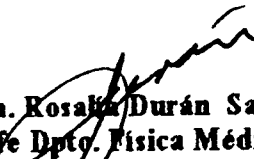
Ingeniero
FABIO VILLALBA
C.E.E.A.
Quito.-

De mis consideraciones:

Anexo a la presente sírvase encontrar a nombre del Dr. Juan Carlos Celi, documento de la
"Maestría Residencia en Física Médica"

Agradeciendo la atención brindada.

Atentamente,


Dra. Rosalva Durán Sarduy
Jefe Dpto. Física Médica y
Seguridad Radiológica (e)
SOLCA

c.c.: Archivo

Soft:

1342
10 JUL 2000

MAESTRIA RESIDENCIA EN FISICA MEDICA

INTRODUCCION: El rápido desarrollo de las aplicaciones técnicas al servicio de la medicina lleva a la necesidad de integrar al cuerpo médico hospitalario de profesionales en formaciones diversas, transformando ciertas áreas de la medicina en modalidades multidisciplinarias.

En los últimos años se ha podido observar un vertiginoso crecimiento de hospitales y clínicas que utilizan métodos radiantes en diagnóstico y terapia de diversas enfermedades. En el campo de la física médica están inmersas varias especialidades, de ellas se puede anotar la imagenología, la medicina nuclear, la protección radiológica, el radiodiagnóstico, la radioterapia, la cirugía láser, etc. Muchas de estas técnicas se aplican en nuestro país con personal no especializado en el área, dando lugar a que no se pueda contar con equipos bien calibrados, diagnósticos no tan precisos, terapias no bien planificadas, observándose que casos médicamente simples se convierten en casos complejos. Sumado a esta deficiencia de personal técnico científico especializado, hay que señalar que en los últimos años se han introducido al mercado médico científico equipos de alta tecnología, tanto para el diagnóstico como para terapia de enfermedades humanas. Ello determina la urgente necesidad de formar especialistas en física médica y protección radiológica a nivel nacional.

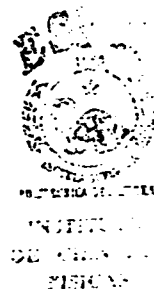
¿ Qué es la Física Médica?... La Física Médica es primeramente una rama de aplicación de la Física, tiene que ver con las aplicaciones de los conceptos y métodos de la Física al diagnóstico y tratamiento de enfermedades humanas. Está aliada con la electrónica médica (el desarrollo de instrumentos médicos), bioingeniería (la aplicación de principios de ingeniería a la biología y medicina), y física sanitaria (la valoración y control de los peligros de la radiación).

OBJETIVOS DEL POSTGRADO EN FISICA MEDICA

El objetivo de crear en la ESPOL la maestría en física médica, responde a la necesidad de contar con personal altamente capacitado que tomen la responsabilidad de resolver los problemas en las áreas médico hospitalaria, entidades reguladoras y de control radiológico a nivel nacional, industrias, centros de investigación e instituciones universitarias tanto públicas como privadas

PERFIL PROFESIONAL

El físico médico graduado en este programa académico estará en capacidad de atender las funciones requeridas como soporte técnico científico en los departamentos de radioterapia, radiología, medicina nuclear, Braquiterapia, cirugía láser, de manera que brinde un soporte multidisciplinario al médico y sirva de puente de comunicación científica entre el médico, personal paramédico y los ingenieros de mantenimiento, así mismo el físico médico estará en capacidad de desempeñarse como Oficial de Seguridad Radiológica, en una instalación hospitalaria o industrial que utilice radiaciones ionizantes tal como lo exige la Ley de Seguridad Radiológica del Ecuador. El alto nivel técnico científico de este profesional será de apoyo fundamental a los proyectos de



investigación científica aplicada de los centros de educación superior.

ENTIDADES INTEGRANTES

Las entidades integrantes responsables del postgrado son la Escuela Superior politécnica del Litoral, la Sociedad de Lucha contra el Cáncer y la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica.

PERFIL DE LOS ALUMNOS DEL PROGRAMA

Cualquier estudiante graduado de ingeniería de la ESPOL o de otras universidades que en sus programas de materias básicas contemplen las asignaturas de Física, Química y Matemáticas a nivel superior o estudiantes graduados en Física pueden ser candidatos al postgrado, luego de ser aprobado por la comisión de selección.

REQUISITOS DE INGRESO

Los candidatos deberán rendir una prueba de aptitud académica (tipo GRE), la que será receptada en la ESPOL, y un examen de inglés (TOEFL), el que es administrado por el Centro de Estudios de Lenguas Extranjeras de la ESPOL. El inglés es fundamental, ya que varias de las materias de especialización serán dictadas por profesores de habla inglesa y por la rotación extra mural en los EEUU al final de la residencia. Queda establecido que los estudiantes graduados en física podrán ingresar directamente a la especialización, previamente a la aprobación de un examen de conocimientos e inglés, así como la prueba de aptitud. Los requisitos para los estudiantes extranjeros son los mismos que los de los ecuatorianos.

PROCESO DE SELECCIÓN Y ADMISIÓN DE ALUMNOS

De los aspirantes que hayan presentado la solicitud de admisión al programa, se seleccionará a aquellos que:

- a) En sus estudios de pregrado hayan tenido un promedio superior a 8.25/10
- b) Los programas de Física, Química y Matemáticas correspondan a un nivel superior.
- c) Presenten el auspicio de alguna institución científica, médica o universitaria que desarrolle aplicación y/o investigación en el campo de la física

De los estudiantes seleccionados serán admitidos al programa los que:

- a) En el examen de inglés obtengan una calificación superior a 550. Si la calificación es inferior a 550 pero no menor de 500, el estudiante tomará cursos de inglés durante el programa nivelatorio previo al inicio de su especialización.
- b) Pasen la prueba de aptitud académica de acuerdo al informe que presente la oficina que lo administrará.
- c) Luego de la entrevista del candidato con el comité de selección, el citado comité considere satisfactoria su candidatura.
- d) Garanticen que cuentan con el financiamiento del costo del programa académico.

CATEGORIAS DE ALUMNOS

Los estudiantes admitidos al programa llevaran la modalidad de dedicación exclusiva, tanto en el año de formación básica en la ESPOL, como durante el tiempo de internado en SOLCA.

DURACION DE LA CARRERA: La carrera tiene una duración de tres años para los egresados que no tengan un grado en Física y de dos años para los graduados en Física.

REQUISITOS PARA OBTENER LA MAESTRIA EN FISICA MEDICA

Para obtener la maestría el aspirante deberá aprobar:

- a) Las 12 materias del programa básico de física
- b) Las 18 materias del programa de especialización.
- c) Realizar un trabajo de tesis y sustentarlo
- d) Realizar una pasantía en el "HARPER HOSPITAL" en los EEUU, durante un periodo de dos meses.

COSTO: El programa total tiene un costo de 10500 dólares. El 50% se cancelará al inicio del programa y la diferencia al inicio del segundo año del programa.

INICIACION: Mayo 3 de 1999

PROGRAMA ACADEMICO DE LA MAESTRIA EN FISICA MEDICA

PRIMER TRIMESTRE

1. Métodos Matemáticos de la Física I
2. Física Cuántica I
3. Mecánica Analítica
4. Física Térmica

SEGUNDO TRIMESTRE

1. Métodos Matemáticos de la Física II
2. Física cuántica II
3. Campos y Ondas Electromagnéticas.
4. Termodinámica Estadística

TERCER TRIMESTRE

1. Electricidad y Magnetismo de los Materiales
2. Física Atómica
3. Biología
4. Anatomía y Fisiología

CUARTO TRIMESTRE

1. Electrodinámica de Biomateriales
2. Física Nuclear.
3. Anatomía Radiológica

QUINTO TRIMESTRE

1. Física de la Imagenología Diagnóstica
2. Física de la Medicina Nuclear
3. Física radiológica y dosimetría

SEXTO TRIMESTRE

1. Radiobiología
2. Laboratorio de Física de la Imagenología
3. Laboratorio de Física de la Medicina Nuclear

SEPTIMO TRIMESTRE

1. Física hospitalaria
2. Física de la Radioterapia
3. Laboratorio de Física Hospitalaria

OCTAVO TRIMESTRE

1. Proyecto de Tesis I
2. Laboratorio de Física de la Radioterapia.
3. Rotación de Especialización I

NOVENO TRIMESTRE

1. Proyecto de Tesis II
2. Rotación de Especialización II
3. Seminario I

DECIMO TRIMESTRE

1. Rotación de Especialidad III
2. Proyecto de Tesis III
3. Seminario II

PLANTEL DE PROFESORES

Nombre	Título	Especialidad
Juan C. Celi	PhD	Fisico nuclear y Fisica médica
Rosalía Durán	PhD	Medicina Nuclear
Julia Saad	PhD	Doctorado en Fisica
Nixon Gutierrez	MSc	Fisica radiológica
Florencio pinela	MSc	Protección radiológica y Seguridad nuclear
Carlos Becerra	MSc	Bioelectromagnetismo
Jorge Flores	MSC	Maestria en Educación e Ingeniero Mecánico
Luis del Pozo	MSC	Masterado en Matemáticas
Hernando Sánchez	MSC	Máster en Matemáticas y Fisica
N. Norton	PhD	Radiobiología
Gabriela Vélez	Fisico	Dosimetria de radiaciones
Paul Didier	PhD	Fisica de las radiaciones, dosimetria y protección radiológica
Maria Castellanos	PhD	Fisica médica

LINEAS DE INVESTIGACION

- Dosimetria de radiaciones
- Modelos matemáticos en la distribución de dosis absorbida
- Dosimetria in vivo
- Modelos computacionales en la planificación de terapias
- Dosimetria Ambiental
- Análisis digital de imágenes
- Dosimetria Biológica
- Método de Montecarlo y sus aplicaciones en dosimetria
- Desarrollo de programas de control de calidad en radioterapia y diagnostico por imagen.
- Terapia del dolor-hipertermia
- Seguridad radiológica.

INSTITUTO ONCOLOGICO NACIONAL

"DR JUAN TANCA MARENGO"

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA

DEL LITORAL

"RESIDENCIA - MAESTRIA EN

FISICA MEDICA"

PROGRAMA CURRICULAR

AÑO BASICO

ADMINISTRADO POR LA ESPOL

Marzo 17 de 1998

METODOS MATEMATICOS DE LA FISICA I

Semanas de clase: 10
Horas por semana: 4

PROGRAMA:

Funciones de una Variable Compleja: Números Complejos. Algebra y geometria Básica de Números Complejos. La Fórmula de Moivre y el Cálculo de Raices. Funciones Complejas. La Fórmula de Euler. Funciones Analíticas. El Teorema de Cauchy. La Fórmula Integral de Cauchy. Secuencias Complejas y Series. Series de Taylor y Laurent. Ceros y singularidades. El Teorema del Residuo y sus Aplicaciones. Mapeo conformal por Funciones Analíticas.

Series de Fourier: Series trigonométricas. Definición de la Serie de Fourier. Ejemplos de Series de Fourier. Propiedades de Paridad. Series Seno y Coseno. Forma compleja de la Serie de Fourier. Convergencia de la Serie de Fourier. Aplicaciones.

La Transformada de Laplace: Cálculo Operacional. La Integral de Laplace. Propiedades Básicas de la Transformada de Laplace. El problema de Inversión. La Descomposición de Fracción Racional. El Teorema de Convulación. Propiedades Adicionales de la Transformada de Laplace. Funciones Periódicas. Rectificación. Aplicaciones.

Conceptos de la Teoría de Distribución: La función Delta Dirac. Secuencias Delta. El Cálculo- δ . Representación de la Función Delta. Aplicaciones del Cálculo- δ . Correspondencia de Funciones y Distribuciones. Propiedades de las Distribuciones. Secuencias y series de Distribuciones. Distribuciones en N dimensiones.

Transformadas de Fourier: Representación de una función. Ejemplos de la Transformación de Fourier. Propiedades de la Transformada de Fourier. Teorema de la Integral de Fourier. Transformada de Fourier de Distribuciones. Aplicaciones de la Transformada de Fourier.

METODOS MATEMATICOS DE LA FISICA II

Semanas de clase: 10
Horas por semana: 4

Ecuaciones Diferenciales Parciales: La cuerda Tensa. La Ecuación de la Onda. El Método de Separación de Variables. Las Ecuaciones de Laplace y Poisson. La Ecuación de Difusión. Usos de las Transformadas de Laplace y Fourier. El Método de Expansión de Eigenfunction (función característica) y Transformada Finita. Espectrun continuo de valores característicos. Vibración de una Membrana, Degeneración. Propagación del Sonido.

Isótopos: Radiactividad Natural e Isótopos. Análisis del Rayo-Positivo y la Existencia de los Isótopos. Masas Isotópicas y Abundancia: el espectrógrafo de masa y el espectrómetro de masa. Los Isótopos Estables de los Elementos y sus porcentajes de abundancia. Masas Atómicas: Fracción de Embalaje "Packing Fractions" y Energías de Ligadura.

Radiactividad Natural y la Leyes de Transformación Radiactiva: Las Bases de la Teoría de Desintegración radiactiva. La constante de Desintegración. La Vida Media y La Vida Promedio. Transformaciones Radiactivas Sucesivas. Equilibrio Radiactivo. Las Series Naturales Radiactivas. Unidades de Radiactividad.

Desintegración Nuclear Artificial: Transmutaciones por Partículas Alfa: Reacciones Alfa-Protón. El Balance de Masa y Energía en las Reacciones Nucleares. El Neutrón: Reacciones Alfa-Neutrón. Transmutaciones por Protones. Transmutaciones por Deuterones. Transmutaciones por Neutrones. Transmutaciones por Fotones.

Radiactividad Artificial: El descubrimiento de la radiactividad Artificial. Los Radionucleidos Artificiales. Emisión de Electrones y Positrones. Captura Electrónica. Elementos Transuránicos. Los Radionucleidos Artificiales: Emisores Alfa. Tablas de Isótopos y Carta de Nucleidos.

Decaimiento Alfa: La Velocidad y Energía de las Partículas Alfa. La Absorción de Partículas Alfa: rango, ionización y poder de frenado. Curvas de Rango de Energías. Espectro de la Partícula Alfa: partículas de amplio rango y fina estructura. Niveles Nucleares de Energía. La teoría del Decaimiento Alfa.

Decaimiento Beta: La Velocidad y Energía de las Partículas Beta. La Absorción de Partículas Beta: rango, ionización y pérdidas de energía. Relación Rango-Energía para las Partículas Beta. Espectro de las Partículas Beta: el espectro continuo. La Teoría del Decaimiento Beta: bases de la teoría. La Teoría del Decaimiento Beta: Resultados y comparaciones con experimentos. Niveles de Energía y Esquemas de Decaimiento. El Neutrino. Leyes de Simetría y la no Conservación de la Paridad en el Decaimiento Beta.

Rayos Gamma y Decaimiento Gamma: La Absorción de Rayos Gamma por la materia: datos experimentales. La Interacción de los Rayos Gamma con la Materia. Absorción Fotoeléctrica. Dispersión Compton. Producción de Pares Electrón-Positrón. La Absorción de Rayos Gamma por la Materia: comparación de resultados teóricos y experimentales. Medición de la Energía de los Rayos Gamma. Decaimiento Gamma: conversión interna. Decaimiento Gamma y los Niveles Nucleares de Energía: teoría. Decaimiento Gamma y Niveles Nucleares de Energía: resultados experimentales e isomerismo nuclear

FISICA CUANTICA I

Semanas de clases: 10

Horas por Semana: 4

PROGRAMA:

Radiación Térmica y Postulados de Planck: Radiación Térmica. Teoría Clásica de la Cavity Radiante. Teoría de Planck de la Cavity Radiante. Aplicación de la Ley de Planck de la Radiación en Termometría. El Postulado de Planck y sus Implicaciones. Breve Historia del Quantum.

Fotones - Propiedades Corpusculares de la Radiación: El Efecto Fotoeléctrico. Teoría Cuántica de Einstein del Efecto Fotoeléctrico. El efecto Compton. Naturaleza Dual de la Radiación Electromagnética. Fotones y Emisión de Rayos X. Producción y Aniquilación de Pares. Secciones Transversales para Absorción y Dispersión de Fotones.

Postulado de Broglie. Propiedades Ondulatorias de las Partículas: Ondas de Materia. Dualidad onda-partícula. El principio de Incertidumbre. Propiedades de las Ondas de Materia. Algunas Consecuencias del Principio de Incertidumbre. Filosofía de la Teoría Cuántica.

Modelo Atómico de Bohr: Modelo de Thomson. Modelo de Rutherford. Estabilidad de Atomo Nuclear. Espectros Atómicos. Postulados de Bohr. Modelo de Bohr. Corrección por Masa Nuclear Finita. Estados de Energía Atómica. Interpretación de las Reglas de Cuantización. Modelo de Sommerfeld. El principio de Correspondencia.

Teoría de Schrödinger de la Mecánica Cuántica: Argumentos de Plausibilidad que Conducen a la Ecuación de Schrödinger. Interpretación de Bohr de las Funciones de Onda. Valores de Expectación. La Ecuación de Schrödinger Independiente del Tiempo. Propiedades Requeridas para las Eigenfunciones. Cuantización de la Energía en la Teoría de Schrödinger.

FISICA CUANTICA II

Semanas de clases: 10

Horas por Semana: 4

PROGRAMA

Soluciones a las Ecuaciones de Schrödinger Independientes del Tiempo: El Potencial Cero. Potencial Escalón(energía menor que la altura del escalón). Potencial Escalón(energía mayor que la altura del escalón). La barrera de Potencial. Ejemplos de Penetración de Barrera por Partículas. Potencial de Pozo Cuadrado. Potencial de Pozo Cuadrado Infinito. Potencial de Oscilador Armónico Simple.

Atomos con un Electrón: Desarrollo de la Ecuación de Schrödinger. Separación de la Ecuación Independiente del Tiempo. Solución de las Ecuaciones. Eigenvalores, números cuánticos y degeneración. Eigenfunciones. Densidades de Probabilidad. Impulso Angular Orbital. Ecuaciones de Eigenvalores.

Momentos Magnéticos Dipolares, Spín y Razones de Transición: Momentos Magnéticos Dipolares Orbitales. Experimento de Stern-Gerlach y Spín del Electrón. Interacción Spin-Orbita. Momento Angular Total. Energía de Interacción spin-órbita y Niveles de Energía del Hidrógeno. Razones de Transición y Reglas de Selección. Comparación entre las Teorías Cuánticas Antigua y Moderna.

Atomos Multielectrónicos - Estados Base y Excitación de Rayos X: Partículas Idénticas. El Principio de Exclusión. El Atomo de Helio y la Fuerzas de Intercambio. La Teoría de Hartree. Estados base de Atomos Multielectrónicos y la Tabla Periódica. Espectros de Línea de Rayos X.

Sólidos – Conductores y Semiconductores: Tipos de Sólidos. Teoría de Bandas de los Sólidos. Conducción Eléctrica en Metales. Modelo Cuántico del Electrón Libre. Movimiento de Electrones en una Red Periódica. Masa Efectiva. Semiconductores. Dispositivos Semiconductores.

MECANICA ANALITICA

Semanas de clase: 10

Horas por semana: 4

PROGRAMA

Mecánica Newtoniana - Movimiento Rectilíneo de una Partícula: Leyes de Newton. Momentum Lineal. Aceleración Uniforme. Los conceptos de Energía Cinética y Potencial. La fuerza como una Función del Tiempo. El concepto de Impulso. Fuerzas que Dependen de la Velocidad. Fuerzas Restauradoras Lineales. Movimiento Armónico Simple y Amortiguado. Resonancia.

Movimiento de una Partícula en Tres Dimensiones: Momentum Lineal. Momentum Angular. Fuerzas conservativas y Campos de Fuerza. La Energía Potencial. Los Operadores Gradiente y Del. El Oscilador Armónico en dos y tres Dimensiones. Movimiento de una Partícula Cargada en un Campo Eléctrico y Magnético. Movimiento Restringido de una Partícula.

Sistemas de Referencia No Inerciales: Traslación de un Sistema de Coordenadas. Fuerzas Inerciales. Movimiento General del Sistema de Coordenadas. Dinámica de la Partícula en un Sistema de Referencia Rotatorio.

Fuerzas Centrales: Energía Potencial en un Campo Central General. Momento Angular en Campos Centrales. Orbita de una Partícula en un Campo de Fuerza Central. Ecuación de Energía de la Orbita. Orbita en un Campo de Inverso-Cuadrado. Movimiento en un Campo de Repulsión del tipo Inverso-Cuadrado. Dispersión de Partículas Atómicas. Movimiento en una Orbita Cercanamente Circular. Estabilidad.

Dinámica de Sistemas de Muchas Partículas: Centro de Masa y Momentum Lineal. Momento Angular de un Sistema. Energía Cinética de un Sistema de Partículas. Movimiento de dos Cuerpos que Interactúan. La Masa Reducida. Colisiones. Colisiones Oblicuas y Dispersión. Comparación de las coordenadas del Laboratorio y del Centro de Masa. Impulso y Colisiones. Movimiento de un Cuerpo con Masa Variable.

Mecánica del Cuerpo Rígido. Movimiento Planar : Centro de masa de un Cuerpo Rígido. Teoremas sobre el Equilibrio de un Cuerpo Rígido. Rotación de un Cuerpo Rígido sobre un Eje Fijo. Momento de Inercia. Momento Angular. Movimiento de un Cuerpo Rígido bajo la Acción de una Fuerza Impulsiva. Colisiones de Cuerpos Rígidos.

Mecánica Lagrangiana: Coordenadas Generalizadas. Ecuación de Lagrange y aplicaciones. Momento Generalizado. Ecuación de Lagrange para Fuerzas Impulsivas.

Principio Variacional de Hamilton. El Hamiltoniano. La Ecuación de Hamilton. La Ecuación de movimiento de Lagrange con Restricciones.

Dinámica de Sistemas Oscilantes: Energía Potencial y Equilibrio. Estabilidad. Expansión de la Función de Energía Potencial en una Serie de Potencia. Oscilación de un Sistema con un Grado de Libertad. Osciladores Armónicos Acoplados. Teoría general de Sistemas Vibrantes. Vibración de Cuerdas Cargadas. Vibración de un Sistema Continuo. La Ecuación de Onda.

FISICA TERMICA

Semanas de clases: 10

Horas por semana: 4

PROGRAMA

Temperatura: Punto de vista Macroscópico y Microscópico. Equilibrio Térmico. Medición de la Temperatura. Comparación de Termómetros. Temperatura de Gas Ideal. Termómetro de Resistencia Eléctrica. Termocuplas.

Sistemas termodinámicos simples: Equilibrio Termodinámico. Diagramas PV, PT para Sustancias Puras. Superficies PVT. Ecuaciones de Estado. Cambios Diferenciales de Estado. Alambre Tenso. Tensión Superficial. Celda Reversible.

Trabajo: Procesos Cuasi-Estáticos. Trabajo de un Sistema Hidrostático. Diagrama PV. Trabajo en Diferentes Procesos.

Calor y la primera ley de la termodinámica: Calor y Trabajo. Trabajo Adiabático. La Función Energía Interna. Formulación Matemática de la Primera Ley de la Termodinámica. Concepto de Calor. Forma Diferencial de la Primera Ley de la Termodinámica. Capacidad Calorífica y su Medición. Capacidad Calorífica del Agua. Ecuaciones para un Sistema Hidrostático. Flujo Cuasi-Estático de Calor. Conducción de Calor. Conductividad Térmica. Convección de Calor. Radiación Térmica.

Gases Ideales: Ecuación de Estado de un Gas. Energía Interna de un Gas. Gas Ideal. Determinación Experimental de la Capacidad Calorífica. Proceso Adiabático Cuasi-Estático. Velocidad de una Onda Longitudinal. Termometría Acústica. La teoría Cinética del Gas Ideal. Conceptos Microscópicos y Macroscópicos de Presión y Temperatura.

Motores, Refrigeradores, y la Segunda Ley de la Termodinámica: Conversión de Trabajo en Calor, y viceversa. El Motor Stirling. La Máquina de Vapor. Máquinas de Combustión Interna. El Postulado de Kelvin-Planck de la Segunda Ley de la Termodinámica. El Refrigerador.

Entropía: El Concepto de Entropía. Entropía de un Gas Ideal. Diagrama TS. El Ciclo de Carnot. Entropía y Reversibilidad. Entropía e Irreversibilidad. Entropía y Estados de no Equilibrio. Aplicaciones del Principio de Entropía y desorden.

TERMODINAMICA ESTADISTICA

Semanas de clases: 10

Horas por semana: 4

PROGRAMA

Estadística de Bose-Einstein: Microestados y Macroestados. Probabilidad Termodinámica. La Estadística de Maxwell-Boltzmann. Entropía y Probabilidad. El Gas Ideal Monoatómico. La Ecuación Barométrica. El Principio de Equipartición de la Energía. Teoría del Paramagnetismo. Estadística de un Gas de Fotones.

Estadística de Fermi-Dirac: Velocidad, Rapidez, y La Función de Distribución de Energía. Calor Específico de un Gas de Electrones. Emisión Termiónica.

Funciones de Partición: La Función de Partición. La Función de Partición de la Traducción. la función de Partición de la Rotación. La Función de Partición de la Vibración. Función de Partición Electrónica. Función de Partición Nuclear.

Propiedades Termodinámicas: Energía Interna. Entropía. Función de Helmholtz. Presión y la Función de Gibbs. Entalpía. Trabajo y Calor. Propiedades de un Gas Ideal. Contribuciones Vibracionales, Rotacionales, Electrónicas y Nuclear a las Propiedades Termodinámicas. Propiedades Termodinámicas de un Gas Ideal.

Gases y Vapores: Calor Específico de Gases Diatómicos. Gases poliatómicos. Mezcla de Gases.

CAMPOS Y ONDAS ELECTROMAGNETICAS

Semanas de clases: 10

Horas por semana: 4

Ecuaciones de Maxwell: La Conservación de la Carga Eléctrica. Los Potenciales V y A. La condición de Lorentz. La Divergencia de E y la Ecuación de onda No-homogénea para V. La Ecuación de Onda No homogénea para A. El Curl de B. Las Ecuaciones de Maxwell en forma Integral. Dualidad. La Ecuación de Onda No-homogénea para E y B.

Propagación de Ondas Electromagnéticas Planas en Medios Infinitos: Ondas Electromagnéticas Planas en Espacio Libre. Los Vectores E y H en un Medio Homogéneo, Isotrópico, Lineal y Estacionario. Propagación de Ondas Electromagnéticas Planas en medios No-conductores. Propagación de Ondas Electromagnéticas Planas en Medios Conductores. Propagación de Ondas

Electromagnéticas en Buenos Conductores.

Reflexión y Refracción de Ondas Electromagnéticas: Las Leyes de la Reflexión y la Ley de Snell de la Refracción. Las Ecuaciones de Fresnel. Reflexión y Refracción en la Interfaces entre dos No-conductores No-magnéticos. Reflexión Total en la Interface entre dos No-conductores. Reflexión y Refracción en la Superficie de un Buen Conductor. Presión de Radiación a incidencia Normal sobre un buen Conductor. Reflexión de una Onda Electromagnética por un Gas Ionizado.

Guías de Ondas: Propagación en Línea Recta. La Línea Coaxial. La Guía de Onda Hueca y Rectangular.

ELECTROMAGNETISMO DE BIOMATERIALES

Semanas de clase: 10

Horas por semana: 4

PROGRAMA

Introducción: Propiedades de los Campos Eléctricos y Magnéticos. La Radiación no Ionizante. Campos RF y ELF. Los Materiales Biológicos y el Bioelectromagnetismo.

Dielectricidad en Biomateriales: Tipos de Polarización. Expresiones de Debye. Calentamiento Dieléctrico de Materiales: Aplicaciones e implicaciones. Mecanismos de Dispersión. Mecanismos β , γ , α . Biomateriales de alto y bajo contenido de agua. Mecanismos Biofísicos en Materiales. Comportamiento de las Células en altas y bajas Frecuencias. Circuito Equivalente de las Membranas. Inducción de Voltaje Transmembránico.

Absorción de Energía No Ionizante: La Tasa de Absorción Específica (SAR). Modelos Teóricos y Experimentales de Cálculo del SAR. Corrientes Inducidas en seres humanos. Rangos de Absorción de Energía en los seres humanos. RF: Exposición a campos cercanos. RF: Exposición a campos lejanos. Absorción de Energía en Campos ELF.

Efectos Celulares: Lípidos y Proteínas en Membranas Celulares. Concentración Iónica y Voltaje Transmembránico. La Ecuación GHK. Característica I-V de la Membrana Celular. Tipos de Interacción Celular de los Campos EM. Alteración del Flujo de Iones de Calcio. Efectos en la tasa de división Celular, en Linfocitos y otros efectos. Otras teorías: Resonancia Ciclotrónica y demás.

La Problemática de los Efectos Biológicos: Tipología de los Efectos de altas y bajas Frecuencias. El Impacto Ambiental de los Campos Electromagnéticos. Efectos de los Campos Geoelectrónico y Geomagnético. Impacto Ambiental de las Infraestructuras de Electrificación. Los efectos Biológicos de los Campos ELF. Normativas Internacionales en Sistemas de Alta Tensión. Impacto Ambiental de la Infraestructura de RF. Normativas Internacionales en Alta Frecuencia. Los criterios americanos y soviéticos: Evolución y Aceptación. Naturaleza y Características de los Estudios Epidemiológicos. La Problemática de los Efectos Cancerígenos de los Campos EM.

Fenómenos en Alta Tensión.

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO EN LOS MATERIALES

Introducción a los Semiconductores: Bandas de Energía en los Sólidos. Semiconductores Intrínsecos. Dopamiento. Materiales tipo P y tipo N. Función Estadística de Fermi-Dirac. Nivel de Fermi. Conductividad y Movilidad. Fenómenos de Recombinación de Portadores. Difusión de Portadores. Relación de Einstein. Difusión con Recombinación. Longitud de Difusión.

Comportamiento de la Unión P-N: Características de la Unión P-N. Creación de la Zona de Transición. El Potencial de Contacto y la Carga Espacial. La Unión P-N Polarizada. Bandas de Energía en Polarización. Efectos de la Polarización Inversa: Efecto Avalancha y Efecto Zener. Capacitancias de la Unión P-N. Inyección de Portadores en la Unión. Tiempo de Respuesta.

Dispositivos Semiconductores: Las Fotorresistencias. Aplicaciones. El Diodo Rectificador. La Curva i-v. La Energía Solar y su aprovechamiento. Las Celdas Fotovoltaicas. Características y panorama de sus aplicaciones. El Diodo de Conmutación: Efectos del Dopamiento. La Unión como Capacitor Variable: el Diodo Varicap. El Diodo Túnel (Diodo Esaki).

Transistores y Circuitos Integrados: Los Transistores Bopolares BJT. Estructura y Comportamiento. Cálculo de las Corrientes Terminales en los BJT. El Fototransistor. Características Básicas. El Transistor MOS. La tecnología CMOS. Procesos de fabricación de los Semiconductores y sus dispositivos. Fabricación de Circuitos Integrados: De la Oxidación a la Metalización. Componentes equivalentes dentro de un Circuito Integrado.

El Magnetismo en Materiales: Revisión básica de conceptos sobre los Campos Magnéticos (B , H y M). La Frecuencia de Larmor y la inducción del Dipolo Magnético elemental. Diamagnetismo. Materiales Diamagnéticos.

INSTITUTO ONCOLOGICO NACIONAL

DR JUAN TANCA MARENGO

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

DEL LITORAL

RESIDENCIA - MAESTRIA EN

FISICA MEDICA

PROGRAMA CURRICULAR

AÑOS DE ESPECIALIZACION

ADMINISTRADO POR SOLCA

Marzo 17 de 1998

PROGRAMA ACADÉMICO DE LA RESIDENCIA- MAESTRIA EN FISICA MEDICA

PENSUM ACADÉMICO

El pensum académico de la residencia-maestría en física médica será cubierto en dos años, con programas modulares que requieren dedicación de tiempo completo.

En las dos últimas décadas la Física Médica ha alcanzado un alto nivel de desarrollo, como consecuencia de la evolución técnico-científica en Medicina. Conllevando, por tanto, un acercamiento hacia la homogeneización, no solo en la parte técnico-operativa, sino en la científico-académica; de manera que la formación universitaria requerida sea a nivel postgrado en dos niveles: maestría y doctorado.

De acuerdo con el desarrollo científico-técnico del país, la infraestructura tanto de la ESPOL como de SOLCA y la evolución histórica de la Física Médica, el programa académico descrito corresponde a una Residencia-Maestría en Física Médica.

El programa académico ha sido desarrollado teniendo en cuenta directrices internacionales e incluye materias teóricas, laboratorios y residencia hospitalaria. Para el desarrollo de los dos últimos es necesario que el número máximo de estudiantes sea cinco.

RESIDENCIA - MAESTRIA EN FISICA MEDICA

PROGRAMA ACADÉMICO

El programa académico de especialización será administrado con cursos trimestrales con una duración de cuarenta horas y se realizara de la siguiente manera:

QUINTO TRIMESTRE

- 1- Física de la imagenología diagnóstica
- 2- Física de la medicina nuclear.
- 3- Física radiológica y dosimetría

SEXTO TRIMESTRE

- 1- Radiobiología.
- 2- Laboratorio de física de la imagenología diagnóstica.
- 3- Laboratorio de física de la medicina nuclear.

SEPTIMO TRIMESTRE

- 1- Fisica hospitalaria - protección radiológica.
- 2- Fisica de la radioterapia
- 3- Laboratorio de fisica hospitalaria-prot.rad.

OCTAVO TRIMESTRE

- 1- Proyecto del tesis I
- 2- Laboratorio de fisica de la radioterapia.
- 3.- Rotación de especialización I

NOVENO TRIMESTRE

- 1.- Proyecto de tesis II
- 2- Rotacion de especialización II
- 3- Seminario I

DECIMO TRIMESTRE

- 1- Rotación de especialización III.
- 2- Proyecto de tesis III.
- 3- Seminario II

Como requisito de grado el egresado deberá realizar una rotación extramural en el Jefferson Radiation Oncology Center, Harper Hospital, por un periodo de dos meses, que de acuerdo con su trabajo de grado se hará al finalizar el decimo trimestre.

1.2.5.- El abdomen

- a) Divisiones y Regiones
- b) Organos en el abdomen
- c) Sistemas abdominales

1.2.6.- Sistema respiratorio

- a) Organos
- b) Función
- c) Radiografías del sistema

1.2.7.- Sistema digestivo

- a) Divisiones
- b) Localización y extensión
- c) Función
- d) Radiografías del sistema

1.2.8.- Sistema urinario

- a) Organos
- b) Localización
- c) Función
- d) Radiografías del sistema

1.2.9.- Sistema reproductivo

- a) Organos
- b) Localización
- c) Radiografía del sistema

1.2.10.- Sistema circulatorio

- a) Principales componentes
- b) Radiografía del sistema
- c) Visita a los laboratorios Caterización

1.2.11.- Patología

- a) Identificación de órganos en autopsias
- b) Localización de órganos
- c) Composición de los órganos
- d) Correlación de los encuentros radiográficos

2. ANATOMIA RADIOLOGICA

Semanas de clases: 10

Horas por semana: 4

PROGRAMA

2.1 - Objetivos generales

Al finalizar el curso, el estudiante estará en capacidad de distinguir las diferentes estructuras presentadas en imágenes de radiología convencional, tomografía, resonancia magnética, ecografía y medicina nuclear.

2.2.- Temario

2.2.1 Radiología convencional

Cráneo: Estructuras óseas de la bóveda y de la base.

Cara: Estructuras óseas y áreas maxilar inferior.

Columna cervical:

Vértebras y hueso hioides.

Tórax: Corazón, pulmones grandes vasos, costillas, esternón, vértebras dorsales

Abdomen:

Formaciones óseas y articulares.

2.2.2. Topografía y Resonancia Magnética

Cráneo: Formaciones supratentoriales: intracraneanos.
Cerebro y ventrículos.

Formaciones infratentoriales: Cerebelo.

Cuello: Columna cervical: médula y raíces nerviosas.
Laringe, faringe, vasos.

Tórax: Corazón y grandes vasos. Pulmones
Columna dorsal, médula y raíces nerviosas.

Abdomen: Hígado, vesícula. Bazo, páncreas, riñones, vasos, úteros, ovarios. Vejiga, próstata, tubo digestivo.

Extremidades:

Huesos y articulaciones.

Ultrasonido: Estructuras intrabadóminales.

Medicina Nuclear: Identificar topográficamente las regiones de cabeza, cuello tórax, abdomen, pelvis y extremidades.

3. IMAGENOLOGIA

Semanas de clases: 10

Horas por semana: 4

3.1.-Objetivos Generales

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de conocer, interpretar, calibrar y hacer el control de calidad de equipos de rayos X y fluoroscopia convencionales, y de estudios especiales, tomografía, resonancia magnética nuclear y ultrasonido.

3.2.- Temario

3.2.1.- Fuentes de señales.

- a) Espectro visible, radiación infrarroja, sonido, campos ESR Y EM.
- b) Radionúclidos y rayos X.

3.2.2.- Por Características Físicas De Las Fuentes De Radiación Ionizantes.

- a) Radioisótopos. Tipos de emisión, vida media, espectro de decaimiento, etc.
- b) Generadores y tubos de Rayos X.

3.2.3.- Efectos de la interacción de la radiación con el paciente.

Atenuación, absorción, transmisión, dispersión y contraste

3.2.4.- Detectores de Radiación y sus Características

- a) Pantallas
- b) Películas
- c) Intensificador de imágenes.

3.2.5.- Formación de Imágenes Planares, Tomográficas y Transversales.

- a) Relación señal / ruido.
- b) NEQ and DQE
- c) Función y FTM
- d) Latitud y sensibilidad al contraste

3.2.6.- Manipulación de la Imagen

- a) Técnica de reducción de la radiación dispersa.
- b) Discriminación energética.

3.2.7.- Presentación de la Imagen y sus Características

- a) Películas
- b) Impresiones
- c) CRT, Holografía.

3.2.8.- Procesamiento de la Imagen

- a) Presentación del color.
- b) Sustracción .
- c) AHE, USM, LPF, HPF.

3.2.9.- Requerimientos especiales para procedimientos específicos.

- a) Mamografía.
- b) Densitometría ósea
- c) Tomografía Axial computarizada.
- d) Angio-magnificación.
- e) Dental.

3.2.10.- Mediciones de la calidad de la imagen.

3.2.11.- Procedimientos de garantía de calidad.

3.2.12.- Generación de imágenes con radiaciones no ionizantes.

- a) Espectro visible.
- b) Termografía
- c) Ultrasonido.
- d) Resonancia magnética nuclear.
- e) SQUID.

3.2.13.- Aspectos contemporáneos.

- a) Registro de la dosis del paciente.
- b) PACS.
- c) Mediciones de la precisión diagnóstica (ROCA).

