CURSO DE ACTUALIZACIÓN EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA MÉDICOS RADIONCÓLOGOS

FUNDACIÓN MARIE CURIE
CÓRDOBA, 21 al 23 de NOVIEMBRE 2013

Ana M. Larcher
alarcher@arn.gob.ar

FUENTES DE RADIACIÓN ASOCIADAS A LA RADIOTERAPIA MODERNA

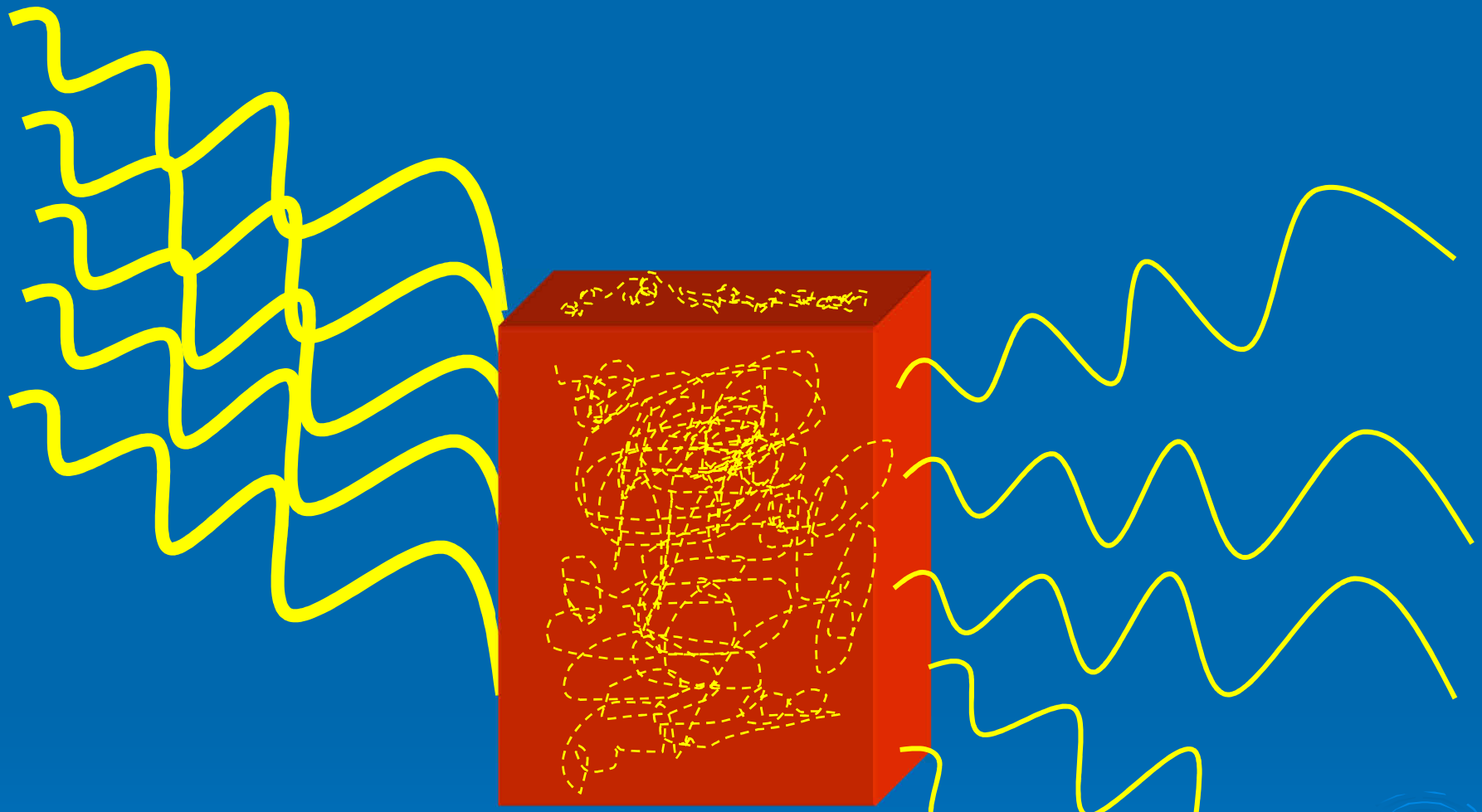
TEMARIO

- BREVE REVISIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS
- QUÉ ES UNA FUENTES DE RADIACIÓN
- DE QUÉ MANERA ABORDAMOS EL TEMA DE LAS FUENTES DE RADIACIÓN
- FUENTES Y RIEGOS ASOCIADOS A LA RADIOTERAPIA
- USO DE IMÁGENES EN RADIOTERAPIA MODERNA: ¿UN TEMA DE RADIOPROTECCIÓN?
- ASPECTOS DE CALIBRACIÓN DE FUENTES
- CONCEPTOS DE SEGURIDAD FÍSICA DE FUENTES

¿Por qué razón física, las radiaciones ionizantes le resultan útiles al hombre?

La utilidad de la radiación ionizante proviene de la Interacción

RADIACION ⟷ MATERIA



Cuando Radiación y Materia interactúan se modifican recíprocamente

INTERACCION RADIACION - MATERIA

Modificaciones en el Haz de Radiación →

INFORMACIÓN (o DIAGNÓSTICO)

sobre → **Materia viva**

sobre → **Materiales**

Modificaciones en el Material Irradiado →

CAMBIOS (o TRATAMIENTO)

en → **Materia viva**

en → **Materiales**

Usos Médicos de las Radiaciones Ionizantes

- **USOS DIAGNÓSTICOS:** Imágenes diagnósticas de enfermedades o lesiones.

- **USOS TERAPÉUTICOS (CURATIVOS O PALIATIVOS):** Destrucción de células tumorales o inhibición de la proliferación de tejidos.

¿Qué es una fuente de radiación?

FUENTES DE RADIACIÓN

- **DEFINICIÓN**: “Una fuente de radiación es cualquier cosa que pueda causar exposición a la radiación - ya sea por emisión de radiación ionizante o por liberación de material radiactivo – y que puede ser tratada como una entidad única para fines de protección y seguridad” (Glosario nueva Norma Básica del OIEA)

FUENTES DE RADIACIÓN

- **DOS GRANDES GRUPOS**

  - **FUENTES RADIACTIVAS**: Aquellas que contienen material radiactivo (material que emite radiación ionizante)
  - **GENERADORES DE RADIACIÓN:** Dispositivos capaces de generar radiación ionizante, tales como generadores de Rayos X

Los Materiales Radiactivos
irradian sin necesidad
de una fuente de energía externa

Y **no** se los puede
"desconectar"
para que dejen de irradiar

Pero los niveles de radiación
disminuyen con el tiempo
porque la Actividad decae

Los Generadores de Radiación requieren de una fuente de energía externa

Se los puede "desconectar" para que dejen de irradiar

¿De qué manera abordamos el tema de las fuentes de radiación?

