

# **MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN FÍSICA MÉDICA**

## **CONVENIO UNI - IPEN**

### **INTRODUCCIÓN**

El Programa de Maestría en Ciencias con mención en Física Médica, fue creado en la Sección de Posgrado de la Facultad de Ciencias mediante la Resolución Rectoral No. 489 de fecha 12 de julio de 1995. La presente modificación tiene por finalidad actualizar este programa y adecuarlo a las normas establecidas tanto en el Reglamento de Estudios de Posgrado y de Especialización de la Universidad Nacional de Ingeniería (R.R. N° 410 de fecha 17.04.2006) como en el Reglamento de Admisión a los Estudios de Posgrado y de Especialización de la Universidad Nacional de Ingeniería (R.R. N° 756 de fecha 14.07.2006).

Esta Maestría, la cual se desarrolla mediante un Convenio de Cooperación con el Instituto Peruano de Energía Nuclear, está dirigida a las personas que al menos poseen el Grado Académico de Bachiller en Ciencias con mención en Física o en áreas afines de Ciencias e Ingeniería.

La Física Médica es una especialidad de la Física que comprende la aplicación de los conceptos, leyes, modelos, agentes y métodos propios de la Física a la prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades, desempeñando una importante función en la asistencia médica, en la investigación biomédica y en la optimización de algunas actividades sanitarias. Su principal campo de acción abarca la radioterapia, el radiodiagnóstico y la medicina nuclear, pudiendo desarrollarse también en otras áreas de la Medicina y en la docencia e investigación, así como en labores de gerencia o administración.

Desde principios del siglo pasado, las aplicaciones de la Física a la Medicina han ido creciendo progresivamente. Nuevas modalidades de tratamiento (radioterapia con fotones, electrones, protones e iones ligeros, radioterapia conformada y con modulación de intensidad, braquiterapia de alta tasa de dosis, radiocirugía estereotáxica, entre otras) y de diagnóstico (tomografía por emisión de positrones, sistemas de tomografía por emisión de fotón único, radiología digital, resonancia magnética, ultrasonido, etc.), han requerido el incremento del número de físicos en los hospitales de todo el mundo. Así, el crecimiento y contribución de la Física Médica ha sido una consecuencia natural de la evolución moderna de la ciencia y la tecnología aplicado a la Medicina.

### **OBJETIVOS**

Cubrir la demanda cada vez mayor de profesionales con sólida formación a fin de que puedan resolver los problemas surgidos como consecuencia del uso de las radiaciones en centros médico-asistenciales, instituciones reguladoras y centros académicos públicos y/o privados.

La formación le permitirá al estudiante asumir sin problemas la primera responsabilidad que tiene el Físico Médico con el paciente ya sea propiciando la obtención de imágenes de buena y consistente calidad, reduciendo así la probabilidad de diagnósticos errados o asegurándole que recibirá el mejor tratamiento con radiaciones al cual tiene derecho.

La Maestría le permitirá desarrollar diversas líneas de investigación tales como: Radioterapia, Radiodiagnóstico, Medicina Nuclear y otros.

## **PERFIL DEL FÍSICO MÉDICO**

Los Físicos Médicos son profesionales con formación académica de postgrado y entrenamiento clínico, que juegan un papel fundamental en el grupo multidisciplinario profesional responsable del diagnóstico y tratamiento de pacientes, garantizando la calidad de los aspectos técnicos que intervienen en los procesos, la efectividad y la seguridad de los mismos, propiciando un óptimo diagnóstico y mejor terapia, reduciendo las probabilidades de accidentes. Los Físicos Médicos intervienen en el diseño e implementación de nuevas técnicas e instrumentos, el análisis de señales e imágenes, el control de equipos y procedimientos de medición. El Físico Médico tiene competencias y responsabilidades únicas en relación con los equipos, con las técnicas y métodos usados en la rutina clínica para la introducción, adaptación y optimización de nuevos procedimientos, para calibración, garantía y control de calidad y seguridad radiológica.

Durante el último Congreso Latinoamericano de Física Médica, llevado a cabo entre el 7 y el 10 de octubre de 2007, el Organismo Internacional de Energía Atómica ha presentado el Reporte del Proyecto ARCAL LXXXIII titulado: “EL FÍSICO MÉDICO: Criterios para su Formación Académica, Entrenamiento Clínico y Certificación”. Varios de los criterios y recomendaciones expuestos en este congreso han sido incorporados en el presente programa.

## **GRADO**

Maestro en Ciencias con mención en Física Médica, que se obtiene después de:

- Aprobar 47 créditos del plan de estudios (41 créditos en cursos obligatorios y 6 créditos en cursos electivos) con un promedio ponderado no menor a 14,0 (catorce).
- Sustentar y aprobar la tesis.
- Aprobar la pasantía o entrenamiento clínico en la especialidad.
- Demostrar suficiencia en un idioma extranjero.
- Cumplir con las exigencias administrativas de la Universidad.

Para la calificación de cursos se utiliza el sistema vigesimal siendo 12,0 (doce) la nota mínima aprobatoria por asignatura. Sólo se puede repetir una vez cada asignatura. El alumno que desapueba la misma asignatura por segunda vez no puede continuar sus estudios.

El retiro total de las asignaturas matriculadas en un determinado periodo será permitido por una sola vez y por causa de fuerza mayor (enfermedad grave, viaje fuera del país, etc.). El retiro parcial de una o más asignaturas será permitido hasta la tercera semana de iniciado el periodo y por causas debidamente justificadas.

La tesis de Maestría consiste en un trabajo de investigación original y crítico, relacionado con alguna de las líneas de investigación de la Maestría. El proyecto de Tesis debe ser presentado a partir del segundo semestre al Jefe de la Sección de Posgrado.

La sustentación de la tesis tendrá los siguientes niveles de calificación: aprobado con excelencia (19 y 20), aprobado con distinción (17 y 18), aprobado (14 a 16) y desaprobado. Las sustentaciones que resulten aprobadas deberán asentarse en el Libro correspondiente, y las que no fueran aprobadas quedarán en un acta simple; en ambos casos, con las firmas de todos los miembros del jurado y del Decano.

### **Entrenamiento clínico o pasantía**

La experiencia en el desempeño de los Físicos Médicos en hospitales ha demostrado que para el ejercicio seguro de la profesión no es suficiente la formación académica de posgrado. Se requiere que el Físico Médico tenga, además, un entrenamiento clínico adecuado.

El establecimiento de programas de entrenamiento clínico es fundamental para la formación de Físicos Médicos calificados clínicamente que deban desarrollar sus actividades en un ámbito hospitalario.

El programa de entrenamiento debe basarse en el desarrollo de competencias y habilidades que conduzcan a que el Físico Médico pueda desempeñarse de forma independiente en el ambiente clínico.

Para que un estudiante tenga opción al grado es necesario que realice una pasantía o entrenamiento clínico en un centro hospitalario o clínica bajo la supervisión de un Físico Médico reconocido por la Facultad de Ciencias, realizando labores relacionadas con la especialidad que el estudiante ha elegido (Radioterapia, Radiodiagnóstico o Medicina Nuclear) por un periodo no menor a 12 meses a tiempo completo o equivalente. Al final de la pasantía el estudiante presentará un informe de las labores desarrolladas. Este informe deberá ser sustentado ante un jurado compuesto por el Físico Médico supervisor, un delegado de la Sección de Posgrado de la Facultad de Ciencias y un delegado de la Sección de Capacitación del IPEN. El jurado decidirá si el estudiante aprueba la pasantía.

### **DURACIÓN**

Cuatro semestres académicos. Las clases se llevan a cabo en el Centro Superior de

Estudios Nucleares del IPEN de lunes a viernes a partir de las 17h00 y los días sábados de 08h00 a 12h00. A partir del tercer semestre se harán prácticas en hospitales y clínicas por lo que la dedicación será exclusiva a la Maestría. El horario de prácticas y clases es de 08h00 a 19h00 de lunes a viernes y de 08h00 a 12h00 los sábados.

## PLAN DE ESTUDIOS

El plan de estudios contiene cursos obligatorios, cursos obligatorios de especialidad, cursos electivos, seminarios de tesis y entrenamiento clínico (pasantía), con los siguientes números de créditos:

Cursos obligatorios	23
Cursos obligatorios de especialidad	03
Cursos electivos	06
Seminarios de tesis	15

La ubicación de cursos por semestre es la siguiente:

### PRIMER SEMESTRE

Código	Curso	Condición	Créditos	Horas
FM601	Anatomía, Fisiología y Patología	Obligatorio	03	42
FM602	Radiobiología	Obligatorio	03	42
FM603	Física de Radiaciones y Dosimetría	Obligatorio	04	56
FM604	Metodología de la Investigación	Obligatorio	01	14

11

### SEGUNDO SEMESTRE

Código	Curso	Condición	Pre-requisito	Créditos	Horas
FM605	Física de Radioterapia I	Obligatorio	FM601/ FM603	03	42
FM606	Física de Medicina Nuclear I	Obligatorio	FM601/ FM603	03	42
FM607	Física de Radiodiagnóstico I	Obligatorio	FM601/ FM603	03	42
FM608	Protección Radiológica	Obligatorio	FM 602	03	42

12

### TERCER SEMESTRE

Código	Curso	Condición	Pre-requisito	Créditos	Horas
	Obligatorio de especialidad (*)	Obligatorio	FM605 ó FM606 ó FM607	03	42
FM704	Seminario de Tesis I (**)	Obligatorio	Aprobar el 1er y 2do semestre	07	98
	Electivo I	Electivo		03	42

13

### CUARTO SEMESTRE

Código	Curso	Condición	Pre-requisito	Créditos	Horas
FM705	Seminario de Tesis II	Obligatorio	FM704	08	112
	Electivo II	Electivo		03	42

## (\*) CURSOS OBLIGATORIOS DE ESPECIALIDAD

### PRE-REQUISITO

Código	Curso	Créditos	Pre-requisito
FM701	Física de Radioterapia II	3	FM605
FM702	Física de Medicina Nuclear II	3	FM606
FM703	Física de Radiodiagnóstico II	3	FM607

De estos tres cursos el alumno debe escoger uno, lo cual determina su especialidad.

**A partir del tercer semestre el alumno realizará su entrenamiento clínico (pasantía), durante 12 meses, en temas relacionados con la especialidad que ha elegido.**

(\*\*) Para que la matrícula en el curso FM704 Seminario de Tesis I sea procedente es requisito obligatorio haber registrado el correspondiente proyecto de tesis en la Sección de Posgrado. Un requisito básico para aprobar el curso FM704 Seminario de Tesis I es haber obtenido resultados preliminares de la tesis.

Para cambiar de especialidad el estudiante deberá aprobar el correspondiente curso obligatorio de especialidad y realizar satisfactoriamente el respectivo entrenamiento clínico.

### CURSOS ELECTIVOS

Código	Curso	Créditos
FM706	Simulación Computacional	3
FM707	Procesamiento Digital de Imágenes Médicas	3
FM708	Radiaciones No Ionizantes	3
FM709	Electrónica y Equipamiento para Físicos Médicos	3
FM710	Tópicos de Física Médica A	3
FM711	Tópicos de Física Médica B	3

**Es obligatorio llevar dos cursos electivos.**

### PROCESO DE ADMISIÓN

Está a cargo de la Universidad Nacional de Ingeniería y comprende el examen de conocimientos (60%) y evaluación de méritos (currículum vitae) (40%). Solo pueden ingresar los postulantes que aprueben la evaluación total. La nota mínima de aprobación es 13.0/20.

Los temas del examen son:

## **PRIMER EXAMEN**

### **Mecánica Clásica**

Movimiento de una partícula en una dimensión. Conservación del momentum. Momento angular. Energía. Oscilador armónico. Fuerzas centrales. Partículas en campos electromagnéticos. Movimiento de un sistema. Cohetes, colisiones. Osciladores acoplados. Cuerpos rígidos. Estática. Gravitación. Movimiento en sistemas no inerciales. Medios continuos. Ecuaciones de Lagrange.

### **Electromagnetismo Clásico**

Fundamentos de la electrostática y magnetostática. Campos eléctricos y magnéticos multipolares. Ecuaciones de Laplace y Poisson. Ecuaciones de Maxwell. Ondas electromagnéticas, reflexión y refracción. Los potenciales Lienard-Wiechert y radiación. Sistemas radiantes. Teoría clásica del electrón. Propiedades electromagnéticas y superconductores.