4. ELECTRONICA

Semanas de clases: 10

Horas por semana: 4

4.1 Objetivos Generales

Al finalizar el curso de electrónica el estudiante estará en capacidad de:

Comprender el funcionamiento, utilizar adecuadamente y colaborar para el funcionamiento adecuado de equipos con alto grado de sofisticación como acelerados lineales, tomógrafos axiales computarizados y equipos de rayos X; al igual que del instrumental electrónico utilizado para la realización de pruebas de garantía de calidad y de calibración de equipamiento médico utilizado en cirugía, medicina nuclear, radiología y radioterapia.

4.1.1.- Componentes pasivos y mallas.

- a) Revisión de circuitos CD.
- b) Revisión de circuitos CA.
- c) Análisis de mallas.

4.1.2.- Instrumentación Electrónica.

- a) Medidores analógicos básicos.
- b) Instrumentos de medición.
- c) Osciloscopio.
- d) Generador de señales, contadores de frecuencia y atenuadores.
- e) Tópicos anexos. Líneas de transmisión, relay y otros instrumentos electromecánicos.

4.1.3.- Transductores De Entrada

- a) Resistivos, fotoresistivos y termistores
- b) Transductores de entrada de corriente. Cámara de ionización.
- c) Transductores de entrada de voltaje. Termocupla, celdas fotovoltaicas y fotodiodos.

4.1.4.- Diodos y sus aplicaciones.

- a) Diodos. Vacío y diodos semiconductores, modelo físico del diodo semiconductor. la unión p-n. funcionamiento de iodo, características de corriente- voltaje.
- b) Rectificación y filtración. Rectificador de media onda y de onda completa. Filtros de bajo y alto paso.
- c) Diodo Zener. Característica corriente- voltaje, como regulador de voltaje.

4.1.5.- Transistores.

- a) Clases de transistores.
- b) Aplicaciones de los transistores.

4.1.6.- Circuitos Amplificadores y Amplificadores Operacionales.

- a) Propiedades fundamentales del amplificador.
- b) Clases de amplificadores.
- c) Amplificadores operacionales prácticos y circuitos básicos.
- d) Especificaciones de amplificadores operacionales reales.

4.1.7.- Bases Digitales

- a) Puertas lógicas básicas.
- b) Puertas de construcción .
- c) Álgebra booleana.
- d) FLIP-FLOPS
- e) Sistemas numéricos.

4.1.8.- Circuitos Digitales

- a) Contadores y registradores.
- b) Multiplexing.
- c) Timing and control
- d) Conversiones entre los dominios analógicos digitales DAC Y ADC.
- e) Conversiones de voltaje a frecuencias.

4.1.9.- Ruido

- a) Orígenes del ruido.
- b) Reducción del ruido.

5.- FISICA SANITARIA Y PROTECCION RADIOLOGICA

Semanas de clases: 10

Horas por semana: 4

5.1.- Objetivos Generales

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de comprender la relación entre la interacción microscópica y la respuesta celular, los aparatos de detección radiológica y diseño de blindajes . Así mismo dominará la legislación nacional y conocerá las recomendaciones internacionales.

5.2.- Temática

5.2.1.- Introducción Y Perspectiva Histórica

- a) Descubrimiento de la radiación ionizante y sus primeras aplicaciones.
- b) Efectos radioinducidos observados.
- c) Procedimientos de seguridad radiológica históricos.
- d) Preregulaciones.

5.2.2 Interacción Física Desde el Punto de Vista de Protección Radiologica

- a) Radiaciones directa e indirectamente ionizantes
- b) Formalismo de Bethe-Bloch
- c) Interacción electromagnética
- d) Interacción de los neutrones con la materia

5.2.3.Dosimetria Operativa

- a) Unidades
- b) Kerma y dosis absorbida
- c) Dosis equivalente
- d) Recomendaciones del ICRU
- e) Cambios recientes del factor de calidad para neutrones

5.2.4.Detectores De Radiación

- a) Ionometria
- b) Contadores de centelleo y termoluminisencia
- c) Medidores de dosis equivalente

5.2.5. Blindajes : Propiedades Y Diseño

- a) Partículas directamente ionizantes
- b) Partículas indirectamente ionizantes.
- c) Parametrización de la zona de acumulación.
- d) Muestra estocástica. Método Monte Carlo
- e) Aceleradores de partículas
- f) Recomendaciones internacionales

5.2.6. Estadística

- a) Interpretación estadística de la respuesta de un instrumento
- b) Diseño de experimentos
- c) Análisis de errores estocásticos y no estocásticos
- d) Interpretación de resultados experimentales

5.2.7. Monitoreo Del Personal

- a) Técnicas e instrumentación
- b) Dispositivos activos e integrales
- c) Rango dinámico y respuesta
- d) Película, TLD, lexan y CR-39
- e) Cámaras de ionización de bolsillo y contadores GM

5.2.8. Exposición Interna

- a) ICRP 26. ICRP 2ª recomendaciones
- b) Dosimetría MIRD
- c) Monitoreo y control de niveles de exposición
- d) Ensayos biológicos
- e) Dispersión en un ambiente de trabajo
- f) Límites anuales de incorporación

5.2.9. Dispersión ambiental

- a) Liberación de radioisótopos en la atmósfera
- b) Consecuencias dosimétricas
- c) Modelos de dispersión en agua y en aire

5.2.10. Efectos biológicos

- a) Radiobiología básica
- b) Respuesta estocástica y no estocástica
- c) Base de datos biológicos experimentales de efectos radioinducidos
- d) Informes de BEIR y UNSCEAR

5.2.11. Regulaciones

- a) Que es, que no es
- b) Legislación nacional
- c) Recomendaciones internacionales

5.2.12. Manejo de desechos radiactivos

- a) Desechos de bajo nivel
- b) Desechos de alto nivel

5.2.13. Radón

- a) Cadena de decaimiento
- b) Transporte y dispersión
- c) Dosimetría
- d) Técnicas de medición

5.2.14. Radiación no ionizante

- a) Riesgo con ondas electromagnéticas y sonoras
- b) Requisitos de emisión
- c) Técnicas de medición
- d) Legislación y recomendaciones

6. MEDICINA NUCLEAR

Semanas de clases: 10

Horas por semana: 4

6.1 Objetivos Generales

Al finalizar este curso el estudiante estará en capacidad de comprender la física medica nuclear y las bases de la radioquímica.

6.2 Temario

6.2.1. Radioisotopos

- a) Estructura nuclear
- b) Esquemas de decaimiento
- c) Producción de radionuclidos
- d) Estadística del decaimiento radiactivo

6.2.2. Instrumentación

- a) Escáner rectilíneo
- b) Detectores de centelleo
- c) Sistemas de imagenología alternativos
- d) Sistemas de conteo por centelleo
- e) Contadores de centelleo líquidos
- f) Semiconductores
- g) Cámaras de ionización tipo pozo

6.2.3. Radioquímica

- a) Generadores
- b) Preparación de radiofármacos
- c) Control de calidad de los radiofármacos
- d) Radioisotopos para aplicaciones clínicas específicas.

6.2.4. Computadores

- a) Hardware
- b) Software
- c) Conexión y operación de periféricos
- d) Pruebas de aceptación y control de calidad
- e) Aplicaciones clínicas

6.2.5. Dosimetría Interna

- a) Sistema para el cálculo de dosis.
- b) Dosis típicas en procedimientos de diagnóstico y tratamiento

6.2.6. Seguridad Radiológica

- a) Monitores ambientales de radiación .
- b) Principios y mecanismo de protección para el personal y los pacientes
- c) Niveles de exposición durante la preparación y administración de radioisótopos
- d) Niveles de tasa de exposición alrededor de pacientes que han recibido radioisótopos
- e) Manejo de pacientes en accidentes
- f) Aplicación del principio ALARA

6.2.7. Diseño de Instalaciones

- a) Almacenamiento de radioisótopos y laboratorios.
- b) Sistemas de extracción de aire.
- c) Área de procedimientos
- d) Cuarto oscuro
- e) Diseño del departamento (flujo de pacientes y de personal)
- f) Requerimientos generales de seguridad.

6.2.8. Regulaciones

- a) Legislación nacional.
- b) Recomendaciones internacionales

7. RADIOBIOLOGIA

Semanas de clases: 10

Horas por semana: 4

7.1. Objetivos Generales

Suministrar al estudiante una formación científica para la comprensión de los efectos biológicos de la radiación ionizante y conocerá la legislación nacional y recomendaciones internacionales pertinentes.

7.2. TEMARIO

7.2.1. Bases Física y Mecanismos Químicos

- a) Excitación
- b) Ionización
- c) Producción de radicales libres
- d) TLE, dosis

7.2.2. Radiobiología Celular

- a) Ley de Bergonie y Tribondeau
- b) Ciclos celulares
- c) Formas de supervivencia celular
- d) Teoría de blancos
- e) Factores que afectan la supervivencia

7.2.3. Respuestas Tisulares Y Orgánicas

- a) Tejidos sensibles a la radiación
- b) Efectos a bajas dosis
- c) Desarrollo del feto

7.2.4. Síndrome De Radiación Aguda

- a) SNC
- b) GI
- c) Hematopoyético
- d) inmunológico
- e) Infertilidad

7.2.5. Carcinogenesis

- a) Mecanismos de radioinducción de cáncer
- b) Efectos en animales y humanos
- c) Sobrevivientes de ataques nucleares y leucemia

- d) Otros grupos irradiados
- e) Informes del BIER

7.2.6. Efectos Genéticos

- a) Mutaciones
- b) Datos experimentales en animales
- c) Efectos en humanos
- d) Dosis genéticamente significativas

7.2.7. Bases Radiobiológicas y Radioterapia

- a) Respuesta diferencial entre tejidos tumorales y normales
- b) Reparación
- c) Fraccionamiento
- d) Tolerancia de diversos órganos
- e) Efectos del fraccionamiento, dosis por fracción, dosis total y volumétricos
- f) Radiación con alto LET
- g) Hipertermia
- h) Sensibilizadores celulares

7.2.8. Fuentes De Exposición

- a) Radiación de fondo natural
- b) Radiación medica
- c) Otras fuentes artificiales

7.2.9. Dosis Máximas Permisibles

- a) Legislación Nacional
- b) Recomendaciones internacionales

7.2.10. RIESGO CONTRA BENEFICIO

- a) Estudios Masivos
- b) Radiodiagnóstico

8. FISICA RADIOLOGICA Y DOSIMETRIA

Semanas de clases: 10

Horas por semana: 4

8.1. Objetivos Generales

Al finalizar el curso el estudiante comprenderá las bases de la física radiológica y dosimetría, y estará en capacidad de calibrar diferentes equipos emisores de radiación.

8.2. TEMARIO

8.2.1. Radiación Ionizante

- a) Clases y fuentes de radiación
- b) Descripción de campos ionizantes

8.2.2. Variables que Describen la Interacción de la Radiación con la Materia

- a) Energía impartida, energía transferida y energía transferida neta
- b) Kerma
- c) Dosis absorbida
- d) Exposición
- e) Dosis equivalente y factor de calidad

8.2.3. Atenuación Exponencial

- a) Atenuación exponencial pura
- b) Atenuación exponencial para los diferentes tipos de absorción
- c) Atenuación de haces de radiación finos y gruesos
- d) Efectos espectrales en la atenuación
- e) Factor de acumulación
- f) Teorema de reciprocidad

8.2.4. Partículas Cargadas y Equilibrio Radiactivo

- a) Equilibrio radiactivo
- b) Equilibrio radiactivo de partículas cargadas
- c) Relaciones entre Kerma, dosis absorbida, kerma de colisión y exposición bajo condiciones de equilibrio
- d) Condiciones para el equilibrio, y causas para su falla.
- e) Equilibrio trasciente

8.2.5. Dosis Absorbida en un Medio Radiactivo

- a) Procesos de desintegración radiactiva
- b) Energía disponible para dosis absorbida

8.2.6. Decaimiento Radiactivo

- a) Constantes de decaimiento total y parcial
- b) Unidades de actividad
- c) Vida media y vida promedio
- d) Relación padre-hija
- e) Equilibrio
- f) Radiactivación por interacciones nucleares
- g) Constantes de tasa de exposición y tasa de kerma

8.2.7. Interacción de la Radiación con la Materia

- a) Efecto Compton.
- b) Efecto fotoeléctrico.
- c) Producción de pares.
- d) Dispersión Rayleigh
- e) Interacciones fotonucleares
- f) Coeficientes de atenuación, transferencia y absorción de energía.

8.2.8. Interacciones de las Partículas Cargadas con la Materia.

- a) Interacciones coulombianas.
- b) Poderes de frenado.
- c) Alcance.
- d) Cálculo de dosis absorbida.

8.2.9. Producción y Calidad de Rayos X.

- a) Fluorescencia.
- b) Radiación de frenado.
- c) Calidad de un haz.
- d) Filtración.

8.2.10. Teoría de la Cavity.

- a) Teoría de Bragg-Gray y corolarios
- b) Teoría de la cavity de Spencer.
- c) Teoría de la cavity de Burlin.
- d) Promedio del poder de frenado.

8.2.11. Fundamentos De Dosimetría

- a) ICRU: Definiciones de unidades dosimétricas.
- b) Interpretación de mediciones dosimétricas.
- c) Características generales de los dosímetros.

8.2.12. Cámaras De Ionización

- a) Cámaras cilíndricas tipo dedal.
- b) Mediciones de carga y corriente.
- c) Saturación y recombinación iónica

8.2.13. Utilización de Cámaras de Ionización en Radioterapia.

- a) Calibración de las cámaras.
- b) Factores de calibración.
- c) Mediciones en aire.
- d) Mediciones en maniquies.

8.2.14. Dosímetros Integradores.

- a) Termoluminiscentes.
- b) Películas.
- c) Químicos.
- d) Calorimétricos.

8.2.15. Dosimetría con Detectores Pulsados.

- a) GM y contadores proporcionales.
- b) Detectores de centelleo.
- c) Semiconductores.

8.2.16. Interacciones de los Neutrones y Dosimetría

- a) Clasificación de los neutrones de acuerdo con su energía cinética.
- b) Interacciones de los neutrones con los tejidos.
- c) Kerma para neutrones y cálculo de dosis.
- d) Fuentes de neutrones.
- e) Factor de calidad para los neutrones.
- f) Dosis absorbida en un maniquí.
- g) Dosimetría de campos con radiaciones gamma y neutrones.
- h) Microdosimetría.

9. FISICA DE LA RADIOTERAPIA

Semanas de clases: 10

Horas por semana: 4

9.1. Objetivos Generales

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de manejar el lenguaje multidisciplinario oncológico básico, conocerá los efectos tempranos y tardíos de los tratamientos radioterapéuticos, intervenir en la adquisición de datos del paciente, a través de simulación convencional o simulación virtual y hacer planeaciones físicas de tratamientos

9.2. TEMARIO

9.2.1. Conceptos Básicos De Radioncología

- a) Incidencia de cáncer, etiología.
- b) Clasificación oncológica, estadio.
Revisión del drenaje linfático.
- c) Modalidades de tratamiento.
 - I.- Cirugía.
 - II.- Quimioterapia.
 - III.- Radioterapia.
 - A.- Teleterapia
 - B.- Braquiterapia.
 - C.- Terapia con neutrones, protones y partículas pesadas
 - IV.- Hipertemia
- d) Revisión de radiobiología.
 - I.- Curvas de sobrevida.
 - II.- Las cuatro Rs de la Radioterapia.
 - III.- Modelos TDF y lineal cuadrático.
 - IV.- Efectos colaterales y complicaciones.
 - V.- Dosis de tolerancia para tejidos normales y tumorales.
- e) Papel del Fisico Médico.

9.2.2. Maniquies.

- a) Para calibración.
- b) Antropomórficos.
- c) Materiales equivalentes a tejidos.
- d) Propiedades de sistemas de dosimetría relativa.

9.2.3.Unidades Emisoras De Radiación

- a) Kilovoltaje.
- b) Cobalto-60
- c) Diseño y operación de aceleradores lineales.
- d) Aceleradores de partículas cargadas.

9.2.4.Haces De Fotones: Dosimetría Clínica Básica.

- a) Rendimiento en profundidad.
- b) Definiciones, relaciones y factores que afectan a:
PPD, TAR, SAR, TMR, TPR, SMR y BSF.
- c) Radiación dispersa en el colimador y el maniquí.
- d) Campos irregulares
- e) Calibración.

9.2.5.Haces De Fotones: Caracterización del haz, planificación de tratamientos.

- a) Adquisición de isodosis.
- b) Parámetros que afectan las isodosis.
- c) Combinación de campos.
- d) Cuñas
- e) Correcciones por heterogeneidad e inhomogeneidad.
- f) Especificación de la dosis y normalización.
- g) Modulación del haz computarizada.

9.2.6.Haces De Fotones: Aplicaciones con Pacientes

- a) Adquisición de datos del paciente.
 - I.- A partir de imágenes. Películas radiográficas, tomografía, resonancia magnética nuclear, medicina nuclear y ultrasonido.
 - II.- Contornos.
- b) Técnicas de Simulación.
- c) Accesorios.
- d) Sistemas de verificación.
- e) Técnicas especiales.

9.2.7. Haces de Electrones: Dosimetría Clínica Básica.

- a) Interacción de los electrones, detección y técnicas de medición.
- b) Características de un haz de electrones .

9.2.8. Haces de Electrones: Caracterización del Haz y Planeación de Tratamientos.

- a) Brechas de aire y efecto de oblicuidad.
- b) Inhomogeneidades.
- c) Algoritmos.
- d) Planeación de tratamientos.

- I.- Selección de energía, combinación con fotones.
- II.- Bolus.
- III. Técnicas convencionales.
- IV.- Irradiación corporal total
- V.- Técnica en arco .

9.2.9. Braquiterapia.

- a) Características de la fuente y especificación de su carga.
- b) Sistemas dosimétrico.
- c) Técnicas de tratamiento.
- d) Cálculo y especificación de la dosis.
- e) Consideraciones de la tasa de dosis.
- f) Ejemplos clínicos.
- g) Fuentes de neutrones.

9.2.10. Protección Radiológica.

- a) Legislación nacional y recomendaciones internacionales.
- b) Diseño de blindajes.
- c) Directrices de seguridad operativa.

9.2.11. Garantía de Calidad y Control de Calidad.

- a) Análisis de error.
- b) Protocolos de control y garantía de calidad.
- c) Organización de un programa de garantía de calidad.
- d) Tratamientos y dosis suministrada al paciente.
- e) Selección, instalación y aceptación de equipos.
- f) Delineamientos específicos.
 - I. Unidades de tratamiento.
 - II.- Fuente de braquiterapia y aplicadores.
 - III.- Sistemas para la elaboración de protecciones y compensadores.

9.2.12. Técnicas Especiales:

- a) Radioterapia conformacional.
- b) Radiocirugía estereotáxicas.
- c) Hiper fraccionamientos.

10. LABORATORIOS

10.1. Laboratorio Para Imagenología.

- 10.1.1. Calibración De Equipos De Rayos X.
- 10.1.2. Contraste Radiográfico.
- 10.1.3. Sistema Pelicula-Pantalla.
- 10.1.4. Reducción de la radiación dispersa
- 10.1.5. Control de calidad de los equipos de imagenología.
- 10.1.6. Sistemas de manejo de imagen.
- 10.1.7. Técnicas de imagenología no ionizantes.
- 10.1.8. Evaluación de sistemas de imagen.
- 10.1.9. Ultrasonido.
- 10.1.10. Resonancia magnética nuclear.
- 10.1.11. Tomografía axial computarizada

10.2.- Laboratorios De Electrónica

- 10.2.1.- Instrumentación electrónica.
- 10.2.2.- Diodos.
- 10.2.3.- Transistores.
- 10.2.4.- Amplificadores operacionales.
- 10.2.5.- Bases digitales.
- 10.2.6.- Circuitos digitales.
- 10.2.7.- Ruido.

10.3.- LABORATORIO PARA FISICA HOSPITALARIA Y PROTECCION RADIOLOGICA.

- 10.3.1.- Análisis de muestras con detectores de centelleo.
- 10.3.2.- Dosímetros personales: fotones-electrones.
- 10.3.3.- Dosímetros personales: neutrones.
- 10.3.4.- Radiación de fuga en aceleradores lineales.
- 10.3.5.- Instrumentos de monitoreo de neutrones.
- 10.3.6.- Determinación del riesgo biológico derivado de concentraciones de tritio en aire.
- 10.3.7.- Cálculo de blindaje en una sala de tomografía axial computarizada.
- 10.3.8.- Análisis de concentraciones de yodo y cesio en la leche.

10.4. Laboratorio Para Instrumentación En Medicina Nuclear

- 10.4.1.- Generadores de Mo-Tc.
- 10.4.2.- Calibradores de radioisótopos.
- 10.4.3.- Contadores de centelleo.
- 10.4.4.- Espectrometría de rayos gamma.
- 10.4.5.- Cámara de centelleo tipo Anger.

10.5.- Laboratorio de Física en Radioterapia.

- 10.5.1.- Conceptos radioncológicos. Asistencia a conferencias multidisciplinares y Staff clínico.
- 10.5.2.- Calibración de unidades de tratamiento.
- 10.5.3.- Dosimetría relativa.
- 10.5.4.- Garantía de calidad en Radioterapia.

10.6. Residencia y Rotación Extramural

- 10.6.1.- El estudiante se considerará durante los dos años de entrenamiento como residente de SOLCA, por lo cual participará en las labores asistenciales supervisado y dirigido por un Físico Médico del Hospital.
- 10.6.2.- El estudiante realizará un entrenamiento por espacio de tres meses en el Harper Hospital- Gershenson Radiation Oncology Center.

From: Fisica Medica <fmedica@solca.med.ec>
To: "comecen1@ECNET.ec" <comecen1@ECNET.ec>
Copies to: "tupolev_62@hotmail.com" <tupolev_62@hotmail.com>
Subject: RV: urgente
Date sent: Tue, 18 Jul 2000 13:16:55 -0400

Ing. Flavio Villaba:

De parte del Dr. Juan Carlos Celi -Jefe del Dpto. de Física Médica y Seguridad Radiológica de Solca, le manda lo siguiente:

FICHA RESUMEN RESPECTO A LA SOCIEDAD DE LUCHA CONTRA EL CANCER DEL ECUADOR.

-Descripcion General:

Institución principal del Ecuador en la lucha contra el cancer, comprende una red de hospitales, del cual el principal es el Instituto oncológico nacional, que cubre:

- Prevención
- Diagnóstico
- Tratamiento
- Docencia
- Investigación.

Para ello Solca es miembro de la UICC, del programa Latinoamerica Contra el cancer, posee siete postgrados en medicina y fisica, acuerdos internacionales con:

- Instituto Gustave Roussy
- Instituto Catalan de Oncología
- Instituto nacional de Cancerología de Bogota
- Universidad de Wayne, hospital HARPER.

y ademas acuerdos nacionales con la universidad Estatal de Guataquil, Catolica de Guataquil, la Escuela Politécnica del Litoral y la CEEA.

Funcionamiento: Solca es una entidad sin fines de lucro, que se administra gracias a un impuesto a las operaciones de credito en moneda nacional y extranjera, regida por un Consejo Directivo Nacional de miembros honorarios. Desde el punto de vista administrativo posee un area de administración general, un area de administración hospitalaria, un Consejo Hospitalario y Consejo Médico, departamentos de anatomopatología, cirugía, oncología clinica, anestesiología y dolor, radiooncología, imagenología, fisica médica, enfermería, docencia e investigación.

AREAS DE RADIACIONES:

DEPARTAMENTO DE IMAGENOLOGIA:

SERVICIOS: RADIODIAGNOSTICO.- EQUIPAMIENTO: tomografo, 4 equipos de radiología, 2 mamógrafos, 2 ecógrafos.

COMISION NACIONAL DE RADIACIONES
TELEFONO: 2255111

MEDICINA NUCLEAR.- gamma camara, tratamientos de yodo metabolico.

DEPARTAMENTO DE RADIOONCOLOGIA:

SERVICIO DE TERAPIA EXTERNA: 2 ACELERADORES LINEALES (1999), CO-60,

TOMOGRAFO SIMULADOR HELICOIDAL, SIMULADOR CONVENCIONAL, TERAPIA SUPERFICIAL

(HASTA 2000), RED DE VERIFICACION Y CONTROL, EQUIPOS PARA ESTEROTAXIA.

TERAPIA CONFORMACIONAL Y VERIFICACION DE TRATAMIENTOS POR IMÁGENES.

SERVICIO DE BRAQUITERAPIA: UNIDAD INTEGRAL DE BRAQUITERAPIA, BAJA TASA DE

DOSIS (6), ALTA TASA DE DOSIS (1).

DEPARTAMENTO DE FISICA MEDICA:

SERVICIO DE FISICA MEDICA: SISTEMAS DE PLANIFICACION

(THERAPLAN, HELAX,

PLATO, LEIBINGER).

SISTEMAS DE DOSIMETRIA: WELLHOFER (BARRIDO 3D Y BARRIDO PLANAR CA-24,

SISTEMAS DE DOSIMETRIA ABSOLUTA (3), CAMARAS PLANARES (2), CILINDRICAS (3),

SISTEMA DE DOSIMETRIA POR TERMOLUMINISCENCIA, SISTEMAS DE DOSIMETRIA IN VIVO

POR DIODOS, SISTEMA DE DOSIMETRIA IN VIVO POR SONDAS

INTERSTICIALES,

SISTEMAS DE VERIFICACION GEOMETRICA, SISTEMAS DE BARRIDO POR PELICULAS

(VIDAD), SISTEMA DE CALIBRACION PARA BRAQUITERAPIA, KITS DE CONTROL DE

CALIDAD PARA RADIODIAGNOSTICO (TOMOGRAFIA, RAZOS X,

FLUOROSCOPIA Y

MAMOGRAFIA)

SERVICIO DE PROTECCION RADIOLOGICA: LABORATORIO DE DESECHOS RADIATIVOS,

SISTEMAS DE DETECCION GAMMA (4), DETECTORES AMBIENTALES (8),

DETECTOR DE

NEUTRONES.

INVESTIGACION: LABORATORIO DE DOSIMETRIA INTERNA, ANALISIS DE

HETEROGENEIDADES.

PERSONAL: 5 MEDICOS DE RADIODIAGNOSTICO, 5 RESIDENTES DE RADIODIAGNOSTICO,

2 MEDICOS NUCLEARES, 4 RADIOONCOLOGOS, CINCO RESIDENTES DE RADIOONCOLOGIA,

CINCO FISICOS (2 PhD), 4 RESIDENTES DE FISICA, 40 TECNOLOGOS MEDICOS, 3

DOSIMETRISTAS, UN TECNOLOGO EN MOLDES.

Universidad Nacional Autónoma de México

MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Información General, actualizada en mayo 2001

Objetivos y estructura

El programa de la Maestría en Ciencias (Física Médica) de la UNAM tiene como objetivo general capacitar individuos que hayan concluido la carrera de Físico, u otra afín, para desarrollar de manera creativa las labores de un físico médico en el medio clínico. La formación incluye todas las aplicaciones de la física a la medicina, en relación al uso de principios y técnicas de la física en cualquier aspecto de la prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades humanas, y en la investigación médica para la promoción y conservación de la salud. El egresado utilizará sus conocimientos de física y su formación básica en el empleo de técnicas analíticas para la solución de problemas y necesidades que surjan en la práctica de las ciencias médicas.

Las áreas que conforman el proyecto actual son: la interacción de la radiación ionizante con la materia (y su aplicación en radioterapia, radiodiagnóstico y medicina nuclear), las imágenes de resonancia magnética nuclear, la biomecánica, los biomateriales, la interacción de rayos láser con materia viva, el procesamiento de imágenes médicas, la instrumentación científica y los efectos biológicos de la radiación. La duración del plan de estudios es de cuatro semestres y se debe cubrir un total de 74 créditos, de los cuales 54 son de asignaturas y 20 corresponden a una residencia hospitalaria. El grado de Maestro en Ciencias (Física Médica) se obtiene después de completar un trabajo de Tesis.

Estructura curricular

4 asignaturas teórico-prácticas son obligatorias:

- **Introducción a las Ciencias Médicas (12 cr)**
- **Principios de Biología Molecular de la Célula (8 cr)**
- **Radiobiología (10 cr)**
- **Introducción a Instrumentación y Señales (10 cr)**

Las asignaturas optativas son de 7 u 8 créditos, dependiendo del número de horas de teoría y de laboratorio. En la actualidad se ofrecen (una vez al año) los siguientes cursos optativos:

- **Física de Radiaciones y Dosimetría**
- **Protección Radiológica**

- **Aplicaciones Médicas de los Láseres**
- **Biomecánica**
- **Biomateriales**
- **Formación de Imágenes de Uso Médico**
- **Procesamiento de Imágenes**
- **Imágenes de Resonancia Magnética Nuclear**
- **Temas Selectos de Física Médica**
- **Física de Radioterapia**
-

Una **Residencia Hospitalaria** de cinco meses, con dedicación de tiempo completo, se ofrece los semestres de Agosto- Diciembre; esta actividad obligatoria familiariza al estudiante con la parte aplicativa y práctica de la metodología e instrumentación de uso corriente en hospitales de tercer nivel. Es necesario que el alumno cumpla una rotación mensual, asistiendo a los mejores centros hospitalarios del DF en sus diferentes servicios. Participan en la residencia:

- Instituto Nacional de Cancerología (radioterapia)
- Hospital de Oncología del CMN Siglo XXI (radioterapia)
- Hospital de Especialidades, CMN Siglo XXI (radiodiagnóstico, resonancia magnética y electroencefalografía)
- Hospital de Cardiología, CMN Siglo XXI (medicina nuclear, TAC, resonancia magnética y hemodinámica)
- Hospital Infantil Dr. Federico Gómez (medicina nuclear)

Investigadores y docentes participantes

La Maestría en Física Médica, iniciada en Agosto de 1997, es parte del Posgrado en Ciencias Físicas adecuado al nuevo reglamento de la UNAM. Este "nuevo posgrado" reconoce la importancia de los estudios interdisciplinarios y otorga libertad para que el estudiante curse materias optativas de su interés, incluso ofrecidas por otros programas. En la actualidad, 25 investigadores y profesores (el 90% de ellos son miembros del Sistema Nacional de Investigadores) del área de ciencias exactas de la UNAM se han comprometido con la Maestría en Física Médica para dirigir (o co-dirigir con investigadores médicos) las tesis. Los académicos que participan como docentes de las materias son aproximadamente 32. Esta cifra incluye a médicos asociados con la

Facultad de Medicina de la UNAM. En la actualidad hay 15 estudiantes cursando este programa y las primeras titulaciones comenzaron a fines del 2000.

Los posibles temas de tesis cubren un amplio espectro de intereses, desde la creación de nuevos materiales para prótesis hasta la fabricación de radioisótopos de vida media corta en un acelerador, pasando por estudios de dosimetría en nuevas técnicas de radioterapia o la definición de protocolos para el tratamiento de obstrucciones vasculares con rayos láser. Se espera que el trabajo de tesis defina un campo de experiencia profesional para el egresado. La tesis, que deberá resolver un problema concreto surgido en el medio clínico, será orientada, además del Director de Tesis, por un comité tutorial integrado por un total de tres investigadores físicos y médicos.

Requisitos de ingreso

Se requiere haber cubierto todos los créditos de una licenciatura en Física o área afín. El ingreso es semestral, pero se recomienda postular para el semestre que se inicia en Agosto. Se aplica un examen de diagnóstico sobre conocimientos básicos de física y matemáticas a nivel de licenciatura, común a todo el Posgrado en Ciencias Físicas. Se ofrece un curso propedéutico gratuito de ocho semanas en Mayo-Junio y Octubre-Noviembre para preparar este examen. Además del examen, son elementos para la admisión, los antecedentes académicos del postulante y el resultado de una entrevista. La acreditación de traducción del idioma inglés es necesaria para alumnos que no provengan de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

Becas

La Dirección General de Estudios de Posgrado de la UNAM ofrece cada semestre becas para estudiantes de dedicación exclusiva y antecedentes académicos de excelencia, inscritos en los programas de posgrado de la universidad.

Tanto el CONACYT como la DGAPA-UNAM otorgan becas de Maestría a través de los proyectos de investigación. La disponibilidad de estas "becas de proyecto" deberá consultarse individualmente con cada Director de Tesis.

Los estudiantes del extranjero deberán informarse en su Ministerio de Relaciones Exteriores sobre los requisitos de postulación para una beca de posgrado en México.

Información

Sobre requisitos y fechas de postulación , examen de diagnóstico, curso propedéutico y de inglés, y otros asuntos de tipo administrativo:

**Posgrado en Ciencias Físicas,
Cubículo 224,
Instituto de Física UNAM,
A.P. 20-364
México 01000 DF
Tel: (525) 622-5136 y 622-5014
FAX:(525) 622-5015
pcf@fenix.ifisicacu.unam.mx**

**Sobre asuntos académicos:
Dra. María Ester Brandan
Instituto de Física, UNAM
A.P. 20-364
México 01000 DF
Tel: (525) 622-5027
FAX: (525) 616-1535
brandan@servidor.unam.mx**

Tomado del sitio WEB: <http://venus.fisica.unam.mx/fismed/maestria.html>

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

**PROGRAMAS DE LAS ACTIVIDADES ACADÉMICAS
OBLIGATORIAS**

INTRODUCCIÓN A LAS CIENCIAS MÉDICAS

OBJETIVO

Se ofrecen al alumno los conocimientos básicos para que entienda el funcionamiento normal y la estructura del cuerpo humano y sus alteraciones más comunes en el proceso de salud y enfermedad. En todos los temas del programa se analizarán los procesos normales del cuerpo humano y se pondrán como ejemplo las alteraciones patológicas más comunes y su forma de explorarlas con el instrumental físico de medición más moderno. Al finalizar el curso, el alumno conocerá los principios de anatomía y fisiología que regulan el funcionamiento normal del organismo y algunas de las patologías más comunes; también, estará familiarizado con los equipos que, basados en principio de física, se utilizan actualmente para la exploración de las funciones vitales del organismo.

TEMARIO

Anatomía topográfica y radiológica del cuerpo humano.
Anatomía del esqueleto.
Anatomía muscular.
Anatomía de los órganos y cavidades.
Relaciones de los órganos.

Fisiología del cuerpo humano.
Electrofisiología del corazón. Electrocardiograma.
Electrofisiología del cerebro. Encefalograma.
Electrofisiología neuromuscular.
Electrofisiología de la retina. Retinograma.
Potenciales evocados.

Metabolismo de los órganos.
 Metabolismo cerebral.
 Metabolismo del corazón.
 Metabolismo del músculo y del hueso.

Sistema circulatorio y reología.
 Conceptos generales sobre circulación sanguínea general y microcirculación.
 Flujos arteriales, flujos venosos y flujo capilar.
 Flujo glomerular.

Uso del sistema Doppler para estudio del flujo sanguíneo y otras técnicas similares.

Técnicas de enseñanza a emplear:
 Clases y sesiones prácticas.

Procedimiento de evaluación:
 Participación en clase, exámenes, prácticas de laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Anthony C.P. and Thibodeau G.A, *Anatomía y Fisiología*. Ed. Interamericana, 1983.
- Asin Cardiel E. *Diagnóstico en Cardiología. Ecocardiografía. Ergometría*. Ed. Interamericana, Mc Graw-Hill, 1988.
- Bayés de Luna A. *Fundamentos de Electrocardiografía*, Ed. Científico Médica, 1981.
- Buchanan L.E., *Spinal Cord Injury. Concepts and Management Approaches*. Williams and Wilkins, 1987.
- Chiappa K.H., *Evoked Potentials in Clinical Medicine*. Raven Press, 1983.
- Christoforidis A.J.. *Atlas de Anatomía Topográfica con TAC y Resonancia Magnética Nuclear*, E.D. Interamericana 3 tomos 1989.
- Cracco R and Wollner IB eds., *Evoked Potentials*. Alan R. Liss, 1986.
- Francone J, *Anatomía y Fisiología*, Ed. Interamericana, Mc. Graw-Hill, 1990.
- Ganong W.F. *Fisiología Médica, EL Manual Moderno*, 1992.
- Goldman J.M., *Principios de Electrocardiografía Clínica, El Manual Moderno*.
- Gooldgold J, *Electrodiagnosis of Neuromuscular Diseases*, Williams and Wilkins, 1986.
- Guyton A.C., *Tratado de Fisiología Médica*, Interamericana, 1991.
- Han P, *Cortes Anatómicos Correlacionados con Resonancia Magnética y Tomografía Computarizada*, Ed. Doyma, 1990.
- Johnsons E.W., *Practical Electromyography*, Williams and Wilkins, 1980.
- Kimura J., *Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle: Principles and Practice*, Davis F.A., 1988.

- Malcom D.G., Kemink J.L., *The Vestibular Neurophysiologic and Clinical Research*. Raven Press, 1987.
- Pérez-Tamayo R. *Principios de Patología*. Ed. Médica Latinoamericana, 1990.
- Ruch T.C. and Patton H.D. *Physiology and Biophysics*. W.D.Saunders, 1985.
- Smith-Thier, *Fisiopatología: Principios Básicos de la Enfermedad*, Ed. Panamericana, 1988.
- Sodeman A, *Fisiopatología Clínica, Nueva*. Editorial Interamericana, 1980.
- Vargas Barrón J, *Ecocardiografía Transtorácica, Transesofágica y Doppler en Color*, Ed. Salvat, 1992.
- Williams and Lissner, *Biomecánica del Movimiento Humano*, Trillas, 1991.

PRINCIPIOS DE BIOLOGÍA MOLECULAR DE LA CÉLULA

OBJETIVO

Familiarizar al alumno con la estructura y funcionamiento de la unidad vital, la célula, para que posteriormente pueda aplicar conocimientos finos de medición intracelular y tisular, así como comprender los efectos de la radiación ionizante en las diferentes partes de esta célula. Al terminar el curso el alumno conocerá los conceptos de biología celular y genética que permiten entender la interacción de la radiación con las organelas celulares.

TEMARIO

La célula como unidad vital

Citología morfológica. La estructura de las células
 Fisiología celular general
 Permeabilidad y potenciales de membrana.
 Generalidades sobre metabolismo celular.
 Radicales libres.