3 VISIONES DE UN MISMO ELEMENTO

3 VISIONES DE UN MISMO ELEMENTO

3 VISIONES DE UN MISMO ELEMENTO

EVALUACIONES DE SEGURIDAD

El análisis de todos los aspectos de una práctica que son relevantes para la protección y la seguridad

REPRESENTAN EL ESQUEMA DE PENSAMIENTO DEL ESPECIALISTA EN RADIOPROTECCIÓN

Evaluaciones de seguridad

1er Paso

- **Conocer**
  - **OBJETIVO y CARACTERÍSTICAS DE LAS PRÁCTICAS**
  - **FUENTES ADSCRIPTAS A ELLAS**

2do Paso

- **Evaluar**
  - **CARÁCTER DE LAS EXPOSICIONES (esperadas y potenciales)**
  - **MAGNITUD DE LAS DOSIS ESPERADAS**

3er Paso

- **Determinar**
  - **TIPO Y AMPLITUD DE LA MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD PARA OPTIMIZAR LA PROTECCIÓN Y DAR CUMPLIMIENTO A LAS NORMAS**

EVALUACIONES DE SEGURIDAD

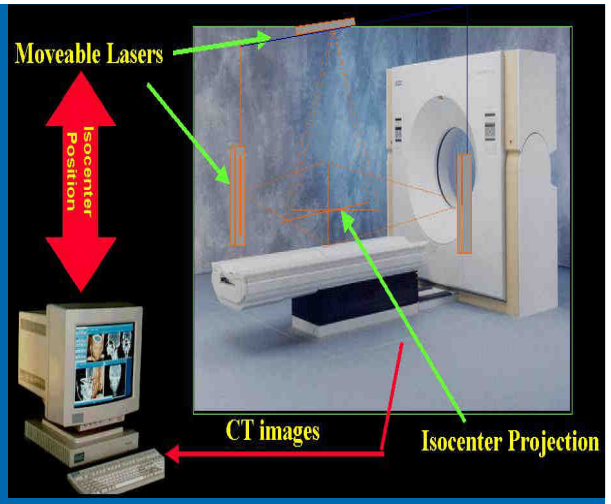
Nueva NBS, RQ 13, 3.29 a 3.36 para situaciones de exposición planificada

Requirement 13: Safety assessment

"The regulatory body shall establish and enforce requirements for safety assessment, and the person or organization responsible for a facility or activity that gives rise to radiation risks shall conduct an appropriate safety assessment of this facility or activity".

Nos ocupamos de las fuentes de radiación porque….

FUENTES Y RIESGOS ASOCIADOS A LA RADIOTERAPIA



Radioterapia: 2 Modalidades Múltiples y variadas fuentes

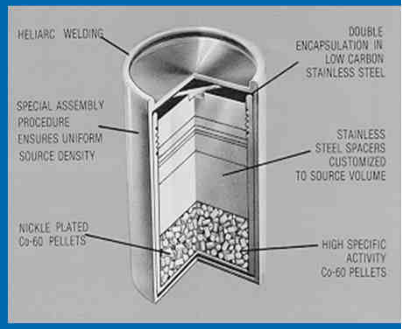
HAZ EXTERNO

BRAQUITERAPIA

Radioterapia
Fuentes Radiactivas

3,7 MBq – 370 TBq

(10^{-4} Ci – 10^{4} Ci)



Rango de actividad de fuentes

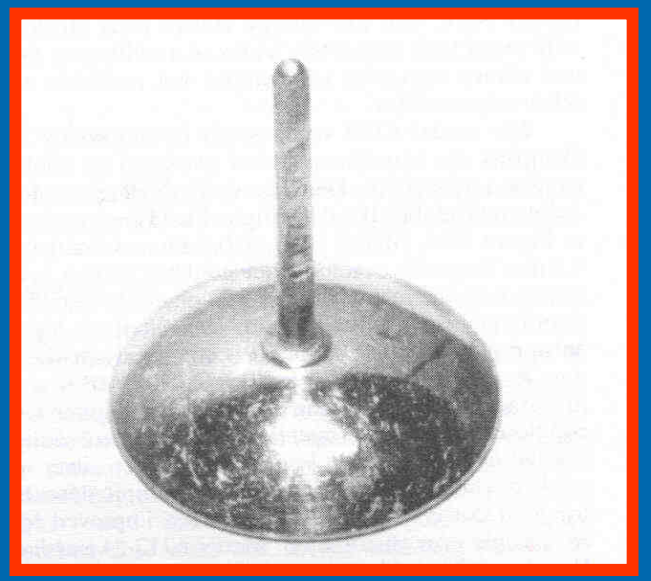
Radioterapia
Fuentes Radiactivas

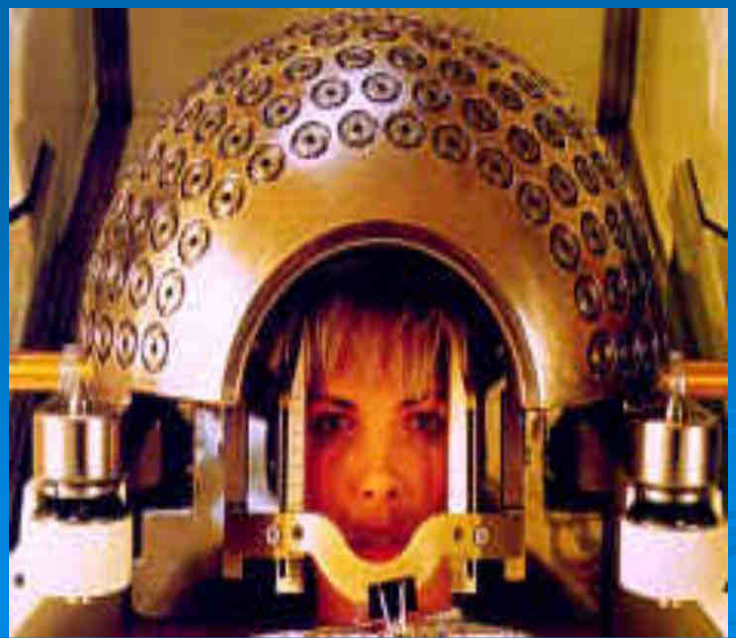
Aplicador oftálmico

Fuentes beta de 90-Sr/Y

Actividades típicas:

40-200 MBq (10-50 mCi)





Gammaknife

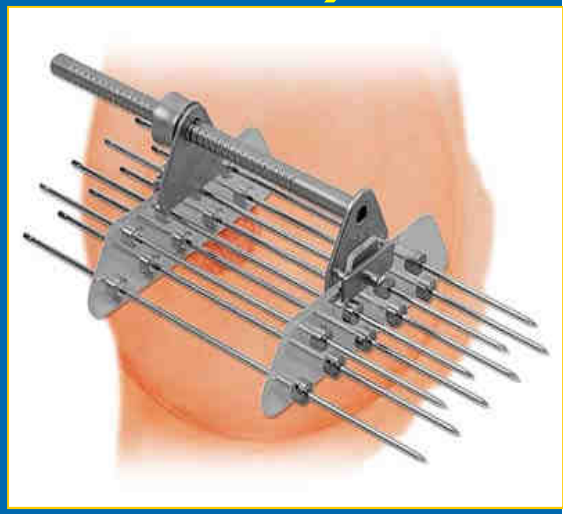
201 fuentes gamma de Co-60

Actividades típicas:

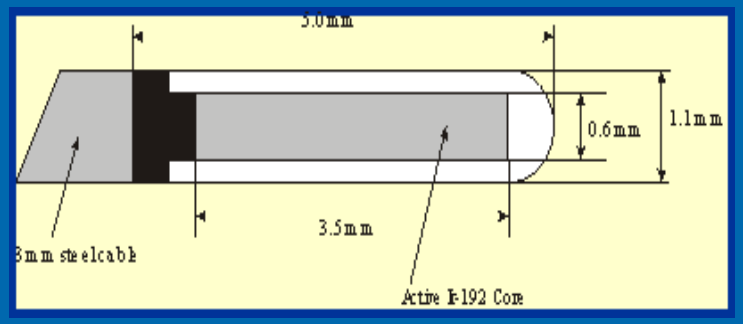
1.1 TBq (30 Ci)

Fuentes de Ir-192 (alambres)

- Usados en implantes intersticiales
- Su actividad depende de la longitud empleada en el implante