### **Mecánica Cuántica**

Amplitudes cuánticas: principios teóricos, amplitudes cuánticas. Evidencia experimental (Stern – Gerlach). Notación de Dirac. Evolución temporal de estados cuánticos. Sistemas cuánticos de dos estados. Ejemplo de aplicación: Maser. Sistema cuántico general de  $n$  estados. Dependencia de amplitudes en la posición. Ecuación de Schrödinger. Potenciales en una dimensión. Espacio de momento. Hamiltoniano clásico y cuántico. Valores esperados de observables. Oscilador armónico. Sistemas cuánticos de  $n$  partículas. Invariancia bajo traslaciones. Momentum lineal.

## **SEGUNDO EXAMEN**

### **Métodos Matemáticos de la Física**

Espacios vectoriales. Campos escalares y vectoriales. Introducción al análisis tensorial. Funciones de variable compleja. Series. Integración. Residuos. Representación conforme. Introducción al análisis de Fourier. Funciones especiales. Series trigonométricas. Transformadas de Fourier y Laplace. Series de Fourier – Legendre, Fourier – Bessel y Fourier – Hermite. Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de segundo orden. Tipos: hiperbólico, elíptico y parabólico. Métodos de solución: desarrollo en serie, transformaciones integrales y funciones de Green. Introducción a los espacios de Hílbart. Operadores lineales. Cálculo de variaciones. Métodos directos e indirectos.

## **BIBLIOGRAFIA**

Mathematical Physics, Butkov, Edit. Addison – Wesley.  
Mathematical Methods in Physics and Engineering, Dettman, Mac Graw Hill.  
Mathematical Methods in the Physical Science, Boas, Edit. Wiley.

Mechanics, Symon, Addison Wesley  
Dinámica Clásica de las Partículas y Sistemas, Marion, Reverté, 1975.  
Jerry B. Marion: Radiación Electromagnética Clásica, Academic Press.  
Reitz & Milford: Fundamentos de la Teoría Electromagnética  
Feynmann, Leighton & Sands: The Feynmann Lectures, Vol. 3  
Gasiorowicz, Quantum Physics.  
Dicke & Wittke, Introduction to Quantum Mechanics.  
Yariv, Theory and Applications of Quantum Mechanics.

## **DOCENTES**

Los docentes de la Maestría en Ciencias mención en Física Médica son docentes de la Facultad de Ciencias de la UNI, con grado de maestro o doctor, o profesores invitados que cumplan estos mismos requisitos.

La lista de docentes propuesta es:

Dr. Víctor Coronel  
Dr. Modesto Montoya Zavaleta  
Dr. Agustín Zúñiga Gamarra  
Dr. Aurelio Arbildo López  
Dr. Heriberto Sanchez  
Dr. Danfer Huapaya  
Dra. Sandra Guzmán  
M. Sc. César Picón  
M. Sc. Walter Flores  
M. Sc. Mario Mallaupoma  
M. Sc. Fidel Jara  
M. Sc. Giselle Bernui de Vivanco  
M. Sc. María Velásquez  
M. Sc. Jorge Condori  
M. Sc. Susana Gonzalez Villalobos  
M. Sc. José Osoreo Rebaza  
M. Sc. Ever Cifuentes  
M. Sc. Pedro Valdivia



## SYLLABUS

### FM601 ANATOMÍA, FISIOLOGÍA Y PATOLOGÍA

CARÁCTER: OBLIGATORIO

CRÉDITOS: 03

PRE-REQUISITOS: NINGUNO

#### **Objetivos**

Tener 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 humano.

#### **Programa del Curso**

Células, tejidos, órganos.

Concepto generales de anatomía humana.

Anatomía de la cabeza y del cuello.

Anatomía del sistema nervioso central.

Anatomía de la cara y del Cuello.

Piel. Componentes.

Anatomía del tronco. Tórax. Glándula mamaria. Abdomen y cavidad abdominal. Cavidad pelviana.

Anatomía de las extremidades. Miembros superiores e inferiores.

Visualización de regiones anatómicas en imágenes tomográficas

Fisiología:

Sangre y aparato circulatorio. Aparato respiratorio. Aparato urinario. Aparato digestivo.

Sistema endocrino. Sistema nervioso.

Introducción a la patología, causas de enfermedades y trauma

#### **Referencias Bibliográficas**

Latarjet-Ruiz Lliard Anatomía Humana, Tomo II, Editorial Médica Panamericana, Bs, As, Argentina 1983

Manual practico de tc: Introducción a la tc de Hofer Matthias

Editorial Medica Panamericana 1ª edición año de edición: 2001 Madrid España

## SYLLABUS

### FM602 RADIOBIOLOGÍA

CARÁCTER: OBLIGATORIO

CRÉDITOS: 03

PRE-REQUISITOS: NINGUNO

#### Objetivo

El objetivo principal del presente curso es dar a conocer al participante los conceptos y principios biológicos fundamentales de los efectos ligados a la acción de las radiaciones ionizantes sobre los procesos biológicos en los que se basa la utilización de la radiación ionizante en física médica.

Los conocimientos adquiridos durante el desarrollo del curso permitirán a cada alumno desarrollarse en su capacidad analítica para comprender los fenómenos físico-químicos y biológicos que ocurren en los organismos vivientes por efecto de las radiaciones ionizantes.

1. Célula, organización interna, componentes y funciones.
2. Interacciones de la radiación ionizante con la célula
3. Daño de la radiación al ADN, Reparación del daño al ADN
4. Daño y reparación del daño a cromosomas
5. Teorías de curvas de supervivencia. Teoría del blanco, modelo de blanco múltiple,
6. Modelo lineal-cuadrático, sensibilidad celular
7. Muerte celular: Apoptosis y muerte reproductiva
8. Proceso de recuperación celular
9. Ciclo celular
10. Modificadores de la respuesta celular: Sensibilizadores y protectores
11. RBE, OER y LET
12. Cinética celular
13. Daño de la radiación a tejidos
14. Efectos tempranos y tardíos de la radiación
15. Radiobiología tumoral
16. Tiempo, dosis y fraccionamiento
17. Efectos genéticos de la radiación: Efecto en la fertilidad y mutagénesis
18. Mecanismo moleculares

#### Referencias Bibliográficas

Alberts, B., D. Bray, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, J. D. Watson, *Molecular biology of the cell*, Garland Publishing, Inc., New York, New York, USA, 1983.

- Block, J. B., *Oncology*, John Wiley and Sons, New York, New York, USA, 1982.
- Darnell, J., H. Lodish, D. Baltimore, *Molecular cell biology*, second edition, W. H. Freeman and Co., New York, New York, USA, 1990.
- Dowd, S. B., *Practical Radiation Protection and Applied Radiobiology*, Saunders, London, UK, 1994.
- Hall, E., *Radiobiology for the radiologist*, third edition, Lippincott Company, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 1988.
- Latorre, E., *Radiobiología Médica*, Editorial AC, 1990.
- Nossal, R. and H. Lecar, *Molecular and cell biophysics*, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, USA, 1991.
- Curso de Post-Grado en protección radiológica y seguridad nuclear. Autoridad Regulatoria Nuclear. Buenos Aires, Argentina. 2000
- Ruddon, R. W., *Cancer biology*, Oxford University Press, Oxford, UK, 1981.
- Suzuki, D. T., A. J. F. Griffiths, J. H. Miller and R. C. Lewontin, *An introduction to genetic analysis*, fourth edition, W. H. Freeman and Co., New York, New York, USA, 1989.
- Tyler, P. E. (Editor), *Biologic effects of nonionizing radiation*, Annals of the New York Academy of Sciences, 247(1975)1-545.
- Valls, A., y M. Algara *Radiobiología*, Ediciones EUROBOOK, Madrid, España, 1994.

## SYLLABUS

### FM603 FÍSICA DE RADIACIONES Y DOSIMETRÍA

CARÁCTER: OBLIGATORIO

CRÉDITOS: 04

PRE-REQUISITOS: NINGUNO

#### Objetivo

Adquirir las bases teóricas para el cálculo y la medición de la dosis recibida por personas expuestas a la radiación.

#### Programa del Curso

Contenido:

##### 1.-Estructura atómica y nuclear

Definiciones básicas, modelo de Bohr del átomo, modelo de Rutherford del núcleo, estructura nuclear, radiactividad, modos de decaimiento radiactivo, Constante de decaimiento, unidades de actividad, vida media y vida promedio, relaciones padre-hija, equilibrio transiente y secular, radioactivación por interacciones nucleares, constante de tasa de exposición y constante de tasa de kerma-en-aire.

##### 2.- Las radiaciones ionizantes

Cantidades y unidades básicas usadas en Física de Radiaciones, tipos y fuentes de radiación directa e indirectamente ionizante, descripción de campos de radiación ionizante, fluencia y tasa de fluencia, fluencia de energía y tasa de fluencia de energía.

##### 3.-Cantidades y unidades que describen la interacción de radiación ionizante con materia

Kerma, dosis absorbida, energía transferida, energía impartida, dosis equivalente y factor de calidad, exposición.

##### 4.- Radiación indirectamente ionizante: haces de fotones

Producción de radiación de frenado, blancos de rayos X, radiación característica, calidad del haz y filtrado, atenuación exponencial, coeficientes de atenuación, sección eficaz de interacción, capa hemirreductora, atenuación de haz angosto vs. atenuación de haz ancho, endurecimiento y ablandamiento del haz, coeficiente de transferencia de energía, coeficiente de absorción de energía, cálculo de dosis para interacciones de haces de fotones.

5.- Interacción de fotones con materia

Dispersión de Thomson y Rayleigh, efecto fotoeléctrico, dispersión de Compton y producción de pares, reacciones fotonucleares, efectos que siguen a las interacciones: Efecto Auger y fluorescencia, contribución de los efectos a los coeficientes de atenuación, transferencia de energía y absorción de energía.

6.- Interacción de haces de neutrones con materia

Clasificación de los neutrones según su energía cinética, fuentes de neutrones, especificaciones de un haz de neutrones, depósito de energía en tejido, interacciones con los elementos del tejido, cálculos de kerma y de dosis absorbida, dosimetría en un campo mixto gamma/neutrón, factor de calidad para neutrones.

7.- Radiación directamente ionizante

Haces de partículas cargadas usadas en medicina, fuentes de haces de partículas cargadas, depósito en tejido por haces de partículas cargadas

8.- Interacción de radiación directamente ionizante con materia

Poder de frenado (de colisiones y radiativo), formalismo de Bethe Bloch para dispersión de Coulomb, efectos de capas, polarización, procesos nucleares, parametrización de Anderson-Ziegler, efectos de muestras y compuestos, alcance, straggling, poder de frenado restringido, transferencia lineal de energía, cálculo de dosis absorbida para interacciones de partículas cargadas

9.- Equilibrio de partícula cargada y equilibrio de radiación

Equilibrio de radiación, equilibrio de partícula cargada (EPC), relaciones entre dosis absorbida, kerma de colisiones y exposición bajo EPC, EPC transiente.

10.-Teoría de cavidad

Teoría de cavidad de Bragg-Gray y corolarios, teorías de cavidad de Spencer-Attix y de Burlin, teorema de Fano, promedio de poderes de frenado, dosis en interfases.

11.-Cámaras de ionización

Características básicas de una cámara, cámara de ionización estándar en aire libre, cámara de ionización de cavidad (dedal), cámara de extrapolación, medidas diferenciales e integrales, saturación, recombinación y pérdida por difusión.

12.- Calibración de haces de fotones y electrones con cámaras de ionización

Calibración de las cámaras: Kerma en aire y dosis en agua, protocolos dosimétricos: AAPM TG-51 e IAEA TRS-398, maniqués para haces de fotones y electrones.

13.- Dosimetría con dosímetros relativos

Tipos de dosímetros y sus características, definiciones de cantidades y unidades dosimétricas según el ICRU, técnicas dosimétricas absolutas y relativas, interpretación de las lecturas de un dosímetro, calorímetros: principios y técnicas, dosímetros químicos (Fricke): principios, valor G y técnicas, dosimetría termoluminiscente,

dosimetría con películas, diodos, luminiscencia óptimamente estimulada, dosímetros de gel.

14.- Dosimetría con detectores de modo pulsado

Contadores Geiger Muller y contadores proporcionales, dosimetría con centelleadores, medidores portátiles de radiación ambiental, detectores de neutrones.