Genética molecular.
 Acidos nucleicos.
 Cromatina, cromosomas.
 Mitosis y meiosis.
 Células haploides y células diploides.
 Concepto de genes y mutaciones. La teoría genética de la enfermedad

Técnicas de enseñanza a emplear:
 Clases y sesiones prácticas.
 Procedimiento de evaluación:
 Participación en clase, exámenes, prácticas de laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Albert A, Bray D., Lewis J., Raff M., Roberts K., Watson J.D., *Molecular Biology of the Cell*. Garland Publ., New York, 1994.
- Cotran R.S., Kumar V. Robbins S.L. *Pathological Basis of Disease*. W.B.Saunders, 1989.-
- Darnell J., Lodisch H., Baltimore D., *Molecular Cell Biology*. Sci.Am.Book, Freeman and Co, 1990
- Harper H.A., *Manual de Química Fisiológica*. El Manual Moderno, 1992.
- Lehninger A., Nebon D., Cox M, *Principios de Bioquímica*. Omega, Barcelona, 1993.
- Lewin B, *Genes V.*, Oxford University Press, 1994.
- López-Revilla R., Díaz-Barriga F., Cano Mancera R, Arias Negrete S, *Biología Celular. Aspectos Fundamentales*. Soc.Mex. Ciencias Fisiológicas,SEP, Alhambra Mexicana, 1986.
- Montgomery R., Conway R.L., Spector AA, *Bioquímica Médica*. Salvat Editores, 1980.
- Murray R, *Bioquímica de Harper*. El Manual Moderno, 1988.
- Pérez-Tamayo R., *Principios de Patología*.Ed. Médica Latinoamericana,1990.
- Salamanca F, *Citogenética Humana*. Ed. Médica Latinoamericana, 1990.
- Stryer L, *Biochemistry*. Freeman, New York, 1988.
- Weiss L., *Cell and Tissue Biology*. A Textbook of Mitology, Urban and Schwarzenberg, Munich, 1988.

RADIOBIOLOGÍA

OBJETIVO

Enseñar al estudiante las bases de la biología necesarias para la comprensión de la respuesta del material biológico a las radiaciones. Enseñar los avances recientes en el conocimiento de los efectos biológicos de la radiación ionizante y la aplicación de éstos en la práctica diaria de la radioterapia. Al finalizar el curso, el alumno conocerá los mecanismos de interacción entre la radiación ionizante y la materia viva, los efectos biológicos producidos por la radiación, y las aplicaciones de ésta en la práctica de la radioterapia.

TEMARIO

- Introducción a la radiobiología.
- Radiobiología en radioterapia.
- Radiobiología en seguridad radiológica.
- Embriología.
- Biología celular típica, genes, cromosomas, mutaciones.
- Radiación ionizante.
- Tipos de radiación, interacción con materia.

Dosis, dosis integral, dosis máxima, dosis mínima, dosis a tejidos sanos, fraccionamiento.

Efectos de la radiación ionizante en materia biológica.

LET, RBE, teoría del blanco, acción indirecta de la radiación en células vivas, respuesta de los tumores a la radiación.

Alteraciones sistémicas, alteración en los tejidos directamente expuestos.

Efectos tardíos de la radiación, efectos genéticos y somáticos tardíos a irradiaciones crónicas y agudas.

Radioprotección en radioterapia.

Accidentes por radiación.

Técnicas de enseñanza a emplear:

Clases, uso de material audio-visual, preparación de seminarios, y sesiones prácticas

Procedimiento de evaluación:

Participación en clase, seminarios, prácticas, exámenes, trabajo final.

BIBLIOGRAFÍA

- Duncan W and Nias A, *Clinical Radiobiology*. Churchill Livingstone, New York, 1977.
- Sankaranarayanan, K., *Ionizing Radiation and Genetic Risk*. Mutation Research, 258, 1-122, 1991.
- BEIR (U.S.National Academy of Sciences Committee on Biological Effects of Ionizing Radiation). *Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation*. Washington, 1980.
- Bridges B.A., Cole J, Arlett C.F., Green M.H., Waugh A.P., Beare D, Henshaw D.L, and Last RD, *Possible association between mutant frequency in peripheral lymphocytes and domestic radon concentrations*, Lancet, 337, 1187-1189, 1991.
- Cohen B.L., *Before it's too late*, Plenum Press, New York, 1983.
- Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas, *Accidente or contaminación con cobalto-60*. Dirección General de Comunicación Social CNSNS, IT-001, Mexico, 1984.
- Ishihara T and Sasaki M, *Radiation-induced Chromosome Damage in Man*, Alan R.Liss, New York, 1983.
- Ehling U.H., *Mouse Mutational Data in Estimation of Human Risk*. Mutation and Environment, Wiley-Liss Inc., 223-232, 1990.
- Keldsen N, Mortensen BT, y Hansen HS, *Haematological effects from radioiodine treatment of thyroid carcinoma*. Acta-Oncol. 29(8), 1035-1029, 1990.
- Kelsey KT, Donohue KJ, Memisoglu A, Baxter B, Caggana M, y Liber HL, *In-vivo exposure of human lymphocytes to technecium-99m in nuclear medicine patients does not induce detectable genetic effect* Mutation Research, 264(4), 213-218, 1991.

- Kelsey KT, Memisoglu A, Frenkel D, y Liber HL, *Human lymphocytes exposed to low doses of X-rays are less susceptible to radiation-induced mutagenesis*, Mutation Research, 263(4), 197-201, 1991.
- Millar WT, *Application of radiobiological dosimetry to radionuclide directed therapy*. Br.J. Cancer.Suppl, 10, 78-80, 1990.
- Nakamura N, Umeki S, Hirai Y, Kyoizumi S, Kushihiro J, Kusonoki Y, y Akiyama M, *Evaluation of four somatic mutation assays for biological dosimetry of radiation-exposed people, including atomic bomb survivors*. Prog. Clin.Biol. Res., 372, 341-350, 1991.
- Shevchenko V.A., Ramaya L.K., Pomerantseva M.D., Lyaginskaya A.M. y Dementiev S.I., *Genetic effects of ¹³¹I in reproductive cells of male mice*, Mutation Research, 226(2), 87-91, 1989.
- UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation), *Sources and Effects of Ionizing Radiation*, Naciones Unidas, New York, 1985.
- Younis AR y Watt DE, *The quality of ionizing radiations emitted by radionuclides incorporated into mammalian cells*", Phys.Med.Biol, 34(7), 821-834, 1989.
- Ward J.B., *Comparison of hgpert variant frequencies and chromosome aberration frequencies in lymphocytes from radiotherapy and chemotherapy patients: a prospective study*". Env. Mol. Mutag., 18(2), 126-135, 1991.
- Otros artículos selectos de Radiation Research y Mutation Research.

INSTRUMENTACION CIENTIFICA

OBJETIVO

Proporcionar al estudiante una visión integral de la caracterización y el manejo instrumental, tanto analógico como digital, de señales e imágenes y familiarizar al alumno con los principales aspectos prácticos el trabajo con señales en el ambiente biomédico. Al terminar el curso el alumno conocerá los principios del análisis y procesamiento de señales e imágenes; tendrá una visión general de los principios de la instrumentación moderna para el manejo de señales; conocerá procedimientos de calibración y mantenimiento de equipo y las reglas básicas de seguridad eléctrica en instrumentos de aplicación en ambiente hospitalario.

TEMARIO

- Señales e imágenes.
- Caracterización.
- Sistemas lineales y transformada de Fourier.
- Teoría de Abbe del microscopio.

- Procesamiento de señales.

Transducción.

Procesamiento analógico básico: filtrado, amplificación y extracción de parámetros.

Conversión AD y DA, filtros digitales, detección de accidentes y extracción de parámetros.

Calibración de instrumentos y control de calidad.

Seguridad eléctrica de instrumentos biomédicos.

Instrumentos ópticos.

Microscopios.

Fibras ópticas.

Técnicas de enseñanza a emplear:

Los temas de matemáticas se cubrirán prestando más atención a los aspectos conceptuales que a los formales; se tratará de usar programas del tipo MATHEMATICA como auxiliares en el entendimiento práctico de conceptos básicos. Se realizarán sesiones de laboratorio con instrumentos electrónicos que manejan señales; se construirán circuitos analógicos y digitales simples con el fin de ilustrar aspectos teóricos y para motivar la aplicación de dichos instrumentos. En lo posible se introducirá el uso de microcomputadoras en el laboratorio. Se estudiará un sistema práctico de adquisición y procesamiento de señales utilizado en el medio hospitalario.

Procedimiento de evaluación:

La evaluación se basará en el desempeño de los alumnos a lo largo del curso y en los resultados de exámenes teórico-prácticos.

BIBLIOGRAFÍA

Brook D and Wynne R.J. *Signal processing: principles and applications*. Edward Arnold, Inglaterra, 1988.

Carlson G.E.. *Signal and linear system analysis*, Houghton Mifflin, Cambridge, Ma., 1992.

Crandall R.. *Mathematica for the sciences*, Addison Wesley, New York, 1990.

Cromwell L, Weibel F.J. and Pfeiffer E..A. *Biomedical instrumentation and measurements*, Prentice Hall, New Jersey, 1980.

Norman R.A., *Principles of bioinstrumentation*, John Wiley and Sons, New York, 1988.

Poularikas A, *Signals and systems*, Thomson International Publishing, California, 1991.

Abe H. Atsumi K. Iinuma T., Saito M and Inoue M, Eds. *A new horizon on medical physics and biomedical engineering*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1991.

Defenderfer G.J. *Instrumentación electrónica.*, Ed. Interamericana, México, 1990.

Doebelin E, *Measurement systems: applications and design*, McGraw Hill, New York, 1989.

- Geddes L.A. and Baker L.E, Principles of applied biomedical instrumentation John Wiley and Sons, New York, 1988.
- Greenbaum J, Analysis and design of electronic circuits using PCs, Thomson International Publishing, California, 1988.
- Hoeng S.A and Scott D.H., Aparatos médicos eléctricos, Limusa, México, 1981.
- Lang J D Electronic instrumentation and measurements, Prentice Hall, New Jersey, 1991.
- Moore J, Coplan M, Davis C and Greer S, Building scientific apparatus, Addison Wesley, New York, 1989.
- Pallás-Areny R. and Webster J.G, Sensors and signal conditioning, John Wiley and Sons, New York, 1991.
- Sydenham P.H. Handbook of measurement science, John Wiley and Sons.,New York, 1992.
- Webster J.G. Encyclopaedia of medical devices and instrumentation. John Wiley and Sons, New York, 1984.
- Webster J.G. Medical instrumentation: application and design, Houghton Mifflin, Cambridge, Ma., 1992.
- Welkowitz W., Deutsch S., Akay M., Biomedical instruments: theory and design, Academic Press, NY, 1992.
- Zaragoza J.R., Física e instrumentación médica, Edic. Cient. y Técnicas, S.A., Masson-salvat Medicina, Barcelona, 1992.
- Artículos selectos en IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, Medical and Biological Engineering and Computing, Physiological Measurement, y The Journal of Biomedical Engineering.

RESIDENCIA HOSPITALARIA

OBJETIVO

Familiarizar al estudiante con la parte aplicativa y práctica de la metodología e instrumentación de uso corriente en hospitales de tercer nivel. Será necesario que el alumno tenga una rotación mensual, asistiendo a los mejores centros hospitalarios de la Ciudad de México en sus diferentes servicios, para poder utilizar los mejores departamentos y los equipos más avanzados para su formación.

TEMARIO

Aplicación de radioterapia y física de radiaciones

Un mes y medio, dividido en el Departamento de Radioterapia del Instituto Nacional de Cancerología y/o del Hospital de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI, IMSS.

Imagenología

Un mes y medio en hospitales de tercer nivel (Institutos de Salud, Hospital de Especialidades y de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI). Técnicas radiológicas, tomografía axial computarizada, resonancia nuclear magnética y emisión de positrones, ultrasonografía, imagenología en Cardiología.

Hemodinámica, Hidráulica y Fisiología Cardio-Pulmonar.

Un mes en el Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Electroencefalografía, potenciales evocados y exploraciones neuromusculares.

Un mes en el Servicio de Neurología del Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Rotación optativa

Un mes en diversos institutos y laboratorios con rotaciones de una semana para conocer las siguientes técnicas: microscopía electrónica de transmisión y de barrido; aplicación de láseres; sistemas endoscópicos; citometría de flujo y otras técnicas computarizadas para estudio de células y tejidos, como el analizador de imágenes y el uso de isótopos en la biología molecular.

Técnicas de enseñanza a emplear:

El sistema de trabajo se centrará en la técnica del seminario y la incorporación directa del alumno a la aplicación de técnicas en la práctica clínica diaria. El papel del profesor será conducir el proceso de discusión, enjuiciar y aclarar oportunamente las dudas.

Procedimiento de evaluación:

Al final de cada rotación se elaborará, conforme a criterios establecidos, una ficha de evaluación de la Residencia Hospitalaria. Esta se basará en los conocimientos del estudiante sobre los fundamentos de las diferentes técnicas y su aplicación a la práctica clínica.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

PROGRAMAS DE LAS ACTIVIDADES ACADÉMICAS OPTATIVAS

FISICA DE RADIACIONES Y DOSIMETRIA

OBJETIVO

Presentar una visión profunda y completa de la física de las radiaciones ionizantes como base para un trabajo detallado y preciso de dosimetría. Se incluye una enseñanza práctica en las técnicas dosimétricas más comunes en el área médica. Al finalizar el curso, el alumno conocerá los procesos físicos que determinan la interacción de la radiación con la materia, los procesos que originan la emisión radiactiva y la producción de rayos-X, los fundamentos de la dosimetría y las técnicas más comunes de medición de la dosis.

TEMARIO

Radiación Ionizante.
Cantidades que Describen la Interacción de la Radiación con la Materia.
Atenuación Exponencial.
Equilibrio de Partícula Cargada y Equilibrio de Radiación.
Decaimiento Radiactivo.
Interacciones de Rayos Gama y X con Materia.
Interacciones de Partículas Cargadas con Materia.
Producción de Rayos-X y Calidad de la Radiación.
Teoría de Cavidades.
Fundamentos de la Dosimetría.
Cámaras de Ionización.
Dosimetría y Calibración de Haces de Fotones y Electrones con Cámaras de Ionización.
Dosímetros Integradores.
Dosimetría con Detectores de Modo Pulsado. Interacción de Neutrones con Materia y Dosimetría.

Técnicas de enseñanza a emplear:
Clases y prácticas de laboratorio.

Procedimiento de evaluación:

La evaluación se realizará por medio de exámenes y de los reportes del trabajo de laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Attix F.H, Roesch W.C and Tochilin E, Radiation Dosimetry, Vols I-III, Academic Press, New York, 1969-1986.
- Evans R.D, The Atomic Nucleus, McGraw-Hill, 1955; R.E.Krieger, Malabar F.L (reimpresión), 1982.
- Greene D and Massey J.B, "The use of the Farmer-Baldwin and Victrometer ionization chambers for dosimetry of high-energy x radiations", Phys.Med.Biol., 13, 287, 1968.
- Knoll G.F, Radiation Detection and Measurements, Wiley, New York, 1979.
- Anderson H.H and Ziegler J.F, Hydrogen Stopping Powers and Ranges in all Elements, Pergamon Press, New York, 1977.
- Attix F.H, Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, John Wiley and Sons, New York, 1990.
- Horowitz Y.S, Thermoluminescent Dosimetry, Vols. I-III, CRC Press, Orlando, FL, 1984.
- ICRU, International Commission on Radiation Units and Measurements, Reports, 1964-1996.
- Kase K.R, Bjarngard B, and Attix F.H, Dosimetry of Ionizing Radiations, Academic Press, New York, 1985.
- McKeever SWS, Moscovitch M. and Townsend P.D, Thermoluminescent Dosimetry Materials: Properties and Uses, Nuclear Technology Publishing, Ashford, 1995.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

OBJETIVO

El participante adquirirá una visión panorámica completa de la protección radiológica en el área médica, los conocimientos básicos para establecer y manejar un programa de protección radiológica hospitalaria, así como las referencias bibliográficas actualizadas que le permitan desarrollar los aspectos específicos que requiera en el ejercicio de su función profesional y, en su caso, como encargado de seguridad radiológica en un hospital.

TEMARIO

- Introducción a la Protección Radiológica
- El problema de la protección radiológica. (individuo-campo-fuente)
- Funciones generales del físico medico relacionadas con la protección radiológica

Metodología de trabajo en el curso y procedimiento de evaluación.
Caracterización de las Fuentes de Radiación
Repaso de estructura nuclear, inestabilidad nuclear y procesos de transformación nuclear, (alfa, beta, gamma) esquemas y espectros.
Carta de núclidos y tabla de isótopos.
Fuentes de neutrones, de rayos X y aceleradores de partículas
Repaso de las leyes del decaimiento radiactivo, equilibrio secular y transitorio, series radiactivas.
Calibración de las fuentes, contenido de un certificado de calibración

Repaso de interacción de la radiación con la materia
Partículas cargadas pesadas. Poder de frenado
Electrones. LET, alcance, radiación de frenado
Fotones (coeficientes de atenuación y de absorción)
Neutrones, dispersión elástica y reacciones nucleares

Caracterización del campo de radiación
Magnitudes estocásticas y no estocásticas
Afluencia y rapidez de fluencia (de partículas y de energía)
Energía impartida. Exposición y rapidez de exposición
Kerma y rapidez de kerma en aire
Dosis absorbida y rapidez de dosis absorbida. Ejercicios y problemas

Detección y medida de la radiación.
Detectores: Cámaras de ionización, detector proporcional y geiger
Detectores por centelleo, semiconductores y para neutrones
Dosímetros personales y su utilización
Criterios generales para la selección de un instrumento de medición
Dependencia direccional y energética de los detectores
Calibración de monitores

Caracterización del posible efecto biológico
Efectos deterministas, ejemplos, valores umbral
Efectos estocásticos, ejemplos, concepto de riesgo
Factor de calidad y factores de ponderación por radiación
Equivalente de dosis y dosis equivalente
Equivalente de dosis ambiental, direccional y personal
Factores de ponderación por tipo de tejido
Dosis efectiva. Ejercicios y problemas

Filosofía de la protección radiológica
La Comisión Internacional de Protección Radiológica, origen y funciones.
Marco conceptual de la protección radiológica
Sistema de protección para las prácticas

Factores de riesgo, bases para los límites
Exposición ocupacional, médica y del público, límites de dosis
Exposiciones potenciales y atención de emergencias
Sistema de protección para las intervenciones
Implantación de las recomendaciones

Exposición a las fuentes de radiación
Fuentes naturales: Rayos cósmicos y radionúclidos cosmogénicos, radiación terrestre y radón, valores promedio de las dosis anuales
Fuentes antropogénicas: Exposición ocupacional y médica
El problema de las dosis bajas de radiación

Protección contra la radiación externa
Tiempo, distancia y blindaje
Campo de radiación debido a fuentes puntuales, lineales y superficiales
Atenuación de la radiación. Factor de incremento
Cálculo de blindajes para radiación gamma. Gráficas de atenuación. Ejercicios y problemas
Contenido de la memoria analítica para una instalación
Barreras primarias y secundarias
Cálculo de blindajes para radiación beta
Seguridad de las fuentes selladas, prueba de fuga
Coeficientes de conversión para el cálculo de magnitudes operacionales, dosimétricas y de protección

Protección contra la irradiación interna
Contaminación e incorporación de material radiactivo
Control de fuentes abiertas, recepción, almacenamiento y contabilidad del material radiactivo
Manejo de fuentes abiertas, reglas de laboratorio
Manejo y disposición de desechos
Accidentes y control de la contaminación
Descontaminación y límites de contaminación superficial
Dosimetría interna. Metodología del MIRD. Ejercicios
Límite Anual de Incorporación

Protección radiológica en hospitales
Cultura de seguridad y garantía de calidad
Criterios generales para la protección del personal, del paciente y del público en radiodiagnóstico, radioterapia y medicina nuclear
Vigilancia individual de los trabajadores, registros y constancias
Necesidad y contenido de un programa de protección radiológica

Normatividad nacional e internacional

La CNSNS estructura y funciones
 El Reglamento General de Seguridad Radiológica
 Las normas y guías emitidas por la CNSNS
 La Dirección de riesgos radiológicos, Ssa, normas para radiodiagnóstico y para radioterapia
 El OIEA y las Normas Básicas Internacionales de Seguridad.

PRACTICAS

- 1.- Uso de la carta de núclidos y de la tabla de isótopos.
- 2.- Determinación de la vida media de una mezcla de radionúclidos
- 3.- Estudio de los factores geométricos y la retrodispersión
- 4.- Absorción de la radiación beta
- 5.- Dispersión y atenuación de la radiación gamma
- 6.- Termalización y absorción de neutrones
- 7.- Manejo y uso de cámaras de ionización
- 8.- Manejo y uso de monitores geiger y de centelleo
- 9.- Calibración de un dosímetro de lectura directa
- 10.- Dosimetría termoluminiscente
- 11.- Dependencia direccional de un monitor
- 12.- Calibración de rutina para un monitor geiger
- 13.- Capa hemirreductora y factor de incremento
- 14.- Levantamiento de niveles de radiación en una instalación
- 15.- Prueba de fuga
- 16.- Manipulación de fuentes abiertas
- 17.- Descontaminación de superficies
- 18.- Dispersión de la radiación por el paciente

Técnicas de enseñanza a emplear:

Clases y prácticas de laboratorio.

Procedimiento de evaluación:

La evaluación se realizará por medio de exámenes además de los reportes del trabajo de laboratorio.

REFERENCIAS

- Attix, F. H. - *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry*, John Wiley & Sons, 1986.
- Cember, Herman - *Introduction to Health Physics*, Pergamon Press, 1983.
- Early P.J and Sodee D.B. - *Principles and Practice of Nuclear Medicine*, 2th Ed. 1996

- Gonzalez A.J. - *Los efectos biológicos de las dosis bajas de radiación ionizante*, Seguridad Radiológica No. 15
- ICRP Publication 74 - Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation, 1997.
- ICRP Publication 38 – Radionuclide Transformations: Energy and Intensity of Emissions, 1983
- ICRP Publication 60 - 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, 1990.
- ICRU Report 33 - Radiation Quantities and Units, 1980.
- ICRU Report 47 - Measurement of dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations, 1992.
- ICRU Report 51 - Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry, 1993.
- ICRU Report 60 - Radiation Quantities and Units, 1998.
- Knoll Glenn F. - *Radiation Detection and Measurement*, John Wiley & Sons, 1979.
- Lederer C.M. & Shirley V.S. - *Table of isotopes*, 7th Ed., John Wiley- Interscience Pub., 1978.
- OIEA - Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Safety Series 115, 1997.
- 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 No. 59 - Operational Radiation Safety Program, 1978.
- NCRP Report No. 102 - Medical X-ray, Electron Beam and Gamma-ray Protection for Energies up to 50 MeV (Equipment Design, Performance and use), 1989
- NCRP Report No. 112 - Calibration of survey instruments used in radiation protection for the assesment of ionizing radiation fields and radioactive surface contamination, 1991.
- NCRP Report No. 114 - Maintaining Radiation Protection Records, 1992
- NCRP Report No. 122 - Use of personal monitors to estimate effective dose equivalent and effective dose to workers for external exposure to low-LET radiation, 1995.
- NOM-002-SSA2 -1993 - Para la organización, funcionamiento e ingeniería sanitaria del servicio de radioterapia.
- NOM-006-NUCL-1994 - Criterios para la aplicación de los límites anuales de incorporación para grupos críticos del público.
- NOM-008-NUCL-1994 - Límites de contaminación superficial con material radiactivo.
- NOM-012-NUCL-1995 - Requerimientos y calibración de monitores de radiación ionizante.
- NOM-157-SSA1-1996 - Protección y seguridad radiológica en el diagnóstico médico con rayos X.
- SE-CNSNS - Reglamento General de Seguridad Radiológica, 1988
- Shleien, Bernard - *Radiation Safety Manual for Nuclear Medicine*, Nuclear Lectern Associates Inc., 1987
- Thompson M.A., Hattaway M.P., Hall J.D. and Dowd S.B. - *Principles of Imaging Science and Protection*, W.B. Saunders Co. 1994
- Turner, J.E. - *Atoms, Radiation, and Radiation Protection*, John Wiley & Sons, 1995.
- UNSCEAR - *Sources and effects of ionizing radiation*, UNSCEAR Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, UN 1993.

REFERENCIAS ADICIONALES

- Krane Kenneth S., *Introductory Nuclear Physics*, John Wiley & Sons.1988.
- Delaney C.F.G.y Finch E.C., *Radiation Detectors*, Clarendon Press-Oxford,1992.
- ICRU Report 56, Dosimetry of external beta rays for Radiation Protection, 1997.
- Statkiewicz-Sherer, M.A., Visconti P.J. & Ritenour E.R., *Radiation Protection in Medical Radiography*, 2th Ed. Mosby, 1993.
- Noz M.E. y Maguire G.Q. Jr., *General Radiation Protection in the Radiological and Health Sciences*, Lea & Febiger, 1985.
- Sorenson J.A. y Phelps M.E., *Physics in Nuclear Medicine*, W.B. Saunders Co. 1987.
- Overman R. T. y Clark H.M., *Radioisotopes Techniques*, Mc Graw Hill Book Company, 1960. Cap. 4-4 a 4-6.
- ICRU Report 39, Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources, 1985.
- NOM-146-SSA1-1996, Responsabilidades sanitarias en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X. SSa, Salud Ambiental
- NOM-156-SSA1-1996 - Requisitos técnicos para las instalaciones en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X, SSa Salud Ambiental
- NOM-158-SSA1-1996 - Especificaciones técnicas para equipos de diagnóstico médico con rayos X, SSa Salud Ambiental
- Proyecto de NOM-023-NUCL-1995 - Alcance y contenido del informe de seguridad radiológica para solicitar licencia de modificación de instalaciones radiactivas. SE- CNSNS
- CNSNS - Guía para la preparación del informe de seguridad que debe entregar el solicitante de una licencia para uso de material radiactivo en investigación.
- CNSNS - Guía para la elaboración del informe anual de actividades relevantes de protección radiológica en el uso de materiales radiactivos, 1996.
- CNSNS - Análisis de riesgos y plan de emergencia.
- CNSNS - Instructivo para la preparación del manual de procedimientos de seguridad radiológica, 1994.

APLICACIONES MÉDICAS DE LOS LÁSERES

OBJETIVO

Introducir al estudiante a la tecnología láser, el estudio de la interacción de la radiación no-ionizante con la materia y al potencial de aplicaciones en biología, química, física y medicina. Al finalizar el curso el estudiante será capaz de identificar los mecanismos de interacción de la radiación sobre materia orgánica; identificar los diferentes tipos de fuentes de radiación no-ionizante; utilizar la instrumentación de medición de radiación para los distintos tipos de fuentes; evaluar los riesgos de daño por radiación no-ionizante con base a las normas de seguridad aplicables; iniciar la investigación de nuevas aplicaciones de la radiación con diversas fuentes luminosas sobre la materia orgánica.

TEMARIO

Fuentes de Radiación e Interacción con la Materia.

Fundamentos de óptica física.

Características de las fuentes ópticas no-coherentes, lámparas y sistemas de iluminación.

Características de la radiación sincrotrónica y de las fuentes de radiación coherente.

Conceptos de la interacción de la radiación con la materia.

La Detección.

Mediciones radiométricas para fuentes ópticas.

Características del haz láser, detectores de radiación láser.

Determinación cuantitativa de la radiación ultravioleta.

Mediciones de radiación de arcos de plasmas y de soldadura.

Exposición al ultravioleta ambiental, el ojo y la piel como detectores UV, V e IR.

Efectos biológicos de la radiación infrarroja coherente e incoherente.

Riesgos potenciales del ojo y la piel ante la radiación UV e IR, mutagénesis producida por la radiación UV.

Sensores.

Riesgos, Protección y Estándares.

Parámetros de los láseres para valorar los riesgos.

Límites a la exposición de la radiación láser.

Estándares de protección al UV e IR.

Filtros y pantallas protectoras de IR, filtros y medidias de seguridad para UV.

Medidas de seguridad en el uso de láseres.

Aplicaciones y Temas Afines.

Láseres médicos.

Criterios biológicos y límites.

Aplicaciones actuales y futuras de los láseres y la espectroscopía láser en medicina.

Aspectos tecnológicos.

Trabajo de investigación y/o aplicación clínica.

Técnicas de enseñanza a emplear:

Clases y prácticas de laboratorio.

Procedimiento de evaluación:

La evaluación se hará por medio de un proyecto de aplicación clínica y/o de investigación, al finalizar el semestre.

BIBLIOGRAFÍA

- Budde W, Optical Radiation Measurements, Academic Press, New York, 1983.
- Dawson JB, Barker DJ, Ellis DJ, Grassam E, Cotterill JA, Fisher GW, and Feather JW, "A Theoretical and Experimental Study of Light Absorption and Scattering by in-vivo skin", *Phys.Med.Biol* 25, 695-709, 1980.
- Demtroder W, Laser Spectroscopy, Springer-Verlag, Berlin, 1982.
- Grum F, Optical Radiation Measurements, Academic Press, New York, 1979.
- Schmitt J.M, Optical Measurements of Blood Oxygen by Implantable Telemetry, Technical Report, Stanford University CA, 1986.
- Svanberg S., Atomic and Molecular Spectroscopy, Springer Verlag, Heidelberg- Berlin, 1992.
- Cheong W, Prahl S and Welch A, "A review of the optical properties of biological tissues", *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 26, 2318-2324, 1990.
- Council Report, "Lasers in Medicine and Surgery", *JAMA*, 256, 900-907, 1986.
- Graaff R, Koelink M.H., DeMul FFM, Zijlstra W.G, Dassel ACM, and Aarnoudse J.G, "Condensed Monte Carlo simulations for the description of light transport", *Applied Optics*, 32, 426-434, 1993.
- Grandolfo M., Rindi A., Sliney D.H., Light, Lasers and Synchrotron Radiation- A Health Risk Assessment, Nato ASI Series, Series B: Physics, Vol.242, Plenum Press, New York, 1991.
- Loza P., Kousnetsov D. and Ortega R., "Temperature distribution in a uniform medium heated by linear absorption os a Gaussian light beam", *Applied Optics*, en prensa.
- Martelucci S and Chester A.N., Laser Photobiology and Photomedicine, Plenum Press, New York, 1983.
- Patterson M.S., Wilson B.C. and Wyman D.R, "The propagation of optical radiation in tissue. I. Models of radiation transport and their application", *Lasers in Medical Science*, 6, 155, 1991.
- Skoog DA, Principles of Instrumental Analysis, Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1971.
- Wilson BC and Jacques SL, "Optical reflectance and transmittance of tissues: principles and aplications", *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 26, 2189-2199, 1990.

BIOMECÁNICA

OBJETIVO

Enseñar al alumno una visión amplia y profunda de la biomecánica y de algunas de sus aplicaciones a la medicina. Se presenta el potencial de la disciplina, su valor como herramienta de diseño y su capacidad de generar soluciones innovativas que mejoren la calidad de vida. Al finalizar el curso el alumno será capaz de: identificar los factores mecánicos involucrados en diferentes problemas de origen biomédico; reconocer las principales propiedades mecánicas de los materiales de origen biológico; formular modelos

sencillos de problemas biomecánicos específicos, determinar sus soluciones y validar sus resultados.

TEMARIO

Elementos de Física Newtoniana.
Leyes del movimiento de Newton y ecuaciones básicas de mecánica de sólidos y fluidos presentadas en ejemplos biológicos.
Coordenadas generalizadas.
Ecuaciones de Lagrange.

Biomecánica del Movimiento.
Análisis de la marcha humana.
El sistema músculo-esquelético.
Transmisión de fuerzas por articulaciones.
Cuerpo humano normal y disminuido.
Reemplazos articulares.

Fluidos.
Flujos internos.
Circulación y microcirculación.
Agua y otros fluidos corporales en los espacios intersticiales.
Mecanismos de transporte en membrana celular y transporte peristáltico.
Flujos externos.
Flujos alrededor de cuerpos en movimiento en aire y agua, locomoción, natación y vuelo.

Biomecánica Tissular.
Introducción a la teoría de deformaciones finitas.
Esfuerzos directos, cortantes, torcas, efectos biológicos de los esfuerzos y deformaciones en tejidos suaves.
Caracterización biomecánica del hueso y tejidos conectivos.
Aplicaciones clínicas en el diseño de incisiones y terapias de cicatrización.

Técnicas de enseñanza a emplear:

Es un curso teórico-práctico, con exposiciones acompañadas de una experiencia práctica que ilustre el empleo de la metodología en un problema médico o biológico.

Procedimiento de evaluación:

El trabajo se evaluará con la entrega de tareas, exámenes y un trabajo final de curso.

BIBLIOGRAFÍA

- Barham J.N, Mechanical Kinesiology, The C.V.Mosby Company, ST.Louis, 1978.
- Frankel V.H. y Burstein A.H, Biomecánica Ortopédica, Editorial JIMS, Barcelona, 1973.
- Fung Y.C., Perrone N. and Anliker M. (eds.) Biomechanics: Its Foundations and Objectives, Prentice-Hall, Englewood Cliffs NJ, 1972.
- Fung Y.C, Mechanical properties of living tissues, Springer Verlag, New York, 1981.
- Fung Y.C., Biomechanics: motion, flow, stress and growth, Springer Verlag, New York, 1990.
- Goldstein H., Classical Mechanics, Addison-Wesley, Reading MA, 1969.
- Symon KR, Mechanics, Addison Wesley, Reading MA, 1969.
- Armenti A., The physics of sports, American Institute of Physics, New York, 1993.
- Biewener A.A., Biomechanics: structures and functions: a practical approach, Oxford University Press, Oxford, 1992.
- LeVeau B, Biomecánica del movimiento humano, Editorial Trillas, México, 1991.
- Liesch D. Biofluid mechanics, Springer- Verlag, Alemania, 1990.
- Mesera F. (ed.), Biomechanical transport process, Plenum Publishing Corporation, Londres, 1990.
- Ozkaya N. and Nordin M., Fundamentals of biomechanics, Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.
- Winter D.A, The biomechanics and motor control of human movement, John Wiley and Sons, New York, 1990.
- Artículos selectos en las revistas The Journal of Biomechanics, The Journal of Biomedical Engineering, Transactions of Biomechanical Engineering, Transactions of Biomedical Engineering y IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine.

BIOMATERIALES

OBJETIVO

Introducir al estudiante en la ciencia de los biomateriales, es decir, el desarrollo, evaluación, y aplicación de materiales hechos por el ser humano, aplicables en la investigación y en la práctica médica y biológica. Al finalizar el curso el alumno será capaz de reconocer si un material es tóxico, si es ingerible, si es apto para emplearse en implantes, si puede servir para empacar alimentos o medicamentos, si debe ser mejorado para aplicaciones médicas, y si es biodegradable.

TEMARIO

Clasificación de los Materiales.
Clasificación de los materiales.
Características y aplicaciones en medicina y biología de los materiales.

Caracterización Física y Química de los Materiales.
Técnicas de Rayos-X.
Espectroscopía de absorción atómica.
Pruebas mecánicas, de fatiga y de dureza.
Microscopía óptica y electrónica, de barrido y de transmisión.

Corrosión y Degradación de los Materiales.
Determinación de la corrosión y/o la degradación del material.
Medidas electroquímicas de la corrosión y análisis de fallas.
Control de la corrosión.
Inhibidores de corrosión.
Selección de materiales.

Toxicidad de los Materiales.
Citotoxicidad.
Genotoxicidad.

Pruebas in-vivo e in-vitro recomendadas internacionalmente para caracterizar un biomaterial.
Determinación del grado de toxicidad del material.
Implante del material en animales de laboratorio.
Evaluación de la respuesta de los tejidos al implante.
Determinación del grado de compatibilidad del material.
Biocompatibilidad del material.

Técnicas de enseñanza a emplear:

Clases tradicionales, discusión, prácticas de laboratorio.

Procedimiento de evaluación:

Exámenes, discusión, tareas y reportes de laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Williams D.F. (ed.), *Fundamental Aspects of Biocompatibility*, Vol. I-II, CRC Press, Boca Raton F.L., 1982.
- Williams D.F. (ed.), *Biocompatibility of Clinical Implant Materials*, Vol. I-II, CRC Press, Boca Raton FL., 1984.
- Boretos J and Eden M (eds.), *Contemporary Biomaterials: Material and Host Response, Clinical Applications, New Technology and Legal Aspects*, Noyes Publications, Park Ridge NJ, 1984.
- Bradford S, *Corrosion Control*, Van Nostrand, New York, 1993.
- Guy A.S, *Fundamentos de Ciencia de Materiales*, Mc. Graw Hill Co. de México, 1984.
- Park J.B., *Biomaterials Science and Engineering*, Plenum Press, New York, 1984.
- Piña C., *Preparación de Medios de Cultivo y Pruebas de Biocompatibilidad*, notas del autor, 1993.
- Williams D.F. (ed.), *Biocompatibility of Orthopedic Implants*, Vol. I-II, CRC Press, Boca Raton FL, 1983.
- Williams D.F. (ed.), *Techniques of Biocompatibility Testing*, Vol. I-II, CRC Press, Boca Raton FL, 1985.

FORMACIÓN DE IMÁGENES PARA USO MÉDICO

OBJETIVO

Que el alumno conozca los fundamentos de la detección de radiación ionizante y no ionizante, y la formación de imágenes en medicina. Al finalizar el curso el alumno será capaz de identificar los procesos físicos involucrados en el transporte de la radiación en materia, así como las bases para su aplicación en los diferentes dispositivos de detección y formación de imágenes. Al mismo tiempo podrá cuantificar la calidad de las imágenes producidas en las diferentes modalidades de la imagenología y podrá reconocer las causas y efectos de la presencia de artefactos.

TEMARIO

Formación de imágenes planas en radiodiagnóstico convencional.
 Producción de rayos X, película radiográfica y medios de contraste.
 Combinación película - pantalla intensificadora.
 Otros detectores de rayos X.

Calidad de la imagen
 Resolución, contraste y ruido.

Tomografía axial computarizada (TAC)
Tomografía clásica y tomografía axial computarizada.
Sistemas de adquisición de imágenes y reconstrucción de la imagen.
Factores que afectan la calidad de la imagen en TAC.

Formación de imágenes planas en medicina nuclear
La cámara gamma, construcción y funcionamiento.
Formación de la imagen y técnicas de corrección.
Colimadores.

Formación de imágenes tomográficas en Medicina Nuclear I - Tomografía computarizada por emisión de un fotón (SPECT)
Fundamentos físicos y adquisición de datos.
Reconstrucción de la imagen.
Factores que afectan la calidad de la imagen.

Formación de imágenes tomográficas en Medicina Nuclear II - Tomografía computarizada por emisión de positrones (PET)
Fundamentos físicos.
Sistemas de adquisición de imágenes y métodos de reconstrucción.
Factores que afectan la calidad de la imagen.

Resonancia magnética nuclear
Fundamentos físicos.
Procesos de relajación.
Sistemas de adquisición de imágenes y métodos de reconstrucción.

Formación de imágenes planas con ultrasonido.
Fundamentos físicos.
Formación y adquisición de la imagen.

Formación de imágenes planas con radiación en el infrarrojo.
Fundamentos físicos - radiación térmica.
El sistema de detección.
La cámara termográfica.