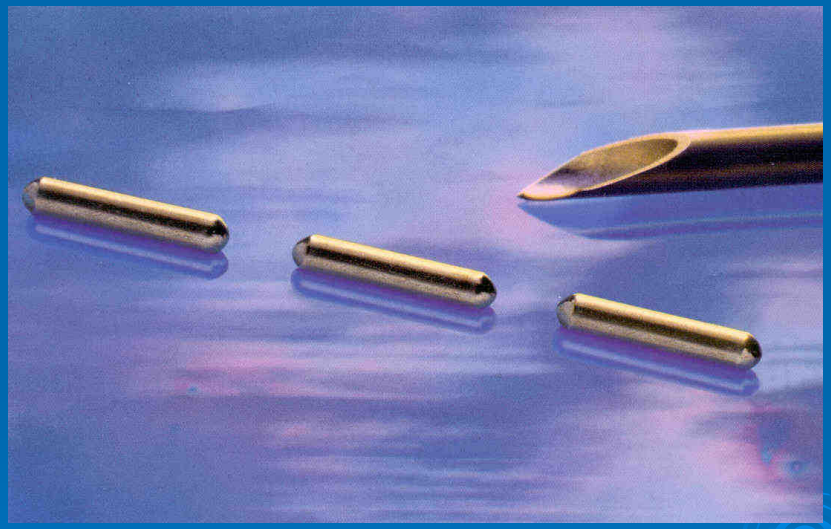


Fuente de Ir-192 para HDR



- 370GBq (10 Ci)

Semillas de I-125



- 13.3 MBq (0,36 mCi)

Radioterapia
Generadores de radiación

Equipos de Tratamiento

Típicamente
aceleradores lineales
Energías de 6 MV

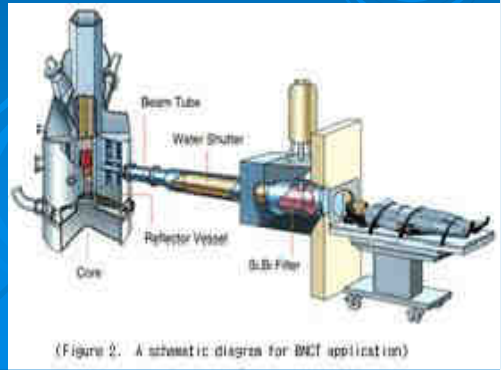
Generadores de radiación cada vez más complejos

ANTES

AHORA

Generadores de radiación cada vez más complejos

Rayos X,
pero
también
e-, p, n y
múltiples E



¿ Y qué otras fuentes de radiación se asocian a la radioterapia?

Imágenes en RT convencional

Más generadores de radiación

TOMÓGRAFÍA

SIMULACIÓN

IMÁGENES PORTALES

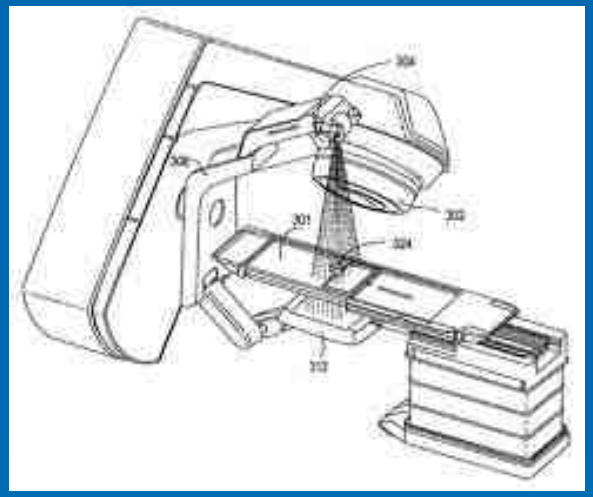
Imágenes para localización, planificación y verificación

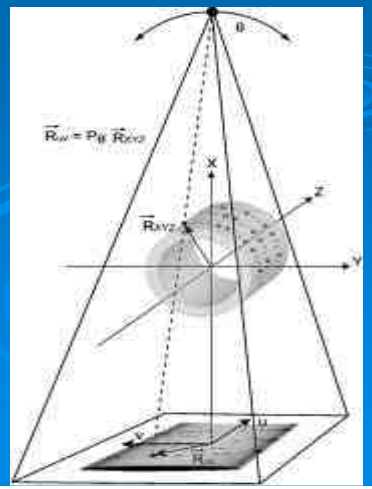
- Hasta fines de los ‘90 las imágenes asociadas a un tratamiento de RT se circunscribían a un estudio tomográfico para planificación, una o dos imágenes de simulación para setup y una o dos imágenes portales al comienzo de fracciones de tratamiento pre-seleccionadas.
- Se asumía que la anatomía expuesta del paciente toleraba errores de alineamiento del orden de 5 a 15 mm.

Imágenes en RT moderna

- El desarrollo de la RT conformada 3D, la IMRT y la radiocirugía sin marco estereotáxico han disminuido la tolerancia en los errores de alineamiento a unos pocos mm
- Como los blancos se mueven y deforman durante el tratamiento.
- La **IGRT** se ha introducido para lidiar con esos escenarios pero ha llevado a la necesidad de introducir múltiples procedimientos de imágenes para planificación, simulación, set up y monitoreo intra e inter-fracciones.

Uso de imágenes en RT moderna: Un problema de radioprotección?





Imágenes en un tratamiento de IGRT

Un tratamiento complejo de IGRT puede incluir:

- Planificación con CT para contornear el blanco y las estructuras críticas. En ciertos casos fusión de imágenes con PET-CT
- 4D CT (o CT con correlación respiratoria) si los órganos se mueven con la respiración
- Simulación mediante CT virtual y DRRs
- Set up al comienzo de cada fracción con imágenes portales o in-room CT (convencional o cone-beam, kV o MV)
- Seguimiento intra-fracción del movimiento del blanco mediante imágenes radiográficas duales, fluoroscopia o imágenes portales con EPID en modo CINE.

Múltiples Fuentes, Múltiples Exposiciones!

Ejemplos de acumulación de dosis debida a imágenes (tomado de AAPM Publ. 95)

Ej 1

- **Tratamiento rutinario de próstata en paciente de 70 años, incluyó:**
- **CT convencional fan beam para planificación (E1= 8.2 mSv)**
- **30 pares de imágenes portales (diarias) a 2 UM c/u (1,3 mSV) E2 = 39 mSv**
- **E = E1 + E2 = 47.2 mSv**
- **Probabilidad de inducción de cáncer fatal por una exposición radiográfica única: 5 x 10^{-5}/mSv (ICRP 60)**
- **Riesgo debido a exposición 0,2 %. Despreciable**

Ejemplos de acumulación de dosis debida a imágenes (tomado de AAPM Publ. 95)

Ej 2

- **Tratamiento de cáncer cervical en paciente femenina de 30 años, incluyó:**
- **30 in room-CT (diarias) para localización y compensación por deformación de órganos (E = 30 x 8.2 mSv = 246 mSv)**
- **Probabilidad de inducción de cáncer fatal por una exposición radiográfica única: 5 x 10^{-5}/mSv (ICRP 60)**
- **Riesgo debido a exposición 1,2 %. No despreciable. Necesidad de optimización**

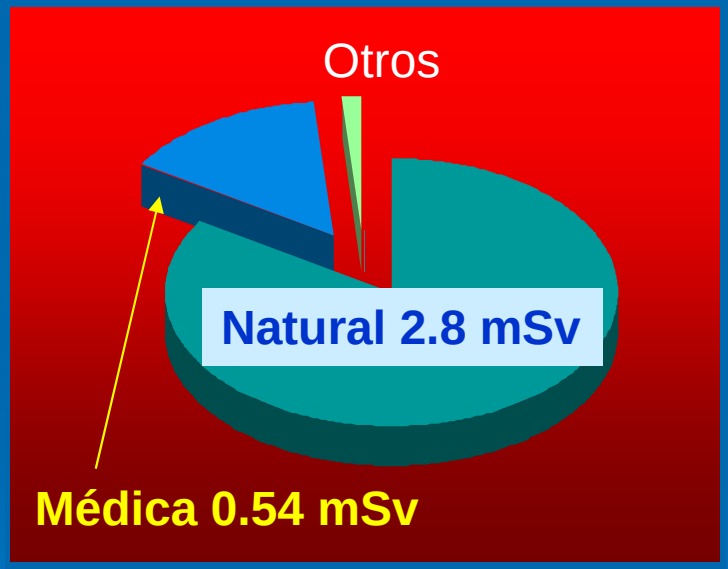
Pensemos también

Cuál será el riesgo en exceso de cáncer para un paciente de 20 años tratado con IGRT por una malformación arteriovenosa?