15.- Radiaciones no ionizantes

Radiofrecuencia

Sonido y ultrasonido

Infrarrojo y ultravioleta

**Referencias Bibliográficas**

1. Erwin B. Podgorsak. **Review of radiation oncology physics: a handbook for teachers and student**, IAEA, 2003, Viena
2. Frank Attix, **Introduction to radiological physics and radiation dosimetry**, John Wiley and sons, 1986, 1999
3. Otto Raabe, **Internal radiation dosimetry**, Health Physics Society, 1994 Summer School1  
Radiación ionizante

## SYLLABUS

### FM604 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

CARÁCTER: OBLIGATORIO

CRÉDITOS: 03

PRE-REQUISITOS: NINGUNO

#### **Introducción**

Una actividad para personas interesadas en investigar, requiere de pautas generales sobre el tema y, utilizar los conocimientos adquiridos durante sus estudios previos, así como su experiencia. Es importante la comprensión de lectura y el uso del razonamiento. La investigación científica encuentra solución a los problemas y logra nuevos conocimientos para el desarrollo.

Investigar es fácil, para esto se debe tener presente la responsabilidad en el desarrollo de las tareas como son la puntualidad y la disciplina, parte inherente para lograr una formación óptima, no solamente para cumplir con la obligación de aprobar el curso.

Existen numerosos tratados sobre metodología de la investigación científica, tantos como autores, cada uno con su propio estilo con variadas reglas que no coinciden entre ellas. Otros presentan el proceso de la investigación en forma complicada, que en lugar de ser atractivo para despertar interés por la investigación tiende al rechazo.

La investigación científica es interesante y divertida cuando se la entiende; para algunos se convierte en un entretenimiento de por vida. Durante el curso se aplicará el método natural similar al de los investigadores clásicos quienes iniciaron el proceso.

En la actualidad los conocimientos se han acumulado de tal manera que es casi imposible estar informado sobre todo lo encontrado en la especialidad que se practica. La información obtenida está orientada para beneficio de la humanidad.

Cuando se investiga, se resuelven problemas o se adquiere nuevos conocimientos. Con la práctica se logra mayor facilidad en ejecutarla.

#### **Objetivos**

Demostrar que el proceso de la investigación científica es sencilla cuando se trabaja en forma natural.

Aprender a utilizar el método científico, encontrar ideas originales, planificar y confeccionar un proyecto, desarrollar la investigación y escribir el informe científico para que sea aceptado para su publicación.

Entender la importancia de la necesidad que tiene el país en la formación de investigadores para su desarrollo. Así como para la superación personal

Manejar adecuadamente las fuentes de información.

Estimular la creatividad.

#### **Programa del Curso**

La asistencia es obligatoria. El 20% o más de inasistencias inhabilita al estudiante para aprobar el curso. El alumno debe ingresar al aula a la hora indicada en el horario. Cada sesión implica tres horas de clase, salvo la última. Hay un solo examen de evaluación del curso.

### ***Sesión 01***

Ciencia, filosofía e investigación  
Inicio de la investigación  
Método científico

### ***Sesión 02***

Naturaleza y lógica de la ciencia  
Fuentes de información.  
Proyecto de investigación (Taller)

### ***Sesión 03***

Informe científico experimental y monográfico  
Variables. Hipótesis.  
Revistas científicas

### ***Sesión 04***

Como elaborar la tesis.  
Referencias bibliográficas (Taller)  
Presentación de manuscritos.

### ***Sesión 05***

EVALUACIÓN  
Recapitulación del curso

### **Referencia Bibliográfica**

1. Balarezo Gerstein, Naldo. Editor. Compilación de normas y criterios para la edición de publicaciones científicas. Lima: Concytec; 2003.
2. Comité Internacional de Directores de Revistas Médicas. Requisitos uniformes para preparar los manuscritos que se presentan a las revistas biomédicas: redacción y edición de las publicaciones biomédicas. Revista Panamericana de Salud Pública 2004 enero; 15(1):41-57.
3. Carrillo F. Cómo hacer la tesis y el trabajo de investigación universitaria. Lima, Horizonte; 1986
4. Dajes Castro, José. Sistema Internacional de unidades de medida. Lima: Fondo Editorial del Congreso del Perú; 2000.
5. Day, Robert. Cómo escribir y publicar trabajos científicos. Washington: Organización Panamericana de la Salud; 1996. (Publicaciones científicas 558)
6. Eco, Umberto. Cómo se hace una tesis. Barcelona: Gedisa; 1986.
7. Huff, Danell. Como mentir con estadística. Barcelona: Sagitario S.A.; 1995.
8. Ishiyama Cervantes, Raúl. Mecanismo de producción de la creatividad en ciencia y tecnología. En: Ciencia y tecnología para la creatividad. Lima: Concytec; 1987. pp.179-184.



9. Ishiyama Cervantes, Raúl. Un salto al futuro Las actividades científicas extraescolares para el aprendizaje como investigación. Lima: Ministerio de Educación – Concytec; 1997.
10. Ishiyama Cervantes, Raúl. Editor. Feria Nacional de Ciencia y tecnología Guía para el participante. Lima: Concytec; 2001
11. Ishiyama Cervantes, Raúl. Pautas para la publicación de trabajos de investigación. Lima, Universidad Peruana Cayetano Heredia. 2003. Se encuentra en: <http://www.upch.edu.pe/upchvi/Investigacion/pautas/upch.html> o <http://www.upch.edu.pe/upchvi/Investigacion/upch.htm>
12. Ishiyama Cervantes, Raúl; Hallasi Roselló, Dilma Diany. Formación de jóvenes científicos. ECIPERU [revista virtual] 2004 enero junio; 1(1):20-22. En: <http://www.cienciaperu.org/revista>
13. Ishiyama Cervantes, Raúl; Hallasi Roselló, Dilma Diany. La investigación científica y los jóvenes universitarios. ECIPERU [revista virtual] 2004 enero junio; 1(1):36-37. En: <http://www.cienciaperu.org/revista>
14. Ishiyama Cervantes, Raúl. Temas originales para proyectos de investigación. Esculapio 2003 mayo - agosto; 2(2):47-48.
15. Ishiyama Cervantes, Raúl. Investigación científica al alcance de todos. Esculapio 2004 enero-abril; 3(1):59-61.
16. OPS. Manual de estilo OPS. Washington DC: Organización Panamericana de Salud; 1995.
17. Revista Panamericana de Salud Pública. Información a los autores e instrucciones para al presentación de manuscritos. Revista Panamericana de Salud Pública 2000 enero; 7 (1): 1-8.
18. Shashok, Karen. Los autores y las buenas prácticas de publicación: ¿quién decide los criterios? Revista Panamericana de Salud Pública / Journal of Public Health 2000 enero; 15 (1) : 4-8.
19. Sierra Bravo R. Tesis doctorales y trabajos de investigación científica. Madrid: Paraninfo; 1986. Torpe, Scott. Cómo pensar como Einstein. Bogotá: Norma; 2000.
20. Zubizarreta A. La aventura del trabajo intelectual. Bogotá: Fondo Educativo Interamericano; 1986.



## SYLLABUS

### FM605 FÍSICA DE RADIOTERAPIA I

CARÁCTER: OBLIGATORIO

CRÉDITOS: 03

PRE-REQUISITOS: FM601 y FM603

#### Objetivo del Curso:

Proporcionar al estudiante información básica acerca de Oncología y Radiobiología, Unidades de Tratamiento para luego introducir al estudiante en el manejo de haces de fotones y haces de partículas cargadas

Al final del curso el estudiante debe de ser capaz de hacer planificación de tratamientos simples con haces de fotones y haces de electrones

#### Método de Evaluación:

Examen parcial peso 1,

Examen final peso 1,

Promedio de prácticas\* peso 1,

Examen sustitutorio.

\* Para el promedio de prácticas se consideraran el 75% de las notas más altas.

#### Programa Analítico

##### 1.- Oncología y Radiobiología

- Tumores, Clasificación, Radio-sensibilidad, Radio-resistencia..
- Bases radiobiológicas de la radioterapia. Fraccionamiento. 4Rs
- Control del tumor y tolerancia del tejido sano (cociente terapéutico), reparación, fraccionamiento, tolerancia de órganos específicos, aspectos matemáticos de las curvas de sobrevida.

##### 2.- Unidades de Radioterapia Externa

- Unidades de rayos X (superficiales y ortovoltaje)
- Unidades de Rayos Gamma (Co-60 y Cs-137)
- Aceleradores de partículas
- Aceleradores Lineales
- Consideraciones de Blindaje
- Unidades de Cobaltoterapia versus Linac
- Simuladores y Simuladores TC

### **3.- Haz de Fotones. Aspectos Físicos**

- Cantidades usadas en la descripción de haces de fotones
- Fuentes de haces de fotones
- Ley del Inverso del cuadrado de la distancia
- Penetración de un haz de fotones en un maniquí (phantom) y paciente
- Parámetros de Irradiación de pacientes
- Técnica SSD
- Técnica SAD
- Off axis ratio (OAR) y perfiles
- Isodosis en maniquí (phantom) y pacientes
- Método de Integración Segmental de Clarkson
- Cálculo de dosis en pacientes. Casos simples

### **4.- Planeamiento Clínico con Haces de Fotones Externos**

- Definición de Volúmenes. GTV, CTV, PTV, VT, VI.
- Especificaciones de dosis
- Adquisición de datos del paciente y proceso de simulación
- Consideraciones Clínicas
- Evaluación de un Plan de Tratamiento en 1D
- Cálculo del Tiempo de tratamiento y Unidades de Monitor

### **7.- Haces de Partículas Cargadas (Electrones, Protones y Iones ). Aspectos Físicos y Clínicos**

- Distribuciones de Dosis
- Parámetros Dosimétricos
- Consideraciones Clínicas
- Cálculo de Unidades de Monitor.

### **Bibliografía**

- ATTIX, F.H., "Introduction to radiological physics and radiation dosimetry", John Wiley, New York, New York, U.S.A. (1986).
- BENTEL, G.C., "Radiation therapy planning", McGraw-Hill, New York, New York, U.S.A. (1996).
- BRITISH JOURNAL OF RADIOLOGY, Supplement 17, "Central axis depth dose data for use in radiotherapy", The British Institute of Radiology, London, United Kingdom (1983).
- CHAO, K.S., PEREZ, C.A., BRADY, L.W., "Radiation oncology management decisions", Lippincott-Raven, New York, New York, U.S.A. (1999).
- CLARKSON, J., "A note on depth doses in fields of irregular shape", Brit. J. Radiol. **14**, 265 (1941).

- GREENE, D., WILLIAMS, P.C., "Linear accelerators for radiation therapy", Institute of Physics Publishing, Bristol, United Kingdom (1997).
- GREENING, J.R., "Fundamentals of radiation dosimetry", Adam Hilger, Bristol, United Kingdom (1981).
- HORTON, J. "Handbook of radiation therapy physics", Prentice Hall, New York, New York, U.S.A. (1987).
- AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE (AAPM), "A protocol for the determination of absorbed dose from high-energy photon and electron beams", AAPM Task Group 21 Report; Med. Phys. **10**, 741-771 (1983).
- AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE (AAPM), "AAPM's TG-51 protocol for clinical reference dosimetry of high energy photon and electron beams", AAPM Task Group 51 Report; Med. Phys. 26, 1847-1870 (1999).
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA), "Absorbed dose determination in photon and electron beams: An international code of practice", IAEA Technical Report Series, TRS-277, Second Edition, IAEA, Vienna, Austria (1997).
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA), "The use of plane-parallel chambers in high-energy electron and photon beams: An international code of practice for dosimetry", IAEA-Technical Report Series, IAEA TRS-381, IAEA, Vienna, Austria (1997).
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA), "Review of Radiation Oncology Physics: A Handbook for teachers and students". Educational reports Series (2003). IAEA, Vienna, Austria (2003).
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA), "Absorbed dose determination in external beam radiotherapy: An international code of practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water", Technical Report Series, IAEA TRS-398, IAEA, Vienna, Austria (2000).
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA), "Aspectos físicos de la garantía de calidad: Protocolo de control de calidad", TECDOC-1151, IAEA, Vienna, Austria (2000) (in Spanish only).
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, (ICRU), "Prescribing, recording, and reporting photon beam therapy", ICRU Report 50, ICRU, Bethesda, Maryland, U.S.A. (1993).
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, (ICRU), "Prescribing, recording, and reporting photon beam therapy (Supplement to ICRU Report 50)", ICRU Report 62, ICRU, Bethesda, Maryland, U.S.A. (1999).
- JOHNS, H.E., CUNNINGHAM, J.R. "The physics of radiology", Thomas, Springfield, Illinois, U.S.A. (1984).
- KHAN, F., "The physics of radiation therapy", Williams and Wilkins, Baltimore, Maryland, U.S.A. (1994).
- PODGORSK, E.B., METCALFE, P., VAN DYK, J., "Medical accelerators", in "The Modern Technology in Radiation Oncology: A compendium for Medical Physicists and Radiation Oncologists", edited by J. Van Dyk, Chapter 11, pp. 349-435, Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, U.S.A. (1999).