Técnicas de enseñanza a emplear:
Clases teóricas donde se expondrán las diferentes modalidades de formación de imágenes en medicina. Se realizarán visitas a centros hospitalarios de la Ciudad de México donde se mostrarán los detectores utilizados, las técnicas de adquisición de imágenes, y las aplicaciones clínicas de éstas.

Procedimiento de evaluación:

La calificación se basará en las calificaciones de tareas y de exámenes. Los alumnos tendrán que preparar un seminario en un tópico de formación de imágenes en medicina.

BIBLIOGRAFÍA

- Evans A.L., The evaluation of medical images, Medical Physics Handbook No. 10, Adam Hilger, 1981.
- Johns H.E. and Cunningham J.R., The Physics of Radiology, Charles C. Thomas, 1983.
- Webb S, ed., The Physics of Medical Imaging, Adam Hilger, 1988.
- Barrett and W. Swindell, Radiological Imaging - The theory of image formation, detection and processing, Vol. I y II, Academic Press, 1981.
- Herman G.T., ed., Image Reconstruction from Projections, Springer Verlag, 1979.
- Foster M.A. and Hutchinson J.M., Practical NMR imaging, IRL Press, 1987.
- Sorenson J and Phelps M, The physics of nuclear medicine, W.B Saunders, 1986.
- Kember N.F., ed., Medical Radiation Detectors - Fundamentals and Applied Aspects, Institute of Physics Publishing, 1994.
- Knoll G.F., Radiation Detection and Measurements, Wiley and Sons, 1989.
- Koutcher J.A. and Burt C.T., Principles of Imaging by Nuclear Magnetic Resonance, J. Nucl. Med. 25 371-382, 1984.
- Koutcher J.A. and Burt C.T., Principles of Nuclear Magnetic Resonance, J. Nucl. Med. 25 101-111, 1984.
- Tsui BMW, Zhao X, Frey EC and McCartney W.H., Quantitative Single-Photon Emission Computed Tomography: Basics and Clinical Considerations, Seminars in Nuclear Medicine 24 38-65, 1994.

PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

OBJETIVO

Familiarizar al estudiante con los métodos para digitalizar y representar imágenes en computadora, así como la teoría y aplicación de técnicas de bajo y alto nivel para el procesamiento de imágenes. El curso se enfocará a las aplicaciones médicas y biomédicas. Al finalizar el curso el estudiante tendrá una visión global de las técnicas de procesamiento digital de imágenes existentes y de sus aplicaciones a la medicina y biomedicina; será capaz de evaluar el potencial, utilidad y limitaciones de los equipos de imagenología que existen en el mercado y podrá diseñar métodos específicos para resolver un problema en particular.

TEMARIO

Imágenes Binarias.
Segmentación.
Análisis de Regiones.

Textura.
Co-ocurrencia.
Autocorrelación.

Segmentación
Análisis de Conglomerados.
Métodos de Umbral.
Crecimiento de Regiones.

Geometría Proyectiva
Dos dimensiones.
Tres Dimensiones.
Perspectiva.

Despliegue de Volúmenes
Interpolación.
Superficies Ocultas.
Sombreado.

Técnicas de enseñanza a emplear:

Los alumnos asistirán a la clase teórica, donde se expondrán las técnicas a utilizar y las formas de aplicación. Se les pedirá un trabajo práctico, que consistirá en programar alguno(s) de los métodos vistos en clase y analizar los resultados. Se les proporcionarán imágenes médicas (tomografía computarizada, resonancia magnética, etc.) y biomédicas (microscopio óptico), con las cuales probarán los distintos métodos.

Procedimiento de evaluación:

La calificación final se basará en un trabajo final y la calificación obtenida en los trabajos parciales.

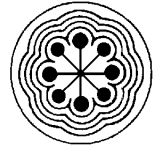
BIBLIOGRAFÍA

- Haralick R.M, Shapiro L.G, *Computer and Robot Vision*, Vols. 1, 2, Addison Wesley, 1992.
- Rosenfield A. and Kak A.C., *Digital Picture Processing*, Academic Press, New York, Vols. I-II, 1982.
- Bomans M., Hohne, K.H, Tiede U., Riemer M., '3-D Segmentation of MR Images of the Head for 3-D Display, *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol.9, no.2, pp.177-183, 1990.
- Chen SY, Lin WC, Liang CC, Chen CT, 'Improvement on Dynamic Elastic Interpolation Technique for Reconstructing 3-D Objects from Serial Cross Sections,' *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol.9, no.1, pp.71-83, 1990.
- Faber T.L., Stokely E.M., *Orientation of 3-D Structures in Medical Images IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.10, no.5, pp.626-633, 1988.
- Gong L, Kulikowski C.A., and Mezrich R..S., *Automatic Segmentation of Brain Images: Selection of Region Extraction Methods, Proceedings of Biomedical Image Processing II*, SPIE, vol.1450, pp.144-153, 1991.
- Hohne K.H, Bomans M, Riemer M, Schubert R, Tiede U., and Lierse W, *A Volume-based Anatomical Atlas*, *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol.12, no.4, pp.72-78, 1992.
- Kennedy D.N, Filipek P.A, aviness V.S, 'Anatomic Segmentation and Volumetric Calculations in Nuclear Magnetic Resonance Imaging. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol.8, no.1, pp.1-7, 1989.
- Kvanli AH, *Statistics: A Computer Integrated Approach*, West Publishing Co., 1988.
- Mercer R.R, McCauley GM, Anjilvel S, *Approximation of Surfaces in Quantitative 3-D.Reconstructions*, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol.37, no.12, pp.1136-1146, 1990.
- Ney D.R., Fishman E.K, Magid D., and Drebin R.A., *Volumetric Rendering of Computed Tomography Data: Principles and Techniques*, *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol.10, no.2, pp.24-32, 1990.
- Payne B..A and Toga A.W, *Surface Mapping Brain Function on 3D Models*, *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol.10, no.5, pp.33-41, 1990.
- Raya S.P., *Low Level Segmentation of 3-D Magnetic Resonance Brain Images-A Rule-Based System*, *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol.9, no.3, pp.327-337, 1990.
- Rhodes M., *Computer Graphics in Medicine*, *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol.10, no.2, p.20-23, 1990.
- Rhodes M, *Computer Graphics in Medicine IEEE Computer Graphics and Applications*, vol.11, no.6, p.27, 1991.
- Robb R.A., Barillot C., *Interactive Display and Analysis of 3-D Medical Images*, *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol.8, no.3, pp.217-226, 1989.
- Tiede U., Hoehne K.H., Bomans M., Pommert A., Riemer M., and Wiebecke G, *Investigation of Medical 3D-Rendering Algorithms*, *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol.10, no.2, pp.41-53, 1990.

- Sander P.T., Zucker S.W., *Infering Surface Trace and Differential Structure from 3-D Images,* IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.12, no.9, pp.833-854, 1990.
- Soltanian-Zadeh H., Windham J.P, Peck D.J., Yagle A.E, *A Comparative Analysis of Several Transformations for Enhancement and Segmentation of Magnetic Resonance Image Scene Sequences,* IEEE Transactions on Medical Imaging, vol.11, no.3, pp.302-318, 1992.
- Wallin A., *Constructing Isosurfaces from CT Data,* IEEE Computer Graphics and Applications, vol.11, no.6, pp.28-33, 1991.
- Webb S. (ed.), *The Physics of Medical Imaging,* IOP Publishing Ltd.,1992.
- Wu Z, Leahy R, *A Graph Theoretic Approach to Segmentation of MR Images,* Proceedings of Biomedical Image Processing II, SPIE, vol.1450, pp.120-132, 1991.
- Yoo T.S, Neumann U., Fuchs H., Pizer S.M, *Direct Visualization of Volume Data,* IEEE Computer Graphics and Applications, vol.12, no.4, pp.63-71, 1992.



**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN FÍSICA MÉDICA**



ININ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN FÍSICA MÉDICA**

ABRIL 2001

OBJETIVOS

El objeto de estudio del programa de Maestría y Doctorado en Física Médica es la aplicación de las radiaciones en medicina, que permitirá, en primer lugar, adecuar a las particularidades de la población mexicana los estudios diversos realizados en otras latitudes y, en segundo lugar, contribuir a la generación de conocimiento y al desarrollo de instrumentación, sistemas y equipo hospitalario que use radiaciones para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

Actualmente en México, el uso de las técnicas de diagnóstico y terapia médicos empleando radiaciones cubre todo el territorio nacional. Existen más de 7500 instalaciones de rayos X para el diagnóstico (convencional, mamografía, tomografía axial computarizada), alrededor de 100 instalaciones de radioterapia para el tratamiento de cáncer, de las cuales aproximadamente 25 son aceleradores lineales generadores de haces de rayos X y electrones de alta energía y, alrededor de 100 laboratorios de medicina nuclear para el diagnóstico con sistemas de cámara gamma y/o SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) y material radiactivo para terapia de enfermedades como el hipertiroidismo.

La normativa nacional obliga que en áreas de radioterapia se cuente con un físico médico. Sin embargo, no aplica lo mismo para rayos X diagnóstico y medicina nuclear, aunque las recomendaciones internacionales así lo sugieren. En México, no hay suficientes físicos médicos para cubrir dichas necesidades. Un bajo porcentaje de ellos es posgraduado, lo que puede significar un factor limitante en la asimilación de nuevas tecnologías y métodos.

Este programa responde entonces a la necesidad nacional de formación de investigadores en la especialidad para el desarrollo de métodos, instrumentos, sistemas y modelos empleados en el diagnóstico y terapia de enfermedades, así como fortalecer los cuadros humanos de los hospitales, clínicas e institutos públicos y privados responsables de las áreas de radioterapia, rayos X diagnóstico y medicina nuclear.

ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

DURACIÓN:

Maestría:	2 años
Doctorado con antecedentes de Licenciatura:	4 años
Doctorado con antecedentes de Maestría:	3 años

PROCESO DE SELECCIÓN:

Para ingreso a la Maestría y/o Doctorado con antecedentes de licenciatura, el estudiante deberá contar con licenciatura en Física, Ingeniería Biomédica, Ingeniería Nuclear o áreas afines, con un promedio mínimo de 8.0 puntos.

Para ingreso al Doctorado con antecedentes de Maestría, se requiere contar con el grado de Maestro(a) en Ciencias en un área afín al campo de la Física Médica.

Además, el estudiante deberá presentar un examen de diagnóstico sobre conocimientos básicos en Física y Matemáticas a nivel licenciatura. Según el perfil académico resultante, se requerirá que el estudiante complemente su formación, cursando sin valor curricular, todas o alguna de las materias propedéuticas: Introducción a la Física Moderna y Matemáticas Aplicadas. Finalmente, la Comisión de Estudios Doctorales podrá condicionar la aceptación del estudiante al programa, con plena justificación, fijando los requisitos adicionales que en cada caso se estime conveniente.

PROCESO DE HOMOGENEIZACIÓN:

Cursos propedéuticos: Introducción a la Física Moderna
 Matemáticas Aplicadas
 Anatomía y Fisiología Humanas**

**El curso de Anatomía y Fisiología Humanas se considera indispensable para todos los estudiantes y se ofrece paralelamente con el primer semestre de estudios.

PLAN DE ESTUDIOS (Ver Anexo 1: Contenido de materias)

El programa promueve el inicio por cada estudiante de un proyecto de investigación al completar un módulo inicial de materias básicas, que permite adquirir y/o homogeneizar los conocimientos teórico-prácticos fundamentales en el campo de la Física Médica. Paralelamente el módulo de materias optativas permite orientar al estudiante a los distintos campos de interés, de acuerdo a sus afinidades y lo vincula con los problemas científicos y técnicos a resolver, a través del módulo de investigación.

De esta manera el plan de estudios incluye:

ASIGNATURAS BÁSICAS

- ◆ Instrumentación y Electrónica
- ◆ Física de radiaciones y dosimetría
- ◆ Seguridad y Protección Radiológica
- ◆ Radiobiología

ASIGNATURAS DE ESPECIALIZACIÓN

- ◆ Física de la Radioterapia
- ◆ Diagnóstico por Imágenes
- ◆ Medicina Nuclear

Es importante mencionar, que las asignaturas de especialización se complementan con una **estancia hospitalaria** de 640 horas, desarrollada durante el segundo semestre de estudios, distribuida de la siguiente manera:

Radioterapia:	320 horas
Diagnóstico por imágenes:	160 horas
Medicina Nuclear:	160 horas

INVESTIGACIÓN DIRIGIDA

- ◆ Seminario de Investigación I y II
- ◆ Proyecto de tesis I y II
- ◆ Seminario de Investigación Avanzada I, II, III, y IV

Los Seminarios de Investigación I y II son comunes para todos los estudiantes y se imparten en los dos primeros semestres de estudios. El Grado de Maestría, abarca las asignaturas Proyecto de Tesis I y II. El Grado de Doctorado, adicionalmente abarca los Seminarios de Investigación Avanzada I, II, III y IV.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- ✓ Dosimetría Teórica y Experimental
- ✓ Simulación Monte Carlo para transporte de radiación
- ✓ Dosimetría de Estado Sólido: película de tinte radiocrómico, termoluminiscencia, EPR (Resonancia Paramagnética Electrónica)
- ✓ Metrología: Dosimetría y Activimetría
- ✓ Radioterapia Externa
- ✓ Braquiterapia de Baja y Alta Tasa de Dosis
- ✓ Radiocirugía en Condiciones Estereotáxicas
- ✓ Sistemas computarizados de planeación de tratamientos
- ✓ Rayos X diagnóstico convencional y Mamografía
- ✓ Tomografía Axial Computarizada
- ✓ Imagenología con radiaciones no ionizantes: Resonancia Magnética Nuclear, Ultrasonido
- ✓ Investigación y desarrollo de Radiofármacos para diagnóstico y terapia
- ✓ Dosimetría Interna
- ✓ Calidad de Imagen en sistemas SPECT y cámaras gamma
- ✓ Simulación Monte Carlo: correcciones por atenuación y radiación dispersa en sistemas SPECT
- ✓ Dosimetría en Protección Radiológica
- ✓ Efecto de las radiaciones sobre la genética celular
- ✓ Radiobiología celular de radiofármacos
- ✓ Mecanismos de radioresistencia
- ✓ Radiomodulación
- ✓ Dosimetría Biológica y persistencia de lesiones
- ✓ Efecto de agentes químicos en la incidencia de cáncer

SITUACIÓN ACTUAL

ESTUDIANTES

Actualmente, se encuentran vigentes 20 estudiantes en 5 generaciones, de los cuales 4 están cursando el Doctorado y 15 la Maestría. De estos últimos, 5 son candidatos a Maestro(a), es decir, tienen asignado el Jurado de Examen de Grado y su Tesis está en proceso de revisión por el mismo. Al final de dicha revisión, se les asignará la fecha de examen. Otros 8 se encuentran en etapa terminal de su proyecto de investigación y/o en la escritura de Tesis.

Por otra parte, se tienen actualmente 6 estudiantes graduados, 2 del Doctorado y 4 de la Maestría, con los siguientes temas de Tesis:

ESTUDIANTE	GRADO	PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN	TUTOR Y ASESORES	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
1. Arteaga Pérez Consuelo	DOCTORADO	Radiomarcado, Biodistribución y Radiofarmacocinética de ^{99m}Tc -ABP. Comparación con ^{188}Re -ABP para terapia paliativa de metástasis óseas	Dra. Barbara Croft Dra. Gilmara Pimentel Dra Silvia Verdera	Investigación y Desarrollo de Radiofármacos
2. Ferro Flores Guillermina	DOCTORADO	Síntesis, radiomarcado y evaluación biológica de radioinmunoconjugados para el tratamiento de lesiones malignas	Dra. Barbara Croft Dra. Gilmara Pimentel Dra Silvia Verdera	Investigación y Desarrollo de Radiofármacos
3. García Salinas María de la Salud Laura	MAESTRÍA	Formulación, Radiofarmacocinética y Dosimetría del Complejo $^{188}\text{Re(V)}$ -DMSA	Dr. Juan Azorín Nieto	Investigación y Desarrollo de Radiofármacos
4. González Zavala María Antonia	MAESTRÍA	Preparación y Dosimetría de Partículas Radioterapéuticas para las Artropatías	Dr. Juan Azorín Nieto	Investigación y Desarrollo de Radiofármacos
5. Paredes Gutiérrez Lydia Concepción	MAESTRÍA	Determinación de la fluencia de Neutrones en un Acelerador Lineal de Electrones de 18 MeV para terapia	Dr. Miguel Balcázar García M. en C. Raúl Ortíz Magaña	Dosimetría en Radioterapia Externa
6. Pedraza López Martha	MAESTRÍA	Efecto genotóxico del radiomarcado de linfocitos empleando complejos de Tecnecio- 99m	Dr. Pedro Morales Ramírez	Radiobiología celular de radiofármacos

Ver también **Anexo 2: Grupos de Investigación**

RECONOCIMIENTO / ACREDITACIÓN

En México, los programas de Posgrado son evaluados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) en cuestiones de su calidad académica, impacto social, organización e infraestructura disponible, solidez de las líneas de investigación, eficiencia terminal, etc.

Este programa obtuvo el reconocimiento como Programa de Posgrado de Excelencia por dicho organismo en 1999. Lo que permite, entre otros, acceder a becas para estudiantes nacionales.

Además es un programa ofertado por la Secretaría de Relaciones Exteriores para estudiantes extranjeros con la posibilidad de becas otorgadas por la misma.

INFRAESTRUCTURA DISPONIBLE

Facultad de Medicina de la UAEM:

- ✓ Equipo de cómputo (PC interconectadas con servidor para compartir paquetería diversa de procesamiento de textos, paquetes estadísticos, graficadores, etc.).
- ✓ Enlace INTERNET.
- ✓ Biblioteca especializada.
- ✓ Laboratorio de Rayos X diagnóstico convencional.
- ✓ Laboratorio de Medicina Nuclear (en proceso de instalación).

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares:

- ✓ Centro de información y documentación.
- ✓ Laboratorios para el desarrollo de prácticas básicas de electrónica, instrumentación nuclear, seguridad y protección radiológica y cómputo.
- ✓ Departamento de Metrología de Radiaciones Ionizantes con:
 - Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica que incluye fuentes radiactivas diversas, sistemas de posicionamiento de fuentes y detectores, distribuidos en una sala de neutrones, una de gammas, una de betas y alfas, una de rayos X y una del patrón primario de cobalto 60. Además se cuenta con dosímetros para Radioterapia y Rayos X diagnóstico, un calibrador de dosis para tratamiento y maniqués para medida y estudios de dosis. Por último, se dispone de 1 primera cámara en América Latina para dosimetría personal con magnitudes operativas ICRU.
 - Sistema computarizado de planificación de dosis para radioterapia externa y braquiterapia.
 - Sistema de control de calidad y caracterización de campos de rayos X para diagnóstico y terapia.
- ✓ Reactor nuclear Triga Mark III.
- ✓ Laboratorio de producción de radiofármacos.

- ✓ Técnicas de análisis isotópicos (activación neutrónica, PIXE, fluorescencia de rayos X, etc.).
- ✓ Laboratorio de Radiobiología Celular.

Adicionalmente, se cuenta con la infraestructura de los hospitales participantes en el programa, que incluye: unidades de Radioterapia Externa, Braquiterapia de baja y alta tasa de dosis, equipos de rayos X, de tomografía axial computarizada, de resonancia magnética, SPECT, etc.

Hospitales participantes:

- Instituto Nacional de Cancerología
- Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Dr. Salvador Zubirán”
- Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Dr. Manuel Velasco Suárez”
- Fundación Médica Sur
- Centro Médico Nacional “20 de Noviembre”
- Hospital General de México
- Hospital de Concentración ISSEMYM, Toluca, Estado de México
- Hospital Estatal “Lic. Adolfo López Mateos”, Toluca, Estado de México
- Hospital para el Niño, DIFEM, Toluca, Estado de México

ANEXOS

ANEXO 1**Maestría y Doctorado en Ciencias, Especialidad en Física Médica****SISTEMA DE CONTENIDOS****I. CONTENIDO GENERAL****I.1 Instrumentación y electrónica**

1. Fuentes de radiación
 - Unidades y definiciones
 - Fuentes de electrones rápidos
 - Fuentes de partículas cargadas pesadas
 - Fuentes de radiación electromagnética
 - Fuentes de neutrones
2. Interacción de la radiación con la materia
3. Exposición y Dosis de radiación
4. Propiedades generales de los detectores de radiación
 - Modelo simplificado de detector
 - Operación de los detectores en modo de corriente y modo de pulso
 - Espectros de alturas de pulsos
 - Tiempo muerto
 - Métodos para medir el tiempo muerto
5. Estadística
 - Caracterización de los datos
 - Modelos estadísticos
 - Aplicación de los modelos estadísticos
 - Propagación de incertidumbres
 - Tipos de incertidumbre
6. Detectores gaseosos
 - Procesos de ionización en gases
 - Migración y colección de carga
 - Diseño y operación de cámaras de ionización de corriente directa
 - Operación en el modo de pulsos
7. Contadores proporcionales
 - Multiplicación de gas
 - Funcionamiento del detector proporcional
 - Eficiencia de detección y curva de conteo
8. Contadores Geiger-Mueller
9. Detectores de centelleo
 - Centelladores orgánicos

- Centelladores inorgánicos
- Montaje del centellador y colección de luz
- 10. Tubos fotomultiplicadores
- 11. Detectores de diodo semiconductor
 - Propiedades de los semiconductores
 - Acción de la radiación ionizante en los semiconductores
 - Los semiconductores como detectores de radiación
 - Configuraciones del detector semiconductor
 - Características operacionales
 - Aplicaciones de los detectores de unión difundida y de barrera superficial
- 12. Detectores de Si(Li)
 - Características generales
 - Forma de pulso y campo eléctrico
 - Espectroscopia de fotones de baja energía
 - Espectroscopia de electrones
- 13. Detectores de Ge-HP
 - Características generales
 - Campo eléctrico y capacitancia
 - Tiempo y forma del pulso
 - Aplicación a la espectroscopia de rayos gamma

Bibliografía

1. Barnaal Dennis, *Analog Electronics for Scientific Applications*. Waveland Press Inc., Prospect Heights, IL, ISBN 0-88133-422-7, 1982.
2. Barnaal Dennis, *Digital Electronics for Scientific Application*. Waveland Press Inc., Prospect Heights, IL, ISBN 0-88133-421-9, 1982.
3. Diefenderfer A. James, *Principles of Electronic Instrumentation*. Saunders College Publishing, New York, ISBN 0-7216-3076-6, 1979.
4. Holler F. James, Avery James P, Crouch Stanley R and Enke Christie G., *Experiments in Electronics, Instrumentation and Microcomputers*. Benjamin/Cummings Publishing Company Inc., California, ISBN 0-8053-6918-X, 1982.
5. Malmstadt Howard V., Enke Christie G. and Crouch Stanley R., *Electronics and Instrumentation for Scientists*. Benjamin/Cummings Publishing Company Inc., California, ISBN 0-8053-6917-1, 1981.

I.2 Física de radiaciones y fundamentos de dosimetría

Parte I. Física de Radiaciones

- a. Magnitudes Radiométricas
 - i. Magnitudes Determinísticas y Estocásticas
 - ii. Definición del Concepto de Dosis Absorbida
 - iii. Magnitudes Radiométricas
 - iv. Formalismo de transporte para la ϵ
 - v. Ecuación de transporte
- b. Interacción de la Radiación Ionizante con la Materia
 - 2.1 Fotones. Parte I.
 - i. Coeficiente de atenuación Lineal y atenuación exponencial
 - ii. Haz amplio y colimado
 - iii. Coeficientes de atenuación másico, electrónico y atómico
 - iv. Transferencia de energía y absorción de energía
 - v. Coeficientes de interacción
 - 2.2 Fotones. Parte II. Dispersión de la radiación gamma (Efecto Compton)
 - i. Dispersión Clásica (de Thomson)
 - ii. Dispersión Coherente (de Rayleigh)
 - iii. Relación entre el ángulo y la energía
 - 2.3 Interacción de Partículas Cargadas con la Materia
 - 2.4 Temas Misceláneos
 - i. Teorema de Reciprocidad
 - ii. Cálculo de Dosis Absorbida para el caso de partículas cargadas
3. Equilibrio de Radiación y Equilibrio Electrónico
 - i. Energía Transferida
 - ii. Energía Neta Transferida
 - iii. Energía Impartida
 - iv. Ejemplos Comparativos
 - v. Equilibrio de Radiación
 - vi. Equilibrio de Partículas Cargadas (CPE)
 - vii. CPE en la Medida de la Exposición
 - viii. Relación entre D y X para fotones
 - ix. Causas de la falla de CPE
 - x. Equilibrio Electrónico Transitorio
4. Magnitudes Dosimétricas
 - i. Kerma
 - ii. Dosis Absorbida
 - iii. Exposición
 - iv. Magnitudes y Unidades empleadas en Protección Radiológica (P.R.)
5. Teoría de la Cavidad
 - i. Teoría de Bragg – Gray (B.G.)
 - ii. Condiciones de B.G
 - iii. Corolarios de la relación de B.G

- iv. Deducción de Spencer de la teoría de B.G
- v. Poder de Frenado Másico Promedio
- vi. Teoría de la cavidad de Spencer
- vii. Teoría de la cavidad de Burlín
- viii. Teorema de Fano
- ix. Otras teorías de la Cavidad

Parte II. Fundamentos de Dosimetría de Haces Externos

- 6. Cámaras de Ionización
 - i. Cámara de ionización sin paredes
 - ii. Cámaras basadas en la Teoría de la Cavidad
 - iii. Medidas de corriente y carga
 - iv. Factores de Corrección
 - v. La cámara de Extrapolación
- 7. Dosimetría de P.R.: Magnitudes Operativas ICRU
 - i. Esfera ICRU
 - ii. Dosis Equivalente Personal
 - iii. Dosis Equivalente Direccional
 - iv. Dosis Equivalente Ambiental
- 8. Dosimetría de Radiodiagnóstico
 - i. Magnitudes y Unidades
 - ii. Dosis en Órgano
 - iii. Dosis Significativamente Genética
 - iv. Dosis Significativamente Somática
- 9. Dosimetría de Radioterapia
 - i. Calibración de la Cámara
 - ii. Protocolos de Calibración
 - iii. NX, NK, Ngas
 - iv. Calibración de haces de fotones en aire
 - v. Calibración de haces de fotones y electrones en maniqués
 - vi. Maniqués de Agua y otros medios

Bibliografía

1. Attix F.H., *Introduction to Radiological Physics*. Wiley Interscience, 1986.
2. ICRU 33, *Radiation Quantities and Units*, 1980.
3. ICRU 39, *Determination of Dose Equivalents Resulting from External Sources, Part 1*, 1985.
4. ICRU 43, *Determination of Dose Equivalents Resulting from External Sources, Part 2*, 1988.
5. ICRU 47, *Determination of Dose Equivalents Resulting from External Sources, Part 2*, 1992.
6. ICRU 51, *Radiation Quantities and Units*, 1993.

7. Johns H.E. and Cunningham J.R. *The Physics of Radiology*. 4th edition, Charles C. Thomas, Springfield, Illinois, 1983.
8. Kase, Bjäingard, Attix, *The Radiation Dosimetry*, Vol. 1, Academic Press, 1985.
9. Orton C.G., *Radiation Dosimetry: Physical and Biological Aspects*. Plenum Press, New York, 1986.
10. NCRP 108, *Conceptual Basis for Calculations of Absorbed Dose Distributions*, 1991.
11. Raabe G.O., *International Radiation Dosimetry*, Medical Physics Publishing, 1994.
12. Wall et al., *Patient Dosimetry Techniques in Diagnostic Radiology*, Institute of Physical Sciences in Medicine, Report 53, 1988.

I.3 Seguridad y Protección Radiológica

1. Introducción: Repaso de física de radiaciones y de radiobiología. Radiactividad Ambiental.
2. Historia del protección radiológica
 - Primeros límites X Ray Society
 - ICRU
 - UNSCEAR
 - BEIR
 - ICRP (particularmente, publicaciones 2, 26, 60)
 - OIEA
3. El sistema de limitación de dosis
 - Justificación
 - Optimización – Descripción de las técnicas de optimización
 - Limitación – Descripción de los límites para trabajadores, público y pacientes
 - Recomendaciones de la ICRP 60 para la práctica médica
4. Cumplimiento de la normativa, vigilancia radiológica ocupacional
 - Dosimetría del personal – Película, TLD, cámara de ionización, dosímetros electrónicos
 - Monitores portátiles y de área
 - Control de la contaminación superficial – Límites permitidos en áreas no controladas. Métodos de medición. Control.
 - Control de la contaminación en aire – Métodos de medición. Control.
 - Control de la dosis interna – Técnicas de medición. Factores dosimétricos.
5. Cálculo de blindajes
 - Cálculo de blindajes para rayos X diagnóstico
 - Cálculo de blindajes en aceleradores de partículas
 - Cálculo de blindajes en teleterapia
 - Cálculo de blindajes en braquiterapia
6. Dispersión ambiental
 - Cálculo de dosis al público por descargas de gases radiactivos

7. Desechos radiactivos
 - Control de descargas al drenaje
 - Control de descargas a la atmósfera
 - Control de generación de desechos radiactivos
 - Tratamiento e inmovilización de desechos radiactivos
8. Radiación no Ionizante
 - Efectos biológicos
 - Límites permitidos para radiofrecuencia y láser
 - Monitores de radiofrecuencia y láser

Bibliografía

1. Morgan K.Z. and Turner J.E., eds, *Principles of Radiation Protection*. Krieger, Huntington, New York, 1973.
2. Shapiro J., *Radiation Protection: A Guide for Scientists and Physicians*, 2nd Ed. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1981.
3. ICRU Report No. 20, *Radiation Protection Instrumentation and Its Application*. International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, DC, 1971.
4. ICRU Report No. 22, *Measurement of Low-Level Radioactivity*. International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, DC, 1972.
5. NCRP Report No. 50, *Environmental Radiation Measurements*. National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1977.
6. Chilton A.B., Shultis J.K. and Faw R.E., *Principles of Radiation Shielding*. Prentice-Hall, New Jersey, 1984.
7. NCRP Report No. 38, *Protection Against Neutron Radiation*. National Council on Radiation Protection and Measurement, Washington, DC, 1971.
8. NCRP Report No. 49, *Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X-rays and Gamma Rays of Energies up to 10 MeV*. National Council on Radiation Protection and Measurement, Washington, DC, 1976.
9. NCRP Report No. 51, *Radiation Protection Guidelines for 0.1-100 MeV Particle Accelerator Facilities*. National Council on Radiation Protection and Measurement, Washington, DC, 1977.
10. NCRP Report No. 79, *Neutron Contamination From Medical Electron Accelerators*. National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1984.

I.4 Radiobiología

1. Introducción
 - Antecedentes
 - Efecto directo y indirecto de la radiación ionizante
2. Introducción a los sistemas biológicos
 - Célula: Organización y función
 - Organelos celulares: membrana, mitocondrias, retículo endoplásmico

- Ciclo celular
 - Mitosis y Meiosis
 - ADN: estructura y función
3. Factores que modifican la respuesta celular a la radiación
 - 3.a. Externos
 - Transferencia lineal de energía
 - Razón de Dosis
 - Oxígeno
 - Hipertermia
 - 3.b. Internos
 - Ciclo celular
 - Tipo de célula
 - Radiomodulación: Radioresistencia, Radiosensibilización, Respuesta adaptativa
 4. Daño al ADN
 - Muerte celular
 - Reparación: Libre de Error, Propensa a Error
 - Efectos sobre el ciclo celular
 - Efectos citogénicos
 - Muerte celular
 - Apoptosis
 - Aberraciones cromosómicas, micronúcleos, intercambios de las cromátidas hermanas
 - Mutación
 - Cáncer
 - Efectos en la descendencia
 5. Síndromes agudos de la radiación a cuerpo total
 - Síndrome gastrointestinal
 - Síndrome hepatopoyético
 - Síndrome cerebrovascular
 6. Bases Radiobiológicas de la Radioterapia
 7. Fuentes de exposición
 8. Valoración del Riesgo / Beneficio

Bibliografía

1. Arena V., 1971; *Ionizing Radiation and Life*. The C.V. Mosby Company, Saint Louis.
2. Hall E.J., 1988; *Radiobiology of the Radiologist*. 3rd Edition, Harper and Row, New York.
3. Casarett A., 1968; *Radiation Biology*. Prentice Hall Inc., New Jersey.
4. Latorre Travis E., 1975; *Primer of Medical Radiobiology*. Year Book Medical Publishers, Chicago, London, Boca Raton.

5. Orton C.G., 1986; *Radiation Dosimetry: Physical and Biological Aspects*. Plenum Press, New York.
6. Pizzarello D.J., 1982; *Radiation Biology*. CRC Press, Boca Raton.
7. Prasad K.N., 1974; *Human Radiation Biology*. Harper, Hagerstown, MD.

II. CONTENIDOS PARTICULARES

II.1 Física de la Radioterapia

1. Introducción: La Historia de la Radioterapia y Generalidades en Oncología Clínica
2. Producción de Rayos X. Calidad de los haces de Rayos X
3. Generadores de radiaciones clínicas
 - Unidades de Kilovoltaje
 - Co-60
 - Diseño y operación de aceleradores lineales
 - Betatrones y ciclotrones (información básica)
 - Haces de partículas pesadas (información básica)
4. Haces de fotones: Dosimetría clínica básica
 - Distribución de dosis en profundidad
 - PDP, TAR, SAR, TPR, TMR, SMR, BSF: definiciones, relaciones y factores de dependencia
 - Correcciones por dispersión (colimador y fantoma)
 - Campos irregulares: Factores Off-axis, Método de Clarkson
 - Calibración de dosis
5. Haces de fotones: Modelación de la dosis / Planeación de tratamiento
 - Adquisición de isodosis
 - Parámetros que afectan las curvas isodosis
 - Combinación de campos
 - Efectos de incidencia irregular, filtros de cuña
 - Correcciones por DFS y heterogeneidades
 - Especificación de la dosis y normalización
 - Planeación de tratamiento computarizada
 - Hardware
 - Algoritmos
 - Planeación en plano único
 - Planeación en planos múltiples
 - Planos no coplanares
 - Colimadores asimétricos
 - Diseño de compensadores

- Planeación tridimensional (información básica)
6. Haces de fotones: Aplicación clínica
 - Adquisición de datos paciente: Imágenes (Radiografía convencional, CT, MN, MRI), Contornos
 - Simulación: posicionamiento / inmovilización, uso de contraste, marcadores, etc., parámetros de la imagen / optimización
 - Dispositivos y técnicas adicionales: protecciones, compensadores, imágenes de verificación
 - Consideraciones especiales
 - Dosis a la piel
 - Campos adyacentes
 - Campos tangenciales
 - Dosis integral
 - Técnicas de irradiación a semicuerpo y cuerpo total
 7. Haces de electrones: Dosimetría clínica básica
 - Características básicas: interacciones de electrones, características de detectores, técnicas de medición
 - Características del haz: determinación de la energía, distribución de dosis en profundidad, perfiles y curvas isodosis, factor de rendimiento / posición de la fuente virtual
 8. Haces de electrones: Modelación de la dosis / Planeación de tratamiento
 - Efectos especiales: vacío de aire, efecto de oblicuidad, efecto de heterogeneidad
 - Algoritmos
 - Planeación de tratamiento: selección de energía, combinación fotones-electrones, bolus, modificación del haz, técnicas convencionales
 - Técnicas avanzadas: irradiación cutánea total , electronterapia en arco
 9. Braquiterapia
 - Características de fuentes y especificación de su poder
 - Sistemas dosimétricos de implantes
 - Técnicas de aplicación
 - Cálculo y especificación de la dosis
 - Consideraciones sobre la tasa de dosis
 - Ejemplos clínicos: ^{137}Cs , ^{192}Ir , ^{125}I , ^{198}Au
 - Fuentes de neutrones
 - Otros radionúclidos
 10. Protección Radiológica: Principios básicos
 11. Garantía de la Calidad / Control de la Calidad
 - Análisis del error del proceso terapéutico
 - Estándares de GC/CC
 - Organización del programa de GC: responsabilidades del personal, equipo, trazabilidad

- Administración de la dosis: documentación, verificación, dosimetría in vivo
 - Adquisición de equipo: compra, instalación, aceptación
 - Lineamientos específicos: fuentes externas, fuentes de braquiterapia y aplicadores, sistemas de elaboración de protecciones y compensadores, sistemas de dosimetría y de planeación computarizados
12. Técnicas Especiales
- Hipertermia
 - Radioterapia intra-operatoria
 - Radiocirugía y Radioterapia en condiciones de estereotaxia
 - Hiperfraccionamiento
 - Terapia conformacional

Bibliografía

1. Bentel Gunilla C. *Radiation Therapy Planning*. Second Edition, International, Mc Graw-Hill.
2. Bomford C.K., Kunler I.H., Sherriff S.B., Miller H., 1993; *Walter and Miller's Textbook of Radiotherapy : Radiation Physics, Therapy and Oncology*. Fifth Edition, Churchill Livingstone, UK.
3. Dobbs J. and Barrett A., 1985; *Practical Radiotherapy Planning*. Arnold, Baltimore.
4. Gilbert H.A. and Kagan A.R., 1978; *Modern Radiation Oncology: Classic Literature and Current Management*. Harper and Row, New York.
5. Horton J.L., 1987; *Handbook of Radiation Therapy Physics*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
6. Johns H.E. and Cunningham J.R., 1983; *The Physics of Radiology*. 4th edition, Charles C. Thomas, Springfield, Illinois.
7. Khan F.M., 1994; *The Physics of Radiation Therapy*. 2nd edition, Williams and Wilkins, Baltimore.
8. Moss W.T., Brand W.N. and Battifora H., 1973; *Radiation Oncology: Rationale, Technique, Results*. The C.V. Mosby Company, St. Louis.
9. Selman Joseph., 1990; *The Basic Physics of Radiation Therapy*. Third Edition, Charles C. Thomas Publisher, Springfield, Illinois.
10. Williams J.R. and Thwaites D.I., 1993; *Radiotherapy Physics in Practice*. Oxford University Press, New York.