Y no olvidemos…

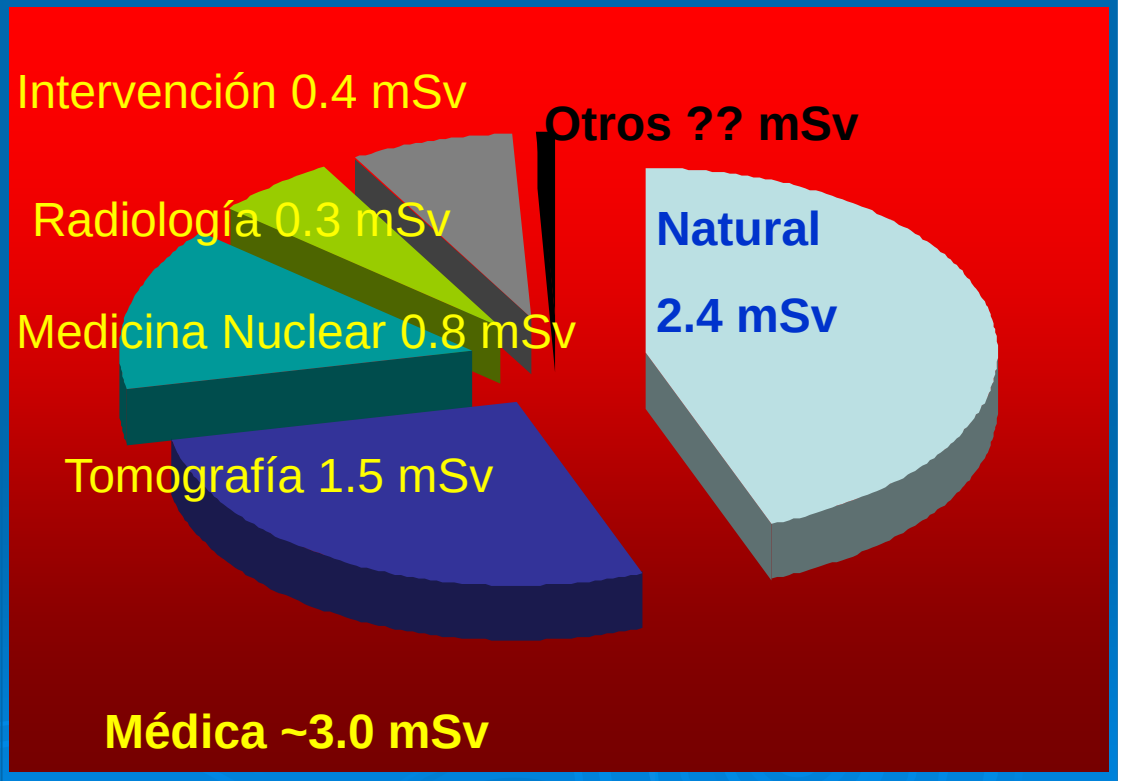
Contribución de la exposición médica a la dosis anual *per capita* en países desarrollados

80´s



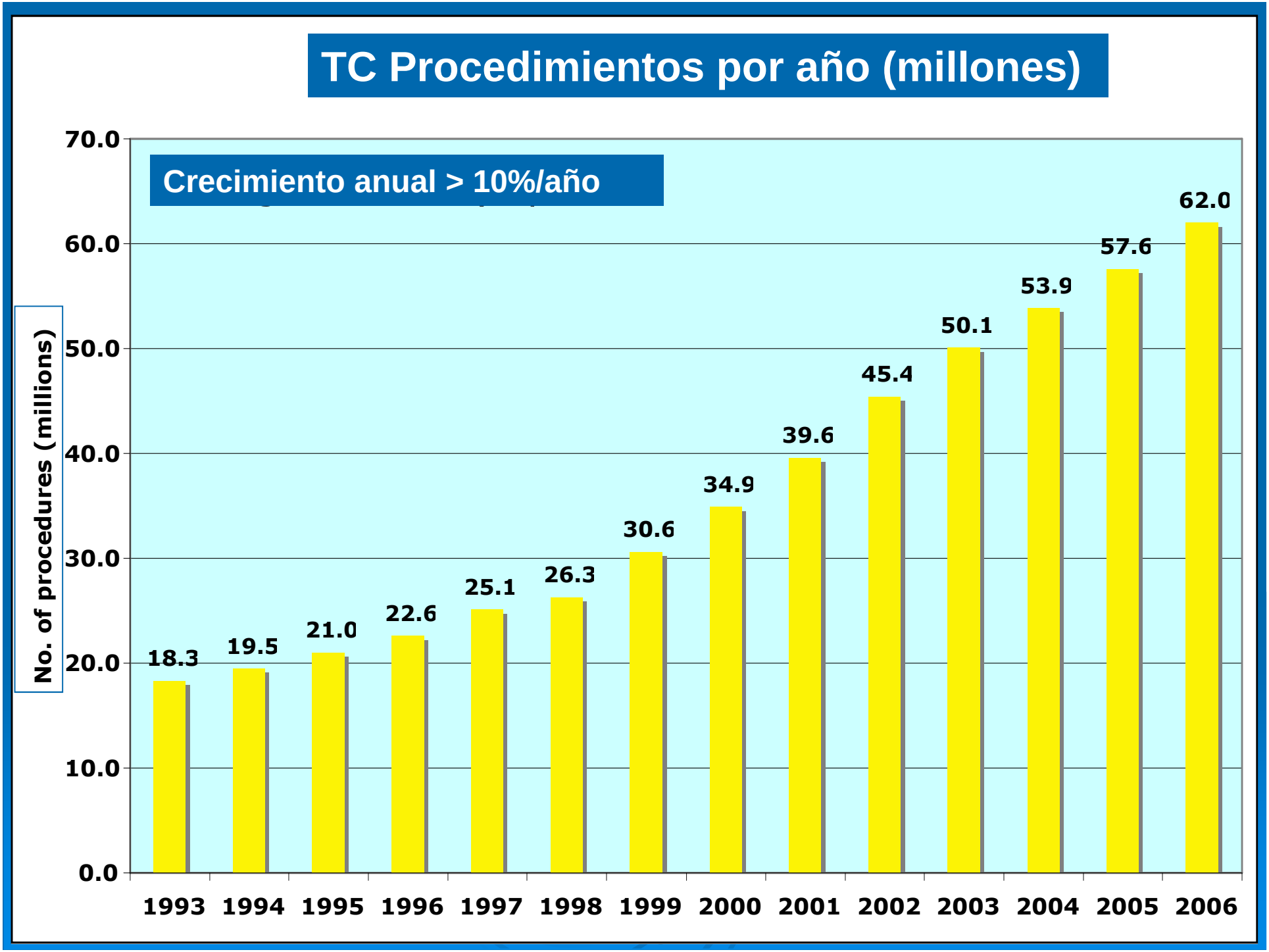
Total 3.6 mSv per capita (15%)

2006



Total ~ 5.4 mSv per capita- (55.5%)