## SYLLABUS

### FM606 FÍSICA DE MEDICINA NUCLEAR I

CARÁCTER: OBLIGATORIO

CRÉDITOS: 03

PRE-REQUISITOS: FM601 y FM603

#### Objetivo

Conocimiento de la instrumentación y de los procedimientos utilizados en medicina nuclear, así como del control de calidad de los equipos.

#### Programa del Curso

##### Introducción a la física de radiactivos.

Aplicaciones médicas de los radioisótopos en estudios de hígado y vaso, estudios renales y pulmón, estudios de hueso, estudios de infección, estudios de corazón (reposo) y estudios de corazón (gatillado).

Física Básica para Medicina Nuclear y aspectos de seguridad radiológica.

#### Imágenes de Medicina Nuclear

##### 1. La cámara Gamma

Características de Cámara

Colimadores

Cristales

Arreglo de tubos fotomultiplicadores

Formación de imagen

Espectrometría

Analizador de altura de pulsos

##### 2. Calidad de imagen con radionucleidos

Contraste

Detalles de visibilidad y luz

Ruido de imagen

Uniformidad

Aplicaciones clínicas de la cámara gamma

##### 3. Imágenes topográficas con radionucleídos

a) Tomografía por emisión de Fotones simple (SPECT)

i. Principios de imágenes SPECT, hardware, resolución

ii. Procedimientos de Imágenes clínicas por el uso de SPECT

iii. Cuantificación de imágenes SPECT

- b) Tomografía de Emisión de Positrones (PET) Y PET-CT
  - i. Principios de imágenes PET, hardware, resolución
  - ii. Procedimientos de Imágenes clínicas por el uso de PET
  - iii. Cuantificación de imágenes PET
  
- 4. Estadística: Error de conteo
- 5. Exposición y protección al paciente
  - Dosimetría interna
  - Dosimetría clínica y dosis típica para procedimientos de imágenes clínicas
  - Dosimetría de terapia con radionucleídos
  
- 6. Exposición y protección al personal
  - Dosis equivalente efectiva
  - Límites de dosis
  - Fuentes de exposición
  - Áreas blindadas
  - Blindaje de personal
  - Exposición de fuentes radiactivas
  
- 7. Medidores de Radiación
  - Cámaras de ionización
  - Medidores de superficie
  - Medidores de actividad
  
- 8. Principios de Radioquímica, Radioinmuno-imágenes y la Radiofarmacia
  - Técnicas de radiofarmacia

### **Referencias Bibliográficas**

1. Foundations of Medical Imaging. Z. H. Cho
2. Uso Clínico de radioisótopos. T. Fields L. Seed
3. Digital Image Processing. Mohamed Kayyali
4. Introduction to Physics in Modern Medicine. Suzanne Amador Kane
5. Medical Image Analysis. Atam P. Dhawan
6. Digital Image Processing. Rafael C. Gonzales. Richard E. Woods
7. The essential physics of medical imaging. Jerrold T. Bushberg
8. Señales y Sistema. Oppenheim Willsky Nawab
9. Digital Image Processing. Castleman, K. R., Digital Image Processing
10. Length estimators compared, in Pattern Recognition. In practice II, E.S. Gelsema and L.N.Kawal
11. Sistemas de comunicación. Lathi
12. Circuitos de Pulsos digitales de conmutación. Millman y Tabú
13. Computed Emission tomography. P.J. Ell and B.L. Holman
14. Single-Photon Emission Computed Tomography. R.J. English and S.E.Brown
15. Clinical and Matematical Introduction to Computer Processing of Scientigrakphic Image



M.L. Goris and P.A. Briandet

16. Instrumentation in Nuclear Medicine. G.J. Hinc.
17. Physics in Nuclear Medicine. J.A. Sorenson and M.E. Phelps
18. Nuclear Medical Physics. L. Williams
19. Diagnostic Nuclear Medicine. M.P. Sandler
20. General Concepts for the Dosimetry of Internally Deposited Radionuclides:  
Recommendations of the National Council on Radiation protection and  
Measurements.  
NCRP Report No 84

## SYLLABUS

### FM607 FÍSICA DE RADIODIAGNÓSTICO I

CARÁCTER: OBLIGATORIO

CRÉDITOS: 03

PRE-REQUISITOS: FM601 y FM603

#### Objetivos

- 1- Conocimiento de los fundamentos físicos de las diferentes modalidades de radiodiagnóstico y aplicación apropiada de los mismos.
- 2.- Conocimiento del funcionamiento de los diferentes equipos de radiodiagnóstico.
- 3 - Familiarizar al estudiante con las diferentes técnicas de radiodiagnóstico.
- 4.- Capacitar al estudiante para realizar los controles de calidad en los equipos de radiodiagnóstico.
- 5.- Capacitar al estudiante para implementar y formar parte de un programa de garantía de calidad.

#### CONTENIDO PROGRAMÁTICO

##### UNIDAD I: DIAGNÓSTICO RADIOLÓGICO POR RADIACIONES IONIZANTES.

###### 1. Unidades de rayos-X convencionales y afines:

- Principios físicos básicos de la imagen radiológica obtenida por rayos-X (analógica y digital).
- Formación de la imagen y resolución espacial, contraste, ruido, MTF, indefinición, distorsión geométrica, artefactos y causas en la imagen, técnicas de reducción de dispersión.
- Discriminación de la energía.
- La calidad de la imagen en la técnica radiográfica.
- Factores que la afectan. Filtración y filtro hemirreductor.
- Descripción de unidades. Tubos y generadores.

###### 3. Unidades de rayos-X con fluoroscopia y cinefluorografía:

- Descripción de unidades. Principios físicos de la imagen por fluoroscopia.
- Producción y características de la imagen.
- Los intensificadores de imágenes. Ruido, resolución y contraste.
- Monitorización de la imagen fluoroscópica.
- Principios físicos de la serografía. Principios físicos de la cinefluorografía.

-

#### **4. La imagen digital por rayos-X. Principios físicos de la imagen digital. Características:**

- Radiografía digital.
- Densitometría ósea.
- Fluoroscopia digital.
- Sistemas de comunicación y archivo de imágenes digitales.
- Ventajas y desventajas de la imagen digital.

#### **5. Unidades de rayos-X para mamografía:**

- Principios físicos de la mamografía.
- Descripción de unidades.
- Receptores de imagen.
- Principios físicos de la xeroradiografía.
- Riesgos y beneficios de la mamografía.
- La dosis en mamografías.
- La importancia de la compresión en mamografía,
- Radiación dispersante y grillas antidisipante.,
- Magnificación,
- Sistema Pantalla Película para mamografía,
- Procesamiento de películas

#### **6. Tomografía computarizada:**

- Desarrollo Histórico de TC: 1ª Generación de equipos TC, 2ª Generación de equipos TC, 3ª Generación de equipos TC, 4ª Generación de equipos TC, Elementos del sistema de TC.
- Principios físicos de la tomografía computarizada.
- Descripción de unidades y funcionamiento
- Formación de la imagen en tomografía computarizada
- -Reconstrucción de la imagen de tomografía computarizada.
- Conversión de la imagen digital a la imagen analógica.
- Sistemas de imágenes digitales y procesamientos de imagen
- Imágenes digitales, Producción de imágenes digitales y conversión, procesamiento de imágenes, almacenamiento de imágenes y recuperación, despliegue de imagen y análisis, sistemas de imágenes digitales producidas por rayos-x.
- Parámetros que intervienen en la imagen de tomografía computarizada, contraste, ruido espacial, detectabilidad de alto y bajo contraste.

## **UNIDAD II: DIAGNÓSTICO RADIOLÓGICO POR RADIACIONES NO IONIZANTES.**

### **1. Ultrasonido:**

- Principios físicos del diagnóstico por ultrasonido
- Características del sonido, producción de ultrasonido, características del haz de ultrasonido,
- Operación del transductor, modo amplitud, modo movimiento, ,modo brightness, otros transductores de imagen.
- Descripción de equipos para ultrasonido,
- Métodos de funcionamiento,
- Calidad de imagen,
- Resolución axial, resolución lateral, sensibilidad de contraste y ruido.
- Artefactos de Imagen,
- Ultrasonido doppler,
- Efectos biológicos del ultrasonido

## 2. Resonancia magnética:

- Principios físicos del diagnóstico por resonancia magnética.
- Conceptos fundamentales. Propiedades magnéticas de la materia.
- Dificultades de trabajo con campos magnéticos.
- Del espín nuclear a la magnetización del voxel.
- Excitación por un pulso de radiofrecuencia. Aspectos prácticos en el trabajo con antenas. La relajación nuclear.
- Estudio y significado de los parámetros básicos de  $D$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  y  $T_2^*$ . Localización espacial.
- Las secuencias estándar de pulsos IR, SE, GE en la obtención de imágenes.
- Aspectos prácticos en la preparación de las secuencias. Reconstrucción de la imagen.
- Diagrama para la obtención de la imagen de tomografía por resonancia magnética en secuencia SE. Descripción de equipos de resonancia magnética.
- El espacio K. las secuencias rápidas y ultrarrápidas.
- Bases físicas y consideraciones clínicas.
- Angiografía por resonancia magnética.
- Técnicas in flow y técnicas de contraste de fase.
- Espectroscopía y su utilidad clínica.
- Posibilidades de las técnicas intervencionistas guiadas por RM y/o las imágenes funcionales.
- Semiología básica en IRM. Espectroscopía por RM. Efectos biológicos, riesgos y precauciones en RM.

\*Exposición de trabajos.

(\*)Se les asignará a los alumnos trabajos grupales

## Referencias Bibliográficas

- 1.- JERROLD T. BUSHBERG. Essential Physics of Medical Imaging.
- 2.- PROGRAM EMERALD-EMIT Physics of the Radiodiagnostic
- 3.- Ph. D Perry Sprawls. Magnetic Resonance Imaging.

- 4.- STEWART C. BUSHONG. Manual de Radiología para Técnicos.
- 5.- PROTOCOLO ESPAÑOL DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO.
- 6.- INTRODUCCIÓN A LA IMAGEN RADIOGRAFICA MEDICA. Robert J. Pizzutiello, Jr, M.S y John E. Cullinan, R.T para Kodak.
- 7.- JOEL E. GRAY. Quality Control in Diagnostic Imaging.
- 8.- FRANK HERBERT ATTIX. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry.
- 9.- AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY Mammography Quality Control Manual
- 10.-Z. H. CHO. Foundations of Medical Imaging.

## SYLLABUS

### FM608 PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

CARÁCTER: OBLIGATORIO

CRÉDITOS: 03

PRE-REQUISITOS: FM602

#### Objetivos

Impartir los conocimientos necesarios para trabajar en forma segura con radiaciones ionizantes y comprometerlos en la aplicación de la filosofía de la seguridad radiológica en el campo de la medicina.

#### Programa del Curso

Objetivos de la protección radiológica. Magnitudes y unidades en protección radiológica. Exposiciones potenciales. Dosis Máximas Permisibles

Liberación de radionúclidos en el ambiente, consecuencias dosimétricas, modelos para la dispersión en aire o en agua

Instrumentación para la detección de la radiación. Cámaras de ionización, contadores proporcionales y contadores Geiger-Muller, centelleadores, TLD, Oxido de Aluminio, instrumentación de dosis equivalente

Protección radiológica para intervenciones. Principios. Niveles de intervención.

Aspectos Operacionales. Protección radiológica ocupacional. Organización. Monitoreo. Irradiación externa. Contaminación. Protección radiológica del público.

Aspectos tecnológicos. Sistemas de protección para la radiación externa. Cálculo de blindajes. Recintos de irradiación. Sistemas de protección para la contaminación. Ventilación. Descontaminación de materiales y equipos.

