

Braquiterapia

Cs-137, Co-60, Iridium-192, semillas de I-125.

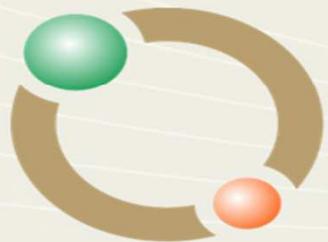
Baja y alta tasa. Planificación de los tratamientos

Radioprotección para operadores, público y paciente

Edgardo Garrigó

Instituto de Radioterapia – Fundación Marie Curie, Córdoba

egarrigo@radioncologia-zunino.org



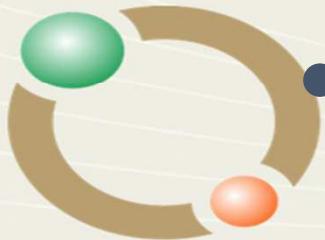
**INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE**

**PROGRAMA DE EDUCACION CONTINUA
FUNDACION MARIE CURIE 2016-2017**

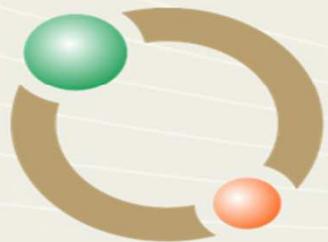
**Curso de Actualización en
Protección Radiológica**

RP en Braquiterapia:

- ALARA
- RP Práctica
- Manejo de fuentes
- QA en Braquiterapia
- Sistemas de carga diferida
- Cálculo de blindaje
- Aprender de Accidentes pasados



Radionuclide	Type	Half-life	Energy
Caesium-137 (^{137}Cs)	γ -ray	30.17 years	0.662 MeV
Cobalt-60 (^{60}Co)	γ -rays	5.26 years	1.17, 1.33 MeV
Iridium-192 (^{192}Ir)	γ -rays	73.8 days	0.38 MeV (mean)
Iodine-125 (^{125}I)	γ -rays	59.6 days	27.4, 31.4 and 35.5 keV
Palladium-103 (^{103}Pd)	γ -ray	17.0 days	21 keV (mean)
Ruthenium-106 (^{106}Ru)	β^- -particles	1.02 years	3.54 MeV



Source capsule

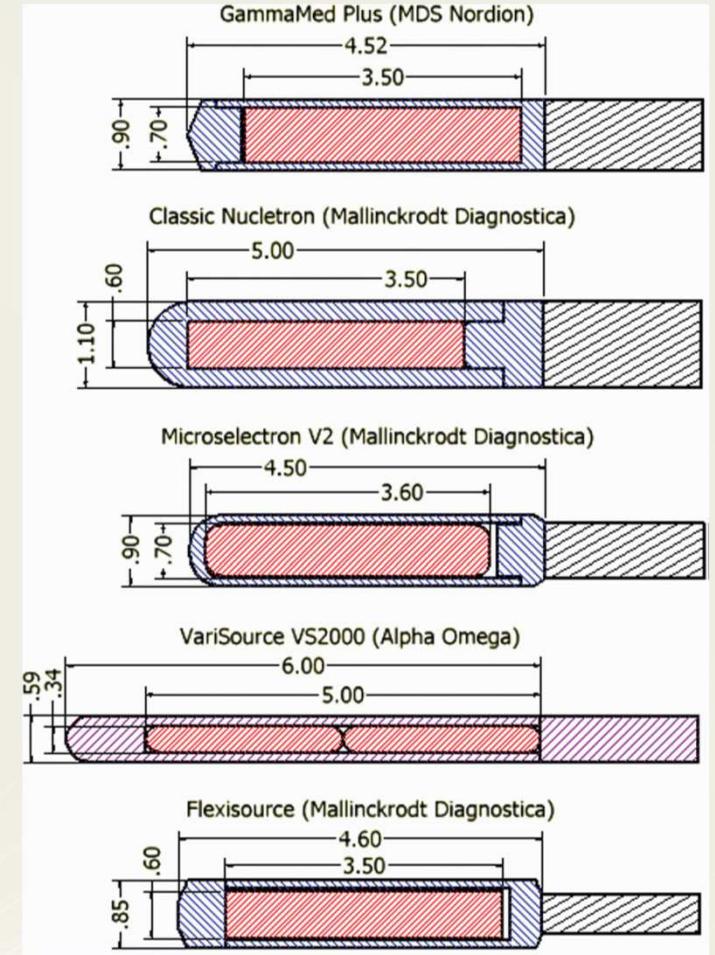
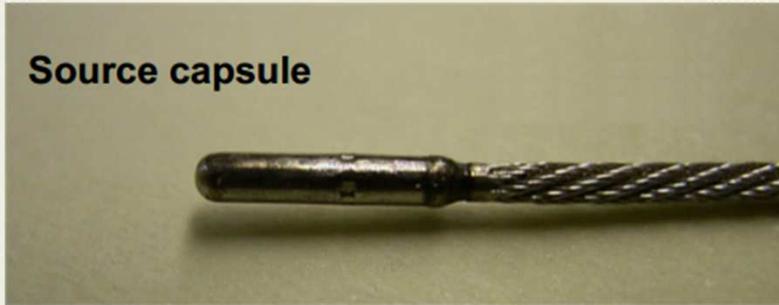


Orange

Cable end

Part number: 105.002 - 106.002 - 106.003 - 106.004
microSelectron PDR HDR V2 + V3
Source capsule diameter: Ø 0.9 mm