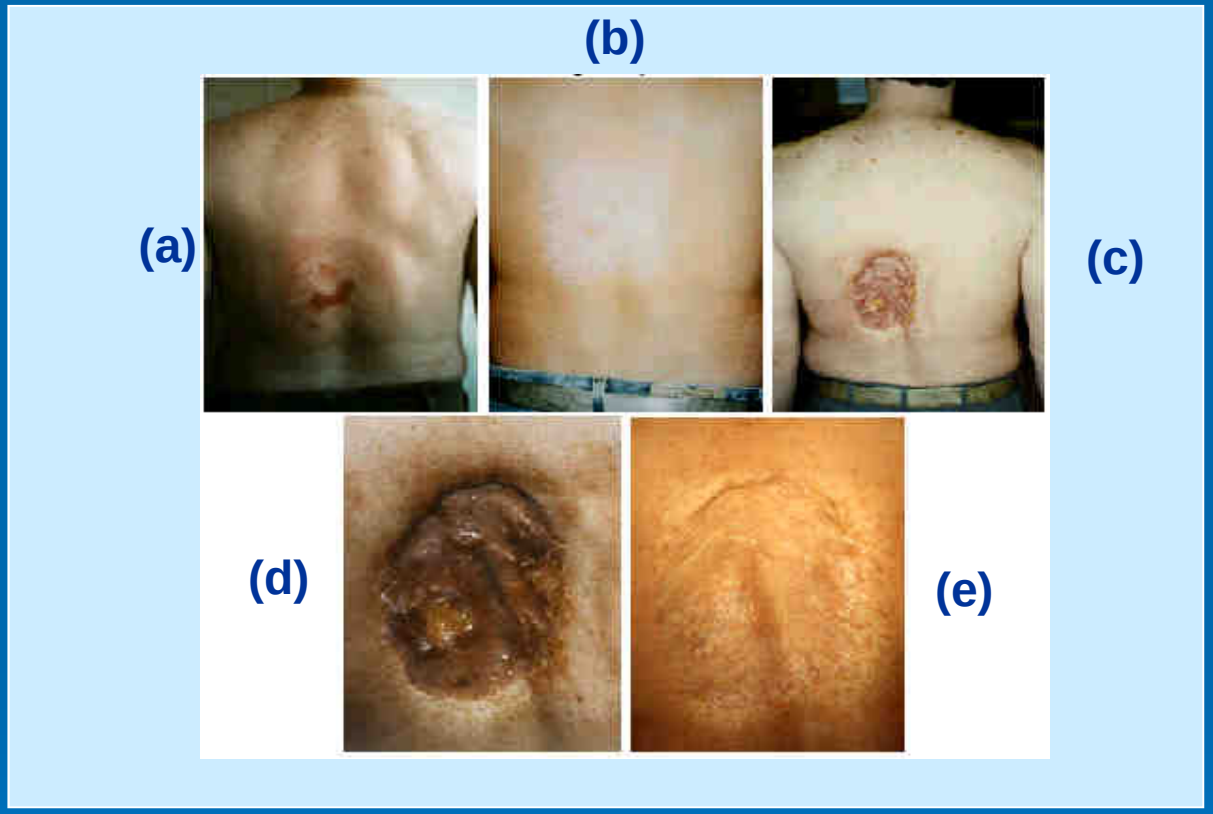
TC Procedimientos por año (millones)



Procedimientos Intervencionistas

(UNSCEAR)

Doble angioplastía coronaria en un día seguida de by-pass por complicación. Dosis ≈ 20 Gy (ICRP 85)



(a) 6-8 semanas después del procedimiento.
(b) 16-21 semanas después
(c) 18-21meses después mostrando necrosis de tejidos.
(d) Aproximación de la foto mostrada en (c).
(e) Después del injerto de piel. (Photografías courtesía deT. Shope & ICRP).

¿Qué podemos recomendar a los médicos, respecto del uso de imágenes en IGRT?

Dos criterios

- **Reducción de Dosis:** Mediante eliminación de las imágenes que no contribuyen a la información necesaria para el plan, el set up o el monitoreo del tratamiento.
- **Optimización de la PR**: Introducción del concepto ALARA considerando el hecho de que el aumento de las imágenes implicará una reducción de las dosis al tejido sano pero a costo de un incremento en la dosis a todo el cuerpo debida a dichas imágenes.

Otros temas de la clase de hoy

- Aspectos de calibración de fuentes
- Conceptos de seguridad física de fuentes

CALIBRACIÓN DE FUENTES Y EQUIPOS

- La calibración de equipos y fuentes de tratamiento es uno de los elementos esenciales en la optimización de la PR en las exposiciones médicas.
- Es responsabilidad del **físico médico** efectuar las calibraciones, pero lo es del **responsable primario** por la protección radiológica, el proveer los equipos o los mecanismos para que se lleve a cabo la calibración.
- Las calibraciones deben ser hechas en términos de magnitudes apropiadas usando protocolos aceptados internacional o nacionalmente;

CALIBRACIÓN DE FUENTES Y EQUIPOS

- Deben efectuarse en el momento de la puesta en marcha del equipo y antes de su uso clínico; luego de cualquier mantenimiento que pudiera afectar la dosimetría y a intervalos aprobados por la autoridad reguladora;
- Las calibraciones de las unidades de radioterapia deben estar sujetas a verificación independiente previamente a su uso clínico;
- Las calibraciones de los dosímetros usados para la calibración de equipos y fuentes deben ser trazables a laboratorios dosimétricos de referencia.

CALIBRACIÓN DE FUENTES DE BRAQUITERAPIA (recomendaciones internacionales)

- Idealmente cada fuente radiactiva que es implantada en un paciente, debería ser calibrada, pero en general no resulta posible por falta de equipos, personal y tiempo;
- No es poco común que una institución acepte los certificados de calibración del fabricante, pero debería ser responsabilidad de la institución verificar que estas calibraciones son correctas.
- Se recomienda que todas las fuentes de vida media larga estén calibradas. La trazabilidad por inferencia estadística puede ser apropiada para fuentes de corta vida media dependiendo de la cantidad de fuentes.

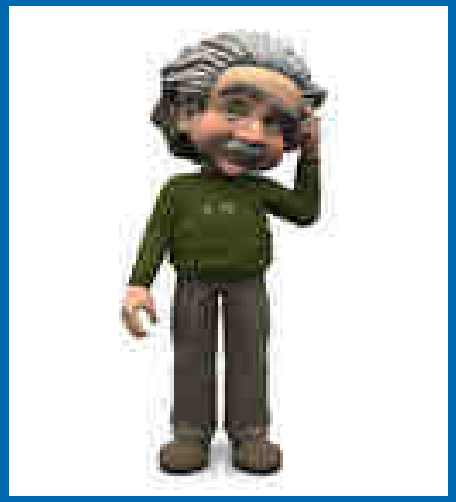
CALIBRACIÓN DE FUENTES DE BRAQUITERAPIA (algunas recomendaciones internacionales)

- Si el conjunto contiene pocas fuentes, se recomienda la calibración de todas y cada una de ellas. Para conjuntos grandes de fuentes similares, se recomienda calibrar una muestra aleatoria de al menos un 10% de la cantidad total de fuentes.
- En la última década ha crecido enormemente el número de fuentes de braquiterapia emisoras de fotones de baja energía (< 50 keV) y hay múltiples proveedores de fuentes encapsuladas de I-125, Pd-103 y Cs-131 con diferentes diseños que pueden influir sobre la respuesta de los equipos de medición.

Cada vez son más los equipos y fuentes a calibrar y controlar

¿Qué podemos recomendar a los médicos sobre calibración?

¡¡TÉNGANLES PACIENCIA!!



DENLES TIEMPO!