Liberación de radionúclidos en el ambiente, consecuencias dosimétricas, modelos para la dispersión en aire o en agua

Gestión de residuos radiactivos. Transporte de material radiactivo.

Aspectos de protección radiológica en medicina. Evaluación de instalaciones radiactivas y de rayos X.

Aspectos regulatorios. Autoridad reguladora. Organización. Sistema de control. Autorizaciones. Inspecciones. Normas. Documentación reguladora. Exención del control regulador. Normas nacionales e internacionales.

Visita técnica a instalaciones médicas.

Procesos de licenciamiento de instalaciones

#### Referencias Bibliográficas

SEPR "ICRP-60 Recomendaciones 1990 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica". Madrid (1995).

Ortega, X. "Radiaciones Ionizantes. Utilización y riesgos". Barcelona (1996).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA. “Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación”. Colección Seguridad No.115, OIEA, Viena (1997).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. “Organization and Implementation of a National Regulatory Infrastructure governing Protection against Ionizing Radiation and the Safety of Radiation Sources”. IAEA-TECDOC-1067, Vienna (1999).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. “Recommendation for the Safe Use and Regulation of Radiation Sources in Industry, Medicine, Research and Teaching”. Safety Series No. 102, IAEA, Vienna (1990).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. “Emergency Planning and Preparedness for Accidents Involving Radiactive Materials Used in Medicine, Industry, Research and Teaching”. Safety Series No.91, IAEA, Vienna (1989).





## SYLLABUS

### FM701 FÍSICA DE RADIOTERAPIA II

CARÁCTER: OBLIGATORIO DE ESPECIALIDAD      CRÉDITOS: 03

PRE-REQUISITOS: FM605

#### **Objetivo**

Proporcionar al estudiante información sobre Calibración de haces de Fotones y Electrones, Comisionamiento Pruebas de Aceptación de unidades de tratamientos , Sistemas de planificación computarizado. También la de familiarizar al estudiante con los conceptos de Garantía de Calidad en Radioterapia y Control de Calidad. Aspectos Físicos y Clínicos de la Braquiterapia de Baja, Intermedia y Alta Tasa de Dosis. Finalmente dando información general sobre Técnicas especiales en Radioterapia

#### **Programa Analítico**

- **Calibración de Haces de Fotones y Electrones**
  - Dosímetros
  - Cámaras de Ionización
  - Correcciones por factores de influencia
  - Determinación de Dosis utilizando cámaras calibradas
  - Stopping-Power ratios
  - Especificaciones de Calidad del Haz
  - Calibración de haces de Megavoltaje. Aspectos prácticos
  - Calibración de Haces de Electrones. Aspectos prácticos
  - Calibración de Haces de Fotones de baja energía
  - Errores e incertidumbres.
  - Protocolos de Calibración: 277, 381, 398,
  
- **Pruebas de Aceptación y Comisionamiento**
  - Equipos de medición
  - Pruebas de aceptación
  - Comisionamiento del haz de Fotones
  - Comisionamiento del haz de Electrones
  
- **Sistemas de Tratamiento Computarizado**
  - Hardware
  - Software y Algoritmos de cálculo
  - Sistemas de adquisición de datos
  - Comisionamiento y Garantía de Calidad

- **Garantía de Calidad de la Radioterapia con Haces Externos**
  - Necesidad de garantía de calidad en radioterapia
  - Diseño y manejo de un programa de garantía de calidad
  - Garantía de calidad para equipamiento
  - Garantía de calidad en el tratamiento
  - Auditorias
  
- **Braquiterapia. Aspectos Físicos y Clínicos**
- Características de la fuentes
  - Uso clínico y dosimetría
  - Especificaciones y reporte de dosis
  - Distribución de dosis
  - Procedimientos de cálculo
  - Comisionamiento de Sistemas de Planificación Computarizado en Braquiterapia
  - Comisionamiento de fuentes
  - Garantía de calidad en Braquiterapia
  
- **Técnicas especiales en radioterapia**
  - Irradiación de cuerpo total (TBI)
  - Radiocirugía estereotáctica,
  - Radioterapia estereotáctica,
  - Terapia en arco con electrones,
  - Radioterapia intraoperativa,
  - Hipertermia,
  - Radioterapia de intensidad modulada (IMRT)
  - IGRT
  - Tomoterapia
  - Radioterapia con protones
  - Radioterapia con partículas pesadas. Justificación física (pico de Bragg y LET), justificación biológica (LET, hipoxia/OER,RBE).
  - Radioterapia con neutrones, BNCT

### **Referencias Bibliográficas**

- ATTIX, F.H., ROESCH,W.C., TOCHILIN, E.,"Radiation dosimetry", Academic Press, New York, New York, U.S.A. (1968).
- BENTEL,G.C., NELSON,C.E., NOELL,K.T.,"Treatment planning and dose calculation in radiation oncology", Pergamon Press, New York, New York, U.S.A. (1989).
- BRITISH JOURNAL OF RADIOLOGY, Supplement 25, "Central axis depth dose data for use in radiotherapy: 1996", British Institute of Radiology, London, U.K. (1996).

- DOBBS, H., THWAITES, D.I., "Quality assurance and its conceptual framework", (Chapter 1 of IPEM 1999).
- EUROPEAN SOCIETY FOR THERAPEUTIC RADIOLOGY AND ONCOLOGY (ESTRO 1995), "Quality assurance in radiotherapy", Thwaites, D.I., Scalliet, P., Leer, J.W., Overgaard, J., *Radiother. Oncol.* **35**, 61-73 (1995).
- EUROPEAN SOCIETY FOR THERAPEUTIC RADIOLOGY AND ONCOLOGY (ESTRO 1998), "Practical guidelines for the implementation of a quality system in radiotherapy", Leer, J.W., McKenzie, A., Scalliet, P., Thwaites, D.I., ESTRO Physics for Clinical Radiotherapy booklet no. 4. ESTRO: Brussels, Belgium.
- GLASGOW, G.P., "Brachytherapy", in "Modern Technology in Radiation Oncology: A compendium for Medical Physicists and Radiation Oncologists", edited by J. Van Dyk, Chapter 18, pp. 695-752, Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, U.S.A. (1999).
- AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE (AAPM), "Radiation Treatment Planning Dosimetry Verification", AAPM Task Group **23** Report, American Institute of Physics, New York, New York, U.S.A. (1995).
- AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE (AAPM), "Comprehensive QA for Radiation Oncology", AAPM Task Group **40** Report; *Med. Phys.* **21**, 581-618 (1994).
- AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE (AAPM), "Dosimetry of brachytherapy sources", AAPM Task Group **43** Report; *Med. Phys.* **22**, 209-239 (1995).
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA), "Calibration of photon and beta ray sources used in brachytherapy", TECDOC-1274, IAEA, Vienna, Austria (2002).
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA), "Review of Radiation Oncology Physics: A Handbook for teachers and students". Educational reports Series (2003). IAEA, Vienna, Austria (2003).
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA), "Recommendations on standardized procedures for calibration of brachytherapy sources at SSDs and hospitals", in "Calibration of brachytherapy sources", IAEA-TECDOC-1079, IAEA, Vienna, Austria (1999).
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, (ICRU), "Dose and volume specification for reporting intracavitary therapy in gynecology", ICRU Report 38, ICRU, Bethesda, Maryland, U.S.A. (1985).
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, (ICRU), "Dose and volume specification for reporting interstitial therapy", ICRU Report 58, ICRU, Bethesda, Maryland, U.S.A. (1997).
- KHAN, F.M., POTISH, R.A., (editors), "Treatment Planning in Radiation Oncology", Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, Pennsylvania, U.S.A. (1998).
- PODGORSAK, E.B., PODGORSAK, M.B., "Special techniques in radiotherapy", in "The Modern Technology in Radiation Oncology: A compendium for Medical Physicists and Radiation Oncologists", edited by J. Van Dyk, Chapter 17, pp. 641-693, Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, U.S.A. (1999).



## SYLLABUS

### FM702 FÍSICA DE MEDICINA NUCLEAR II

CARÁCTER: OBLIGATORIO DE ESPECIALIDAD

CRÉDITOS: 03

PRE-REQUISITOS: FM606

#### Objetivo

Conocimiento de la instrumentación y de los procedimientos utilizados en medicina nuclear, así como del control de calidad de los equipos.

#### Programa del Curso

Control de Calidad a los equipos de Medicina Nuclear

1. Generadores de Radionucleídos Mo-Tc  
Elusión y análisis  
Control de Calidad
2. Calibrador de radioisótopos  
Control de calidad: Constancia, linealidad, exactitud  
Wipe test de radionucleídos Standard
3. Detectores de centelleo y sistemas de contaje  
Salida de pulso característico de cada componente  
Determinación del voltaje óptimo para los tubos fotomultiplicadores
4. Espectrometría de los rayos gamma (sistema NaI)  
Calibración de sistemas de canal simple y multicanal  
Medidas de linealidad  
Control de calidad  
Contaje de isótopos duales
5. Cámara de centelleo (tipo Anger)
  - a) Control de calidad: Uniformidad de campo de flujo y resolución espacial, uso de ventanas asimétricas para evaluación de uniformidad, hidratación del cristal
  - b) Efectos del analizador de altura de pulsos, tamaño de ventana y resolución espacial
  - c) Medidas del tiempo de respuesta
  - d) Medidas de resolución espacial intrínseca, extrínseca y cálculo de la modulación de transferencia
  - e) Medidas de múltiples ventanas y errores de registro
  - f) Cuantificación de uniformidad de campo

6. Tomografía de Emisión de fotón simple (SPECT)
  - a) Control de calidad: Calibración del centro de rotación
  - b) Comparación de resolución espacial planar y topográfica
  - c) Medidas de uniformidad de campo, RMS del ruido, corrección de atenuación, y contraste.
  
7. Tomografía por emisión de Positrones (PET)
  - a) Control de calidad
  - b) Medidas de tasas simples, RMS del ruido y contraste

### **Referencias Bibliográficas**

1. AAPM Report No. 6 “Scintillation Camera Acceptance Testing and Performance Evaluation” (American Institute of Physics, New York, 1980)
2. Uso Clínico de radioisótopos. T. Fields L. Seed
3. Digital Image Processing. Mohamed Kayyali
4. Introduction to Physics in Modern Medicine. Suzanne Amador Kane
5. Medical Image Analysis. Atam P. Dhawan
6. Digital Image Processing. Rafael C. Gonzales. Richard E. Woods
7. The essential physics of medical imaging. Jerrold T. Bushberg
8. Señales y Sistema. Oppeheim Willsky Nawab
9. Digital Image Processing. Castleman, K. R., Digital Image Processing
10. Length estimators compared, in Pattern Recognition. In practice II, E.S. Gelsema and L.N.Kawal
11. Single-Photon Emission Computed Tomography. R.J. English and S.E. Brown
12. Instrumentation in Nuclear Medicine. G.J. Hinc.
13. Physics in Nuclear Medicine. J.A. Sorenson and M.E. Phelps
14. Nuclear Medical Physics. L. Williams
15. Diagnostic Nuclear Medicine. M.P. Sandler
16. General Concepts for the Dosimetry of Internally Deposited Radionuclides: Recommendations of the National Council on Radiation protection and Measurements.  
NCRP Report No 84
17. P.J. Ell and B.L. Colman. Computed emission tomography. (Oxford University Press, New York, 1982).
18. R.J. English and S.E. Brown, Single-Photon Emission Computed Tomography: A Primer. 3<sup>rd</sup> edition (The Society of Nuclear Medicine, Inc., New York, 1995).
19. R.F. Firestone, C.M. Baglin and F.S.Y Chu. Table of Isotopes. 8<sup>th</sup> ed. (John Wiley & Sons, New York, 1999).
20. G. D. Frey and M.V. Yester Expanding the Role of Medical Physics in Nuclear Medicine. AAPM Monograph No 18. (American Institute of Physics, New York, 1989).
21. M.L. Goris and P.A. Briandet. A Clinical and Mathematical Introduction to Computer processing of Scintigraphic Images. (Raven Press, New York, 1983).

22. R.E.Henkin et. Al., (eds.) Nuclear Medicine. (Chapters 1-39 for Basic science, others for clinical applications). (Mosby, St. Louis, Mo, 1996).
23. G.J. Hine and J.A. Sorenson, Instrumentation in Nuclear Medicine. (Academic Press, New York, 1974).
24. NCRP Report No 84. "General Concepts for the Dosimetry of Internally Deposited Radionuclides: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurement." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington. DC, 1985).
25. J.A. Sorenson and M.E. Phelp. Physics in Nuclear Medicine, 2<sup>nd</sup> ed. (Grune & Stratton, Inc., Orlando, FL. 1987).