II.2 Diagnóstico por Imágenes

1. Introducción a Percepción Visual y Calidad de Imagen
 - Conceptos de percepción visual
 - Conceptos de calidad de imagen
 - Resolución espacial

- Contraste
 - Ruido y Artefactos
 - La Función de Transferencia de Modulación
2. Sistemas Genéricos de Rayos X
 - Producción de rayos X
 - Tubos de rayos X y sus componentes
 - Generadores de rayos X
 - Espectros de rayos X
 - Carga de calor anódica y enfriado anódico
 - Métodos de reducción de radiación dispersa
 3. Radiografía Convencional
 - Pantallas de intensificación
 - Películas radiográficas
 - Procesadores de películas radiográficas
 - Sensitometría, calidad de imagen y dosis de radiación
 4. Mamografía
 - Conceptos básicos de la imagenología de la mama
 - Tubos mamográficos
 - Compresión mamográfica
 - Pantallas intensificadoras y películas mamográficas
 - Garantía de calidad y dosimetría
 5. Fluoroscopia
 - Tubos intensificadores de imagen
 - Distribución de la imagen intensificada
 - Sistemas de televisión
 - Sistemas de cateterización cardiaca y angiografía
 - Garantía de calidad y dosimetría
 6. Modalidades Digitales y Redes PACS
 - Imágenes digitales y su procesamiento
 - Radiografía computarizada
 - Radiografía digital directa
 - Fluoroscopia digital
 - Angiografía por sustracción digital
 - Garantía de calidad y dosimetría
 7. Tomografía Convencional y Computarizada
 - Tomografía Convencional
 - Principios básicos de la tomografía computarizada (TC)
 - Tubos y detectores de rayos X en TC
 - Tipos de scanners TC
 - TC espiral y de multisecciones
 - Garantía de calidad y dosimetría
 8. Sonografía

- Principios sonográficos
 - Transductores
 - Atenuación de haces ultrasónicos: contraste de tejidos
 - Sonografía con haces pulsados
 - Sistemas de sonografía
 - Procesamiento de señales
 - Amplificación temporal compensada
 - Calidad de Imagen y Artefactos
 - Técnicas Doppler en estudios vasculares
9. Imágenes por Resonancia Magnética
- Repaso de conceptos básicos de RMN
 - Procesos y tiempos de relajamiento
 - Secuencias espín-eco, contraste de tejidos
 - Secuencias de recuperación de ecos con gradientes
 - Secuencias de inversión y saturación
 - Codificación de la señal: frecuencia y fase
 - Sistemas de IRM
 - Calidad de Imagen y Artefactos
 - Seguridad e instalaciones

Bibliografía

1. Bushberg, Seibert, Leidholdt Jr. y Boone, *The Essential Physics of Medical Imaging*. Lippincott, Williams & Wilkins Publishers, Baltimore, MD, 1994.
2. Curry Thomas S., Dowdey J.E., Murry R:C., *Christensen's Introduction to the Physics of Diagnostic Radiology*. Lea and Febiger, Philadelphia, PA, 1984.
3. Johns H.E. and Cunningham J:R., *The Physics of Radiology*, 3rd Ed. Charles C. Thomas, Springfield, IL, 1983.
4. Ter-Pogossian Michel M., *The Physical Aspects of Diagnostic Radiology*. Harper and Row, New York, 1967.
5. Barrett Harrison H. and William Swindell, *Radiological Imaging, The Theory of Image Formation, Detection, and Processing*, Vols. I, II. Academic Press, New York, 1981.
6. Brody W.R., *Digital Radiography*. Raven Press, New York, 1984.
7. Dainty J.C. and R. Shaw, *Image Science*. Academic Press, New York, 1974.
8. Haung H.K., *Elements of Digital Radiology*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1987.
9. Herman Gabor T., *Image Reconstruction from Projections: The Fundamentals of Computerized Tomography*. Academic Press, New York, 1980.
10. Swetis John A. and Ronald M. Pickett, *Evaluation of Diagnostic Systems: Methods from Signal Detection and Theory*. Academic Press, New York, 1982.
11. Gadian David G., *Nuclear Magnetic Resonance and Its Application to Living Systems*. Oxford University Press, New York, 1982.
12. Gottschalk Alexander, et al., *Diagnostic Nuclear Medicine*, Vol. I. Williams and Wilkins, Baltimore, 1988.

13. Macovski Albert, *Medical Imaging Systems*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1983.
14. Morris Peger G., *Nuclear Magnetic Resonance Imaging in Medicine*. Clarendon Press, Oxford, 1986.
15. Nudelman Sol and Dennis D. Patton, *Imaging for Medicine*, Vol. I. Plenum Press, New York, 1980.
16. Partain C. Leon, et al., *Magnetic Resonance Imaging*, Vol. II. W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1988.
17. Webb Steve, *The Physics of Medical Imaging*. Adam Hilger, Philadelphia, 1988.

AAPM Monographs:

17. Doi Kunio, et al., *Recent Developments in Digital Imaging*, Monograph No. 12. American Institute of Physics, New York, 1984.
18. Fullerton Gary D., et al., *Electronic Imaging in Medicine*, Monograph No. 11. American Institute of Physics, New York, 1984.
19. Haus Arthur G., *The Physics of Medical Imaging: Recording System Measurements and Techniques*, Monograph No. 3. American Institute of Physics, New York, 1979.
20. Thomas Stephen R. And Robert L. Dixon, *NMR in Medicine: The Instrumentation and Clinical Applications*, Monograph No. 14. American Institute of Physics New York, 1986.

II.3 Medicina Nuclear

1. Producción de radionúclidos para medicina nuclear
2. Diseño de radiofármacos de diagnóstico y terapéuticos para medicina nuclear
3. Fundamentos de radiofarmacocinética
4. Dosimetría de emisores internos: Metodología MIRD
 - 4.1. Factores dependientes del tiempo (biocinéticos): Actividad acumulada y tiempos de residencia
 - 4.2. Factores independientes del tiempo (físicos): Factor "S"
5. Obtención de datos cuantitativos radiofarmacocinéticos a partir de imágenes
 - 5.1. Técnicas planares (calibración de equipos, corrección por atenuación, distribución de la actividad en 2D, etc.)
 - 5.2. Técnicas tomográficas: SPECT (calibración de equipos, corrección por atenuación, distribución de la actividad en 3D, etc.)
6. Obtención de datos cuantitativos radiofarmacocinéticos a partir de tejidos, excretas y monitoreo externo
7. Dosimetría de distribuciones de actividad no uniformes. Valores "S" voxel
8. Dosimetría a nivel celular
9. Dosimetría de masas dinámicas: Modelo dinámico de vejiga
10. Planeaciones personalizadas en Medicina Nuclear
11. Principios del código Monte Carlo
12. Aplicaciones del código Monte Carlo en Medicina Nuclear

Bibliografía

1. Raabe, Otto G. *Internal radiation dosimetry*. Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, 1994.
2. Hobbie, Russell K. *Intermediate physics for medicine and biology*. John Wiley & Sons, New York, 1988.
3. Loevinger R, Budinger TF, Watson EE. *MIRD primer for absorbed dose calculation*. Revised edition. The Society of Nuclear Medicine, USA, 1991.
4. Stabin MG, Tagesson M, Thomas SR. *Radiation dosimetry in Nuclear Medicine*. Appl. Radiat. Isot. (1999) 50: 73-87.
5. International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU report 32 (1979). *Methods of assessment of absorbed dose in clinical use of radionuclides*. Washington, DC, 1979.
6. The International Commission on Radiological Protection, ICRP publication 60 (1990). *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Pergamon Press, Oxford, England, 1990.
7. Howell RW, Wessel BW, Loevinger R. *The MIRD perspective 1999*. J. Nucl. Med. (1999) 40: 3S-10S.
8. Clark B, Smith DA. *Introducción a la farmacocinética*. 2nd edition, ACRIBIA S.A., España, 1989.
9. Murphy Arteaga C. *Manual de Radiofarmacocinética*. Instituto Nacional de la Nutrición, México, D.F., 1991
10. Thomas SR, Stabin MG et al. *MIRD Pamphlet No. 14 Revised: A dynamic urinary bladder model for radiation dose calculations*. J. Nucl. Med. (1999) 40: 102S-123S.
11. Bolch WE, Bouchet LG, Robertson JS. *MIRD Pamphlet No. 17: The dosimetry of nonuniform activity distributions. Radionuclide S values at the voxel level*. J. Nucl. Med. (1999) 40: 11S-36S.
12. Siegel JA et al. *MIRD Pamphlet No. 16: Techniques for quantitative radiopharmaceutical biodistribution data acquisition and analysis for use in human radiation dose estimates*. J. Nucl. Med. (1999) 40: 37S-61S.
13. Goddu SM, Reston VA et al. *MIRD cellular S values*. Society of Nuclear Medicine, USA, 1997.
14. Leicher PK et al. *An overview of imaging techniques and physical aspects of treatment planning in radioimmunotherapy*. Med. Phys. (1993) 20: 569-577.
15. Stabin MG. *Patient dose from diagnostic and therapeutic radiopharmaceuticals*. In *Internal Radiation Dosimetry* (Otto G Raabe editor). Medical Physics Publishing, USA, 1994.
16. Andreo P. *Monte Carlo Techniques in Medical Radiation Physics*. Phys. Med. Biol. (1991) 36(7), 861-920.
17. Raeside DE. *Monte Carlo principles and applications* Phys. Med. Biol.. (1976) 21(2), 181-197.
18. Olsher RH, Seagraves DT. *Practical MNCP for health physicist, radiation engineer and medical physicist*. Course Manual, Los Alamos National Laboratory, 1999.
19. Williams LE. *Nuclear medical physics V. 1, 2 y 3*. CRC-Press. Inc., USA, 1987.

20. *Control de calidad de los instrumentos de medicina nuclear*. IAEA-TECDOC-602/F, OIEA, Vienna, 1996.
21. Levi de Cabrejas M. *Tomografía en Medicina Nuclear*. ALASBIMN, Buenos Aires, Argentina, 1999

III. MÓDULO DE INVESTIGACIÓN (*preparación inicial*)

III.1 Seminario de Investigación I

1. Introducción a la investigación científica
 - ¿ Qué es la ciencia ?
 - ¿Cuál es su método ?
 - ¿ Cómo se integra un protocolo de investigación científica ?
2. Investigaciones científicas que se realizan actualmente en el ININ y en la Facultad de Medicina de la UAEM: visitas guiadas y entrevistas con los investigadores de las áreas relevantes en Física Médica
3. Mediciones y análisis
 - Magnitudes dosimétricas
 - Magnitudes operativas
 - Teorías de la cavidad
 - Dosimetría de haces externos: electrones, gammas, rayos X, neutrones

Bibliografía

III.2 Seminario de Investigación II

ANEXO 2

GRUPOS DE INVESTIGACIÓN
(Actualización Marzo 2001)

CAMPO DE ESTUDIO	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	COORDINACIÓN DEL GRUPO (ININ-UAEM)	PARTICIPANTES		ASESORES DE OTRAS INSTITUCIONES	INSTITUCIÓN
			PROFESORES / INVESTIGADORES	ESTUDIANTES		
1. Dosimetría Teórica y Experimental	<ul style="list-style-type: none"> • Dosimetría Teórica y Experimental • Simulación Monte Carlo* • Dosimetría de Estado Sólido : película de tinte radiocrómico, termoluminiscencia, EPR (Resonancia Paramagnética Electrónica) * • Metrología: Dosimetría y Activimetría • Calibración Dosimétrica • Dosimetría Biológica 	Dr. José Trinidad Álvarez Romero Dr. José Eduardo Villarreal Barajas	M. en C. Eleni Mitsoura Dr. Arturo Becerril Vilchis M. en C. Gustavo Molina Dr. Fernando Ureña Nuñez	Bandaras Tarabay José Antonio Moranchel y Rodríguez Mario Ángeles Carranza Arturo	Dr. Victor Castaño Meneces Dr. J. Ricardo Martínez Dr. Juan Azorín Nieto Dr. Rafael Acosta Ruiz	IFUNAM - Qro UAM - I McAllen Cancer Center, Texas, USA UCLA

CAMPO DE ESTUDIO	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	COORDINACIÓN DEL GRUPO (ININ-UAEM)	PARTICIPANTES		ASESORES DE OTRAS INSTITUCIONES	INSTITUCIÓN
			PROFESORES / INVESTIGADORES	ESTUDIANTES		
2. Radioterapia (RT)	<ul style="list-style-type: none"> • Radioterapia Externa • Braquiterapia de Baja y Alta Tasa de Dosis • Radiocirugía en Condiciones Estereotáxicas • Sistemas computarizados de planeación de tratamientos * 	M. en C. Eleni Mitsoura	Dr. José Trinidad Álvarez Romero Dr. José Eduardo Villarreal Barajas Dr. Miguel Balcazar Garcia	Paredes Gutiérrez Lydia Concepción Tendilla del Pozo José Ignacio Villaseñor Navarro Luis Felipe Fragoso Valdez Francisco Roberto García Aguilar Juan	Dr. Rafael Acosta Ruiz Dr. Alberto Sánchez Reyes	C.M.N. 20 de Noviembre C.M.N. Siglo XXI Instituto Nacional de Cancerología Hospital General de México Fundación Médica Sur Hospital Central Militar McAllen Cancer Center, Texas, USA Universidad de Barcelona, España

CAMPO DE ESTUDIO	LINEAS DE INVESTIGACIÓN	COORDINACIÓN DEL GRUPO (ININ-UAEM)	PARTICIPANTES		ASESORES DE OTRAS INSTITUCIONES	INSTITUCIÓN
			PROFESORES / INVESTIGADORES	ESTUDIANTES		
3. Diagnóstico por Imágenes	<ul style="list-style-type: none"> • Rayos X diagnóstico convencional y Mamografía • Tomografía Axial Computarizada * • Imagenología con radiaciones ionizantes : Resonancia Magnética Nuclear , Ultrasonido * 	Dr. Arturo Becerril Vilchis	Dr. José Trinidad Alvarez Romero	Mercado Hernández Israel	Dr. Rafael Acosta Ruíz	C.M.N. 20 de Noviembre C.M.N. Siglo XXI Hospital Central Militar Hospital Estatal de Toluca « Lic. Adolfo López Mateos » Hospital de Concentración ISSEMYM, Toluca Hospital para el Niño, DIFEM, Toluca McAllen Cancer Center, Texas, USA

CAMPO DE ESTUDIO	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	COORDINACIÓN DEL GRUPO (ININ-UAEM)	PARTICIPANTES		ASESORES DE OTRAS INSTITUCIONES	INSTITUCIÓN
			PROFESORES / INVESTIGADORES	ESTUDIANTES		
4. medicina <input type="checkbox"/> uiller	<ul style="list-style-type: none"> • <input type="checkbox"/> uillermina <input type="checkbox"/> n y desarrollo de Radiofármacos • Dosimetría Interna • Calidad de Imagen en sistemas SPECT y cámaras gamma • <input type="checkbox"/> uillermin con Monte Carlo : correcciones por <input type="checkbox"/> uillermin y radiación dispersa en sistemas SPECT * 	Dra. <input type="checkbox"/> uillermina Ferro Flores	Dra. Consuelo Arteaga Pérez de Murphy M. en C. Alfonso Cortes Palacios Dr. Arturo Becerril Vilchis	Reyes Herrera Cruz Lauro García Díaz Olga Celia Pedraza López Marhta Cortés Marmolejo Filiberto Rodríguez Aranda Fernando	Dra. Barbara Croft Dra. Gilmara Pimentel Dra. Silvia Verdera Dr. Juan Azorín Nieto Dr. Manuel Navarrete Tejero	Instituto Nacional de la Nutrición « Salvador Zubirán » C.M.N. 20 de Noviembre Instituto Nacional de Pediatría Hospital General de México C.M.N Siglo XXI Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía IQ-UNAM UAM-I National Institute of Health, USA

CAMPO DE ESTUDIO	LINEAS DE INVESTIGACIÓN	COORDINACIÓN DEL GRUPO (ININ-UAEM)	PARTICIPANTES		ASESORES DE OTRAS INSTITUCIONES	INSTITUCIÓN
			PROFESORES / INVESTIGADORES	ESTUDIANTES		
5. Protección y Seguridad Radiológicas	<ul style="list-style-type: none"> Dosimetría en Protección Radiológica 	<p>M. en C. Gustavo Molina Dr. José Eduardo Villarreal Barajas</p>	<p>Dr. José Trinidad Álvarez Romero Dr. Arturo Becerril Vilchis</p>	<p>Gama Trejo Gilberto Gutiérrez Castillo José Gerardo</p>	<p>M. en C. Raúl Ortiz Magaña M. en C. Carlos Rodríguez Islas</p>	<p>Secretaría de Salud Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias Asesores de Radiaciones S.A. - ARSA (privado)</p>
6. Radiobiología	<ul style="list-style-type: none"> Efecto de las radiaciones sobre la genética celular Radiobiología celular de radiofármacos Mecanismos de radioresistencia * Radiomodulación * Dosimetría Biológica y persistencia de lesiones* Efecto de agentes químicos en la incidencia de cáncer 	<p>Dr. Pedro Morales Ramírez</p>	<p>M. en C. Martha Patricia Cruces Martínez M. en C. Eleni Mitsoura Dra. Judith Guzmán Rincón M. en C. Matilde Breña Valle M. en C. Olga Olvera M. en C. Emilio Pimentel M. en C. Citlali Guerrero M. en C. Ma. Teresa Mendiola Cruz M. en C. Regina Rodríguez</p>	<p>González Begné Mireya Álvarez Montiel José Luis</p>	<p>Dr. Victor Castaño Menece Dr. J. Ricardo Martínez Dr. Javier Miranda Martín del Campo Dr. Raúl Barrera Rodríguez M. en C. Carlos Rodríguez Islas</p>	<p>IFUNAM - Qro UCLA IFUNAM Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER)</p>

* : Líneas de investigación futuras

**INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
INSTITUTO DE ENFERMEDADES NEOPLÁSICAS**

**DIRECCIÓN GENERAL DE PROMOCION Y DESARROLLO
TECNOLÓGICO**

CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS NUCLEARES

III MAESTRIA EN FÍSICA MEDICA

LIMA 2002

**INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
INSTITUTO DE ENFERMEDADES NEOPLÁSICAS**

MAESTRIA EN FÍSICA MEDICA

Antecedentes

En 1996, se llevó a cabo el primer programa de maestría en física médica, en el que participaron 25 profesionales de física, electrónica y ramas afines. Ante la necesidad de contar con un número mayor de físicos médicos en los diversos servicios de los centros hospitalarios, en los campos de la Radioterapia, la Protección Radiológica, y la Imagenología, entre otros, el IPEN realizó el segundo programa de maestría en física médica en el año 2000. Actualmente se está promoviendo la realización de un tercer programa de física médica.

Los profesores de la maestría en física médica serán principalmente especialistas del IPEN, la UNI y el INEN. En caso de necesidad se convocará expertos extranjeros para cursos específicos.

OBJETIVO

Formar profesionales en las diversas aplicaciones de la Física Médica, especialmente las áreas de radiodiagnóstico, radioterapia, medicina nuclear y protección radiológica.

GRADO

Magíster en Ciencias con mención en Física Médica.

REQUISITOS

Pueden postular al programa de Maestría en Física Médica:

Bachilleres en Ciencias, mención Física,

Bachilleres en Ciencias o Ingeniería que hayan aprobado cursos equivalentes a:

Mecánica Teórica 6 créditos

Electromagnetismo 6 créditos

Mecánica Cuántica	6 créditos
Física Experimental	8 créditos
Métodos Matemáticos	6 créditos

REQUISITOS DE GRADUACIÓN:

Para poder obtener el grado, el estudiante debe completar 45 créditos. 30 créditos en cursos y 15 en la tesis.

PLAN DE CURSOS

CRONOGRAMA DE CURSOS	CREDITOS
-----------------------------	-----------------

PRIMER SEMESTRE

1. Física Atómica y Nuclear	4 créditos
2. Anatomía y Fisiología	3 créditos
3. Radiobiología	3 créditos
4. Instrumentación Nuclear	3 créditos

SEGUNDO SEMESTRE

5. Protección Radiológica	4 créditos
6. Dosimetría de Radiaciones	4 créditos
7. Física de Radioterapia	4 créditos

TERCER SEMESTRE

8. Física de Medicina Nuclear	4 créditos
9. Física de Radiodiagnóstico	4 créditos
10. Seminario de Tesis	15 créditos

CURSOS ELECTIVOS

Imagenología	3 créditos
--------------	------------

PROGRAMAS DE LOS CURSOS

1. FÍSICA ATOMICA Y NUCLEAR

CREDITOS: 4

OBJETIVOS:

Familiarizar al estudiante con los fenómenos atómicos y nucleares, su explicación física y realización de cálculos utilizando la mecánica cuántica.

CONTENIDO:

Estructura atómica.

Atomo de H.

Atomos multielectrones. Métodos de cálculo.

Producción de Rayos X.

Modelos nucleares.

El deuterón.

Dispersión.

Reacciones nucleares.

Cálculo de secciones eficaces.

Radiactividad.

Fuentes de radiación.

Reactores.

Aceleradores.

Fuentes radioisotópicas.

Producción de Radioisótopos.

Medidas de actividad.

Interacción de la radiación con la materia.

Interacciones fotones materia.

Interacciones de los electrones con la materia.

Interacciones de los neutrones con la materia.

2. ANATOMIA Y FISIOLOGIA

CREDITOS: 3

OBJETIVO

Formar un concepto general de la anatomía humana con énfasis en la identificación de zonas y órganos y del funcionamiento de los principales sistemas del cuerpo.

CONTENIDO

Células, tejidos y órganos.

Regiones y superficies anatómicas, uniones, articulaciones, movimientos de miembros músculos.

Sistema Endocrino

Sistema Circulatorio

Sistema Respiratorio

Sistema Digestivo

Sistema Urinario

Fluidos sanguíneos

Metabolismo

Neurofisiología clínica

Química clínica y Hematología

3. RADIOBIOLOGIA

CREDITOS: 3

OBJETIVO

Conocer los procesos ligados a la acción de las radiaciones sobre los procesos biológicos.

CONTENIDO

Células, organización interna, componentes y funciones.

Código genético.

Cromosomas.

División celular.

Genética.

Mutaciones.

Efectos de la radiación a niveles subcelular y celular.

Curvas de supervivencia.

Reparación.

Funcionamiento.

Factor de calidad.

Sensibilidad relativa de los humanos respecto de otras especies.

Absorción de radiaciones por materiales biológicos.

Radiólisis de compuestos biológicos.

Efectos biológicos de la radiación ionizante sobre la materia viviente.

4. INSTRUMENTACIÓN NUCLEAR

CREDITOS: 3

OBJETIVOS:

Dado que la instrumentación empleada en física médica fundamentalmente con dispositivos electrónicos es imprescindible proporcionar unos conocimientos profundos en esta materia tal como propone la American Association of Physics in Medicine.

CONTENIDO

Tipos de circuitos integrados. Diseño funcional de sistemas en circuitos integrados.

Pulsos.

Sistema de registro y análisis.

Electrónica analógica.

Electrónica digital.

Convertidores A/D.

Sistema de adquisición de datos. Interfaces.

Detectores de radiaciones.

Espectrómetros.

Cadenas de medición de radiaciones.

5. PROTECCIÓN RADIOLOGICA

CREDITOS: 3

OBJETIVOS

Formar profesionales competentes en el trabajo con radiaciones ionizantes y comprometidos con aplicación de la filosofía de seguridad radiológica en todo tipo de práctica dentro de la Medicina.

CONTENIDO

Introducción a la protección radiológica.

Magnitudes y unidades de protección radiológica.

Fundamentos de la protección radiológica en intervenciones.

Aspectos operacionales de la protección radiológica.

Aspectos tecnológicos de la protección radiológica.

Protección radiológica en las aplicaciones médicas de las radiaciones.

Aspectos regulatorios en protección radiológica.

6. DOSIMETRIA DE LAS RADIACIONES

CREDITOS: 4

OBJETIVO

Brindar fundamentos de dosimetría de radiaciones, con especial énfasis en la dosimetría de radiaciones ionizantes.

CONTENIDO

Magnitudes y unidades radiológicas.

Exposición X.

Dosis absorbida D.

Dosis equivalente H.

Dosis efectiva HE.

Medidas de actividad.

Estándar.

Blindaje.

Espectrometría, técnicas de medidas y detectores.

Límites de detección, precisión, errores.

Métodos radioanalíticos, “in vivo” e “in vitro”.

Introducción a la tomografía y reconstructiva.

Tomografía de transmisión y emisión.

Mediciones cuantitativas.

Fracciones mínimas de masa y longitud detectable.

Métodos de detección y aplicación a la dosimetría.

Dosimetría isotópica.

Técnicas de medición. Dosimetría termoluminiscente.

7. FÍSICA DE RADIOTERAPIA

CREDITOS: 4

OBJETIVOS

Brindar los conocimientos para diseñar procedimientos y planeamiento de dosis de radioterapia.

CONTENIDO

Introducción. Fuentes de radiaciones para radioterapia. Revisión de interacción de radiaciones con la materia.

Principios de radioncología y radioterapia del cáncer. Radiosensibilidad y radioresistencia de tumores y tejidos. Clasificación de los tumores de acuerdo a su radiosensibilidad. Definición clínica de radiosensibilidad tumoral. Radiocurabilidad. Factores determinantes de la respuesta tumoral a la irradiación en relación a la radiosensibilidad celular.

Medición de dosis absorbida. Exposición, Kerma Dosis. Cálculo de dosis a partir de exposición. Calibración. Teoría de cavidad de Bragg-Gray.

Transferencia de la dosis medida en un medio a otro.

Distribución de dosis. Porcentaje de dosis en profundidad. Tissue-air ratio (TAR).

Scatter-air ratio (SAR). Campos irregulares.

Sistemas de cálculos dosimétricos. Parámetros de cálculo de dosis. Tissue-phantom-Ratio (TPR). Aplicaciones Prácticas. Planificación de tratamientos I. Curvas de dosis.

Modificadores: cuñas, bloques. Técnicas de cálculo. SSD, SAD. Planificación de tratamiento II. Cálculo de distribución de dosis en 1D. Cálculo de distribución de dosis en 2D. Cálculo de distribución de dosis en 3D. Cálculo paralelos y opuestos.

Múltiples campos.

PRACTICAS

- 1) Calibración de unidades de radioterapia. Calibración de una unidad de Co 60. Calibración de un acelerador lineal de 6 MeV.
- 2) Dosimetría en campos de radiación.
 - Para unidades de Co 60. Determinación de parámetros: PDP, TAR, SAR, factores de dispersión, TPR, TMR, SMR.
 - Para un acelerador lineal de 6 MeV. Determinación de los parámetros. PDP, factores de dispersión TPR, TMR, SMR.
- 3) Planificación manual de campos múltiples.
- 4) Planificación computarizada con campos múltiples utilizando el programa TPS power 1000.

8. FÍSICA DE LA MEDICINA NUCLEAR

CREDITOS: 4

OBJETIVOS

Proporcionar los conocimientos en instrumentación y procedimiento de datos necesarios tanto para el control de calidad de los equipos y de los procedimientos de medida como para la optimización de recursos.

CONTENIDO

Instrumentación (estructura, parámetros, control de calidad)

Activímetro

Sonda de tubos.

Cámara gamma planar.

Cámara gamma de cuerpo entero.

Cámara gamma de tomografía (SPECT)

Cámara gamma de semiconductores.

Adquisición de datos gammagráficos.

Adquisición dinámica.

Adquisición sincronizada.

Adquisición lista.

Adquisición cuerpo entero.

Adquisición tomográfica.

Adquisición tomográfica sincronizada

Procedimiento de datos. Herramientas (ROIS, Manipulación, obtención de curvas, entre otros) Control de calidad. Condiciones de instalación de los equipos.

Reconstrucción tomográfica. Retroproyección filtrada . Reconstrucción interativa.

Filtros de post-procesado en SPECT.

9. FÍSICA DE RADIODIAGNOSTICO

CREDITOS: 4

OBJETIVOS

Brindar los principios generales de la imagen radiológica.

CONTENIDO

- Imagen analógica
- Imagen digital
- Factores que influyen la imagen.
- Tomografía lineal
- Fluoroscopia y cinefluorografía
- Serografía
- Mamografía
- TAC
- Medicina Nuclear
- Planar
- SPECT
- PET
- Ultrasonido.
- NMR-
- Termografía.

CURSO ELECTIVO

IMAGENOLOGIA

CREDITOS: 3

OBJETIVO

Brindar el conocimiento sobre la utilización de la computadora en el procesamiento de imágenes para fines médicos.

CONTENIDO

Formación de imágenes. Radiodiagnóstico. Medicina Nuclear.

Representación de imágenes.

Visualización de imágenes. Tabla de cola. Manipulación visual. Umbrales.

Manipulación. Operaciones matemáticas. Operaciones lógicas. Áreas de interés.

Transformadas.

Filtros. Suavizado. Detector de contornos. Adaptativos. Recuperación de imágenes.

Restauración de imágenes. Restauración de imágenes.

Compresión/descompresión.

**INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS.
UNIDAD DE TECNOLOGIA NUCLEAR.
LABORATORIO SECUNDARIO DE CALIBRACION DOSIMETRICA.
(LSCD)**

**MAESTRÍA EN FÍSICA MEDICA OPCIONES: RADIOTERAPIA, DIAGNOSTICO
POR IMÁGENES Y PROTECCIÓN RADIOLOGIA**

RESUMEN HISTÓRICO

El Uso de la física en la medicina con fechas más o menos claras es difícil de ubicar. Ciertamente en siglo XVII se encuentran situaciones en que una misma persona hace aportes importantes en ambas áreas tal es el caso de William Gilbert (1544-1603). Podría agregarse más tarde a Oersted (1777-1851). Sin embargo el aporte inicial más grande que se conozca lo hizo Wilhem C., Rontgen en el año 1895 con el descubrimiento de los rayos X. A principios de este siglo con el descubrimiento de la radioactividad por H. Becquerel y la contribución de los esposos Curie se abre ya un panorama muy diferente al uso de la física en la medicina.

Es importante destacar que a medida que se incrementa los aportes de la física a la medicina se hace también cada vez más necesario formar equipos interdisciplinarios con personas de otras áreas que se integren para lograr ese objetivo final que es un buen diagnóstico y/o con un buen tratamiento al paciente.

La Física Médica representa en la actualidad un campo de muchas expectativas donde están inmersas varias especialidades, siendo las más aplicadas, la radioterapia, el radiodiagnóstico, la medicina nuclear, la imagenología, la protección radiológica etc. En Venezuela estas áreas, aunque existe, se han convertido prácticamente en un problema de salud pública. Por un lado, se observa un desconocimiento generalizado del uso y precauciones que han de tomarse cuando se trabaja con radiaciones ionizantes y por el otro, una marcada ausencia de personal científico-técnico debidamente formado. Muchos casos simples de cáncer se convierten en verdaderos problemas, por no disponerse de equipos debidamente calibrados, de terapias bien planificada o de diagnósticos veraces.

En los últimos años ha crecido de gran manera el uso de técnicas físicas tanto en terapia como en diagnóstico. Esto se debe no sólo al constante desarrollo y tecnificación de la vida moderna, sino también al creciente uso de fenómenos físicos, precisamente en la medicina, lo que conlleva a que cada día sea más necesario la contribución de

profesionales de la física tanto en hospitales como en clínicas e industrias. Un ejemplo bastante reciente es la introducción en el diagnóstico, de la tomografía de sin nuclear, lo que implica la inclusión de personal altamente calificado para llevar a cabo y optimizar las técnicas que se derivan del uso de este principio o fenómeno. Una lista completa de funciones a desempeñar por el Físico Médico en las áreas de radioterapia, diagnóstico por imágenes y protección radiológica son dadas en un punto posterior.

OBJETIVOS DEL POSTGRADO EN FÍSICA MEDICA

El objetivo de crear en el IVIC la maestría en Física Médica, responde a una necesidad nacional que arranca en la carencia de recursos humanos de cuarto nivel, que se hagan cargo de la resolución de innumerables problemas y asuman diversas tareas en las áreas médico asistencial, instituciones reguladoras nacionales, industrias y centros académicos tanto públicos como privados.

Estas tareas tiene relación, en el área médico asistencial, con la optimización de las técnicas diagnósticas y terapéuticas que utilizan equipos cada vez de mayor sofisticación basados en principios físicos.

Definición y Tareas:

El nombre y la definición de las funciones del Físico medico aparece reflejado a través de diferentes documentos de organismos internacionales y asociaciones nacionales, siendo el de mayor jerarquía el documento que emitió la Organización Mundial del Trabajo, con sede en Ginebra, Suiza, donde se reconoce el nombre y las funciones de los Físicos Médicos.

Dependiendo de la ocupación y el campo de trabajo se puede hablar de dos categorías entre los físicos médicos:

1. Aquellos que trabajan en investigación y enseñanza, bien sea en laboratorios industriales, ministerios o entes públicos.
2. Aquellos que trabajan en hospitales y clínicas, Aquí su principal labor está relacionada con el diagnóstico, la terapia y la seguridad del paciente.

Físicos-Médicos que trabajen en universidades o institutos de investigación desarrollan por lo general ambas funciones.

En muchos hospitales no existe una aplicación directa de la Física Médica, en algunos casos son los médicos o alguien del personal técnico quienes desarrollan estas labores, tendiéndose así a un gran desmejoramiento de la aplicaciones físicas concretas.

Entre las tareas del Físico Médico en las áreas propuestas en esta maestría pueden enumerarse a groso modo las siguientes:

- a. Dosimetría clínica para radioterapia con radiaciones ionizantes (fotones y electrones) de diferentes energías:
 - i.- En rayos-X de energías hasta 100 Kv.
 - ii.- En rayos-X de energías hasta 400 Kv.
 - iii.- En radiaciones gamma (p. ej. Co-60)
 - iv.- En aceleradores lineales
 - v.- En braquiterapia de carga diferida (HDR,MDR y LDR)

La dosimetría no sólo se base en la determinación de la tasa de dosis de un determinado equipo, sino también medir la distribución de la dosis tanto en maniqués como en pacientes directamente.

- b. Trabajar conjuntamente con el médico para la consecución y posterior aplicación de un buen plan de tratamiento. Optimizar la aplicación de dosis a los pacientes.
- c. Preparar ayudas técnicas para la realización de la terapia (p. ej. bloques de protección, filtros o cuñas, tejidos equivalentes etc.)
- d. Preparar el uso de nuevas técnicas y avances tecnológicos en las terapias (p.ej. hipertermia, radioterapia intraoperativa, radiocirugía etc.)
- e. Vigilancia de los equipos de diagnóstico y terapia, organización de las reparaciones y mantenimiento.
- f. En departamento de medicina nuclear, trabajar en los controles de calidad de los equipos empleados, cámaras gamma, topógrafos, curímetros, etc. Cooperar con el medico en la interpretación de las imágenes, realizar mediciones de control de fuentes, elaborar e implementar métodos para la estimación de las dosis a los órganos irradiados, tanto en aplicaciones con fines diagnósticos como terapéuticos.
- g. Organizar la protección radiológica en su respectivo departamento, tanto para el personal ocupacional expuesto como para los pacientes.

- h. Organizar y desarrollar programas de control de calidad de los diferentes equipos disponibles en su departamento.
- i. Ser parte activa en la decisión técnica para adquirir nuevos equipos.
- j. Conjuntamente con otros especialistas del área nuclear, formar parte del cuerpo académico que debe desarrollar la docencia y la investigación tanto básica como aplicada, en esta especialidad a nivel nacional.

El profesional que se requiere, debe estar preparado, además, para resolver otros problemas básicos que existen en la mayoría de los hospitales, clínicas; como lo es, la falta de equipos básicos de medición, así como instrumentos necesarios para desarrollar una determinada terapia. En ese aspecto el egresado tendrá la capacidad de trabajar en conjunto, con egresados de otras universidades y desarrollar proyectos con las escuelas de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Electrónica y de Computación, para la fabricación directa, en el país de aparatos y dispositivos radiológicos. Un punto que es de vital importancia es la planificación computarizada de terapias para el posterior tratamiento del cáncer, los software son muy caros, y muchas veces imposibles de aplicar por falta de mediciones en los equipos de tratamientos. Con esto se daría un gran paso para el mejoramiento de los tratamientos y los diagnósticos como otro objetivo, se puede señalar la necesidad que se tiene de hacer estudios radiobiológicos de cáncer, una combinación con esta rama le daría un carácter aún más científico, ya que se podrían hacer estudios a través de cultivos celulares, clonages de genes, etc, y combinarlos con terapias de diferentes tipos (radioterapia, quimioterapia, hipertermia, inmunoacción, etc.).

El desarrollo de nuevas modalidades en dosimetría, tal como dosimetría con aminoácidos, con radicales libres y dosimetrías sin vivo no invasivas.

Para lograr estos objetivos es necesario que el egresado reciba una formación completa donde se incluyan tópicos como los siguientes:

- Medicina, en particular anatomía, fisiología, radiología y oncología.
- Radiobiología y biología molecular del cáncer
- Producción, absorción e interacción de la radiación con la materia.
- Manejo matemático y físico de los principios fundamentales de la física nuclear asociada a la medicina
- Dosimetría de radiaciones
- Protección radiológica

REQUISITOS PARA INGRESAR EN LA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA

Como requisito el aspirante debe poseer el título de licenciado o su equivalente en algunas de las siguientes especialidades: Física, Química, Matemática, Biología, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería de Sistemas o Computación; egresado de una universidad reconocida y su ingreso será hecho previo cumplimiento de los requisitos del Centro de Estudios Avanzados del IVIC. Para el caso concreto de profesionales de las áreas de Matemática, Química o Ingeniería, se le podrá exigir al aspirante, si el comité de selección lo considera necesario, que curse algunas materias de nivelación. Las materias de nivelación están indicadas en el anexo A. El contenido de ellas estará a disposición de los interesados en las oficinas del CEA y serán dictadas por investigadores del Centro de Física del IVIC.

REQUISITOS PARA OBTENER LA MAESTRÍA EN FÍSICA MEDICA

Para obtener la maestría el aspirante deberá completar 22 créditos en materias obligatorias, cursar y aprobar como requisito obligatoria la materia Humanismo de la Ciencia, 8 créditos en materias electivas para el caso de radioterapia, medicina nuclear y diagnóstico por imágenes, 8 para el caso de protección radiológica, realizar un trabajo de grado con un valor de 6 créditos y aprobar un examen de suficiencia en inglés. Para iniciar el tercer semestre del estudiante deberá decidirse por una de las cuatro opciones que se ofrecen:

Radioterapia

Diagnóstico por imágenes

Medicina Nuclear

Protección radiológica

Para el caso de radioterapia deberá realizar en el tercer semestre una pasantía rotatoria tanto en especialidad como en diagnóstico por imágenes y por Medicina Nuclear, y en el cuarto semestre una pasantía solo de la especialidad (Radioterapia). Para ambas pasantías el estudiante será evaluado como aprobado o reprobado según sea el caso.

Para el caso de diagnóstico por imágenes deberá realizar en el tercer semestre una pasantía rotatoria tanto en la especialidad como en radioterapia y Medicina Nuclear, y en el cuarto semestre una pasantía solo de la especialidad (Diagnóstico por Imágenes). Para ambas pasantías el estudiante será evaluado como aprobado a reprobado según sea el caso.

Para el caso de Medicina Nuclear deberá realizar en el tercer semestre una pasantía rotatoria tanto en la especialidad como en radioterapia y diagnóstico por imágenes y en el

cuarto semestre una pasantía solo de la especialidad (Medicina Nuclear). Para ambas pasantías el estudiante será evaluado como aprobado o reprobado según sea el caso.