Conceptos de Seguridad Física de Fuentes

Su aplicación a fuentes de Radioterapia

Seguridad Física de fuentes (concepto actual)

Según el glosario de la nueva Norma Básica Internacional del OIEA:

- Se denomina Seguridad Física (Nuclear Security) a *"La prevención y detección de, y respuesta a, robo, sabotaje, acceso no autorizado, transferencia ilegal u otros actos maliciosos que involucren material nuclear , otro material radiactivo o sus instalaciones asociadas".*

Aspectos generales de seguridad física

Todo el equipamiento que emplee fuentes radiactivas y los generadores de radiación deben permanecer bajo llave cuando no estén en uso

Seguridad física de fuentes

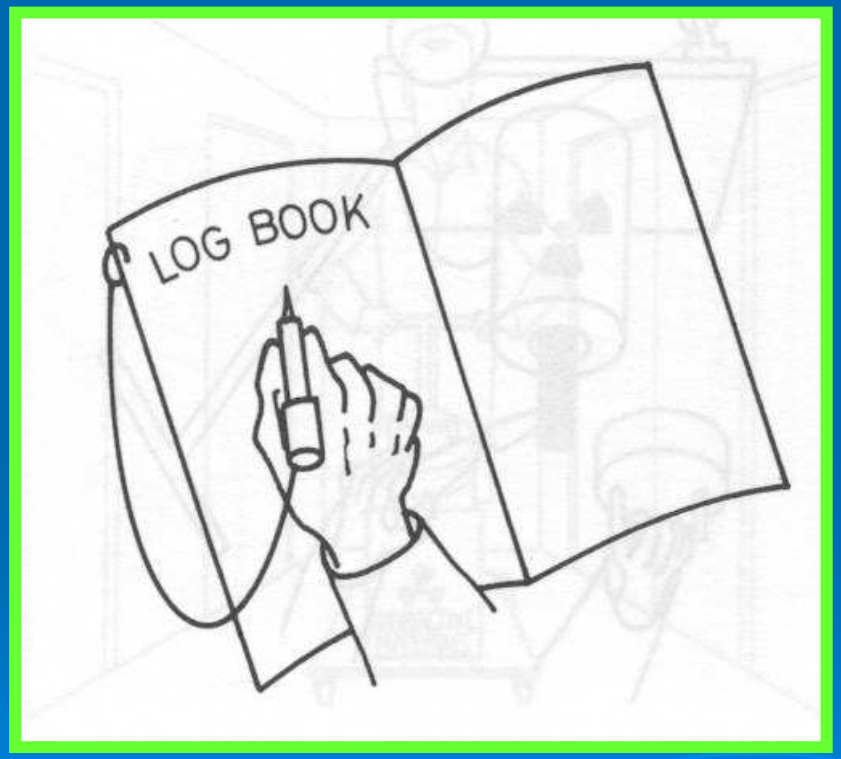
- **Se aplicarán criterios de seguridad física en las etapas de:**
  - **Recepción delas fuentes**
  - **Almacenamiento**
  - **Manipulación**
  - **Uso en pacientes**
  - **Disposición**

Almacenamiento de fuentes

Los recintos de almacenamiento deben:

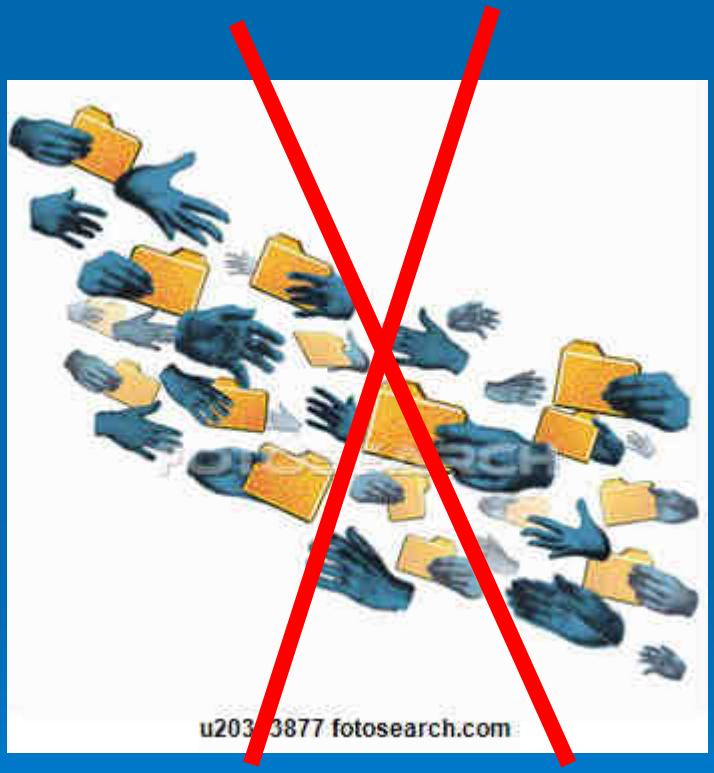
- Proveer suficiente blindaje
- Tener señalización adecuada
- Tener mecanismos de cierre que impidan el acceso de personas no autorizadas
- Contar con protección contra incendios
- Destinarse solo a material radiactivo
- Las fuentes deben estar bien organizadas por radionucleído, tipo y actividad

Registro y Contabilidad de fuentes

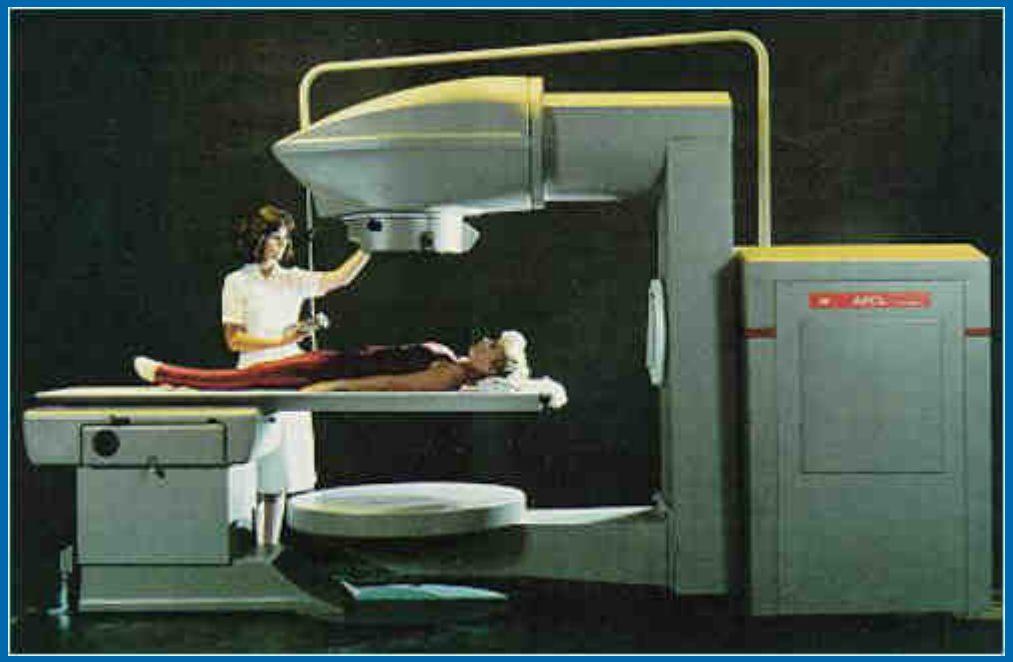


- Mantener un libro de movimiento de fuentes donde se registren la recepción, lugar de almacenamiento, situación de uso y movimienento de las fuentes.
- Realizar inventarios periódicos de las fuentes.

No deben transferirse fuentes, aún a personas autorizadas



Sin informar al organismo regulador!



Algunos conceptos de seguridad física de fuentes, con el enfoque que se le da actualmente, aplican a las fuentes radiactivas de uso en unidades de Co-60 e irradiadores de sangre con fuentes de Cs-137.

Norma nacionalde seguridad física de fuentes selladas (AR 10.13.2)

- La norma de seguridad física de fuentes selladas (AR 10.13.2) establece entre sus requisitos, que las fuentes antes mencionadas deben contar con medidas para:
  - La detección de ingresos no autorizados y accionamiento de alarmas de intrusión
  - La demora a la intrusión mediante guardias y barreras perimetrales
  - Mecanismos de respuesta ante señales de alarma.
- Además el titular de licencia debe designar un responsable por la SF

Por último…

- Una fuente perdida debe ser un suceso de la mayor consideración desde el punto de vista de la radioprotección.
- Son escenarios más comunes:
  - El alta de pacientes con implantes temporarios no removidos completamente.
  - En el quirófano durante el implante de samillas.
- Debe haber procedimientos de emergencia que contemplen estos escenarios

Destino final de las fuentes

- La responsabilidad sobre una fuente solo termina cuando la misma ha sido dispuesta de manera segura y su disposición ha sido documentada.