## SYLLABUS

### FM703 FÍSICA DE RADIODIAGNÓSTICO II

CARÁCTER: OBLIGATORIO DE ESPECIALIDAD      CRÉDITOS: 03

PRE-REQUISITOS: FM607

#### Objetivos

- 1- Conocimiento de los fundamentos físicos de las diferentes modalidades de radiodiagnóstico y aplicación apropiada de los mismos.
- 2.- Conocimiento del funcionamiento de los diferentes equipos de radiodiagnóstico.
- 3 - Familiarizar al estudiante con las diferentes técnicas de radiodiagnóstico.
- 4.- Capacitar al estudiante para realizar los controles de calidad en los equipos de radiodiagnóstico.
- 5.- Capacitar al estudiante para implementar y formar parte de un programa de garantía de calidad.

#### CONTENIDO PROGRAMÁTICO

##### UNIDAD I: DIAGNÓSTICO RADIOLÓGICO POR RADIACIONES IONIZANTES.

###### 1. El cuarto de revelado:

- El proceso fotográfico y la sensibilidad de las placas.
- Características del contraste en la película.
- Control de la densidad radiográfica.
- Latitud y sensibilidad de contraste.
- La imagen latente. Velamiento, resolución y detalles radiográficos.
- Tipos de películas. Imagen impresa en papel. CRT, display estéreo y holográfico, evolución en el revelado de las películas.
- Revelado manual y métodos alternativos del revelado, procesos químicos.
- Las pantallas intensificadoras: Construcción, Principios de luminiscencia, clasificación, características, Combinaciones entre pantalla y película, Cuidados de la pantalla.
- Test de aceptación.
- Control de calidad.
- Sección práctica.

###### 2. Unidades de rayos-X convencionales y afines:

- Fantomas
- Test de aceptación.
- Control de calidad.
- Sección práctica.



### **3. Unidades de rayos-X con fluoroscopia y cinefluorografía:**

- Fantomas
- Test de aceptación.
- Control de calidad.
- Sección práctica.

### **4. La imagen digital por rayos-X. Principios físicos de la imagen digital. Características:**

- Fantomas
- Test de aceptación.
- Control de calidad.
- Sección práctica.

### **5. Unidades de rayos-X para mamografía**

- Fantomas
- Test de aceptación.
- Control de calidad.
- Sección práctica.

### **6. Tomografía computarizada:**

- Fantomas
- Test de aceptación.
- Control de calidad.
- Sección práctica.

## **UNIDAD II: DIAGNÓSTICO RADIOLÓGICO POR RADIACIONES NO IONIZANTES.**

### **1. Ultrasonido:**

- Fantomas
- Test de aceptación.
- Control de calidad.
- Sección práctica.

### **2. Resonancia magnética:**

- Fantomas
- Test de aceptación.
- Control de calidad.
- Sección práctica.

### **\*Exposición de trabajos.**

(\*Se les asignará a los alumnos trabajos grupales

## **Referencias Bibliográficas**

- 1.- JERROLD T. BUSHBERG. Essential Physics of Medical Imaging.
- 2.- PROGRAM EMERALD-EMIT Physics of the Radiodiagnostic
- 3.- Ph. D Perry Sprawls. Magnetic Resonance Imaging.
- 4.- STEWART C. BUSHONG. Manual de Radiología para Técnicos.
- 5.- PROTOCOLO ESPAÑOL DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO.
- 6.- INTRODUCCIÓN A LA IMAGEN RADIOGRAFICA MEDICA. Robert J. Pizzutiello, Jr, M.S y John E. Cullinan, R.T para Kodak.
- 7.- JOEL E. GRAY. Quality Control in Diagnostic Imaging.
- 8.- FRANK HERBERT ATTIX. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry.
- 9.- AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY Mammography Quality Control Manual
- 10.-Z. H. CHO. Foundations of Medical Imaging.

## SYLLABUS

### FM706 SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

CARÁCTER: ELECTIVO                      CRÉDITOS: 03

PRE-REQUISITOS: NINGUNO

#### Objetivo

La carencia en nuestro medio de laboratorios con instrumental necesario para realizar medidas de exposición con radiaciones ionizantes imposibilita la evaluación de parámetros radiométricos, sin embargo, con programas computacionales desarrollados para este fin, usando el método Monte Carlo se puede simular condiciones de laboratorio, de tal manera realizar cálculos de los parámetros en cuestión. Este curso tiene el objetivo de brindar esa posibilidad a los profesionales y estudiantes que desean realizar investigación utilizando radiación ionizante.

#### Programa del Curso

Introducción

Cálculo con el método Monte Carlo.

Códigos mas comunes.

Modelos de interacciones de la radiación con la materia.

Instalación de códigos: PENÉLOPE, MCNP.

Características: sistema de exploración, compilación.

Descripción: Estructura, Arquitectura.

Aplicaciones en Física Médica.

Calculos simples

Practica (laboratorio de computo).

#### Evaluación

Primer examen parcial                      :                      Sesiones 1-7 (50%)

Segundo examen parcial                      :                      Sesiones 8-14 (50%)

#### Referencias Bibliográficas

1.- Andreo, P., 1991, "Monte Carlo Techniques in Medical Radiation Physics", **Physical Medical Biology**, v. 36: pp. 861-920

2.- Breisemeister, J.F., 1986, "**MCNP – A GERAL Monte Carlo Code for Neutron and Photon Transport**", Los Alamos National Laboratory, LA-7393.

3.- Salvat, F., Fernández, J.M., Sempau, J. 1996, "**PENÉLOPE, an algorithm and computer code for Monte carlo simulation of electrón-photon showers**", Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas, Barcelona , España.

- 4.- Bohn, T., Pearson, W., Das, R.K., 2001, "Measurement and Monte Carlo Calculations to Determine the Absolute Detector Response of Radiochromic Film for Brachytherapy Dosimetry". **Medical Physics**, v. 28(2): pp. 142-146.
- 5.- Boone, J., 1999, "Glandular Breast Dose for Monoenergetic and High-Energy X-ray Beams: Monte Carlo Assessment", **Medical Physics**, v. 26: pp. 23-37.
- 6.- Cheung, J.Y.C., Yu, K.N., Ho, R.T.K., 2001, "Dose Distributions at Extreme Irradiation Depths of Gamma Knife Radiosurgery: EGS4 Monte Carlo Calculations", **Applied Radiation and Isotopes**, v. 54: pp 461-465.
- 7.- Mohan, R., Antolak, J., 2001, "Monte Carlo Techniques Should Replace Analytical Methods for Estimating Dose Distributions in Radiotherapy Treatment Planning", **Medical Physics**, v. 28(2): pp 123-126.
- 8.- Shrimpton, P.C., Jones, D.G., 1993, "Normalized Organ Doses for X-ray Computed Tomography Calculated Using Monte Carlo Techniques and Mathematical Anthropomorphic Phantom", **Radiation Protection Dosimetry**, v. 49: pp 241-243.
- 9.- Wang, R., Allen, X., 2001, "Monte Carlo Dose calculations of Beta-emitting Sources for Intravascular Brachytherapy: A Comparison Between EGS4, EGSnrc, and MCNP", **Medical Physics**, v. 28(2): pp 134-141.
- 10.- Zankl, M., Panzer, Drexler, G., 1991 "The Calculation of Dose from external photon exposures using reference Human Phantoms and Monte Carlo Methods part IV: Organ Doses from Computed Tomography Examination". GSF-Bericht, 30/91.

## SYLLABUS

### FM707 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES MÉDICAS

CARÁCTER: ELECTIVO

CRÉDITOS: 03

PRE-REQUISITOS: NINGUNO

#### Objetivo

Dar una base sólida en los métodos mas comunes de adquirir, analizar, procesar, archivar, y transmitir imágenes medicas digitales en sus diversas modalidades. Aprender técnicas de Programación Digital usando MATLAB, y su herramienta de Procesamiento Digital de Imágenes, así como otros programas que procesen imágenes. Se hará uso de ejemplos en las áreas de Resonancia Magnética, Tomografía Computarizada, Rayos X, Modalidades Nucleares (PET, SPECT), Ecografía, y nuevas modalidades conforme aparecen.

#### Programa del Curso

El curso esta programado para 42 horas, incluyendo cuatro horas para evaluación, y diez horas de laboratorio.

1. Introducción histórica a las imágenes medicas. El espectro electromagnético y el espectro acústico. Las diversas modalidades de Imágenes Medicas. Acceso a Archivos de Imágenes Medicas ( 3 Hrs).
2. Laboratorio No 1: El entorno de MATLAB: Ventanas de Comando, Editado, Figuras y otras. Operaciones con vectores y matrices. Graficas. Operaciones condicionales ( if ), y repetitivas ( for, while ) Matemática Simbólica. (2 Hrs ).
3. Conceptos Básicos de Imágenes e Imágenes Digitales. Muestreo y Cuantización. Compresión de Imágenes. Formatos de Imágenes. Sistema Visual Humano ( 3 Hrs ).
4. Operaciones de realce de Imágenes. Transformaciones Gamma. Histograma, ecualización de Histograma. Operaciones Aritméticas y lógicas en Imágenes. (4 Hrs)
5. Laboratorio No 2. Operaciones Básicas con Imágenes Usando MATLAB. Ingreso, Realce, y archivamiento de Imágenes. Ecualización de Histograma. Tipos y formatos de Imágenes. ( 2Hrs )
6. Filtraje espacial con el uso de mascarar. Suavizado y detección de bordes. (2 Hrs )
7. Realce de Imágenes en el espacio de frecuencias: Transformada de Fourier Discreta. Filtros Digitales. ( 4 Hrs )
8. Laboratorio No 3: Filtros espaciales y en espacio de Frecuencias usando MATLAB. ( 2 Hrs )
9. Examen de Medio Ciclo .( 2 Hrs )

10. Técnicas en compresión de imágenes: longitud variable, LZW. Compresión con y sin pérdidas. ( 3Hrs )
11. Procesamiento de Imágenes a Color: Modelos RGB, CMY, y HSI. ( 3 Hrs )
12. Laboratorio No 4: Procesamiento de Imágenes a Color usando MATLAB. ( 2 Hrs )
13. Características de Imágenes en las diversas modalidades médicas y particulares de su adquisición, realce, almacenamiento y transmisión. ( 4 Hrs )
14. El estandard DICOM. Telemedicina: PACS ( 2 Hrs).
15. Laboratorio No 5: Acceso a archivos de imágenes médicas a través del Internet. El Programa J-Image ( o similar ), y otros programas de libre acceso. ( 2 Hrs )
16. Exam Final ( 2 Hrs ).

### **Referencias Bibliográficas**

1. “The Essential Physics of Medical Imaging” 2da Edicion, Jerrold T. Bushberg. Lippincott Williams and Wilkins 2002. Una buena referencia de todas las tecnologías de imagines existentes en la actualidad, carece de análisis físicos, ejemplos y problemas.
2. “Digital Image Processing” 2ª Edicion. R. C. Gonzales y R.. Prentice Hall 2002. Con un buen banco de imagenes y problemas. Usaremos mucho de este texto en el curso. La pagina web del libro tiene muchas ayudas visuales y gran parte de las imágenes en el libro: [www.prenhall.com/gonzalezwoods](http://www.prenhall.com/gonzalezwoods) .
3. “Digital Image Processing Using MATLAB” R. Gonzales et al. Prentice Hall 2003. Un excelente libro de referencia sobre el uso de MATLAB. Mucho mejor que el manual de MATLAB. También, muchas imágenes y enlaces en su pagina web: [www.prenhall.com/gonzalezwoodseddins](http://www.prenhall.com/gonzalezwoodseddins)
4. Medical Image Analysis” Atam Dhawan. Wiley 2003. Un buen texto de nivel intermedio, desgraciadamente su banco de problemas no es muy cuantitativos.
5. “Digital Image Processing” Gregory Baxes, Wiley 1994. Es un libro elemental, pero que trae un software (“Hands-On”)que permite explorar transformaciones básicas en Imágenes digitales.
6. “Medical Imaging Physics” 4ta Edicion, William R. Hendee. Mosby 2002. A un nivel parecido a la ref.(1), contiene ejemplos y problemas de practica.
7. “Naked to the Bone” Bettyann Holtzmann. Addison Wesley 1998.Una excelente referencia a la historia de Imagenes Medicas.
8. “Foundations of Medical Imaging” Zang-Hee Cho. Wiley 1993. El libro clasico pero de nivel matematico avanzado lo usaremos como referencia para mejor detalles en Tomografía Computarizada..
9. “Digital Image Processing” K. R. Castleman, Prentice-Hall 1996. Es un text de nivel mas avanzado, con ejercicios.
10. “Digital Image Processing” 4ª Edicion, Bernd Jahne. Springer 1997. Un libro con presentación diferente a Castleman, de nivel similasr, trae el software “Heurisko”.
11. “Fundamentals of Digital Signal Processing” Joyce Van de Vegte. Prentice-Hall 2002. Un libro a nivel antegrado para el Procesamiento Digital de Señales, incluye un Disco Compacto con buenas imágenes y simples ejemplos en PDI.
12. “Filmless Radiology” Eliot Siegel y Robert Kolodner, Springer 2001. Una colección de casos de implementación de PACS y DICOM en diversos sistemas hospitalarios, con énfasis en detalles administrativos.