El caos de protección radiológica, las pasantías están incluidas dentro de las tres materia electivas que debe cursar, y serán evaluados dentro de las mismas.

DURACIÓN DE LA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA

La maestría durará dos años.

PROGRAMA ACADÉMICO DE LA MAESTRÍA DE FÍSICA MEDICA:

MATERIAS	CRÉDITOS
<u>SEMESTRE I</u>	
1.-	Física de radiaciones y dosimetría 4
2.-	Anatomía y Fisiología para Físicos Médicos 3
3.-	Electrónica para Físicos Médicos 3
4.-	Tópicos sobre radiobiología, biología molecular y celular. 3
<u>SEMESTRE II</u>	
1.-	Física de diagnostico por imagen 3
2.-	Física de radioterapia 3
3.-	Introducción a la protección radiológica 4
4.-	Física de la Medicina nuclear
5.-	Humanismo de la ciencia
<u>SEMESTRE III</u>	
1.-	Electiva I.
2.-	Electiva II.
4.-	Trabajo de grado molecular y celular.
<u>SEMESTRE IV</u>	
2.-	Trabajo de grado. 6
3.-	Seminario

ELECTIVAS:

Diagnóstico por imágenes:

Anatomía radiológica para Físicos Médicos.

Procesamiento digital de imágenes.

Pasantía:

Control de calidad, análisis de imágenes, selección de equipos y diseños de ambientes.

Radioterapia:

Técnicas de planificación de radioterapia

Anatomía radiológica para Físicos Médicos

Pasantía:

Planificación de tratamientos, control de calidad en radioterapia aspectos clínicos y físicos, calibración, selección de equipos y diseños de ambientes.

Medicina Nuclear:

(INCLUIR AQUÍ LAS ASIGNATURAS OPCIONALES DE MN.)

Pasantía:

Controles de calidad del equipamiento, procesamiento y mejoramiento de la imágenes, calibración de cámaras gamma y curímetros. Cálculos de dosimetría interna.

Protección radiológica:

Tópicos sobre protección radiológica I.

Tópicos sobre protección radiológica II.

Radioactividad ambiental.

Pasantía:

Diferentes trabajos prácticos que son detallados en cada materia, incluyendo visitas cortas e industrias, hospitales y laboratorios específicos.

PLANTEL DE PROFESORES

El plantel de profesores está compuesto por investigadores del IVIC, a través de sus diferentes Centros (UTN, Centro de Física, Centro de Bioquímica y Biofísica, Centro de Microbiología etc.) Profesores de la USB y de la UC, Médicos de los hospitales Universitario de Caracas, Oncológico Padre Machado, Oncológico Luis Razetti, Clínica

La Floresta, Clínica Avila. Igualmente se cuenta con un selecto grupo de profesores invitados de Estados Unidos, Francia, España, Francia, Brasil, Alemania, Ecuador y Colombia.

TRABAJO A GRADO

Para la realización del trabajo de grado el estudiante tendrá la opción de hacerlo dentro del IVIC o fuera de él. En este sentido se han recibido ofertas concretas de la Universidad Simón Bolívar, Universidad de Los Andes, Universidad del Estado de Río de Janeiro (Brasil), Instituto Gustav Roussi (Francia), M.D. Anderson Hospital (USA) y Universidad de Freiburg (Alemania).

FINANCIAMIENTO

Entre las organizaciones que pueden proveer financiamiento se encuentran:

CONICIT

FUNDAYACUCHO

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY-ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

UNESCO

FUNCADIÓN POLAR

INTERNATIONAL ORGANIZAATION OF MEDICAL PHYSICS

SERVICIO ALEMAN DE INTERCAMBIO ACADEMICO (DAAD)

EMPRESAS PRIVADAS COMO: SIEMENS, PHILIPS, VARIAN, GENERAL ELECTRIC.

DIRECCION DE ASUNTOS NUCLARES (MEM)

DIRECCION DE ONCOLOGIA (MSAS)

INFRAESTRUCTURA

Se cuenta con la infraestructura del IVIC a través del LSCD, Radiofísica Sanitaria, Centro de Física, CEA. Los laboratorios de la Universidad Simón Bolívar, así como también con el Hospital Universitario de Caracas, Hospital Oncológico Padre Machado, Hospital Oncológico Luis Razetti, Hospital Domingo Luciani, Hospital Vargas, Hospital Universitario de los Andes, Hospital Universitario de Maracaibo, Hospital Universitario de Barcelona.

Empresas privadas como: Corpoven, Maraven, Lagoven, Siemens, Varian General Electric, Philips, Clínicas privadas como: Clínica Ávila, Clínica La Floresta, Clínica Caracas e Instituto de Resonancia Magnética la Florida.

LINEAS DE INVESTIGACIÓN

El postgrado ofrece investigación en las áreas de radioterapia, diagnóstico por imágenes y protección radiológica. Específicamente algunas líneas serían:

- Dosimetría de radiaciones
- Modelos matemáticos en la distribución de dosis absorbida
- Dosimetría in vivo
- Modelos computaciones en la planificación de terapias
- Análisis digital de imágenes
- Dosimetría biológica
- Método de Monte Carlos y sus aplicaciones en dosimetría
- Desarrollo de programas de control de calidad en radioterapia y diagnóstico por imágenes.
- Seguridad radiológica.

Como punto final se agrega un documento preparado por la Sociedad Venezolana de Física Médica (SOVEFIM), donde se expone todo lo relacionado con las funciones, estatus y campos de trabajo del Físico Médico.

ANEXO A

LISTA DE MATERIAS DEL POSTGRADO DE FISICA MEDICA

MATERIAS COMPLEMENTARIAS (DE NIVELACION)

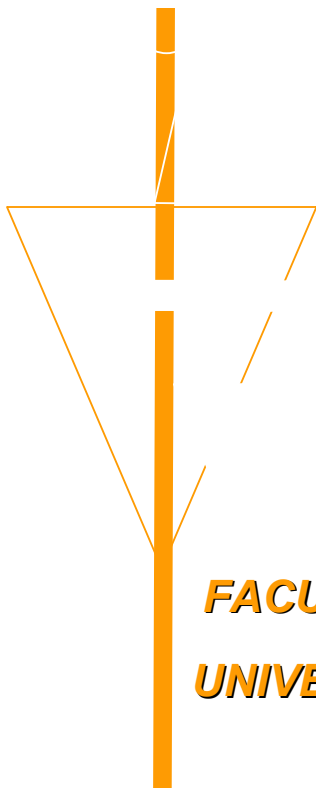
<u>CODIGO</u>	<u>NOMBRE</u>	<u>CREDITOS</u>
	FISICA MODERNA I	0
	FISICA MODERNA II	0
	FISICA CLASICA I	0
	FISICA CLASICA II	0
	MATEMATICA APLICADAS I	0
	MATEMATICAS APLICADAS II	0

MATERIAS OBLIGATORIAS

<u>CODIGO</u>	<u>NOMBRE</u>	CREDITOS
	FISICA DE RADIACIONES Y DOSIMETRIA	4
	ANATOMIA Y FISILOGIA PARA FISICOS MEDICOS	2
	ELECTRONICA PARA FISICOS MEDICOS	3
	TOPICOS SOBRE RADIOBIOLOGIA	3
	FISICA DEL DIAGNOSTIVO POR IMAGENES	3
	FISICA DE LA RADIOTERAPIA	4
	FISICA DE LA MEDICINA NUCLEAR	4
	INTRODUCCION A LA PROTECCION RADIOLOGICA	
	HUMANISMO DE LA CIENCIA	

MATERIAS ELECTIVAS

<u>CODIGO</u>	<u>NOMBRE</u>	CREDITOS
	ANATOMIA RADIOLOGICA PARA FISICOS MEDICOS	3
	PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES	3
	TECNICAS DE PLANIFICACION	3
	PROCESAMIENTO DE IMÁGENES EN MN.	3
	PROTECCION RADIOLOGIA EN RADIOTERAPIA	3
	PROTECCION RADIOLOGICA EN RADIODIAGNOSTICO	2
	RADIOISOTOPOS APLICADOS A LA MEDICINA	
	RADIOFARMACIA	4
	PROTECCION RADIOLOGICA EN MN	3
	FISICA DE BRAQUITERAPIA	4
	PRINCIPIOS FISICOS DE RESONANCIA	3
	MAGNETICA NUCLEAR	1
	RADIOBIOLOGIA APLICADA	2
	CALCULO Y DISEÑO DE BLINDAJES EN LA PRACTICA MEDICA	3
	TOPICOS ESPECIALES DE LA FISICA MEDICA I	1
	TOPICOS ESPECIALES DE LA FISICA MEDICA II	2
	TOPICOS ESPECIALES DE LA FISICA MEDICA III	3
	TOPICOS ESPECIALES DE LA FISICA MEDICA IV	4



***POSTGRADO EN
FÍSICA MÉDICA***

***FACULTADES DE CIENCIAS Y MEDICINA
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA***

1. Introducción

El programa de Postgrado en Física Médica que aquí se presenta es el resultado del esfuerzo de un grupo de profesionales, provenientes de diferentes campos en física, medicina, ingeniería, biología, matemáticas, química, psicología y derecho, que responde a la impostergable necesidad de formar físicos médicos en Venezuela tanto para satisfacer la demanda relacionada con los aspectos clínicos en los servicios del sector salud como para reforzar y crear grupos de investigación en esa área. Fue de gran importancia el apoyo ofrecido por la Fundación Gran Mariscal de Ayacucho al costear a través del plan “Pérez Bonalde” la visita del Dr. José Antonio Bencomo del M. D. Anderson Cancer Center en Noviembre de 1996 para asesorar en la elaboración del proyecto que luego le dió paso al programa de postgrado.

El proyecto fue sometido a la consideración de diferentes autoridades educativas en Junio de 1997 y el grupo promotor provino fundamentalmente de la Universidad Central de Venezuela y el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, y adicionalmente cuenta con el total respaldo de grupos afines en la Universidad Simón Bolívar. En orden alfabético sus integrantes fueron:

Dr. Nelson Arvelo D’Freitas (Cátedra de Anatomía, Escuela Luis Razetti, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela).

Dr. José Antonio Bencomo (M.D. Anderson Cancer Center, Houston Texas, USA).

Dra. María Cristina Cassini de Ayesterán (Cátedra de Histología, Escuela Luis Razetti, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela).

Dra. Adelaida Crespo Armas (Cátedra de Fisiología, Escuela Luis Razetti, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela).

M. Sc. Antonio D’Alessandro Martínez (Cátedra de Fisiología, Escuela Luis Razetti, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela y Departamneto de Biofísica de la Universidad Simón Bolívar).

Lic. Juan Díaz (Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica, Centro Tecnológico, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas).

Lic. Angel Díaz (Centro de Física Radiológica, Escuela Luis Razetti, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela).

Dra. Lisseta D’Onofrio Landrove (Laboratorio de Magnetismo, Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela).

Dr. Freddy García (Cátedra de Deontología y Medicina Legal, Escuela Luis Razetti, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela).

Dr. José Antonio Gumá (Cátedra de Histología, Escuela Luis Razetti, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela).

Dr. Federico Gutt (Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica, Centro Tecnológico, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas).

Dr. Luis Lara Estrella (Postgrado de Ingeniería Clínica, Universidad Simón Bolívar).

Lic. David Lea (Laboratorio de Radiofísica Sanitaria, Centro Tecnológico, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas).

M. Sc. Alfredo Marcano (Laboratorio de Fenómenos no Lineales, Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela).

Dr. Miguel Martín Landrove (Centro de Resonancia Magnética, Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela).

Dr. Rafael Martín Landrove (Centro de Resonancia Magnética y Laboratorio de Física Estadística y Fenómenos Colectivos, Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela).

Dr. José Alí Moreno (Laboratorio de Computación Emergente, Escuela de Física, Facultad de Ciencias y Postgrado de Investigación de Operaciones de la Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela).

Dr. Humberto Rojas (Laboratorio de Física de superficies, Escuela de Física, Facultad de Ciencias y Centro de Microscopía Electrónica, Universidad Central de Venezuela).

Dr. Laszlo Sajo Bohus (Laboratorio de Física Nuclear, Universidad Simón Bolívar).

Dra. Mercedes Schnell (Cátedra de Fisiología, Escuela Luis Razetti, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela).

La idea importante fue apoyarse en el Convenio de Cooperación Interinstitucional firmado el 15 de diciembre de 1995 por los rectores de siete universidades (U.C.V, U.L.A, L.U.Z., U.C., U.D.O., U.C.L.A. y U.S.B.) que tienen facultades de ciencias o equivalentes y el Director del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas para aprovechar de la manera más eficiente los recursos humanos y materiales de cada institución, tomando en cuenta las áreas de fortaleza de cada una. Esto va a permitir una mayor calidad del nuevo curso de postgrado y sustanciales ahorros en su funcionamiento.

La fusión completa de todos estos recursos para constituir un postgrado nacional, que sería la meta natural, no es posible por las restricciones que el Consejo Nacional de Universidades (C.N.U.) pone para la creación de nuevos postgrados y el otorgamiento de los títulos correspondientes. Dentro de estos límites legales y pensando en el país primero, el grupo promotor decidió desarrollar proyectos de postgrado paralelos que tengan una estructura común lo más extendida posible, respetando tanto las normas y reglamentos internos, así como los requerimientos de los grupos de investigación en cuanto a cursos y áreas de especialización. Es de esperarse que en el futuro se tendrá la oportunidad de mejorar lo que en materia de cooperación en este documento se ofrece en la medida que el sistema general de postgrados en Venezuela y las instituciones que los respaldan evolucionen, maduren y lleguen a consolidarse como todos deseamos.

En base a las normas vigentes del C.N.U. debe quedar claro que cada institución otorgará su título aparte, tendrá sus propios inscritos y designará para todos sus cursos a profesores ordinarios ó contratados. Al mismo tiempo, según el convenio de cooperación interinstitucional, se podrá intercambiar cursos, recursos humanos y de infraestructura cuando las instituciones participantes así lo juzguen conveniente para el buen funcionamiento de sus respectivos postgrados.

El presente programa fue aprobado en Junio de 1998 por el Consejo Universitario de la Universidad Central de Venezuela e inició actividades en Octubre de ese mismo año.

2. Justificación

En Venezuela la situación de los servicios radiológicos se puede resumir diciendo que en este momento en Venezuela existen tres mil (3000) aparatos de diagnóstico por rayos-X, veinticinco (25) unidades de teleterapia por ^{60}Co y quince (15) aceleradores lineales de electrones que producen fotones por colisión con un blanco. Hay un acelerador lineal de electrones para uso directo del haz, único en Venezuela, en el Hospital de El Llanito y que no está en operación en este momento. Hay también veinte (20) servicios de medicina nuclear dotados con una amplia gama de contadores y equipos para producir imágenes. La mayoría de estos equipos fueron instalados sin el contrato de mantenimiento correspondiente, sin piezas de recambio y sin personal lo suficientemente entrenado en su uso y reparación.

Hay dispersas por Venezuela, tanto en el sector público como privado, numerosas fuentes de radiación a las que se le debe dar un rendimiento óptimo y un control radiológico adecuado. Aparte de esto hay que lograr que los programas de control de calidad, cuyo objeto es obtener estudios radiológicos de más valor diagnóstico, con la mínima dosis al paciente y mínimo costo de operación, tengan un alcance mayor.

Estimaciones preliminares indican que en este momento se requieren en el país treinta y cinco (35) físicos médicos clínicos solamente para el manejo de los servicios radiológicos en operación. Este número resulta mucho mayor si notamos que actualmente habría que tener más servicios radiológicos en funcionamiento y que hay un crecimiento natural de la población que conlleva un incremento en la demanda de esos servicios.

Al número de físicos médicos clínicos que pudiera estimarse al considerar solamente los servicios radiológicos nacionales se le pudiera añadir en un futuro inmediato el requerido en los servicios de diagnóstico y terapia con radiaciones no ionizantes y servicios de procesamiento de señales biomédicas. A ese respecto cabe mencionar como ejemplo el caso de la tomografía por resonancia magnética que al ofrecer la posibilidad de hacer espectroscopía abre nuevas fronteras para la investigación tanto en medicina como en física médica. En el sector privado (que es el único que puede financiar estos centros a nivel nacional) existe un parque de diecinueve (19) equipos de tomografía por resonancia magnética y piensan adquirirse en lo inmediato dos (2) adicionales, que están discriminados de la siguiente manera:

- En el área de la ciudad de Caracas hay ocho (8) equipos en funcionamiento y se piensa adquirir otros dos (2) más: Un equipo Philips de 0.5 Tesla en la clínica Metropolitana, un Picker de 0.5 Tesla en el Centro Médico en San Bernardino, un

Toshiba y un General Electric de 0.5 Tesla en el Hospital de Clínicas Caracas, un General Electric de 0.5 Tesla en la Clínica Santiago de León y el Instituto de Resonancia Magnética La Florida (Biomagnética C.A.) tiene dos equipos Siemens Impact de Tesla cada uno y un equipo Siemens Vision de 1.5 Tesla, con el que adicionalmente se puede hacer espectroscopía de H. Adicionalmente la Clínica La Floresta piensa adquirir en lo inmediato un Picker de 0.1 Tesla, Biomagnética C.A. va a adquirir otro Siemens Impact de 1.0 Tesla y el Urológico de San Román un General Electric Sigma de 1.5 Tesla.

- En occidente hay cuatro (4) equipos en funcionamiento: En San Cristobal hay operando un Philips de 0.5 Tesla y en Maracaibo hay un General Electric Sigma de 1.5 Tesla, un Siemens de 0.2 Tesla y un Philips de 0.5 Tesla.
- En el centro hay cuatro (4) equipos en funcionamiento: Dos Toshiba de 0.5 Tesla cada uno y un Siemens de 0.2 Tesla en Valencia y un Siemens de 0.2 Tesla en Maracay.
- En oriente hay tres (3) equipos en funcionamiento: Un Toshiba de 0.5 Tesla en Puerto La Cruz, un Picker de 0.5 Tesla en San Félix y un General Electric de 0.5 Tesla en Puerto Ordaz.

Todo lo anterior hace indispensable la formación de personal profesional suficiente y adecuado en tiempos razonablemente cortos para resolver el problema de la ausencia de personal con buena formación y al mismo tiempo desarrollar un plantel de investigadores a mediano y largo plazo en esta área. Los estudios de postgrado de la Universidad Central de Venezuela, a través de sus **60 años de historia (1941-2001)** ofrecen una plataforma de trabajo multidisciplinaria que resulta muy propicia para lograrlo.

Sumándose a los esfuerzos ya realizados a nivel de postgrado y con la idea de hacer mucho más ágil el proceso de formación requerido, en 1999 la Escuela de Física de la Facultad de Ciencias ya contaba con estudiantes del último bienio del pregrado dentro de su programa de la ***Orientación Física Médica***. Este programa fue creado en 1997 dentro del pregrado en física como respuesta inmediata a la solicitud que hicieran formalmente y de manera conjunta el ***Ministerio de Salud y Desarrollo Social*** (para entonces era el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social) y el ***Ministerio de Energía y Minas*** a centros académicos y científicos, para que estos destinaran tanto recursos como tiempo, con carácter de urgencia, en la formación de profesionales de física en ese particular campo.

La Orientación Física Médica forma parte de la gama de orientaciones que se ofrece dentro de los planes de estudio de la Escuela de Física de la Facultad de Ciencias y conduce a la obtención del título de ***Licenciado en Física, Mención Física Médica***. A principios del año 2001 y como coronación de los esfuerzos que se iniciaron en 1997, la Orientación Física Médica produce su primer egresado, quien al mismo tiempo es el primer egresado nacional en esa mención. Actualmente un nutrido grupo de estudiantes de pregrado, que en breve pasarán a ser estudiantes de postgrado, coopera en las actividades que desarrolla la Facultad de Ciencias dentro del campo.

3. Breve Historia del Sistema de Postgrado de la Universidad Central de Venezuela

En 1941 se inician las actividades formales de **postgrado en la Universidad Central de Venezuela** con el primer curso de cuarto nivel dictado en Venezuela y uno de los primeros

en Latinoamérica, el **Postgrado de Médicos Higienistas** es el primer curso de estudios avanzados dictado en el país, estos estudios se venían desarrollando desde 1937, gracias a la iniciativa del recién creado **Ministerio de Sanidad y Asistencia Social** (actualmente **Ministerio de Salud y Desarrollo Social**).

La creación de la **Facultad de Ciencias** en 1958, permite que se abra un nuevo período en la historia de la educación de las ciencias básicas en Venezuela, así como de los programas de postgrado asociados, y no hay la menor duda que se constituyó en una herramienta de primera importancia en el desarrollo científico del país en la segunda mitad del siglo XX.

Hasta ese momento se impartía instrucción en ciencia de manera aislada y como complemento en carreras afines. Con anterioridad en 1946 se había creado la **Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas** que reemplazaba a la **Escuela de Ingeniería**, según el Estatuto Orgánico de las Universidades Nacionales. Esta facultad tenía como escuelas **Ingeniería, Arquitectura y Ciencias**. La **Escuela de Ciencias** tenía originalmente cuatro departamentos integrados por **Matemáticas, Física, Geología y Química**, y posteriormente se añade **Biología**. En 1950 la nueva facultad cambia su nombre por el de **Facultad de Ciencias Matemáticas y Naturales**, y finalmente en 1953 se le nombra como **Facultad de Ingeniería**.

Tan temprano como en 1951 se introduce en el **Consejo Universitario** el proyecto de creación de la **Facultad de Ciencias**, es aprobado por la **Ley de Universidades Nacionales** en 1953 y ratificado en 1955. A pesar de esto el proyecto no se concreta hasta el año 1958, pero en 1955 se crea la **Licenciatura en Ciencias Físicas y Matemáticas** en la **Escuela de Ciencias** de la **Facultad de Ingeniería** y el **Instituto de Química**. Este último pasaría a ser después el **Instituto de Geoquímica** dentro de la **Facultad de Ciencias** y actualmente es el **Instituto de Ciencias de la Tierra**. En 1956 se produce la creación de la **Escuela de Química** en la **Facultad de Ingeniería** con el traslado de profesores investigadores que trabajaban en la **Facultad de Farmacia** desde 1950. La creación de esa escuela fue el resultado de la división de la **Escuela de Ciencias** en tres nuevas escuelas, donde las otras dos fueron la **Escuela de Biología** y la **Escuela de Física y Matemáticas**. En la reglamentación de la **Facultad de Ingeniería** se especificaba que las nuevas escuelas estaban bajo la adscripción de esa facultad hasta que fuera un hecho jurídico la existencia de la **Facultad de Ciencias**. En 1964 se crea el **Instituto de Zoología Tropical** y en 1968 se crea la **Licenciatura en Computación**, y la **Escuela de Física y Matemáticas** pasa a ser la **Escuela de Física, Matemáticas y Computación**. Después de algunos años de funcionamiento en esta forma se produce una primera división en la nueva escuela y la **Escuela de Computación** adquiere vida propia con su creación en 1973. La más reciente división se produce en 1999 con la creación de la **Escuela de Matemáticas** y la **Escuela de Física**.

Los primeros años de la década del 1960 son de gran desarrollo para los estudios de cuarto nivel en la Universidad Central de Venezuela. En esta nueva etapa la acción comienza en la **Facultad de Veterinaria** donde se dicta el **Primer Curso Interamericano de Fisiopatología de la Reproducción e Inseminación Artificial**. En esa misma década se establece el **Doctorado en Derecho**, en la **Facultad de Odontología** se ofrece el **Curso de Postgrado en la especialidad de Ortodoncia**, en la **Facultad de Farmacia** dicta el **primer postgrado en Ciencias Básicas** de la universidad con la **Especialización en**

Farmacología y en la **Facultad de Ciencias** se habla de la necesidad de iniciar estudios de cuarto nivel. El **Centro de Estudios de Desarrollo (Cendes)**, instituto experimental de carácter interdisciplinario creado en 1961 por convenio entre la Universidad Central de Venezuela y la oficina gubernamental conocida como **Cordiplan** dicta, desde el mismo año de su fundación, el **Curso de Postgrado en Planificación del Desarrollo**, iniciando así los estudios de avanzados en **Ciencias Sociales** del país.

En 1962 se crea el **Consejo de Estudios de Postgrado** como cuerpo colegiado, asesor del **Consejo Universitario** y responsable de proponer y desarrollar políticas para fomentar los estudios de avanzados en la UCV.

Antes de cerrar la década, la **Facultad de Ciencias Económicas y Sociales** inicia el **Postgrado en Ciencias Administrativas** y la **Facultad de Ingeniería** abre al país su oferta de estudios de cuarto nivel.

En el transcurso de la década del 70 la **Facultad de Medicina** implanta los estudios de **maestría** y la **Facultad de Ciencias** abre los estudios en **Geoquímica, Ciencia y Tecnología de Alimentos, Física y Matemáticas**. La **Facultad de Odontología** que a lo largo de la década anterior ha ofrecido cursos para especialistas en diferentes áreas hace la apertura formal de sus maestrías en **Ortondoncia, Periodoncia, Endodoncia, Prótesis Parciales Fijas y Removibles y Cirugía Bucal**. La **Facultad de Humanidades y Educación** inicia los cursos de **Postgrado en Historia y Letras**. La **Facultad de Agronomía** dicta los **Postgrados en Desarrollo Rural, en Ciencias del Suelo, en Entomología y en Estadística**; la **Facultad de Ciencias Jurídicas y Políticas**, que dicta un curso de doctorado desde 1963, inicia sus maestrías y especializaciones. La **Facultad de Veterinaria** dicta el **Postgrado en Reproducción Animal** y la **Facultad de Ciencias Jurídicas y Políticas** dicta también el **Doctorado en Ciencias Políticas**.

A principios de esta década, en 1972, se aprobó el primer **Reglamento de Estudios de Postgrado** y se organizó la **Coordinación Central de Estudios de Postgrado**, así como las **comisiones de estudios de postgrado** de las 11 facultades que conforman la universidad y la **Comisión del Centro de Estudios del Desarrollo (Cendes)**.

En la década de los 80 se consolidan las actividades de postgrado en la Universidad Central de Venezuela. Las **Facultades de Ciencias Veterinarias y de Agronomía** suman a sus postgrados, el curso interfacultades en **Ciencia y Tecnología de Alimentos** y el **Postgrado en Producción Animal** se dicta como curso de maestría en 1980 y se inicia otro de especialización en 1984. La **Facultad de Ciencias Veterinarias** inicia el **Postgrado en Medicina Veterinaria**. En esta década la **Facultad de Agronomía** dicta además el **Postgrado en Agronomía, el Doctorado en Ciencias Agrícolas y la Especialización en Estadística**.

La **Facultad de Odontología** convierte en la década del 80 los cursos de maestría que tenía hasta el momento en cursos de especialización y promueve la creación de la **Maestría en Odontología Social** y la **Especialización en Odontología Infantil**; la **Facultad de Ciencias** suma a sus actividades de cuarto nivel los postgrados en **Biología** (en las áreas de **Ecología, Biología Celular, Botánica y Zoología**), **Química** y en **Ciencias de la Computación** y un postgrado de naturaleza multidisciplinaria que es el **Postgrado en Instrumentación**. El **Centro de Estudios del Desarrollo** inicia el

Programa de Doctorado en Estudios del Desarrollo y la Facultad de Medicina crea su primer **Doctorado en Ciencias Fisiológicas**.

A partir de 1986 empiezan a funcionar los **comités académicos** que respaldan cada uno de los cursos, programas y áreas dictados, los cuales son unidades operativas fundamentales. En 1992 por decisión del **Vicerrectorado Académico** se crea, adscrito a la **Coordinación Central de Estudios de Postgrado**, el **Centro de Estudios e Investigación sobre Educación Avanzada (CEISEA)**. En la última década del siglo la Universidad Central de Venezuela cuenta con más de 300 oportunidades de estudios de cuarto nivel.

El 31 de mayo de 1995 el Consejo Universitario aprueba la modalidad de **doctorado individualizado** con la idea de que las facultades que no cuenten con cursos de doctorado, así como aquellas en las que los cursos de doctorado existentes no abarquen todas las áreas del conocimiento que se imparten en ellas, puedan contemplar la posibilidad de tener un desarrollo en esas áreas. Este desarrollo se apoya en los institutos de investigación y otros programas de postgrado de esas facultades, así como de otras facultades ó centros de investigación nacionales ó internacionales.

El **Programa de Doctorado Individualizado** estará dirigido preferentemente a egresados universitarios con experiencia previa de investigación y se caracteriza por la flexibilidad de sus planes de estudio, que deberán estar relacionados con la temática del proyecto de investigación del candidato, y se apoyan en los cursos de postgrado ya existentes en la Universidad Central de Venezuela o en otras instituciones nacionales o extranjeras. En 1998 la **Facultad de Ciencias** abre cursos de postgrado de maestría y especialización en **Modelos Aleatorios**, asignado al **Postgrado en Matemáticas** y también de maestría y especialización en **Física Médica**, asignados al **Postgrado en Física Médica**.

En 1999 la **Facultad de Ingeniería** inicia en asociación con **Petróleos de Venezuela S. A.**, el curso de **Especialización en Gerencia Integrada de Yacimientos** en una nueva modalidad de **enseñanza a distancia** y orientada a satisfacer las necesidades de la industria. Este esfuerzo está apoyado en múltiples recursos tecnológicos incluyendo el de videoconferencia para poder satisfacer las necesidades de entrenamiento de empleados dentro de la empresa más importante del país. La primera cohorte se graduó a finales de 2000.

En 2001 se cumplen **60 años** del inicio de los estudios de postgrado en el país y en la Universidad Central de Venezuela se dictan 196 cursos de especialización, 98 cursos conducentes al título de Magister Scientiarum y 34 cursos de doctorado.

4. Objetivos Generales

El Postgrado en Física Médica, administrado por las Facultades de Ciencias y Medicina, tiene como objetivos fundamentales:

- (1) **La formación a cuarto nivel de físicos, médicos o profesionales con preparación equivalente en áreas de física médica**, de manera de responder a la demanda actual y futura que el sector salud (público o privado) tiene por esta clase de servicios, así como también crear y preparar el plantel de investigadores que desarrollen el área en nuestro país.

Al principio se buscará el desarrollo de los cursos de especialización (con orientación clínica) y/o maestría (orientado hacia la investigación) y una vez que estos estén establecidos, se pasará a considerar cursos doctorales.

En esta primera etapa la especialidad y/o maestría pretende producir físicos médicos en grandes áreas como diagnóstico, radioterapia, medicina nuclear y procesamiento de señales. El título a otorgarse al culminar el programa de especialización será el de Especialista en Física Médica y para el de maestría será Magister Scientiarum en Física Médica.

Otros cursos de especialización y/o maestría que podrían contemplarse a futuro serían: Protección Radiológica, Biofísica, Bioingeniería, Radiobiología, Radiofarmacia y por último Informática Médica. Se ha pensado en estas áreas en función de la muy estrecha relación que hay entre ellas y en la búsqueda de la sinergia que permita obtener en plazos razonablemente cortos, resultados que respondan a las demandas del sector salud

- (2) Otro objetivo del Postgrado en Física Médica será el de **ampliar y mejorar el conocimiento que el personal paramédico con nivel de licenciatura tiene de la actividad relacionada con física médica**. A tal efecto se van a ofrecer cursos de ampliación y extensión.

5. Perfil de los Aspirantes

El solicitante a ingresar en el Postgrado en Física Médica puede tener un perfil de **graduado en ciencias físicas** o un perfil de **graduado en ciencias médicas**. El graduado en **ciencias físicas** debería demostrar conocimientos adquiridos en las siguientes áreas:

- (1) Mecánica intermedia, electromagnetismo básico, física estadística y mecánica cuántica (particularmente teoría de dispersión).
- (2) Matemática avanzada: manejo de variable compleja, funciones especiales, ecuaciones diferenciales de la física-matemática y transformadas integrales.
- (3) Física atómica y nuclear básicas.
- (4) Teoría de circuitos y electrónica básica.

Por otra parte el graduado en **ciencias médicas** tendría que tener conocimientos en las siguientes áreas:

- (1) Anatomía, histología y embriología básicas.
- (2) Fisiología básica.
- (3) Bioquímica básica.
- (4) Ética médica.

5. Perfil de los Egresados

El graduado de los cursos de postgrado (bien sea de especialización ó de maestría) en física médica es un profesional que debe exhibir el perfil que vamos a describir en esta sección. Es posible distinguir dos categorías de físico médico:

(I) La primera está asociada al físico que es especialista en física médica clínica y que trabaja en un medio de actividad clínica en diagnóstico y tratamiento, empleado por un hospital o como asesor y está directamente relacionado con el paciente, así como la calibración y control de equipos que se usan en diagnóstico y radioterapia. Esto significa que debe tener manejo de la instrumentación que está asociada a los equipos, los detectores y la física de fuentes radiactivas. También debe cumplir funciones de asesor en el sentido de ser capaz de entender o implantar las tecnologías maduras y así poder seleccionar los equipos adecuados en las tareas que va a realizar. En departamentos de oncología radioterapéutica, planificación de tratamiento con radiaciones para pacientes con cáncer, usando haces de fotones y electrones, fuentes radiactivas selladas, externas o internas y realizando mediciones de la radiación emitida por esas fuentes. En medicina nuclear el físico médico colabora con el médico en los procedimientos que utilizan radionúclidos no encapsulados para delinear órganos internos y determinar variables fisiológicas tales como tasa de metabolismo y flujo de sangre. En diagnóstico por imágenes, el físico médico colabora con el médico no solamente encontrando procedimientos para lograr la calidad requerida en las imágenes, sino también en la extracción de la información que la imagen contiene, particularmente aquella de tipo cuantitativo que permita reducir de manera considerable el margen de incertidumbre en los diagnósticos. Con el mismo fin el físico médico colabora con el médico en cardiografía y en encefalografía. Todo lo anterior indica que tiene igualmente influencia sobre el diagnóstico y el tratamiento, por lo que para poder ejercer tendrá que obtener una certificación del Ministerio de Salud Pública y Desarrollo Social.

(II) La segunda corresponde al profesor investigador de las universidades, en los institutos o el investigador en la industria. Aquí el graduado con maestría debe estar adicionalmente en capacidad de poder manejar problemas de investigación asociados con su práctica profesional diaria. Al mismo tiempo el producto de su trabajo de investigación puede contribuir a generar nuevas técnicas de diagnóstico y terapia, así como puede generar información en física básica del cuerpo humano y áreas relacionadas.

En base a estas dos grandes categorías es que se establecen los perfiles generales de los egresados en los cursos de especialización y maestría. Aunque en la práctica el Especialista en Física Médica va a tener un perfil que se acerca más a la primera categoría, en tanto que el Magister Scientiarum en Física Médica lo hace a la segunda, se espera que ambos puedan tener desempeño en un ambiente clínico.

El físico médico tiene que asumir responsabilidades que le son propias como:

- (1)** La realización de pruebas de aceptación y calibración de los equipos de radioterapia, equipos para la obtención de imágenes médicas, incluyendo medicina nuclear y equipos relacionados con cardiografía y encefalografía.
- (2)** El cálculo y medición de exposición y dosis.

- (3) El tratamiento, mejoramiento y mantenimiento de la calidad de las imágenes médicas.
- (4) La planificación de dosis con recursos diversos incluyendo los del tipo informático.
- (5) La planificación de tratamientos.
- (6) El diseño y fabricación de accesorios para tratamiento.
- (7) Llevar a la práctica programas de garantía de calidad y radioseguridad.
- (8) El entrenamiento de físicos, residentes de oncología terapéutica, residentes de diagnóstico clínico por imágenes, residentes en medicina nuclear, dosimetristas, técnicos en radioterapia, técnicos en imágenes, técnicos en medicina nuclear y otros profesionales de la salud relacionados con radioterapia e imágenes médicas incluyendo medicina nuclear.
- (9) La educación de profesionales de la salud y el público en general en física de radiaciones y efectos de las radiaciones.
- (10) La investigación clínica y de laboratorio en física de radiaciones relacionada con oncología radioterapéutica e imágenes médicas (incluyendo medicina nuclear).
- (11) La investigación en la física básica del cuerpo humano y áreas relacionadas.

Al cursante del Postgrado en Física Médica, tanto si proviene del área de ciencias físicas como de ciencias médicas, se le dará formación y entrenamiento básico en:

- (a) Física de radiaciones, incluyendo el manejo de la producción y transporte de radiación.**
- (b) Dosimetría de radiaciones.**
- (c) Instrumentación y técnicas de medidas de radiación.**
- (d) Protección radiológica.**
- (e) Radiobiología.**
- (f) Manejo de terapias con radiaciones no ionizantes para tratamiento de cáncer.**
- (g) Procesamiento digital de imágenes y señales, así como el tratamiento de los problemas inversos asociados.**

Adicionalmente si el cursante proviene del área de ciencias físicas debe entrenarse para manejar los conceptos básicos en áreas de medicina como histología, anatomía, bioquímica, fisiología, ética médica, anatomía radiológica, introducción a la radiología clínica y oncología.

De la misma forma si el cursante proviene del área de ciencias médicas debe entrenarse para manejar a profundidad conceptos en áreas de física como mecánica, electromagnetismo, matemática, física moderna, física atómica y nuclear básicas,

electrónica y circuitos. De acuerdo a su entrenamiento previo como médico puede requerir anatomía radiológica y oncología.

De esta forma el cursante se prepara en la aplicación del uso de la energía, conceptos y métodos al diagnóstico y tratamiento de enfermedades humanas en las siguientes áreas:

- (1) Aplicación general de radiaciones ionizantes a la terapia. La oncología radioterapéutica (radioterapia), con el uso terapéutico de las radiaciones ionizantes que provengan tanto de aparatos productores de radiación como de isótopos radiactivos encapsulados.
- (2) En la radiología diagnóstica (radiodiagnóstico), mediante el uso con fines diagnósticos de rayos-X, en radiología convencional, en tomografía computarizada, fluoroscopia y radiología digital.
- (3) En medicina nuclear, con el uso diagnóstico y terapéutico de los isótopos radiactivos no encapsulados.
- (4) En radioprotección, para proteger pacientes y personal de las lesiones que la exposición a radiaciones acarrea.
- (5) En radiobiología, con el uso para terapia y para protección radiológica de la acción biológica de las radiaciones.
- (6) En la aplicación para propósitos de diagnóstico y terapéuticos de radiación infrarroja (termografía), de ultrasonido (ecografía), de resonancia magnética nuclear (imagen por resonancia magnética), de fuentes de positrones (tomografía de emisión de positrones y su imaginología), calor para tratamiento de cáncer (hipertermia), rayos laser en terapia fotodinámica, termoterapia y cirugía.
- (7) En la investigación bioeléctrica del cerebro y corazón (electroencefalografía y electrocardiografía).