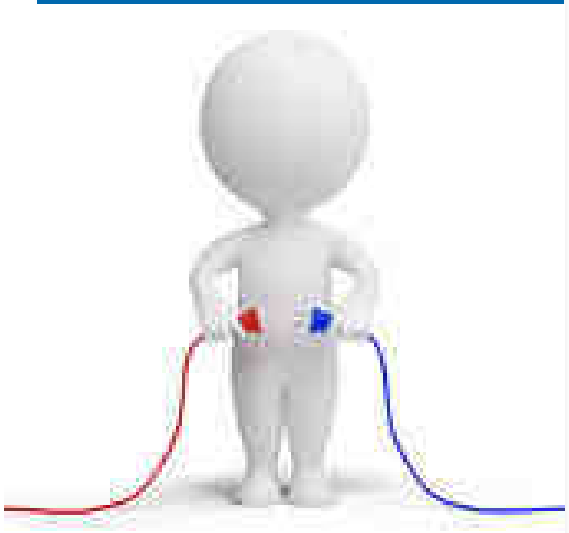
SEGUIMIENTO

COMO RADIOPROTECCIONISTAS QUEREMOS IMPULSAR UN PENSAMIENTO QUE AYUDE AL DESARROLLO DE UNA

CULTURA DE SEGURIDAD

EN EL ÁMBITO DE LA RADIOTERAPIA

Diferentes visiones pero la SEGURIDAD como causa común



Safety
First
GRACIAS

CURSO DE ACTUALIZACIÓN EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA MÉDICOS RADIONCÓLOGOS

FUNDACIÓN MARIE CURIE
CÓRDOBA, 21 al 23 de NOVIEMBRE 2013

Ana M. Larcher
alarcher@arn.gob.ar

Optimización de la PR de los Trabajadores

Escenarios típicos de exposición ocupacional en RT

- Exposición a radiación de fuga en equipos de telegammaterapia
- Manipulación de fuentes (braquiterapia manual de baja tasa)
- Fuentes atascadas (Unidades de Cobalto y HDR) que requieren intervención

- **Ingresos inadvertidos a sala durante tratamiento**
- **Fuentes fuera de control (braquiterapia)**

Clasificación de áreas

- **Área controlada: Toda zona en la que son o pudieran ser necesarias medidas de protección y disposiciones de seguridad específicas para:**
  - **controlar las exposiciones normales o prevenir la dispersión de contaminación en las condiciones normales de trabajo,**
  - **prevenir las exposiciones potenciales o limitar su magnitud**
- **Área supervisada: Toda zona no definida como zona controlada pero en la que se mantienen bajo vigilancia las condiciones de exposición ocupacional, aunque normalmente no sean necesarias medidas protectoras ni disposiciones de seguridad concretas.**

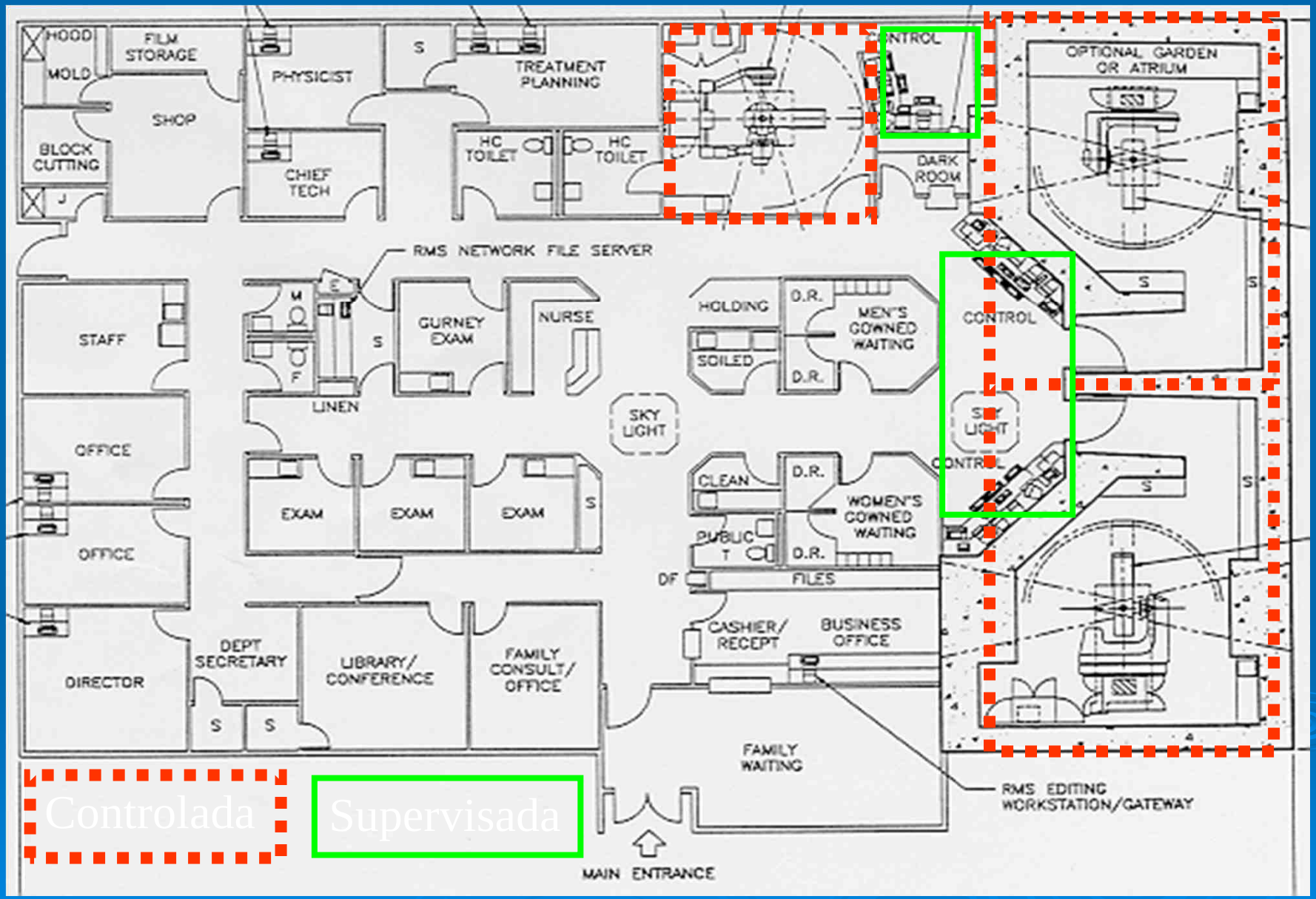
Áreas controladas y supervisadas en un centro de radioterapia

AC

- **Terapia externa:** Las salas de irradiación
- **Braquiterapia:** Las salas o quirófanos donde se llevan a cabo implantes, las salas de tratamiento de pacientes con implantes y las salas de almacenamiento y manipulación de fuentes.

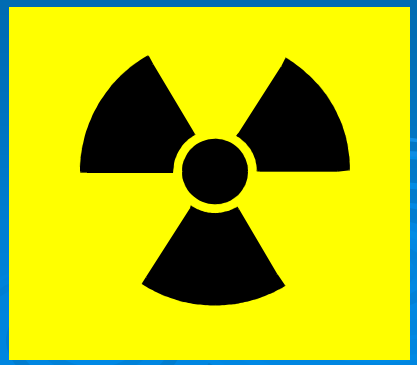
AS

- **Las áreas de consolas de control**


HOOD
MOLD
FILM STORAGE
SHOP
BLOCK CUTTING
PHYSICIST
CHIEF TECH
TREATMENT PLANNING
HC TOILET
HC TOILET
DARK ROOM
OPTIONAL GARDEN OR ATRIUM
RMS NETWORK FILE SERVER
STAFF
OFFICE
OFFICE
LINEN
GURNEY EXAM
NURSE
HOLDING
SOILED
D.R.
MEN'S GOWNED WAITING
CONTROL
SKY LIGHT
EXAM
EXAM
EXAM
CLEAN
PUBLIC T
WOMEN'S GOWNED WAITING
FILES
DIRECTOR
DEPT SECRETARY
LIBRARY/ CONFERENCE
FAMILY CONSULT/ OFFICE
CASHIER/ RECEPT
BUSINESS OFFICE
FAMILY WAITING
RMS EDITING WORKSTATION/GATEWAY
MAIN ENTRANCE
Controlada
Supervisada