## SYLLABUS

### FM708 RADIACIONES NO IONIZANTES

CARÁCTER: ELECTIVO                      CRÉDITOS: 03  
PRE-REQUISITOS: NINGUNO

#### **Objetivos**

El curso se desarrolla con la finalidad de proporcionar al participante los fundamentos de las Radiaciones No Ionizantes y sus características que permiten diseñar equipos y sistemas para su aplicación en los diversos sectores de la actividad humana; desarrollando criterios para su empleo en condiciones de seguridad.

Contribuir al perfeccionamiento de los conocimientos sobre las Radiaciones No Ionizantes para la investigación y evaluación de los riesgos asociados a su empleo.

#### **Programa del Curso**

Revisión de conceptos generales. Constitución de la materia física y biológica. Magnitudes y Unidades. El Espectro de Masas. Energía. Ondas Electromagnéticas, Magnitudes y Unidades. El Espectro Electromagnético. Transformaciones Materia-Energía. Creación de materia, creación de energía. Equipos y Sistemas de Transformación

Las Radiaciones No Ionizantes, su naturaleza.- Características y Tipos.- Fuentes Naturales y Artificiales de RNI.

La Radiación Ultravioleta.- Fuentes de Radiación, límites de exposición.-Atenuación y absorción.- Detección y Medición.

La Luz Visible.- Fuentes de Radiación, límites de exposición.-Atenuación y absorción.- Detección y Medición.

La Radiación Infrarroja.- Fuentes de Radiación, límites de exposición.-Atenuación y absorción.- Detección y Medición.

Radiofrecuencias y Microondas.- Fuentes de Radiación, límites de exposición.-Atenuación y absorción.- Detección y Medición.

Radiaciones de Baja Frecuencia.- Fuentes de Radiación, límites de exposición.-Atenuación y absorción.- Detección y Medición.

Efectos Biológicos, Ambientales y Electromagnéticos.- Características de la Exposición.- Beneficios y Daños.

Impacto Electromagnético.- Emergencias Radiológicas.- Evaluación Comparativa de Riesgos.

Aspectos Tecnológicos y Reglamentarios.- Regulación Nacional e Internacional.- Disposición final de equipos y sistemas.

El Curso incluye Visitas Técnicas a instalaciones médicas, industriales y de investigación.

#### **Referencias Bibliográficas**

Organización Mundial de la Salud.- Proyecto Campos Electromagnéticos

<http://www.who.int/peh-emf/en/>

USA, Comisión Federal de Comunicaciones, Oficina de Ingeniería y Tecnología: Seguridad en Radiofrecuencias <http://www.fcc.gov/oet/rfsafety/>

INICTEL, Campos Electromagnéticos <http://www.inictel.gob.pe>

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)

<http://www.icnirp.de/>

## SYLLABUS

### FM709 ELECTRÓNICA Y EQUIPAMIENTO PARA FÍSICOS MÉDICOS

CARÁCTER: ELECTIVO

CRÉDITOS: 03

PRE-REQUISITOS: NINGUNO

#### Objetivo

Complementar los conocimientos de electrónica básica orientándola hacia las aplicaciones en Física Médica. Conocer el uso y funcionamiento de los equipos de mayor uso, así como tomar conocimiento de las normas y estándares de calidad.

Se espera que al finalizar el curso el estudiante sea capaz no solo de conocer la electrónica básica de los equipos sino de compenetrarse con las funciones relacionadas con la compra, aceptación y mantenimiento de equipos, especialmente de radiodiagnóstico y radioterapia, además de poder diagnosticar fallas menores y reparaciones cuando las circunstancias así lo exijan.

#### Programa del Curso

Revisión de componentes reales.

Amplificadores típicos y sus aplicaciones:

Procesamiento de Señales:

Conversión A/D y D/A. Sistemas de adquisición de datos:

Arquitectura del computador:

Electrónica de pulsos:

Interfases

Electrónica para evaluación radiométrica

Normativa para el uso de los equipos y estándar de calidad:

Visitas y charlas técnicas con personal de empresas proveedoras de equipos. Demostraciones del uso de equipos comerciales.

#### Evaluación

Nota final =  $0.3 \times (\text{promedio de Practicas}) + 0.2 \times \text{Examen Parcial} + 0.4 \times \text{Examen Final}$

#### Referencias Bibliográficas

1. DeMare, D. A. and D. Michaels, *Bioelectronic Measurements*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1983.
2. Horowitz, P. and W. Hill, *The Art of Electronics*, second edition, Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1991.
3. Knoll, G. F., *Radiation Detection and Measurement*, third edition, John Wiley and Sons, New York, New York, USA, 2000.
4. Tompkins, W. J., and J. G., Webster, *Design of Microcomputer-based Medical Instrumentation*, Prentice-Hall Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A., 1981.



5. Webster, J. G.(editor), *Medical Instrumentation: Application and Design*, Houghton Mifflin, Boston, Massachusetts, U.S.A.,1978.
6. Bioelectronic Measurements, DeMare, D. A. and D. Michaels
7. The Art of Electronics, Horowitz, P. and W. Hill
8. Radiation Detection and Measurement, Knoll G. F.
9. Design of Microcomputer-based Medical Instrumentation, Tompkins, W. J. And J.G.
10. Electrónica Digital, Millman and Taubb
11. Señales y Sistemas, Oppenheim Willsky Nawab
12. Computed Emisión tomography, P.J. Ell and B.L. Holman

## **ENTRENAMIENTO CLÍNICO DEL FÍSICO MÉDICO EN RADIOTERAPIA**

### *Objetivo*

El objetivo principal del programa es capacitar al físico médico para su desempeño independiente en la práctica clínica de la Física de la Radioterapia.

### *Estructura*

Para conseguir el objetivo del entrenamiento se requiere de una infraestructura adecuada, instalaciones, equipos, personal, supervisores, pacientes y ambiente profesional adecuado. El físico médico debe estar bajo la supervisión directa de un tutor (físico médico cualificado con más de 2 años de experiencia en el área de entrenamiento) y, en lo posible, debe formar parte de un equipo de trabajo compuesto por físicos médicos especializados en Radioterapia.

### *Equipamiento.-*

En cuanto al equipamiento, el centro de entrenamiento debería disponer, como mínimo, de los siguientes equipos y sistemas:

- Acelerador lineal (modalidad electrones y fotones),
- unidad de Cobalto-60,
- simulador convencional y/o TAC-simulador, o 1 TAC dedicado a radioterapia,
- equipo de braquiterapia de carga remota,
- sistema de planificación computarizado para teleterapia y braquiterapia,
- sistemas de dosimetría y escaneo de haces,
- sistemas de dosimetría in vivo,
- sistemas de imágenes portales (film y /o EPID),
- taller de moldes,
- instrumentos para monitoreos de protección radiológica.

### *Duración:*

Un período de un año es el tiempo mínimo requerido para proveer experiencia clínica en Física de la Radioterapia. Esto, después de haber cumplido con la parte lectiva. Al finalizar este año el físico debería alcanzar las competencias para su desempeño profesional independiente.

### *Contenidos:*

El equipo de trabajo debe ofrecer progresivamente responsabilidades a los estudiantes en el área de capacitación, asegurándose de que realicen cada vez más independientemente los procedimientos contenidos en la práctica clínica de la Física de la Radioterapia, incluyendo todos los aspectos descritos en el programa siguiente:

#### **I. Dosimetría**

- Utilizar equipos medidores de dosis y entender su potencialidad, limitaciones y problemas
- Evaluar el uso de diferentes dosímetros en distintas situaciones clínicas
- Especificar y justificar los equipos requeridos para el servicio de dosimetría del departamento de radioterapia.
- Evaluar las incertidumbres en la medición de dosis

#### **II. Principios y aplicaciones de radiobiología**

- Uso de modelos radiobiológicos tales como LQ, TCP Y NTCP
- Encontrar que parámetros son usados para estos modelos por el radioterapeuta
- Encontrar que modelos y parámetros son usados en el sistema de planificación de tratamientos del departamento
- Calcular ejemplos prácticos con el modelo lineal cuadrático

#### **III. Radioterapia externa**

##### *Equipos de imágenes y tratamientos*

- Conocer la construcción y diseño de equipos de tratamiento e imágenes, sus parámetros y factores que los afectan (energía, planicidad, tasa de dosis, dosis por unidad de de monitor, etc.)
- Observar y asesorar los mantenimientos de los equipos de radioterapia
- Especificaciones y selección de aceleradores lineales y otros equipos de tratamiento
- Realizar las pruebas de aceptación y puesta en servicio de éstos equipos.
- Control de calidad periódico de los equipos de tratamiento e imágenes.

##### *Dosimetría clínica de haces de tratamiento convencional*

- Investigar y aplicar protocolos de dosimetría, incluyendo códigos de prácticas nacionales
- Participar en la calibración de equipos medidores de radiación incluyendo cámaras de ionización y diodos
- Realizar medidas de las cámaras en su fuente de referencia ( por Ej. Sr-90)
- Realizar medidas de dosis absolutas y relativas (factores de campos, PDP, perfiles, etc.)
- Usar maniqués de agua tanto manuales como computarizados y realizar pruebas de control de calidad
- Participar en la adquisición e introducción de datos a los sistemas de planificación de tratamientos.

##### *Adquisición de datos de pacientes*

- Verificar la transmisión de imágenes y otros datos vía red desde el CT y el simulador al sistema de planificación y de éste al acelerador lineal, así como el control de calidad respectivo del sistema de transferencia.
- Especificar, justificar y clasificar los criterios para la selección de equipos generadores de imágenes en radioterapia (simulador, CT, RMI, PET, SPECT, PET)
- Participar en el uso de éstas imágenes para localización y tratamiento en la práctica clínica
- Producir y verificar contornos y delimitaciones y otros datos del paciente para la planificación de tratamientos.
- Evaluar la incertidumbre en la data del paciente.

#### *Planificación de tratamiento*

- Asistir y comparar los procesos de delimitación de GTV, CTV, PTV y OR para diferentes localizaciones
- Participar en discusiones con grupos multidisciplinarios
- Verificar el proceso de transferencia de imágenes al sistema de planificación de tratamiento
- Conocer las limitaciones de los algoritmos de los sistemas de planificación de tratamiento usando toda la información disponible
- Investigar los efectos de cambios de parámetros en el plan de tratamiento usando los sistemas disponibles
- Investigar los métodos usados para tomar en cuenta las inhomogeneidades y falta de tejido en irradiación con haces de fotones, tales como patrones de longitud equivalente, ETAR, convolución y superposición.
- Realizar cálculos manuales de unidades de monitor y tiempo para haces fotones y electrones de equipos de megavoltaje en diferentes situaciones clínicas.
- Realizar planificación manual simple.
- Producir distribuciones de dosis en campos extendidos de tratamiento.
- Especificar, justificar y clasificar los criterios para la selección de equipos de planificación de tratamiento.
- Selección de energías de fotones y electrones para aplicaciones clínicas.
- Producir planes de tratamiento que muestren el efecto de oblicuidad y heterogeneidades.
- Producir planes de tratamiento usando diferentes fuentes de imágenes y un representativo número de blancos, usando modificadores de haces tales como cuñas, bloques, MLCs, compensadores y bolus.
- Investigar el uso de protocolos disponibles de IMRT.
- Realizar control de calidad del sistema de planificación de tratamiento y la data contenida en el mismo.
- Verificar los cálculos computarizados de unidades de monitor de los planes de tratamiento usando programas independientes tomando en cuenta los factores de tamaño de campo, factores de cuña y bandeja, etc.
- Revisar los planes de tratamiento individual de cada paciente.