6. Requisitos de Ingreso

La admisión de los aspirantes a ingresar en los cursos de maestría o especialización en física médica será determinada por las Comisiones de Estudios de Postgrado de las Facultades de Ciencias y Medicina, a proposición del **Comité Académico** del Postgrado en Física Médica y tomando en cuenta criterios de calidad académica basados en las credenciales del aspirante. La admisión puede ser condicional, sujeta a una nivelación de sus conocimientos. El ingreso al postgrado tiene lugar dos veces al año, tanto el semestre que comienza en marzo como el que comienza en octubre.

El aspirante a ingresar debe obtener de la Dirección de Postgrado de la Facultad de Ciencias el material de preinscripción, llenar la planilla de preinscripción (*Los estudiantes extranjeros van a llenarla formalmente en el momento de llegar al país, pero para lograr primero la aceptación deben obtenerla en línea en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/requin.html>, imprimirla en papel, luego enviarla por cualquiera de los medios que se citan más adelante en el aparte (1)*) y cancelar el **arancel correspondiente** (*Los estudiantes extranjeros aceptados lo harán al llegar al país*).

Para más información sobre los detalles de estos procedimientos se puede llamar a los teléfonos (+58)(0212)605-1516, 605-1155, 605-2177, 605-2315 ó 605-2317 (*Nota: El código +58 corresponde a Venezuela y 0212 a la ciudad de Caracas*). También puede utilizar el FAX (+058)(0212)605-2155 (Dirección de Postgrado), 605-1675 (Escuela de Física) con atención al Postgrado en Física Médica ó la dirección de correo electrónico dirposfc@strix.ciens.ucv.ve.

Para apoyar la admisión del aspirante, el **Comité Académico** debe tomar en cuenta lo siguiente:

(1) Tres cartas de recomendación (realmente corresponde a *planillas de recomendación* y la forma como *archivo WORD* a llenar puede obtenerse en línea en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/requin.html>) de personas que lo conozcan *profesionalmente* muy bien. *Para facilitar los trámites desde el extranjero* y también para candidatos nacionales, una vez que estas personas las hayan llenado las pueden enviar (con su firma estampada) vía FAX (con atención al Postgrado en Física Médica) a través del teléfono (+058)(0212)605-2155 (Dirección de Postgrado), 605-1675 (Escuela de Física) ó por correo ordinario a la dirección postal

**Comisión de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias
Universidad Central de Venezuela
Apartado 20513
Los Chaguaramos, Caracas 1021
Venezuela**

ó por correo electrónico a pgfismed@fisica.ciens.ucv.ve como archivo **adjunto en WORD**. También es posible enviarla a esa dirección electrónica como figura (enviada como archivo adjunto) en formato **gif, jpg ó pdf**.

(2) Una declaración por escrito del aspirante indicando sus objetivos particulares si es aceptado en el programa de postgrado, áreas de interés y aspiraciones en relación a su futuro trabajo, tanto en el campo clínico como en el de investigación. *Este documento se puede enviar por cualquiera de las formas indicadas en el aparte (1).*

(3) Tomar un examen de diagnóstico y un examen psicotécnico, obligatorio para todo candidato a ingreso, que permitirá adicionalmente determinar las necesidades reales de nivelación. Los detalles sobre las características del examen de diagnóstico (incluye un conjunto de preguntas de muestra), así como las fechas para tomarlo están en la sección marcada como **"examen de diagnóstico"** del **Directorio del Postgrado en Física Médica**. *Los candidatos extranjeros aceptados deberán tomar el examen de diagnóstico cuando lleguen a Venezuela.*

(4) Tres (3) fotocopias de las notas de pregrado, acompañadas de la constancia del promedio general de notas, promedio de la promoción, lugar en la promoción y tiempo que le tomó realizar sus estudios de pregrado. *Para inscribirse en la Secretaría de la Universidad Central de Venezuela se requiere presentar la constancia original de notas de pregrado. Los estudiantes extranjeros pueden enviar este documento en cualquiera de las formas indicadas en el aparte (1), con el objeto de tramitar su aceptación. Al llegar a Venezuela deben tener la documentación original y ésta debe estar legalizada y*

traducida por un interprete público, si es el caso, autenticada por el consulado ó autoridad competente.

(5) Tres (3) fotocopias del título de pregrado. *Para inscribirse en la Secretaría de la Universidad Central de Venezuela se requiere presentar el título original. Los estudiantes extranjeros pueden enviar este documento de las formas indicadas en el aparte (1), con el objeto de tramitar su aceptación. Al llegar a Venezuela deben tener la documentación original y ésta debe estar legalizada y traducida por un interprete público, si es el caso, autenticada por el consulado ó autoridad competente.*

(6) Tres (3) fotografías tamaño carnet para la Dirección de Postgrado de la Facultad de Ciencias. *Para inscribirse en el Secretaría de la Universidad Central de Venezuela se requieren dos fotografías adicionales. Los candidatos extranjeros pueden enviar una fotografía vía correo electrónico como archivo adjunto en formato gif ó jpg para tramitar la aceptación.*

(7) Tres (3) fotocopias de la cédula de identidad ó del pasaporte (en este último caso solamente se requiere copia de la página de datos personales y de la página donde está estampada la visa). *Para inscribirse en el Secretaría de la Universidad Central de Venezuela se requiere una fotocopia tamaño carta (no debe recortarse) de la cédula de identidad ó páginas relevantes del pasaporte. Los estudiantes extranjeros siempre pueden enviar estas copias en cualquiera de las formas indicadas en el aparte (1).*

(8) Dos (2) ejemplares de curriculum vitae actualizado, el cual puede ser enviado en cualquiera de las formas indicadas en el aparte (1).

(9) Publicaciones ó equivalentes, que igualmente pueden enviarse en cualquiera de las formas indicadas en el aparte (1).

(10) Constancia de respaldo financiero ó demostración de que se ha hecho al menos la solicitud de éste, el cual puede nuevamente ser enviado por cualquiera de las formas indicadas en el aparte (1).

(11) Demostrar su capacidad para poder interactuar con profesionales del área en idioma **inglés** (esto se refiere a la garantía de alcanzar los objetivos relacionados con el dictado de cursos y/ó pasantías en centros de excelencia donde los profesores y/ó investigadores no hablen castellano) mediante un examen ó la certificación correspondiente. Si las certificaciones que el aspirante presenta no resultan ser suficientes a juicio del **Comité Académico**, entonces éste deberá tomar **solamente una** (1) de las siguientes pruebas:

- ✓ **TOEFL** (Test of English as a Foreign Language, se debe tener especial cuidado con las **fechas para la inscripción y la presentación**, ya que hay que planificarlas con mucha anticipación), donde recomendamos la **prueba administrada por computador** por ser de más fácil acceso y donde la inscripción cuesta \$100.
- ✓ El examen de inglés asociado al **British Council**, conocido como **International English Language Testing System (IELTS)** (consultar la página correspondiente en **INTERNET**). La **prueba ofrecida por el IELTS** es más completa y económica que el TOEFL.

- ✓ Un examen de inglés preparado por una institución diferente de las anteriores, previa aprobación del **Comité Académico**.

Cuando al aspirante le corresponda proceder con el examen, podrá tomar la prueba de inglés en la localidad y oportunidad que juzgue conveniente y siempre antes de ingresar al programa de postgrado. **No habrá manera de ingresar al programa sin cumplir con este requisito.** El resultado de la prueba debe ser enviado a la Dirección de Postgrado de la Facultad de Ciencias para su consignación con los otros recaudos.

Aquellos aspirantes con asignaturas de postgrado aprobadas en otras instituciones universitarias nacionales o extranjeras de reconocido prestigio, podrán solicitar reconocimiento de los créditos cursados.

Una vez finalizado el estudio de las credenciales, se realizará una entrevista con cada candidato preseleccionado con el fin de obtener información adicional que sirva para completar o revisar la ya obtenida a través de las credenciales.

El **Comité Académico** estudiará aquellos casos de estudiantes que pudieran requerir de cursos de nivelación. Se podrá exigir al estudiante inscribir asignaturas de pregrado dictadas en las Facultades de Ciencias o Medicina, en forma previa o de manera simultánea con su programa de postgrado. En ciertos casos el **Comité Académico** podrá sugerirle al aspirante el tomar exámenes de suficiencia, para lo cual se nombrará el respectivo jurado. Esto puede resultar particularmente útil en el caso de profesionales de mucha experiencia en el campo que quieran ingresar al programa.

7. Requisitos de Egreso

Se otorgará el título de **especialista en física médica** a los estudiantes que hayan cumplido con los siguientes requisitos:

1. Aprobación de un mínimo de 31 créditos en asignaturas y 4 créditos en pasantías (rotación) si el aspirante proviene del área de ciencias físicas. Si el aspirante proviene del área de ciencias médicas tiene que aprobar un mínimo de 35 créditos en asignaturas y 4 créditos en pasantías (rotación). Debe adicionalmente inscribir y aprobar una pasantía de especialización junto con el trabajo especial de grado.
2. Promedio de notas no inferior a 14 puntos sobre un total de 20 puntos.
3. Presentar un trabajo especial al terminar la pasantía de especialización. Para la presentación de este trabajo especial el estudiante tiene un plazo máximo de cuatro (4) años a partir de la fecha de inicio de sus estudios, según lo establecido en el reglamento vigente de estudios de postgrado de la Universidad Central de Venezuela.

Se otorgará el título de **maestría en física médica** a los estudiantes que hayan cumplido con los siguientes requisitos:

1. Aprobación de un mínimo de 31 créditos en asignaturas y 4 créditos en pasantías (rotación) si el aspirante proviene del área de ciencias físicas. Si

el aspirante proviene del área de ciencias médicas tiene que aprobar un mínimo de 35 créditos en asignaturas y 4 créditos en pasantías (rotación).

2. Promedio de notas no inferior a 14 puntos sobre un total de 20 puntos.
3. Presentar y aprobar el trabajo de grado para la maestría. Para la defensa de este trabajo de grado el estudiante tiene un plazo máximo de cuatro (4) años a partir de la fecha de inicio de sus estudios, según lo establecido en el reglamento vigente de estudios de postgrado de la Universidad Central de Venezuela.

8. Regimen de Permanencia del Postgrado en Física Médica

Un estudiante graduado que ha sido aceptado en el Postgrado en Física Médica podrá permanecer dentro del programa siempre que mantenga en todo momento un promedio de calificaciones no inferior a 14 puntos sobre un total de 20 puntos. Adicionalmente, si reprueba una asignatura puede solicitar al Comité Académico que se le autorice a cursarla de nuevo una sola vez y continuar en el programa de postgrado. De la misma manera, si el promedio de asignaturas aprobadas es inferior a 14 puntos (sobre una escala de 20) al finalizar un semestre, puede solicitar al Comité Académico (también solamente por una vez) el cursar nuevamente una asignatura ya aprobada para elevar el promedio en el semestre siguiente y continuar en el programa de postgrado.

9. Planes de Estudio del Postgrado en Física Médica

Los planes de estudio para la especialización y la maestría se subdividen a su vez en otras dos categorías según el perfil de entrada del cursante, que puede ser en **Ciencias Físicas** y en **Ciencias Médicas**. De esta manera se contemplan los siguientes planes de estudio:

- Especialización, para estudiantes que provienen de Ciencias Físicas que conduce a obtener el título de **Especialista en Física Médica**.
- Especialización, para estudiantes que provienen de Ciencias Médicas que conduce a obtener el título de **Especialista en Física Médica**.
- Maestría, para estudiantes que provienen de Ciencias Físicas que conduce a obtener el título de **Magister Scientarum en Física Médica**.
- Maestría, para estudiantes que provienen de Ciencias Médicas que conduce a obtener el título de **Magister Scientarum en Física Médica**.

9.1. Especialización en Física Médica (Perfil de Origen en Ciencias Físicas)

El curso de **especialización en física médica** (la especialización que ha adoptado el **Sistema de Educación Superior de Venezuela**, equivale por su nivel de exigencia a una maestría sin tesis en otras partes del mundo, donde para culminar el curso en este caso se requiere la presentación de un trabajo especial de grado muy orientado hacia el trabajo profesional y que no tiene el mismo nivel que el requerido para la maestría, que es el de investigación) es un postgrado que forma al estudiante para el trabajo clínico. Las asignaturas de medicina que figuran en el plan de estudios persiguen darle al estudiante que proviene del área de ciencias físicas el lenguaje necesario para poder interactuar con el médico. La estructura recomendada para el programa para la especialización en física médica para el cursante del área de ciencias físicas se presenta en forma esquemática en lo que sigue:

Primer Semestre (Ciencias Físicas, Octubre-Febrero):

- ✓ **Física de Radiaciones y Dosimetría (4 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/fisrados.html>)
- ✓ **Electrónica para Físicos Médicos (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/electrfm.html>)
- ✓ **Radiobiología (2 créditos)** (Ver programa detallado de la asignatura en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/radiobio.html>)
- ✓ **Morfología para Físicos Médicos (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/morfol.html>)
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

Segundo Semestre (Ciencias Físicas, Marzo-Julio):

- ✓ **Física de la Radioterapia (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/radioter.html>)
- ✓ **Física del Diagnóstico por Imagen (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/diagnost.html>)
- ✓ **Introducción a la Protección Radiológica (4 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/protrad.html>)
- ✓ **Principios de Bioquímica y Fisiología (2 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/electrfm.html>)
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

Tercer Semestre (Ciencias Físicas, Octubre-Febrero):

- ✓ **Pasantía de Rotación (4 créditos):** Primer semestre de residencia en cada una de las áreas del postgrado: Radioterapia, diagnóstico, medicina nuclear y procesamiento de señales. Durante esta pasantía hay que seguir un protocolo de trabajo definido para cada área. Esta actividad se desarrollará en un mínimo de 10

horas semanales de presencia del estudiante (4 créditos) y será supervisada por el jefe del servicio correspondiente o quien este designe.

- ✓ **Electivas (un mínimo de 5 créditos, ver lista sugerida más adelante)**
- ✓ **Inicio del Trabajo de Grado de Especialización**
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

Cuarto Semestre (Ciencias Físicas, Marzo-Julio):

- ✓ **Ética Médica (2 créditos)** (Ver programa detallado de la asignatura en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/etica.html>)
- ✓ **Pasantía de Especialización (0 créditos, obligatoria):** Segundo semestre de residencia donde hay que seguir un protocolo de trabajo en una de las áreas del postgrado que el estudiante escoja entre radioterapia, diagnóstico, medicina nuclear o procesamiento de señales. Esta actividad tendrá 40 horas semanales de presencia del estudiante y será supervisada por el jefe del servicio correspondiente o quien este designe. Al culminar la pasantía de especialización el estudiante deberá presentar el trabajo especial de grado.
- ✓ **Culminación del Trabajo de Grado de Especialización**
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

Nota: Existe un plan alternativo donde se contempla la posibilidad de realizar pasantías de 3 a 6 meses en instituciones en el extranjero, dependiendo de las calificaciones de los aspirantes y de acuerdos hechos entre el tutor y el personal académico del Instituto en el extranjero. Esto y el hecho de que vamos a tener profesores que no hablan español es lo que hace esencial el requisito de ingreso asociado al examen de inglés que va a ser evaluado por agencias internacionales. Con estas pasantías se quiere poner en contacto al estudiante con centros de vanguardia en el área de la física médica. Los créditos a ganar durante estos períodos serán determinados por el comité académico del postgrado.

También se contempla ofrecer cursos cortos cada año de 40 horas de duración (2 créditos) con expertos internacionales y nacionales. Estos cursos cortos persiguen darle al estudiante una versión de primera fuente de la investigación de frontera en física médica.

9.2. Especialización en Física Médica (Perfil de Origen en Ciencias Médicas)

Como en el perfil típico del estudiante que proviene de áreas de ciencias médicas no hay entrenamiento en física y como física médica es un campo de especialización en esa área, se hace necesaria una nivelación de un semestre a tiempo completo, antes de comenzar con el programa de postgrado como tal. Una vez que se haya entrado en esta segunda fase, la especialización dura dos años y medio para estudiantes a tiempo completo.

Como ya se indicó en la sección anterior, el curso de especialización en física médica es un postgrado que forma al estudiante para el trabajo clínico. La estructura recomendada del programa para la especialización en física médica para el cursante del área de ciencias médicas se presenta en forma esquemática en lo que sigue:

Semestre de Nivelación (Ciencias Médicas):

- ✓ **Mecánica para Médicos (0 créditos, nivelación)**
- ✓ **Electromagnetismo para Médicos (0 créditos, nivelación)**
- ✓ **Física Estadística para Médicos (0 créditos, nivelación)**

Nota: Durante la nivelación se considera que los aspirantes no han ingresado al postgrado como tal. El aprobar el conjunto de asignaturas anterior con una calificación promedio no inferior a 14 puntos es uno de los requisitos de ingreso. Como el financiamiento de los aspirantes en este período es propio (es decir, no hay entidad gubernamental ó privada que los financie), se ha desarrollado un sistema de enseñanza a distancia para aquellos candidatos que van a tener dificultades con los horarios de las actividades de las asignaturas.

Primer Semestre (Ciencias Médicas, Marzo-Julio):

- ✓ **Física Moderna para Médicos (4 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/fismod.html>)
- ✓ **Electrónica para Médicos (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/electmed.html>)
- ✓ **Física Atómica y Nuclear para Médicos (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/atomnuc.html>)
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

Segundo Semestre (Ciencias Médicas, Octubre-Febrero):

- ✓ **Física de Radiaciones y Dosimetría (4 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/fisrados.html>)
- ✓ **Electrónica para Físicos Médicos (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/electrfm.html>)
- ✓ **Radiobiología (2 créditos)** (Ver programa detallado de la asignatura en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/radiobio.html>)
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

Tercer Semestre (Ciencias Médicas, Marzo-Julio):

- ✓ **Física de la Radioterapia (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/radioter.html>)
- ✓ **Física del Diagnóstico por Imagen (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/diagnost.html>)
- ✓ **Introducción a la Protección Radiológica (4 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/protrad.html>)

- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

Cuarto Semestre (Ciencias Médicas, Octubre-Febrero):

- ✓ **Pasantía de Rotación (4 créditos):** Primer semestre de residencia en cada una de las áreas del postgrado: Radioterapia, diagnóstico, medicina nuclear y procesamiento de señales. Durante esta pasantía hay que seguir un protocolo de trabajo definido para cada área. Esta actividad se desarrollará en un mínimo de 10 horas semanales de presencia del estudiante (4 créditos) y será supervisada por el jefe del servicio correspondiente o quien este designe.
- ✓ **Electivas (un mínimo de 5 créditos, ver lista sugerida más adelante)**
- ✓ **Inicio del Trabajo de Grado de Especialización**
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

Quinto Semestre (Ciencias Médicas, Marzo-Julio):

- ✓ ***Pasantía de Especialización (0 créditos, obligatoria): Segundo semestre de residencia donde hay que seguir un protocolo de trabajo en una de las áreas del postgrado que el estudiante escoja entre radioterapia, diagnóstico, medicina nuclear o procesamiento de señales. Esta actividad tendrá 40 horas semanales de presencia del estudiante y será supervisada por el jefe del servicio correspondiente o quien este designe. Al culminar la pasantía de especialización el estudiante deberá presentar el trabajo especial de grado.***
- ✓ **Culminación del Trabajo de Grado de Especialización**
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

En este plan se contempla también lo referido en la nota que aparece en la **Sección 9.1.**

9.3. Maestría en Física Médica (Perfil de Origen en Ciencias Físicas)

El programa de maestría en física médica está orientado hacia la formación de investigadores en el área, como lo establece el **Sistema de Educación Superior de Venezuela**. Los estudiantes que siguen este programa tienen un primer año común con los de la especialización si provienen de áreas de ciencias físicas. Al tener 24 créditos aprobados el estudiante deberá someter el proyecto de trabajo de grado al comité académico para su inmediata consideración y en caso de ser aprobado, proceder con el nombramiento del jurado. Las asignaturas de medicina que figuran en el plan de estudios persiguen darle al estudiante que proviene del área de ciencias físicas el lenguaje necesario para poder interactuar con el médico. La estructura recomendada del programa para la especialización en física médica para el cursante del área de ciencias físicas se presenta en forma esquemática en lo que sigue:

Primer Semestre (Ciencias Físicas, Octubre-Febrero):

- ✓ **Física de Radiaciones y Dosimetría (4 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/fisrados.html>)

- ✓ **Electrónica para Físicos Médicos (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/electrfm.html>)
- ✓ **Radiobiología (2 créditos)** (Ver programa detallado de la asignatura en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/radiobio.html>)
- ✓ **Morfología para Físicos Médicos (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/morfol.html>)
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

Segundo Semestre (Ciencias Físicas, Marzo-Julio):

- ✓ **Física de la Radioterapia (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/radioter.html>)
- ✓ **Física del Diagnóstico por Imagen (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/diagnost.html>)
- ✓ **Introducción a la Protección Radiológica (4 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/protrad.html>)
- ✓ **Principios de Bioquímica y Fisiología (2 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/electrfm.html>)
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

Tercer Semestre (Ciencias Físicas, Octubre-Febrero):

- ✓ **Pasantía de Rotación (4 créditos):** Primer semestre de residencia en cada una de las áreas del postgrado: Radioterapia, diagnóstico, medicina nuclear y procesamiento de señales. Durante esta pasantía hay que seguir un protocolo de trabajo definido para cada área. Esta actividad se desarrollará en un mínimo de 10 horas semanales de presencia del estudiante (4 créditos) y será supervisada por el jefe del servicio correspondiente o quien este designe.
- ✓ **Electivas (un mínimo de 5 créditos, ver lista sugerida más adelante)**
- ✓ **Inicio del Trabajo de Grado de Maestría**
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

Cuarto Semestre (Ciencias Físicas, Marzo-Julio):

- ✓ **Ética Médica (2 créditos)** (Ver programa detallado de la asignatura en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/etica.html>)
- ✓ **Culminación del Trabajo de Grado de Maestría**
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

En este plan se contempla también lo referido en la nota que aparece en la **Sección 9.1.**

9.3. Maestría en Física Médica (Perfil de Origen en Ciencias Médicas)

Como en el perfil típico del estudiante que proviene de áreas de ciencias médicas no hay entrenamiento en física y como física médica es un campo de especialización en esa área, se hace necesaria una nivelación de un semestre a tiempo completo, antes de comenzar con el programa de postgrado como tal. Una vez que se haya entrado en esta segunda fase, la maestría dura dos años y medio para estudiantes a tiempo completo.

El programa de maestría en física médica está orientado hacia la formación de investigadores en el área. Los estudiantes del área de ciencias médicas que siguen este programa de postgrado tienen un año y medio común con los de la especialidad si provienen de áreas de ciencias médicas. Al tener 24 créditos aprobados el estudiante deberá someter el proyecto de trabajo de grado al comité académico para su inmediata consideración y en caso de ser aprobado, proceder con el nombramiento del jurado. La estructura recomendada del programa para la maestría en física médica para el cursante del área de ciencias médicas se presenta en forma esquemática en lo que sigue:

Semestre de Nivelación (Ciencias Médicas):

- ✓ **Mecánica para Médicos (0 créditos, nivelación)**
- ✓ **Electromagnetismo para Médicos (0 créditos, nivelación)**
- ✓ **Física Estadística para Médicos (0 créditos, nivelación)**

Nota: Durante la nivelación se considera que los aspirantes no han ingresado al postgrado como tal. El aprobar el conjunto de asignaturas anterior con una calificación promedio no inferior a 14 puntos es uno de los requisitos de ingreso. Como el financiamiento de los aspirantes en este período es propio (es decir, no hay entidad gubernamental ó privada que los financie), se ha desarrollado un sistema de enseñanza a distancia para aquellos candidatos que van a tener dificultades con los horarios de las actividades de las asignaturas.

Segundo Semestre (Ciencias Médicas, Octubre-Febrero):

- ✓ **Física de Radiaciones y Dosimetría (4 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/fisrados.html>)
- ✓ **Electrónica para Físicos Médicos (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/electrfm.html>)
- ✓ **Radiobiología (2 créditos)** (Ver programa detallado de la asignatura en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/radiobio.html>)
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

Tercer Semestre (Ciencias Médicas, Marzo-Julio):

- ✓ **Física de la Radioterapia (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/radioter.html>)

- ✓ **Física del Diagnóstico por Imagen (3 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/diagnost.html>)
- ✓ **Introducción a la Protección Radiológica (4 créditos)** (Ver programa detallado en <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/protrad.html>)
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

Cuarto Semestre (Ciencias Médicas, Octubre-Febrero):

- ✓ **Pasantía de Rotación (4 créditos):** Primer semestre de residencia en cada una de las áreas del postgrado: Radioterapia, diagnóstico, medicina nuclear y procesamiento de señales. Durante esta pasantía hay que seguir un protocolo de trabajo definido para cada área. Esta actividad se desarrollará en un mínimo de 10 horas semanales de presencia del estudiante (4 créditos) y será supervisada por el jefe del servicio correspondiente o quien este designe.
- ✓ **Electivas (un mínimo de 5 créditos, ver lista sugerida más adelante)**
- ✓ **Inicio del Trabajo de Grado de Maestría**
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

Quinto Semestre (Ciencias Médicas, Marzo-Julio):

- ✓ **Culminación del Trabajo de Grado de Maestría**
- ✓ **Asistencia a Seminarios en Física Médica (0 créditos, obligatoria)**

En este plan se contempla también lo referido en la nota que aparece en la **Sección 9.1**.

10. Plantel de Profesores

La planta profesoral del Posgrado en Física Médica de la Universidad Central de Venezuela está formada fundamentalmente por profesores de las Facultades de Ciencias y Medicina. Adicionalmente se cuenta con la colaboración de profesores invitados de la Facultad de Ingeniería, del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) y de instituciones del extranjero (ver <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/plantel.html>). En su inicio, en Octubre de 1998, el programa contó con el apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) a través de un proyecto nacional que fue canalizado a través del Ministerio de Energía Minas de Venezuela y que luego se convirtió en el Programa ARCAL L. Esta valioso apoyo del OIEA permitió enriquecer la planta profesoral que aquí presentamos a la par de establecer con los profesores visitantes planes de cooperación a largo plazo. En consecuencia la profesoral se puede resumir como:

10.1. Profesores con Doctorado de la Escuela de Física, Facultad de Ciencias:

ARIAS, Pío (Doctorado en Física, Universidad Simón Bolívar, 1993) Teoría de campos y física de altas energías. Miembro de la SVF (Sociedad Venezolana de Física) . (Grupo de Campos y Partículas, Departamento y Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela).

E-mail: parias@fisica.ciens.ucv.ve

D'ONOFRIO, Lisseta (Ph. D. en Física, Universidad de Londres, Inglaterra, 1983) Magnetismo en la materia, física del estado sólido, efecto Mossbauer, nanopartículas, física de materiales y en particular física de metales. Miembro de SOVEFIM (Sociedad Venezolana de Física Médica), de ALFIM (Asociación Latinoamericana de Física Médica) y de la SVF (Sociedad Venezolana de Física) . (Laboratorio de Magnetismo, Departamento y Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela)

E-mail: lonofrio@fisica.ciens.ucv.ve

Evans, David Lindsay (Ph. D. en Química, Universidad de Canterbury, Nueva Zelanda, 1982, M. Sc. en Física, Universidad de Canterbury, Nueva Zelanda, 1974) Protección radiológica, radioterapia y física de imágenes. Ocupante de la Cátedra FONACIT del Postgrado en Física Médica (Laboratorio de Física Estadística y Fenómenos Colectivos, Departamento y Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela)

E-mail: devans@es.co.nz, prompts@scientist.com

GONZÁLEZ, Gema (Ph. D., Universidad de Londres, 1984) Física de materiales, microscopía electrónica, análisis estructural de nuevos materiales y relación con sus propiedades, desarrollo de técnicas analíticas, diseño, fabricación y evaluación de biomateriales (Centro Tecnológico del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas y Departamento de Física, Escuela de Física y Centro de Microscopía Electrónica, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela).

E-mail: gemagonz@ivic.ve

GUILLÉN, Nilo (Doctor Rerum Naturalium, Universidad de Hannover, Alemania, 1973, Diplome d'Etudes Approfondies de Physique, Universidad de París, 1969 y Médico Cirujano, Universidad Central de Venezuela, 1991) Física de superficies, haces atómicos y electrónicos, radiología, física de radiaciones y cirugía (Departamento y Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela).

JIMÉNEZ RECAREDO, Juan (Doctor en Ciencias, Mención Física, Universidad Central de Venezuela, 1984) Fluidos complejos, dinámicas de sistemas complejos e inteligencia artificial, series temporales y procesamiento de señales. (Laboratorio de Fenómenos no Lineales, Departamento y Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela).

E-mail: juan@apollo.ciens.ucv.ve

LIRA, Héctor (Ph. D. en Ingeniería Nuclear, Universidad de Maryland, USA, 1981 y M. Sc. en Ingeniería Nuclear, Universidad de Maryland, USA, 1979) Diseño y evaluación de instalaciones nucleares para la generación de potencia y protección radiológica. (Dirección de Planificación y Mantenimiento, Ministerio de Salud y Desarrollo Social, y Departamento y Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela).

E-mail: lira_hecator@hotmail.com

MARTÍN, Miguel (Doctor en Ciencias, Mención Física, Universidad Central de Venezuela, 1987 y M. Sc. en Física, Universidad Central de Venezuela, 1985) Teoría de relajación y espectroscopía en resonancia magnética nuclear, aplicación de resonancia magnética nuclear a medicina y transporte en medios porosos, tratamiento de osteopatías con campos electromagnéticos, teoría de los modos de vibración de la molécula de ADN. Miembro de la APS (American Physical Society), SOVEFIM (Sociedad Venezolana de Física Médica), de ALFIM (Asociación Latinoamericana de Física Médica) y de la SVF (Sociedad Venezolana de Física) . **Nota:** En el año 2000 el Consejo de la Facultad de Ciencias le otorgó permiso al Prof. Martín para trabajar como Físico del Instituto de Resonancia Magnética, La Florida, centro clínico en imagenología que coopera con el Postgrado en Física Médica y con el Centro de Resonancia Magnética de nuestra institución. (Departamento de Física y Laboratorio de Física Molecular del Centro de Resonancia Magnética, Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela).

E-mail: mmartin@fisica.ciens.ucv.ve, landrove52@hotmail.com

MARTÍN, Rafael (Ph. D. en Física, Massachusetts Institute of Technology, USA, 1984, y Magister Scientiarum, Mención Física, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, 1978) Física nuclear teórica, física de neutrones, física matemática asociada a problemas inversos y problemas de transporte, teoría de resonancia magnética nuclear aplicada a medicina y medios porosos. Miembro de la APS (American Physical Society), de SOVEFIM (Sociedad Venezolana de Física Médica) y de ALFIM (Asociación Latinoamericana de Física Médica). (Departamento de Física y Laboratorio de Física Estadística y Fenómenos Colectivos y Centro de Resonancia Magnética, Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela).

E-mail: rmartin@fisica.ciens.ucv.ve, rmartinland@cantv.net

MORENO, José Alí (Doctor Rerum Natura, Universidad de Hannover, Alemania, 1977) Relajación y espectroscopía de resonancia magnética nuclear, dinámicas de sistemas complejos e inteligencia artificial, problemas de optimización, estudio de series temporales y procesamiento de señales. (Laboratorio de Computación Emergente, Departamento y Escuela de Física, Facultad de Ciencias y Laboratorio de Investigación de Operaciones, Facultad de ingeniería, Universidad Central de Venezuela).

E-mail: jose@neurona.ciens.ucv.ve

ROJAS, Carlos (Ph. D. en Física, Universidad de Londres, 1983) Física de superficies, microscopía electrónica, haces atómicos y electrónicos, aleaciones metálicas, películas delgadas y recubrimientos, catalizadores. Miembro de la SVF (Sociedad Venezolana de Física) . (Laboratorio de Física de Superficies, Departamento y Escuela de Física, y Centro de Microscopía Electrónica, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela).

E-mail: crojas@fisica.ciens.ucv.ve

ROJAS, Humberto (Ph. D. en Física, Universidad de Manchester, Inglaterra, 1996) Instrumentación física, física de superficies, microscopía electrónica, haces atómicos y electrónicos, instrumentación de aceleradores de partículas, aleaciones metálicas, películas delgadas y recubrimientos. Miembro de la SVF (Sociedad Venezolana de Física)

(Laboratorio de Física de Superficies, Departamento y Escuela de Física, y Centro de Microscopía Electrónica, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela).

E-mail: hrojas@fisica.ciens.ucv.ve

10.2. Profesores con Doctorado de la Facultad de Medicina:

CRESPO ARMAS, Adelaida (Ph. D. en Bioquímica, Universidad de Londres, Inglaterra, 1985 y M.Sc. en Ciencias Fisiológicas, Universidad Central de Venezuela, 1977) Fisiología de la tiroides. (Cátedra de Fisiología, Medicina Experimental, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela)

E-mail: crespoa@camelot.rect.ucv.ve

NEGRETTI, Nilda (Ph. D. en Fisiología, Universidad de Liverpool, Inglaterra, 1994 y M.Sc. en Ciencias Fisiológicas, Universidad Central de Venezuela, 1981) Fisiología del sistema cardiovascular. (Cátedra de Fisiología, Medicina Experimental, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela)

E-mail: negrettn@camelot.rect.ucv.ve, negrettn@hotmail.com

SCHNELL, Mercedes (Ph. D. en Bioquímica, Universidad de Londres, 1984 y M.Sc. en Bioquímica, Universidad Central de Venezuela, 1976) Bioquímica y fisiología asociadas a la nutrición. Problemas de nutrición en Venezuela. (Cátedra de Fisiología, Medicina Experimental, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela)

E-mail: mesc@camelot.rect.ucv.ve, uglive@etheron.net

10.3. Profesores con Doctorado de Otras Dependencias de la Facultad de Ciencias:

FINOL, Héctor (Ph. D., Medical School, University of Bristol, Inglaterra, 1976 y M. Sc. en Biología, Universidad de Leningrado, URSS, 1966) Estudios de ultraestructura con microscopía electrónica de fenómenos paraneoplásicos y neoplásicos en músculo esquelético. (Centro de Microscopía Electrónica, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela)

E-mail: hfinol@electra.ciens.ucv.ve

RÍOS, Ricardo (Doctor en Matemáticas, Universidad de París Sur, 1996) Bioestadística aplicada a problemas de medicina. (Escuela de Matemáticas, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela)

10.4. Profesores con Maestría de la Escuela de Física, Facultad de Ciencias:

ESCALONA, Iván (M. Sc. en Metalurgia, Universidad Central de Venezuela) Espectroscopía infrarrojo, ciencia de materiales y microscopía electrónica (Departamento y Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela). Recientemente el Prof. Escalona se ha sumado a la actividad de investigación del Centro de Resonancia Magnética en el área de imágenes funcionales por resonancia magnética nuclear.

E-mail: iescalon@fisica.ciens.ucv.ve

MARCANO, Alfredo (M. Sc. en Instrumentación Física, Universidad Central de Venezuela, 1996) Dinámica de sistemas complejos e inteligencia artificial, instrumentación biomédica, series temporales, análisis y procesamiento de señales biomédicas. (Laboratorio de Fenómenos no Lineales, Departamento y Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela).

E-mail: alfredo@fisica.ciens.ucv.ve

10.5. Profesores con Maestría de la Facultad de Medicina:

ARVELO D'FREITAS, Nelson (M.Sc. en Cirugía, Universidad Central de Venezuela, 1977, M.Sc. en Anatomía, Universidad de Buenos Aires, 1980 y Médico Cirujano, Universidad Central de Venezuela, 1972) Anatomía humana y cirugía. (Cátedra de Anatomía, Instituto Anatómico José izquierdo, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela).

ESCLAPÉS DE LORIENTE, María Luisa (M. Sc. en Ciencias Fisiológicas, Universidad Central de Venezuela, 1981) Cátedra de Histología, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela

D'ALESSANDRO MARTÍNEZ, Antonio (M.Sc. en Física, Universidad Central de Venezuela, 1986) Biofísica y bioingeniería, terapias alternativas de cáncer, terapia fotodinámica. (Cátedra de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela y Sección de Biofísica y Bioingeniería, Departamento de Procesos Biológicos y Bioquímicos, División de Biología, Universidad Simón Bolívar).

REBOLLEDO DE ABACHE, Thais Morella (M.Sc. en Radioterapia y Medicina Nuclear, Universidad Central de Venezuela, 1980 y Médico Cirujano, Universidad Central de Venezuela, 1975) Radioterapia y medicina nuclear, radiobiología, oncología (Cátedra de Radioterapia, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela).

SOSA, Luis (M. Sc. en Hematología, Universidad de los Andes) Cátedra de Histología, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela.

10.4. Profesores con Maestría de la Facultad de Medicina:

GARCÍA, Freddy (Licenciatura en Psicología y Derecho, Universidad Central de Venezuela, Especialiación en Planificación y Desarrollo de Recursos Humanos, Francia) Bioética y ética médica, medicina legal. (Cátedra de Deontología y Medicina Legal, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela).

SALAZAR, Gerardo (Médico Especialista en Radiodiagnóstico, Universidad Central de Venezuela) Técnicas diversas de radiodiagnóstico, anatomía radiológica (Cátedra de Radiodiagnóstico, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela)

10.6. Profesores Asociados al Postgrado en Física Médica que Residen fuera de Venezuela:

BENCOMO, José Antonio (Ph. D. en Biofísica, 1978 y M. Sc. en Física Médica, 1982, Universidad de Texas, Houston, Texas, USA) Biofísica, amplia experiencia en la física médica del radiodiagnóstico y radioterapia. (Departments of Radiation Physics and

Diagnostic Imaging, M. D. Anderson Cancer Center, University of Texas, Houston, Texas, USA).

E-mail: jbencomo@mdanderson.org

FRANCO, María del Carmen (M. Sc. en Física Médica, 1995, University of Texas, San Antonio, Texas, USA), física del diagnóstico por imagen, protección radiológica, física de la radioterapia, radiobiología, particularmente control de calidad en diagnóstico por imagen (Facultad de Medicina, Instituto Tecnológico de Monterrey y Tecnofísica Radiológica, S. C., Monterrey, México).

E-mail: mcfranco@tecnofisica.com.mx

ISTÚRIZ, José Rafael (Doctor en Física Radiológica, 1983, Institut Gustave Roussy, París, Centre Georges F. Leclerc, Dijon, y Centre de Physique Atomique, Université Paul Sabatier, Toulouse, Francia y Diplome D'Etudes Approfondies, D.E. A., de Physique Radiologique, 1980, Université Paul Sabatier, Toulouse, Francia), radioterapia, planificación de tratamientos y problemas inversos en radioterapia (ULYSSE, Dijon, Francia).

E-mail: siriutz@aol.com

DE ALMEIDA, Carlos Eduardo (Ph. D. en Biofísica y M. Sc. en Física Médica, University of Texas, Houston, Texas, USA), Radioterapia y física de radiaciones (Laboratorio de Física de Radiaciones, Universidad Estatal de Rio de Janeiro, Brasil. Segundo semestre de los años lectivos 1998 y 1999).