Zonas controladas y supervisadas

- Restricciones en el acceso
- Señales de advertencia requeridas
- Vigilancia radiológica del personal
- Enclavamientos donde sea apropiado
- Procedimientos escritos



Reglas Locales (Código de Prácticas)

- Su intención es proporcionar niveles adecuados de protección y seguridad a través del establecimiento de procedimientos de trabajo comunes y otros sistemas a ser seguidos por todos los trabajadores en la zona
- Deben incluir toda la información necesaria para el trabajo en la zona, y ser conocidas por todos los trabajadores

Reglas Locales

Deben establecerse por escrito y contener:

- **persona(s) responsables por supervisar el trabajo**
- **descripción de zonas controladas y supervisadas**
- **medidas de seguridad generales**
- **niveles de investigación de dosis**
- **planes de emergencia**

Vigilancia radiológica:

- **Objetivo del Monitoreo Individual**
  - Llevar un registro de las dosis individuales del personal
- **Objetivo del Monitoreo de áreas**
  - Proveer un registro de los campos de radiación existentes en áreas controladas y supervisadas
  - Identificar cambios inesperados que puedan ocurrir como consecuencia de modificaciones en la carga de trabajo, procedimientos, blindajes, etc.

Monitoreo de áreas
Clasificación

- **Inicial:** El que se lleva a cabo inmediatamente luego de la instalación de un nuevo equipo de radioterapia o luego del reemplazo de fuentes en equipos de cobaltoterapia o braquiterapia remota. También forma parte del monitoreo inicial, el que se realiza a los bultos conteniendo nuevas fuentes radiactivas.
- **Periódico:** Está más bien asociado a los procedimientos de braquiterapia, luego de un implante o cuando se da de alta un paciente, en los contenedores de transporte interno de fuentes, en las áreas de manipulación y almacenamiento de fuentes.
- **Continuo:** Es el que se realiza mediante monitores fijos de alta tasa de dosis en recintos de irradiación de teleterapia y braquiterapia de alta tasa.

Monitoreo Individual
Ejemplo de Procedimiento

- Los trabajadores que han de utilizar dosímetro
- El tipo de dosímetro más apropiado
- Las condiciones de uso
- La frecuencia de lectura (el registro de las dosis acumuladas para dosímetros de lectura directa)
- El lugar donde deben guardarse los dosímetros cuando están fuera de uso
- Instrucciones para la devolución en tiempo y forma de los dosímetros
- La información al personal de los valores de dosis resultantes
- El procedimiento para la estimación de la dosis del trabajador en caso de pérdida o daño del dosímetro
- Los pasos a seguir en caso que se sospeche que un trabajador se ha sobre-irradiado (lectura inmediata)
- La investigación formal cuando se excedan niveles de investigación

Monitoreo de áreas
Ejemplo de Procedimiento

Un procedimiento de monitoreo de áreas debe incluir:

- Un diagrama del área a monitorear incluyendo la localización de la fuente y la identificación de las áreas adyacentes
- El nombre de la persona que lleva a cabo el monitoreo y la fecha
- El instrumental de medición utilizado y su fecha de calibración
- El registro de las mediciones efectuadas y si se han hecho cálculos o conversiones, los algoritmos y factores de conversión

Trabajadoras embarazadas

- CIPR Publicación 84
- La trabajadora embarazada debe notificar al empleador
- El embarazo no excluye a las trabajadoras automáticamente de su trabajo
- Puede encontrarse un trabajo alternativo
- Puede arreglarse vigilancia radiológica más frecuente

Control de la Exposición Ocupacional: Registros

- **Registros relativos al control de exposiciones ocupacionales**
  - Dosimetría individual (deben guardarse por 30 años)
  - Resultado de los monitoreos de área
  - Entrenamiento del personal
  - Informes de investigación de sobre-exposición del personal
  - Informes de la vigilancia médica (cuando corresponda)

Control de la exposición ocupacional: Principales aspectos

- Blindajes, enclavamientos, alarmas
- Clasificación de áreas
- Reglas locales
- Vigilancia radiológica individual
- Trabajadoras embarazadas
- Monitoreo de áreas
- Examen médico periódico
- Registros

Optimización de la PR del Público

Radioterapia y el Público

- Público (típicamente):
  - **Personas que viven alrededor de una instalación de radioterapia**
  - **Visitantes del departamento**
  - **Parientes, amigos y otras personas que pueden estar en contacto con los pacientes**
- ***No necesariamente: acompañantes o personas que están involucradas en el cuidado del paciente - esto puede ser "Exposición Médica"***

…el público también podría ser:

- Personal de otros departamentos o divisiones
- Contratistas externos
  - **electricistas**
  - **pintores**
  - **plomeros**

Potencial para Exposición del Público en Radioterapia

- Externa:
  - **Blindaje de la instalación - para el público externo y visitantes**
  - **Alta de pacientes con implantes radiactivos**
  - **Desechos radiactivos**
  - **Fuentes fuera de control**
- Interna:
  - **Desechos radiactivos**
  - **Fuentes fuera de control**

El problema de los desechos en radioterapia

- Principalmente un problema con fuentes radiactivas no usadas más para tratamiento.
- Éstas podrían ser:
  - Fuentes de teleterapia (60-Co, 137-Cs)
  - Fuentes de braquiterapia viejas y no más utilizables con periodo de semi desintegración largo (137-Cs)
  - Fuentes con vida corta/media con la actividad demasiado bajo para tratamiento

Fuentes de teleterapia viejas

- **Actividad alta**
- **La autoridad reguladora debe ser informada**
- **Requiere transporte especializado y contenedor de almacenamiento**
- **Gestión**
  - **pueda ser muy costosa**
  - **debe ser parte del contrato de compra inicial o contrato de reemplazo de la fuente con el fabricante**
  - **documentación esencial (certificado de la fuente)**

Información para visitantes

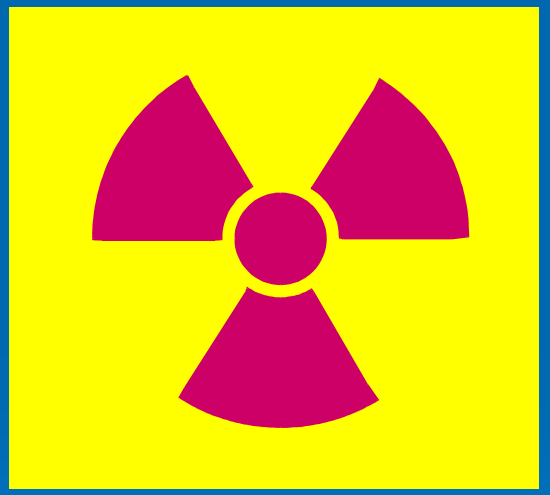
- Información por escrito
- Acompañamiento por personal especializado, en todo momento que visite a un paciente con implantes radiactivos
- Lo mismo se aplica a otro personal del hospital (ej. mantenimiento, porteros, alimentación,…)

Vigilancia radiológica del público

- Determinación de zonas relevantes que deben ser regularmente vigiladas
- Monitoreo de salas de braquiterapia luego del alta de pacientes y de los propios pacientes.
- Los contratistas pueden estar sujetos temporalmente a vigilancia radiológica personal
- Documentar resultados del monitoraje.

Control de la exposición del público: Principales aspectos

- Blindajes adecuados
- Almacenamiento seguro de fuentes
- Control de accesos
- Señales de advertencia
- Información escrita
- Transporte adecuado
- Adecuada gestión de los residuos radiactivos
- Previsiones para el cese temporal de uso de fuentes y la clausura de instalaciones
- Monitoraje



Safety
First
GRACIAS