### *Técnicas en radioterapia*

- Comparar diferentes niveles de complejidad en la planificación de tratamiento con relación a los requerimientos clínicos y la incertidumbre asociada
- Observar y evaluar un conjunto representativo de tratamientos a pacientes
- Observar y evaluar técnicas especiales de tratamiento tales como radioterapia estereotáxica, irradiación corporal total, irradiación total de piel, etc.
- Comparar protocolos nacionales e internacionales con aquellos usados en la institución.

### *Verificación de tratamientos*

- Acompañar al físico e interactuar con los pacientes según los reglamentos de la práctica médica local
- Observar y evaluar actividades en el cuarto de moldes y la producción de dispositivos de inmovilización y bloques de protección
- Verificar el uso de éstos dispositivos durante el proceso de simulación, su uso en el sistema de planificación y los equipos de tratamiento
- Observar el uso del simulador para la verificación del tratamiento antes de ejecutarlo
- Verificación con maniqués de los planes de tratamiento
- Evaluar las discrepancias entre las imágenes portales, imágenes de verificación del simulador y las DDRs
- Usar sistema de almacenamiento y verificación

### *Aseguramiento de la calidad en radioterapia*

- Determinar las fuentes y niveles de incertidumbre en la geometría y entrega de la dosis y los métodos de monitoreo y control de las mismas
- Evaluar los reportes de incidentes en el departamento así como las acciones tomadas

## **IV. Braquiterapia**

### *Equipamiento*

- Justificar la elección de fuentes de uso en braquiterapia y las razones de la misma en situaciones clínicas particulares.
- Mostrar las ventajas y desventajas de las fuentes disponibles localmente.
- Observar el uso seguro y custodia de fuentes radioactivas pequeñas, así como las acciones prácticas a tomar en caso de pérdida y deposición final de las mismas.
- Realización de pruebas de fuga de las fuentes.
- Asistir en la preparación de fuentes de braquiterapia para uso clínico.

### *Especificación de las fuentes*

- Medir la actividad o calibración de fuentes de braquiterapia de uso local, usando métodos disponibles y determinar la incertidumbre de la medida.

### *Técnicas y métodos de tratamiento*

- Investigar los sistemas dosimétricos para braquiterapia intersticial e intracavitaria (Sistemas de París y Manchester)
- Planificar la distribución de fuentes para la dosis requerida

- Participar en el proceso completo clínico completo de braquiterapia tanto manual como de carga remota diferida, haciendo la localización, plan de tratamiento y la aplicación misma.

#### *Planificación de tratamiento y cálculo de dosis en braquiterapia*

- Investigar los algoritmos usados localmente para el cálculo y optimización de la dosis
- Calcular el tiempo de tratamiento para inserciones intracavitarias usando métodos manuales
- Calcular el tiempo de tratamiento para implantes intersticiales usando métodos manuales
- Producir distribución de dosis en tratamientos de braquiterapia utilizando sistemas computarizados.

#### *Aseguramiento de la calidad en braquiterapia*

- Realizar el control de calidad de las fuentes de braquiterapia, aplicadores y equipos

### **V. Protección radiológica**

- Evaluar la aplicación de las leyes vigentes
- Realizar mediciones de radiación en las áreas utilizando los instrumentos adecuados
- Discutir sobre el uso de dosímetros personales (películas, TLD, etc.)
- Investigar los factores de riesgo a la radiación
- Discutir los planes de emergencia
- Asesorar sobre los riesgos que se corren
- Cálculo de barreras para los equipos, aceleradores, simulador, braquiterapia y locales para la preparación de radiofármacos
- Investigar cuales son los depósitos locales de desperdicios
- Discutir sobre los procesos de recontaminación después del derramamiento de un radionucleido

## **ENTRENAMIENTO CLÍNICO DEL FÍSICO MÉDICO EN RADIODIAGNÓSTICO**

### *Equipamiento*

- Demostrar y comprender los principios de la garantía de calidad aplicada a los sistemas de imagenología diagnóstico.
- Saber operar los equipos de radiografía y fluoroscopia con fines de realizarles pruebas de controles de calidad y de seguridad (la operación de equipos más complejos, como TAC, puede requerir la asistencia de un operador más experimentado).
- Ejecutar las mediciones destinadas a las pruebas de seguridad, puesta en servicio y controles periódicos, en un espectro amplio de sistemas de radiodiagnóstico.
- Ejecutar las mediciones destinadas a evaluar la calidad de las imágenes de varios tipos de equipos, que incluya como mínimo los diferentes tipos de chasis de películas y los sistemas con pantallas intensificadoras de imágenes.
- Comprender los principios de funcionamiento de los sistemas de radiología digital, y las pruebas de su funcionamiento.

- Hacer análisis de resultados y emitir conclusiones preliminares a partir de estas mediciones, en particular, respecto a las opciones de los equipos para un óptima utilización.

#### *Dosimetría de pacientes*

- Realizar las mediciones y cálculos necesarios para determinar la dosis recibida por los
- pacientes en un amplio rango de exámenes, que deben incluir estudios de radiografía, fluoroscopia, TAC y mamografía.
- Analizar las mediciones de dosis en pacientes, extrayendo conclusiones en el contexto de la optimización de la práctica.
- Determinar, mediante simulación y/o mediciones, las vías de reducción de la dosis al paciente.
- Calcular las dosis a los órganos y las dosis efectiva, relacionar la dosis al riesgo radiológico y saber informar de manera efectiva el riesgo asociado al examen.

#### *Protección Radiológica*

- Realizar mediciones para determinar los riesgos y demostrar conocimiento sobre las medidas de radioprotección disponibles para el personal ocupacionalmente expuesto en los departamentos de radiodiagnóstico.
- Realizar las mediciones y cálculos necesarios para el diseño seguro de instalaciones radiológicas (con énfasis en la selección de los materiales constructivos apropiados).
- Discutir el alcance, requerimientos e interpretación de las legislaciones relevantes, protocolos de dosimetría, regulaciones y guías locales.

### **Imagenología por Resonancia Magnética (IRM)**

#### *Empleo de los equipos*

- Describir la operación y funcionamiento de los principales componentes de los sistemas de IRM.
- Seleccionar y ubicar de forma apropiada las bobinas de RF para los maniqués de pruebas o pacientes.
- Saber manejar los equipos de IRM para la obtención de imágenes con objetos de pruebas.
- Seleccionar los protocolos y parámetros de adquisición de imágenes apropiados para producir imágenes T1, T2 y de densidades de protones, usando secuencias básicas de pulso espín-eco y gradiente-eco.
- Familiarizarse con la técnicas y secuencias más avanzadas de uso clínico en la institución.
- Conocer las estrategias para la reducción de artefactos de movimientos, tales como el “gating” cardíaco y respiratorio, e imágenes en inspiración (“breathhold imaging”).
- Tener conocimiento de un amplio diapason de sistemas de IRM disponibles en el mercado, particularmente en lo que respecta a sus intensidades de campo y aplicaciones clínicas.

#### *Aplicaciones clínicas*

- Familiarizarse con las imágenes normales y patológicas obtenidas en aplicaciones comunes usando secuencias de pulsos simples. Familiaridad

- Conocer el papel de los parámetros de las imágenes en la determinación del contraste y los efectos subyacentes al variar estos parámetros para *spin-echo and gradient echo pulse* sequences.
- Dominar al menos dos o más técnicas especializadas de uso clínico en el servicio donde se realiza el entrenamiento, tales como, por ejemplo, angiografía por resonancia magnética, espectroscopía por resonancia magnética, IRM funcional, *diffusion-weighted imaging*, *perfusion-weighted imaging*.

#### *Aseguramiento de la calidad y medidas de seguridad*

- Ejecutar los procedimientos rutinarios para controlar los parámetros de calidad de las imágenes, tales como relación señal-ruido, uniformidad y distorsión.
- Conocer los principales factores instrumentales que afectan la calidad de la imagen.
- Conocer las principales fuentes de artefactos en las imágenes, y los métodos para su reducción.
- Tener conocimiento de los potenciales riesgos biofísicos y prácticos de los equipos de IRM, incluyendo los riesgos asociados a los sistemas criogénicos, sistemas de protección contra incendios y otros sistemas de emergencia.
- Dominar las principales normas y recomendaciones nacionales e internacionales sobre la seguridad en la IRM.
- Reconocer las diversas implicaciones en la seguridad de los IRM con diferentes intensidades de campo y/o diseños.
- Estar familiarizado con los conceptos de áreas controladas para Resonancia Magnética, y con los controles administrativos requeridos para garantizar la seguridad en tales áreas.

### **Ultrasonido (US).**

#### *Empleo de los equipos y aplicaciones clínicas*

- Describir la operación y funcionamiento de los principales componentes de un escaner de ultrasonido, incluyendo ejemplos de las nuevas tecnologías.
- Saber usar los equipos de ultrasonido para obtener imágenes de objetos o maniqués de prueba, e información de velocidad de arterias periféricas.
- Discutir la selección de los equipos y sus configuraciones para diferentes aplicaciones clínicas.
- Reconocer y explicar los artefactos en las imágenes.
- Reconocer apariencias normales y patológicas en exámenes simples, usando herramientas como escalas de grises, flujos de colores, Doppler espectral y displays en modo M.
- Demostrar conocimiento de las aplicaciones terapéuticas del ultrasonido.

#### *Pruebas de controles la calidad y medidas de seguridad*

- Ejecutar los procedimientos rutinarios para controlar los parámetros de calidad de los equipos de ultrasonido diagnóstico y terapéuticos
- Dominar las técnicas para el control de calidad de los sistemas Doppler.
- Analizar los resultados de las calibraciones y los controles de calidad.

- Medir el potencial acústico total de equipos de US diagnóstico y terapéuticos.
- Medir, usando hidrófonos, la presión acústica y las intensidades derivadas de sistemas pulsados y de onda continua,.
- Determinación de índices térmicos y mecánicos a partir de medida.
- Discutir las razones y aplicaciones de los índices térmicos y mecánicos.
- Discutir los bioefectos que pueden ser asociados al uso del US, y las medidas de seguridad apropiadas que deben tomarse al efecto.
- Demostrar conocimiento de las normas y guías de seguridad de los equipos de US diagnóstico y terapéuticos.
- Discutir los riesgos eléctricos asociados al uso de los equipos de US.

## **ENTRENAMIENTO CLÍNICO DEL FÍSICO MÉDICO EN MEDICINA NUCLEAR**

### *Empleo de los equipos y aplicaciones clínicas*

- Describir la operación y funcionamiento de los principales componentes del equipamiento empleado en medicina nuclear, incluyendo gammacámaras, contadores de muestras, calibradores de radionúclidos, etc.
- Realizar operaciones de rutina con estos equipos (incluyendo adquisición de datos e imágenes, y su procesamiento), reconocer los posibles artefactos en los datos y las imágenes.
- Conocer las principales instalaciones necesarias para la producción de radiofármacos.
- Preparar radiofármacos simples marcados con Tc-99m, usando los protocolos apropiados.
- Describir y demostrar las características notables de las imágenes con los radionúclidos y exámenes más comunes, incluyendo su contexto y uso clínico.
- Demostrar conocimiento sobre un rango amplio de procedimientos con radiofármacos.

### *Garantía de la calidad y medidas de seguridad*

- Realizar calibraciones de rutina y pruebas de controles de calidad en la mayor parte de los equipos usados en medicina nuclear (esto debe incluir sistemas SPECT y eventualmente PET).
- Analizar los documentos y registros de resultados de los controles de calidad.
- Identificar y aplicar los procedimientos y medidas de radioprotección, incluyendo los principios de blindajes, distancia y tiempo.
- Identificar las acciones apropiadas a seguir ante la ocurrencia de accidentes o incidentes y dominar las técnicas de descontaminación.
- Demostrar conocimientos sobre el papel de las auditorías clínicas y administrativas en la medicina nuclear.
- Dominar el alcance, requerimientos e interpretación de las legislaciones nacionales vigentes en relación al uso de radiofármacos y fuentes no selladas;
- Dominar los protocolos de calibración y otras guías y regulaciones de las prácticas de medicina nuclear.