VENENCIA, Carlos Daniel (Licenciado en Física, 1990, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina y Especialista en Radioterapia, Comisión Nacional de Energía Atómica, 1991, Argentina), física de la radioterapia, radioterapia conformal (Instituto Privado de Radioterapia, Córdoba, Argentina. Primer semestre del año lectivo 1999 y segundo semestre del año 2000).

BRUNETTO, Mónica (Licenciada en Física, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina y Especialista en Radioterapia, Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina), física de radiaciones y en particular física de la radioterapia (Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba y Centro Médico Privado Dean Funes, Córdoba, Argentina. Segundo semestre del año 2000).

11. Líneas de Investigación

Las principales líneas de investigación que actualmente se están desarrollando en el Postgrado en Física Médica de la Universidad Central de Venezuela se pueden resumir como:

(A) Estudio de perfiles de haces empleados en radioterapia: Se trata de desarrollar una teoría sencilla que permita predecir, a partir de primeros principios y mediante el uso de convoluciones, la forma de los perfiles de haces en múltiples condiciones de terapia externa. Para ello hay que determinar primero si los haces tienen comportamientos semejantes a los observados en sistemas mesoscópicos y macroscópicos (comportamiento propio de la escala, donde el conjunto de detalles de lo ocurre a nivel microscópico es

irrelevante para describir lo observado a nivel mesoscópico y macroscópico). La idea se basa en las observaciones hechas por Johns hace mucho tiempo en relación al transporte de radiación en materiales. Como un primer paso para demostrar la existencia de este comportamiento está la posibilidad de considerar una teoría alternativa para ángulos grandes en la misma línea de pensamiento de la teoría original de Fermi-Eyges para distribuciones angulares de electrones en materiales diversos y geometrías igualmente diversas, con la idea de reducir sustancialmente los tiempos de cálculo en problemas de transporte de electrones en materiales y particularmente en tejido vivo (ver *Fig. 1*).
Proponente: Dr. Rafael Martín (UCV).

Fig. 1. Resultados para lámina de oro de espesor 37.28 mg/cm². La curva verde representa el cálculo analítico (hoja de cálculo) hecho con la extensión de la teoría Fermi-Eyges y los cuadrados corresponden a medidas experimentales. A la izquierda se tiene los mismos datos, la curva continua representa el cálculo con Monte Carlo y también se representa la curva del ICRU 35 (tomados X. A. Li and D. W. O. Rogers, *Medical Physics* **22** (1995) 531-541). El Poder de dispersión T que resulta del ajuste (único parámetro de ajuste) coincide perfectamente con el obtenido con la fórmula de Rossi, lo que quiere decir que la curva podría obtenerse a partir de primeros principios.

Referencias:

1. Martín, R., *The Angular and Depth Distributions of Electron Beams in Homogeneous Media within a Wide Angle Analytical Approach* (Sesión Oral TU-E313 del programa, martes 25 de Julio, 3:10 p.m.). World Congress on Medical Physics and Bioengineering, del 23 al 28 de Julio, Chicago, Illinois, USA, 2000.
2. Lamb, A. and S. Blake, *Investigations and modelling of the surface dose from linear accelerator produced 6 and 10 MV photon beams*, *Physics in Medicine and Biology* **43** (1998) 1133-1146.
3. d'Errico, F., *A position-sensitive superheated emulsion chamber for three-dimensional photon dosimetry*, *Physics in Medicine and Biology* **43** (1998) 1147-1158
4. Liu, H. H. and E. C. McCullough, *Calculating dose distributions and wedge factors for photon treatment fields with dynamic wedges based on a convolution/superposition method*, *Medical Physics* **25** (1998) 56-63.
5. Liu, H. H., T. R. Mackie and E. C. McCullough, *A dual source photon beam model used in convolution/superposition dose calculations for clinical megavoltage x-ray beams*, *Medical Physics* **24** (1997) 1960-1974.
6. Liu, H. H., T. R. Mackie and E. C. McCullough, *Calculating output factors for photon beam radiotherapy using convolution/superposition method based on a dual source photon beam model*, *Medical Physics* **24** (1997) 1975-1985.
7. Ding, G. X. and D.W.O. Rogers, *Energy spectra, angular spread and dose distributions of electron beams from various accelerators used in radiotherapy*, PIRS-0439, Dirección URL: <http://www.irs.inms.nrcc.ca>.

(B) Transporte de radiación en tejido vivo mediante simulación numérica: Examinar la alternativa a los métodos de Monte Carlo empleados comúnmente en investigación de fenómenos de transporte en radioterapia partiendo de modelos basados en automata celulares y gases reticulares. Proponente: Dr. Rafael Martín (UCV).

Referencias:

1. Andreo, P., *Monte Carlo techniques in medical radiation physics*, Physics in Medicine and Biology **36** (1991) 861-920.
2. Doolen, G. D. (editor), *Lattice gas methods for partial differential equations*, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, USA, 1990.
3. Rothman, D. H. and S. Zaleski, *Lattice-gas cellular automata*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1997.

(C) Dosimetría a partir de métodos de MRI: Se trata de la investigación del uso de geles equivalentes a tejido para la construcción de fantasmas en radioterapia. MRI se usa para medir las distribuciones espaciales en dos y tres dimensiones de la dosis absorbida en el fantoma. Se quiere tomar especial ventaja de la experiencia ganada en el manejo de sistemas dispersos y física de coloides, así como de las herramientas de análisis relaxométrico (estudio de los espectros de relajación) desarrolladas en la última década en el Centro de Resonancia Magnética de la Facultad de Ciencias y así discriminar información que pueda hacer verdaderos aportes en la evaluación de las dosis absorbidas. Como resultado preliminar presentamos lo que se muestra en la *Fig. 2*, donde se puede apreciar una rebanada de 5 mm de espesor del maniquí esférico empleado para hacer la dosimetría en tres dimensiones para radiocirugía de cerebro y donde igualmente se muestra el efecto de la aplicación de los arcos de radiación. Este experimento fue realizado en forma conjunta con el Instituto La Floresta y el Instituto de Resonancia Magnética La Florida. En la *Fig. 3*, mediante una ampliación de lo observado en la *Fig. 2*, observamos el resultado de la extracción de la señal asociada a la formación del polímero y donde el aspecto resaltante es la presencia de los altos gradientes esperados que deben estar asociados a la dosis aplicada. Se cuenta con las facilidades del Centro de Resonancia Magnética de la UCV, el Instituto de Resonancia Magnética La Florida en Caracas y la clínica La Floresta. Proponentes: Dr. Rafael Martín (UCV) y Dr. Miguel Martín (UCV).

Referencias:

1. Tofts, P. S., B. Shuter, T. Kron and J.M. Pope, *Ni-DTPA doped agarose - a tissue-equivalent gel for Gd-DTPA enhancement measurements*, Magnetic Resonance Imaging, **11**, 125-133, (1993).
2. T. Kron, P. Metcalfe and J.M. Pope, *Investigation of the tissue equivalence of gels used for NMR dosimetry*, Phys. Med. Biol. **38**, 139-150, (1993).
3. R. Martín y M. Martín, ***A Novel Algorithm for Tumor Characterization by Analysis of Transversal Relaxation Rate Distributions in MRI***, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, del 14 al 19 de Septiembre de 1997, Niza, Francia. Publicado en el libro *Spatially Resolved Magnetic Resonance: Methods and Applications in Materials Science, Agriculture and Biomedicine*, editado por Peter Blümmler, Bernhard Blümlich, Robert E. Botto y Eiichi Fukushima, Wiley-VCH Publishers, Weinheim, 1998

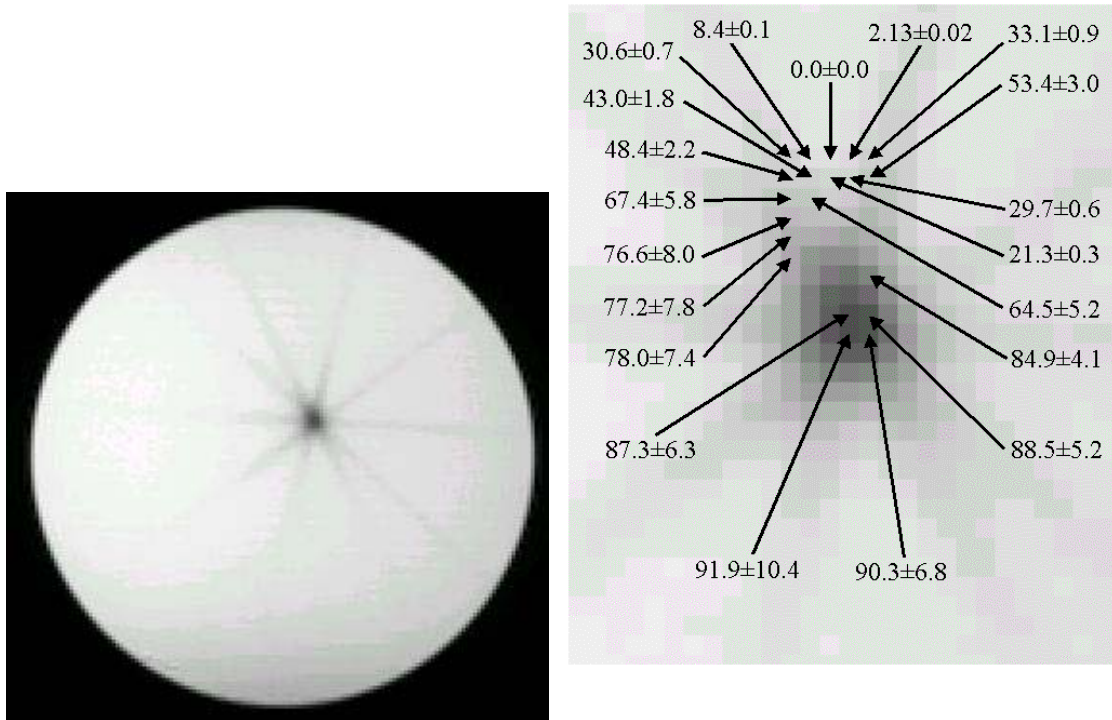


Fig. 1. (izquierda) Rebanada de 5 mm de espesor del maniquí esférico empleado para la dosimetría en tres dimensiones requerida en radiocirugía de cerebro. La región sombreada corresponde a la más afectada por la radiación recibida por los arcos de radiocirugía

Fig. 2. (derecha) Fracción (en porcentaje) de la población de protones en la componente de polímero inducido, pixel a pixel (cada pixel se representa por un pequeño cuadrado en la figura y su tamaño es de 1.17mm x 1.17mm). La región más oscura de esta figura es una ampliación de la presentada en la Fig. 1. Los altos gradientes esperados en los tratamientos de precisión en radioterapia pueden extraerse sin dificultad a través del método comentado en el texto. Es notable observar que se puede determinar la existencia de zonas donde no hay dosis aplicada.

(D) Desarrollo de redes neuronales que asistan en la toma de decisiones en tratamientos con implantes en braquiterapia: En una primera fase se requiere hacer una recopilación de casos, ya que la estrategia particular a seguir depende de la comunidad a ser considerada. Aunque se pensó originalmente en casos nacionales (en Venezuela), la recopilación en cuestión puede hacerse en cualquier parte del mundo. La única condición es que la comunidad a ser estudiada tenga la información pertinente completa. Si en Latinoamérica esto se convierte en un problema se puede recurrir a recopilaciones en otras partes del mundo (ejemplo, Francia). En una segunda fase la información puede ser incorporada a la red sin necesidad de entrenamiento (interesante aspecto desarrollado por el Dr. Daniel Crespín) y ello requiere el tener que aprender algunas herramientas en el campo de inteligencia artificial. El proponente es el Dr. José Rafael Istúriz (ULYSSE, Dijon, Francia), asistido por el Dr. Daniel Crespín (UCV) en el tema de redes neuronales y en los aspectos computacionales del problema hay apoyo del Dr. Rafael Martín (UCV).

Referencias:

1. Crespín, D., *Generalized Back Propagation*, prepublicación, Escuela de Matemáticas, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela.
2. Crespín, D., *Geometry of Perceptrons*, prepublicación, Escuela de Matemáticas, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela.
3. Crespín, D., *Neural Polyhedra*, prepublicación, Escuela de Matemáticas, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela.

(E) Uso de métodos estocásticos en la solución de problemas inversos: Esta línea se inició en el Centro de Resonancia Magnética en el año 1987 en relación a la inversión de espectros de relajación y que desde entonces permitieron abordar problemas en medios porosos, emulsiones y crudos venezolanos. En el área médica, el manejo y extracción de información de imágenes para diagnóstico es un proyecto que se está realizando como una cooperación entre el Centro de Resonancia Magnética, el Laboratorio de Física Estadística y Fenómenos Colectivos y el Instituto de Resonancia Magnética La Florida en Caracas. Un trabajo que ya está adelantado en esta colaboración es el de lograr una caracterización de tejidos a través de la medición de tiempos de relajación de protones. Esta caracterización además de tener un enorme interés para propósito de diagnóstico médico, también permite sentar las bases para entender aspectos dinámicos en los tejidos. Con esa idea, en el Centro de Resonancia Magnética se ha logrado separar los espectros de relajación mediante el uso de la inversión estocástica de la transformada de Laplace y como resultado hemos obtenido una gran cantidad de estructuras diferentes que actualmente estamos clasificando. El volumen de información es de tal magnitud que hemos estado pensando en tratar de pasar a técnicas de procesamiento paralelo con la idea de obtener resultados en tiempos razonables. De poder contarse en breve con una red que permita hacer cálculo paralelo o distribuido, tendríamos la posibilidad de resolver esta urgencia. Actualmente continuamos con problemas inversos que están relacionados a todas las formas de espectroscopía. Entre estos problemas se encuentra el de la inversión estocástica de la transformada de Laplace (a la que ya hemos hecho referencia), pero también estamos trabajando con otras transformadas integrales. Otra línea importante de trabajo está asociada a técnicas de ensayo no destructivo que actualmente se desarrolla en cooperación con la Escuela de Física Aplicada de la Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, con el Prof. Carlos González y en la cual ya hay resultados relacionados con el trabajo de maestría del Prof. González con sondas electromagnéticas. Con el Prof. González se está estudiando actualmente la posibilidad de extraer información sobre esfuerzos residuales cuando un material es sometido a deformaciones, para lo cual habrá que emplear teorías de calibre dedefectos como punto de partida. De la misma manera también se están estudiando técnicas alternativas de inversión en exploración geofísica donde en principio el tratamiento estocástico debe dar resultado, pero se quiere reemplazar por un tratamiento determinista que probablemente esté basado en nuevos métodos de regularización de la solución. Esas mismas herramientas van a ser ahora adicionalmente consideradas en problemas inversos tanto para diagnóstico en MRI como tratamiento en radioterapia. Proponentes: Dr. Miguel Martín (UCV) y Dr. Rafael Martín (UCV).

Referencias:

1. Trabajo de Maestría en Física del Prof. Carlos González, *Solución del Problema Inverso en Corrientes Inducidas con Simetría Axial mediante Recocido Simulado*. Universidad Central de Venezuela, 1996. Tutor: Dr. Rafael Martín.
2. R. Martín y M. Martín, *A Novel Algorithm for Tumor Characterization by Analysis of Transversal Relaxation Rate Distributions in MRI*, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, del 14 al 19 de Septiembre de 1997, Niza, Francia. Publicado en el libro *Spatially Resolved Magnetic Resonance: Methods and Applications in Materials Science, Agriculture and Biomedicine*, editado por Peter Blümner, Bernhard Blümich, Robert E. Botto y Eiichi Fukushima, Wiley-VCH Publishers, Weinheim, 1998
3. C. González y R. Martín, *Inversion of Eddy Current Data for Recovery of the Electromagnetic Properties of Materials in Layered Flat and Tubular Products*, Proceedings of the Eighth International Symposium on Nondestructive Characterization of Materials, 15 al 20 de Junio, Boulder, Colorado, USA, 1997.
4. C. González y R. Martín, *Eddy Current Conductivity Profile for Metallic Multilayered Media using a Simulated Annealing Algorithm.*, trabajo aceptado como presentación oral en el congreso 14th World Conference on Non-destructive Testing, Nueva Delhi, India, diciembre 8 a 13 de 1996.
5. M. Martín, S. Itriago, R. Martín y L. A. Santana-Blank, *Tumor Characterization by Transversal Relaxation Rate Distribution Analysis*, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Agosto de 1994, Rio de Janeiro, Brasil y también en 36th ENC Experimental Nuclear Magnetic Resonance Conference, Marzo de 1995, Boston, Massachusetts, USA.

(F) Estudio de fenómenos de difusión en hueso fracturado y osteoporosis: Medida de diferentes coeficientes de difusión con resonancia magnética nuclear en tejido óseo (que es poroso) cerca de la cabeza femoral para hueso sano y fracturado. En una primera fase hay que tomar muestras y se hacen las mediciones de los coeficientes de difusión in vitro y con microscopía electrónica. En una segunda fase se trabaja con métodos de imágenes y se hacen correlaciones entre medidas de densidad ósea con rayos-X y porosidad con resonancia magnética nuclear. También es posible considerar otro trabajo donde se repite lo anterior con pacientes afectados por osteoporosis. Estos trabajos se realizarán con un equipo (dos aspectos diferentes dentro del mismo problema para dar lugar a dos trabajos de grado) formado por un médico, que en este caso será el Dr. Héctor Portello, quien está haciendo su especialización en el Postgrado en Traumatología (UCV) del Hospital Domingo Luciani en El Llanito, Caracas y un físico de Postgrado en Física Médica. Para el físico la tutoría podría corresponder al Dr. Miguel Martín (UCV) y el Dr. Rafael Martín (UCV). Para el médico lo haría el Dr. Harut Adjounian (Cátedra de Traumatología, UCV). Se dispone de un abundante número pacientes, equipo de densitometría ósea y TC helicoidal en el Hospital Domingo Luciani, aparte de microscopios electrónicos para análisis estructural y elemental en el Centro de Microscopía Electrónica de la Facultad de Ciencias, espectrómetros del Laboratorio Nacional de Resonancia Magnética y tomógrafos del Instituto de Resonancia Magnética La Florida. Adicionalmente se puede emplear la técnica de relaxometría desarrollada en el Centro de Resonancia Magnética de la UCV.

Referencias:

1. Martín, M., H. Adjouinian, B. de Lema and G. Jaimes, *PFG Measurements of Diffusion Coefficient in Normal and Osteoporotic Bones*, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, August 1994, Rio de Janeiro, Brasil.
2. Martín, R. and M. Martín, *A Novel Algorithm for Tumor Characterization by Analysis of Transversal Relaxation Rate Distributions in MRI*, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, del 14 al 19 de Septiembre de 1997, Niza, Francia. Publicado en el libro *Spatially Resolved Magnetic Resonance: Methods and Applications in Materials Science, Agriculture and Biomedicine*, editado por B. Blümich, P. Blümmler, R. Botto y E. Fukushima, Wiley & Sons, New York, New York, USA, 1998.

(G) Estudio del efecto de campos electromagnéticos pulsados en la consolidación de fracturas y tratamiento de la osteoporosis: Se trata de entender el mecanismo por el cual tiene lugar el fenómeno de consolidación de fracturas y mejoramiento de la persona que padece osteoporosis, cuando se aplican campos electromagnéticos pulsados, al tiempo que se desea evaluar para su uso clínico. Aquí se van a emplear las mismas herramientas de la propuesta anterior. Los proponentes también son los mismos. Hay dos equipos "OSTEOMAG" que están disponibles para la experimentación y que fueron desarrollados por el Dr. Miguel Martín, el Dr. Harut Adjouinian, el Dr. Bruno de Lema, el Lic. Gerardo Jaimes y el Ing. Pedro López.

Referencias:

1. Martín, M., H. Adjouinian, R. Dimumbrum, G. Jaimes, B. de Lema, P. López, M. B. Sánchez and B. Tirado, *Use of Pulsed Electromagnetic Fields in the Treatment of Osteoporosis and Bone Fracture Repair*, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, August 1994, Rio de Janeiro, Brasil.

(H) Medidas de la diferencia de potencial en hueso fracturado: Se trata de establecer la existencia de correlaciones entre la forma en que varían los potenciales eléctricos en áreas adyacentes a una fractura y la condición clínica de la fractura de manera de poder hacer diagnóstico ó pronóstico. El seguimiento de la evolución del proceso de consolidación comprende el uso de herramientas radiológicas (TC y MRI, con análisis de las imágenes) y medidas periódicas de los potenciales. Los profesores proponentes e infraestructura es la misma que en las dos propuestas anteriores.

Referencias:

1. Martín, M., H. Adjouinian, B. de Lema and G. Jaimes, *PFG Measurements of Diffusion Coefficient in Normal and Osteoporotic Bones*, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, August 1994, Rio de Janeiro, Brasil.
2. Martín, R. and M. Martín, *A Novel Algorithm for Tumor Characterization by Analysis of Transversal Relaxation Rate Distributions in MRI*, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, del 14 al 19 de Septiembre de 1997, Niza, Francia. Publicado en el libro *Spatially Resolved Magnetic Resonance: Methods and Applications in Materials Science, Agriculture and Biomedicine*, editado por B. Blümich, P. Blümmler, R. Botto y E. Fukushima, Wiley & Sons, New York, New York, USA, 1998.

(I) Implantación de Diversos Paradigmas para Evaluación Funcional en Cerebro Mediante Resonancia Magnética Funcional: El objetivo fundamental que se persigue es el de implantar paradigmas motores, visuales, auditivos, táctiles y cognitivos que permitan la evaluación de diversos desordenes a nivel del sistema nervioso central. La técnica a utilizar fundamentalmente será la Resonancia Magnética Funcional (RMf), mediante la metodología BOLD (Blood Oxygenation Level Dependent) pero igualmente podrán establecerse comparaciones con otras metodologías que permitan medir funcionalismo, basadas también en Resonancia Magnética, tales como perfusión. Estas metodologías podrían ser combinadas con Angiografía sin contraste mediante Resonancia Magnética (ARM) y Espectroscopía in Vivo (ERM). Los paradigmas particulares desarrollados dependerán estrechamente de las patologías o desordenes que se quieran destacar. Una aplicación de sumo interés esta en la caracterización funcional de la región del cerebro afectada por un tumor canceroso, como elemento fundamental para medir los efectos de las terapias a utilizar.

Como se desprende de lo anteriormente dicho, se pueden producir diferentes temas de trabajo de grado de maestría cada uno en conexión con un desorden o patología específico. Entre los desordenes o patologías potenciales a atacar se encuentran la dislexia, esquizofrenia, epilepsia, drogadicción, esclerosis múltiple, Alzheimer, ACV, cáncer, etc. Proponente: Dr. Miguel Martín (UCV).

Referencias:

1. Moneen, C. T. W. And P.A. Bandettini (Eds.), *Functional MRI*, Springer-Verlag (1999).
2. Drummond, S. P. A., G.G. Brown, J.C. Gillin, J.L. Stricker, E.C. Wong, R.R. Buxton, *Altered Brain Response to Verbal Learning Following Sleep Deprivation*, Nature, **403** (2000) 655.
3. Bertolino, A., G. Esposito, J.H. Callicot, V.S. Mattay, J.D. Van Horn, J.A. Frank, K.F. Berman, D.R. Weinberger, *Specific Relationship Between Prefrontal Neuronal N-Acetylaspartate and Activation of the Working Memory Cortical Network in Schizophrenia*, Am. J. Psychiatry, **157** (2000) 26.
4. Jiang, Y., J.V. Haxby, A. Martin, L.G. Ungerleider, R. Parasuraman, *Complementary Neural Mechanisms for Tracking Items in Human Working Memory*, Science, **287** (2000) 643.
5. Cao, Y., K.M.A. Welch, S. Aurora, E.M. Vikingstad, *Functional MRI-BOLD of Visually Triggered Headache in Patients with Migraine*, Arch. Neurol. **56** (1999) 548.
6. Ersland, L., G. Rosen, A. Lundervold, A.I. Smievoll, T. Tillung, H. Sundberg, K. Hugdahl, *Phantom Limb Imaginary Fingertapping Causes Primary Motor Cortex Activation: an fMRI Study*, NeuroReport, **8** (1996) 207.
7. Gandhi, S. P., D.J. Heeger, G.M. Boynton, *Spatial Attention Affects Brain Activity in Human Primary Visual Cortex*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, **96** (1999) 3314.

(J) Desarrollo de Metodologías de Postprocesamiento de Imágenes para Evaluación Tridimensional de Angiografías Mediante Resonancia Magnética: El objetivo que se

persigue con este tema es el de desarrollar algoritmos que permitan la evaluación cuantitativa de estudios angiográficos realizados mediante Resonancia Magnética. Las metodologías a desarrollar deben incluir no solamente la visualización en 3D de los datos angiográficos, sino también la posible evaluación de los volúmenes y secciones transversales del árbol vascular y la progresión del bolo en el caso de estudios dinámicos con contraste. Proponente: Dr. Miguel Martín (UCV).

Referencias:

1. Senasli, M., L. Garnero, A. Herment, E. Mousseaux, *3D Reconstruction of Vessel Lumen from Very Few Angiograms by Dynamic Contours Using a Stochastic Approach*, Graphical Models, **62** (2000) 105.

(K) Desarrollo de Metodologías de Postprocesamiento de Imágenes para la Evaluación de Volúmenes en el Sistema Nervioso Central: El objetivo que se persigue con este tema es el de desarrollar algoritmos que permitan la evaluación cuantitativa de volúmenes de diferentes estructuras del sistema nervioso central en su relación con diferentes patologías. Estas metodologías se pueden enfocar al seguimiento del crecimiento de placas escleróticas en el caso de la esclerosis múltiple, variación del volumen del hipocampo en el caso de Alzheimer, volumen activo en un tumor canceroso, volumen afectado por un tratamiento en radioterapia, etc.. La metodología desarrollada puede ser dependiente del problema particular que se trate y es muy dependiente de la metodología de imágenes por Resonancia Magnética que se utilice, particularmente por la definición en la imagen de la región afectada (segmentación). Los algoritmos a desarrollar deben incluir también la visualización en 3D.

Como se desprende de lo anterior, se pueden producir diferentes temas de trabajo de Grado de maestría cada uno en conexión con un desorden o patología específico. Proponente: Dr. Miguel Martín (UCV).

Referencias:

1. Shin Huh, C.L., T.A. Ketter, M. Unser, *Automated Segmentation of the corpus callosum in Midsagittal Brain Magnetic Resonance Images*, Opt. Eng. **39** (2000) 924.

(L) Desarrollo de un Equipo para Realizar Estimulación Magnética Transcraneal: La Estimulación Transcraneal Magnética (ETM) se ha convertido en una herramienta importante para estudiar la organización funcional del cerebro humano. La mayoría de los estudios utilizando ETM están relacionados con el mapeo de la corteza cerebral. En este tema se propone tanto el desarrollo del equipo como su utilización en una aplicación particular, con posible combinación en la evaluación de resultados de uso de Resonancia Magnética funcional (RMf) y técnicas neurológicas tales como EEG. Proponente: Dr. Miguel Martín (UCV)

Referencias:

1. Ueno, S., *Biomagnetic Approaches to Studying the Brain*, IEEE Engineering in Medicine and Biology, May/June (1999).
2. Greenberg, B. D., M.S. George, J.D. Martin, J. Benjamin, T.E. Schlaepfer, M. Altemus, E.M. Assermann, R.M. Post, D.L. Murphy, *Effect of Prefrontal Repetitive Transcranial*

Magnetic Stimulation in Obsessive-Compulsive Disorder: A Preliminary Study, Am. J. Psychiatry, **154** (1997) 867.

3. D.E. Bohning, A. Shastri, K.A. McConnell, Z. Nahas, J.P. Lorberbaum, D.R. Roberts, C. Teneback, D.J. Vincent, M.S. George, *A Combined TMS/fMRI Study of Intensity-Dependent TMS over Motor Cortex*, Biol. Psychiatry, **45** (1999) 385.
4. W. Andrä, H. Nowak (Eds.), *Magnetism in Medicine*, Wiley-VCH (1998).

(M) Desarrollo de Phantoms para Aplicaciones de Espectroscopia in vivo por Resonancia Magnética: El objetivo de este tema es el de desarrollar phantoms para calibrar los estudios de Espectroscopía in vivo en cerebro. Los phantoms a desarrollar deben contener las concentraciones características de los diversos metabolitos presentes en el cerebro con las propiedades adecuadas de relajación y pH. Deben hacerse consideraciones sobre la localización del phantom y la localización del voxel del estudio correspondiente. Proponente: Dr. Miguel Martín (UCV)

(N) Evaluación de cardiopatías a través del estudio de series temporales: Dentro de esta línea se procede a hacer una caracterización así como también una estimación de riesgo para que se establezca una miocarditis en pacientes que padecen el mal de Chagas. Con las mismas herramientas se estudian otras cardiopatías. Proponentes: Dr. Juan Jiménez (UCV) y M. Sc. Alfredo Marcano (UCV)

Referencias:

1. Marcano, A., *Analysis of Cardiac Data on Healthy People and Chagas Disease Patients*, SPIE 1993 International Symposium on Optics, Imaging and Instrumentation, San Diego, California, USA, July 1993.
2. Jiménez, J., A. Marcano, F. Moleiro, M. Pulido and A. Rodríguez, *Chaotic Dynamics in Chagasic and Healthy Populations*, Journal of Investigative Medicine **43** (1995) 7A.
3. Castellanos, A., J. Jiménez, A. Marcano, I. Mendoza, F. Moleiro, M. Pulido and A. Rodríguez, *Improvement in Diagnostic Sensitivity of Chronic Chagasic Myocarditis with the Use of Nonlinear Techniques*, Journal of Investigative Medicine **44** (1996) 3.
4. Marcano, A., *Desarrollo y Aplicación de Modelos No Lineales en el Establecimiento del Riesgo de Enfermedades Cardiovasculares*, Conferencia Invitada en el Taller Interdisciplinario de Sistemas Complejos, Mérida, Venezuela, Septiembre 1999.
5. Moleiro, F., A. Marcano y J. Jiménez, *Marcadores Precoces en Pacientes con Infección Chagásica*, XXXII Congreso Venezolano de Cardiología, Porlamar, Edo. Nueva Esparta, Venezuela, Julio 1999.
6. Marcano, A., y J. Jiménez, *Characterization of Abnormalities in High Resolution ECG Records*, Dynamic Days 1999, Como, Italia, Junio 1999.
7. Alvarez, E., A. Fernández, J. Jiménez, A. Marcano, F. Moleiro, J. Octavio, A. Rodríguez, V. Ruesta y M. Vizcardo, *Estratificación de Riesgo para el Establecimiento de Miocarditis en Pacientes con Serología Positiva a la Enfermedad de Chagas*, sometido a la Revista Española de Cardiología.

8. Jiménez, J., A. Marcano, F. Moleiro, A. Rodríguez, V. Ruesta and M. Vizcardo, *Nonlinear Characterization of ECG in Patients with Chagas Disease*, sometido a Physics Letters A en el 2001.
9. Moleiro, F., A. E. Rodríguez, F. Misticchio, V. Ruesta, J. A. Octavio, E. Alvarez, A. Fernández, J. Jiménez, A. Marcano y M. Vizcardo, *Utilidad de la Aplicación de Técnicas de Modelado no Lineal en el Análisis de Electrocardiogramas de Pacientes con Infección Chagásica*, aceptado para publicación en Marzo de 2001 en la Revista Española de Cardiología.

(O) Modelaje no lineal de cadenas de ADN: Aquí se emplean herramientas de análisis para series temporales en el estudio de la "serie" que representa una cadena de ADN. Proponentes: Dr. Juan Jiménez (UCV), M. Sc. Alfredo Marcano (UCV) y Dr. Anwar Hasmy (Centro de Física, IVIC)

Referencias:

1. Barral P., J., A. Hasmy, J. Jiménez and A. Marcano, *Nonlinear Modeling Technique for the Analysis of DNA Chains*, Physical Review E **61** (2000) 1812-1815.
2. Marcano, A., and J. Jiménez, *Nonlinear Structures in DNA Chains*, International Conference on Complex Systems, Nashua, New Hampshire, USA, May 2000.

Todas las líneas anteriores tienen financiamiento parcial del Postgrado en Física Médica y del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela, así como también del FONACIT (Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología), adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología. Adicionalmente se introdujo en el FONACIT en Noviembre de 2001 una solicitud bajo la modalidad de proyecto de grupo que contempla las siguientes líneas adicionales (a ser añadidas a partir de Junio de 2002):

- (i) **Estudio Dosimétrico para Establecer el Potencial Terapéutico de los Arcos de Radiocirugía en Mama usando un Nuevo Fantoma de Mama.**
- (ii) **Simulación de Monte Carlo para Desarrollo de Fantomas de Mama Compuestos de un Gel de Fricke ó un Gel con Polímeros y con Dosímetros de Alanina.**
- (iii) **Dosimetría en Tres Dimensiones mediante Técnicas de Resonancia Magnética por Imágenes (extensión de lo ya realizado en MRI).**
- (iv) **Desarrollo de Radioterapia por Captura de Neutrones por Boro para Tratar Pacientes con Leucemia.**
- (v) **Caracterización y seguimiento de la evolución de tumores en sistema nervioso central mediante Resonancia Magnética Nuclear por Imágenes. Angiogénesis en Tumores y su Evaluación Ultraestructural mediante Microscopía Electrónica.**
- (vi) **Establecimiento de Índices para un Servicio de Acreditación en Oncología en Venezuela.**
- (v) **Comparación de Sistemas de Planificación de Tratamiento en Radioterapia.**

(vi) **Estudios Orientados a Mejorar la Seguridad Del Paciente en Radiología.**

(vii) **Establecimiento de un Registro Para Cancer en Venezuela.**

(viii) **Caracterización de Tejido Tumoral mediante Resonancia Paramagnética Electrónica.**

12. Infraestructura de Apoyo

La infraestructura básica necesaria que está a la disposición del Postgrado en Física Médica se encuentra en las siguientes dependencias de la Universidad Central de Venezuela:

(1) **El Hospital Universitario de Caracas**, principal hospital del país y referencia nacional donde tienen su asiento el **Postgrado de Radiodiagnóstico** y el **Postgrado en Radioterapia y Medicina Nuclear**, entre otros. Es importante destacar que el **Postgrado en Radioterapia y Medicina Nuclear** es el único de su tipo en el país. Allí hay una importante cantidad de profesionales de la salud, que al mismo tiempo son profesores universitarios, así como también se cuenta con un importante equipamiento para el diagnóstico y la radioterapia.

(2) **El Instituto Anatómico José Izquierdo**, donde tienen su asiento las **Cátedras de Anatomía Humana e Histología**, las que tendrán a su cargo el dictado de la asignatura obligatoria **Morfología para Físicos Médicos** y otras asignaturas electivas del postgrado relacionadas con su actividad.

(3) **El Instituto de Medicina Experimental** donde tiene su asiento la **Cátedra de Fisiología**, responsable del dictado de la asignatura obligatoria **Principios de Bioquímica y Fisiología**, así como de las asignaturas electivas relacionadas al tema.

(4) **El Laboratorio de Dosimetría Termoluminiscente del Centro de Física Radiológica** en la **Facultad de Medicina** y la **Cátedra de Radiodiagnóstico** de la misma facultad.

(5) **Centro de Resonancia Magnética** de la Escuela de Física, Facultad de Ciencias, que es parte del **Laboratorio Nacional de Resonancia Magnética**.

(6) **Centro de Microscopía Electrónica**, Facultad de Ciencias, que es la sede del **Laboratorio Nacional de Microscopía Electrónica**.

(7) **Laboratorio de Física Molecular** de la Escuela de Física, Facultad de Ciencias.

(8) **Laboratorio de Física Estadística y Fenómenos Colectivos** de la Escuela de Física, Facultad de Ciencias.

(9) **Laboratorio de Física Superficies** de la Escuela de Física, Facultad de Ciencias.

(10) **Laboratorio de Resonancia Paramagnética Electrónica** de la Escuela de Física, Facultad de Ciencias.

(11) **Laboratorio de Magnetismo** de la Escuela de Física, Facultad de Ciencias.

(12) Laboratorio de Computación Emergente de la Escuela de Física, Facultad de Ciencias y el Postgrado en Computación Emergente e Investigación de Operaciones de las Facultades de Ingeniería y Ciencias.

(13) Laboratorio de Fenómenos no Lineales de la Escuela de Física, Facultad de Ciencias.

(14) Postgrado en Física, Facultad de Ciencias.

(15) Postgrado en Instrumentación, Facultad de Ciencias.

(16) Laboratorio y Postgrado en Ensayos no Destructivos de la Escuela de Física Aplicada, Facultad de Ingeniería.

(17) El Instituto de Biología Experimental de la Facultad de Ciencias.

(18) El Instituto de Zoología Tropical de la Facultad de Ciencias.

(19) La Escuela de Física al haber tomado el programa ARCAL para reconstrucción de cámaras gamma en hospitales según convenio con la Dirección de Asuntos Nucleares del Ministerio de Energía y Minas, y que será de fundamental importancia en el desarrollo del área de medicina nuclear.

(20) Laboratorios de docencia en física y salas de computación de la Escuela de Física, Facultad de Ciencias.

Aparte de esto se cuenta con el apoyo logístico y de infraestructura para investigación y docencia en el Centro de Tecnología Nuclear del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, particularmente en el Laboratorio de Calibración Secundaria, así como también con los Centros de Física y Biofísica. El mismo tipo de acuerdo se tiene con el Laboratorio de Física Nuclear y el Postgrado de Ingeniería Clínica de la Universidad Simón Bolívar. De la misma manera se está consolidando un acuerdo de cooperación con el Instituto de Resonancia Magnética La Florida en Caracas, con el cual ya existe una estrecha relación en proyectos de investigación. Para la práctica clínica de los estudiantes se cuenta con la cooperación de hospitales y clínicas privadas en Caracas, particularmente la Clínica La Floresta, Clínica Ávila, el Hospital Militar, el Oncológico Luis Razetti y el Padre Machado.

13. Financiamiento

Para los residentes en Venezuela se puede obtener financiamiento a través del programa de becas del FONACIT (Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología) y en el caso particular de los egresados de la Universidad Central de Venezuela, hay un programa de becas del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela. A los residentes en el extranjero se les recomienda solicitar apoyo al Organismo Internacional de energía Atómica (OIEA).

Adicionalmente se dispone de un número limitado de plazas de asistentes de investigación asociadas a los proyectos que el Postgrado en Física Médica tiene tanto en el sector privado como en el público. Igualmente dentro del Postgrado en Física Médica existe el cargo de asistente de postgrado, con el cual los aspirantes pueden lograr financiamiento adicional. Por último, la docencia de pregrado en física médica ofrece otras oportunidades de financiamiento. La nacionalidad no es limitante para aspirar a estas posiciones.