Source capsule

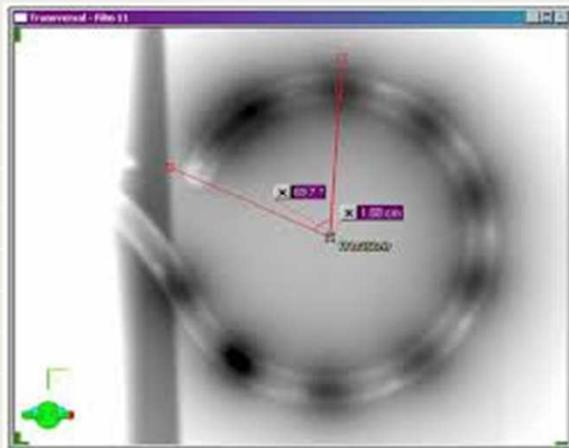
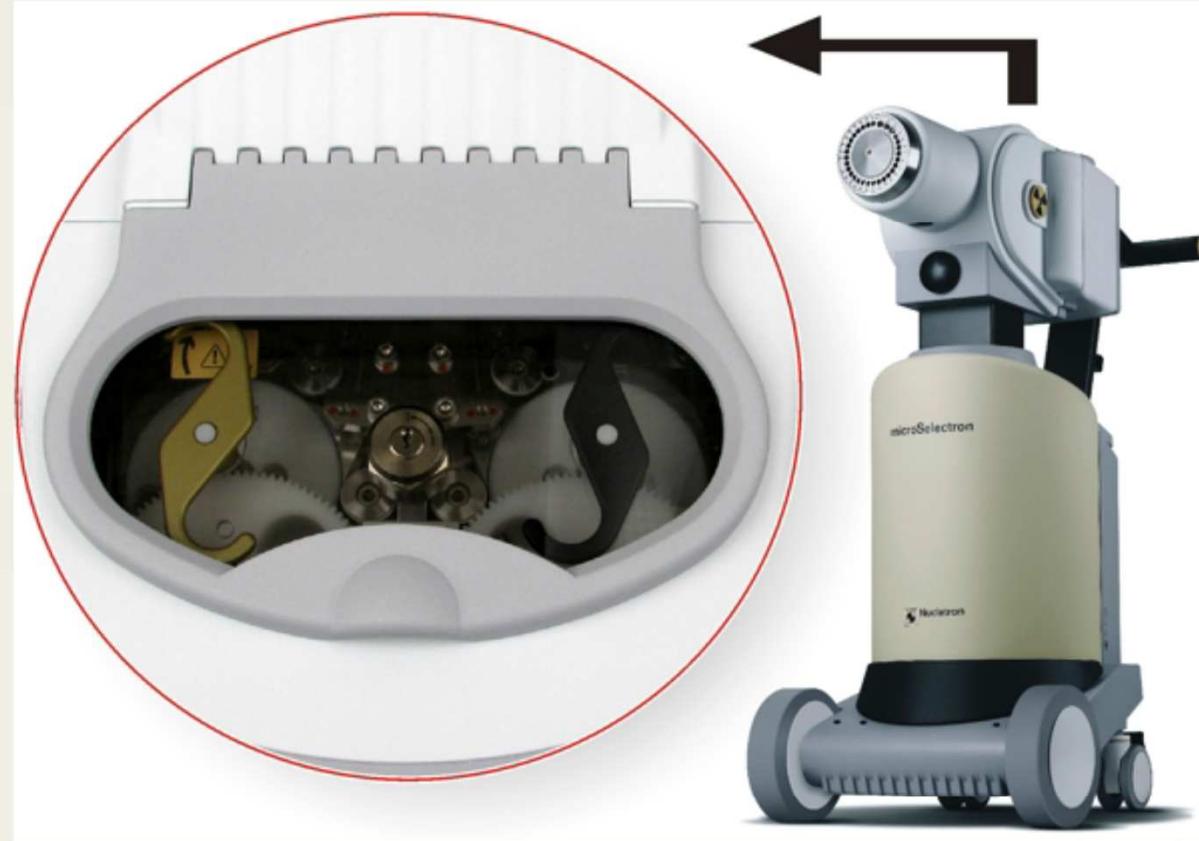


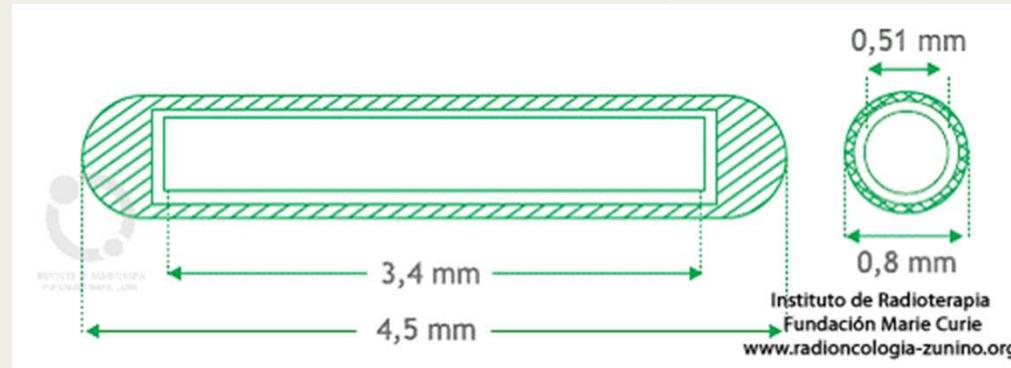
Iridio-192 (^{192}Ir)

Rayos Gamma

73,8 días

0.38 MeV
(promedio)





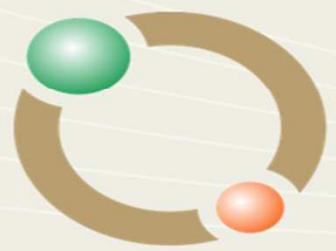
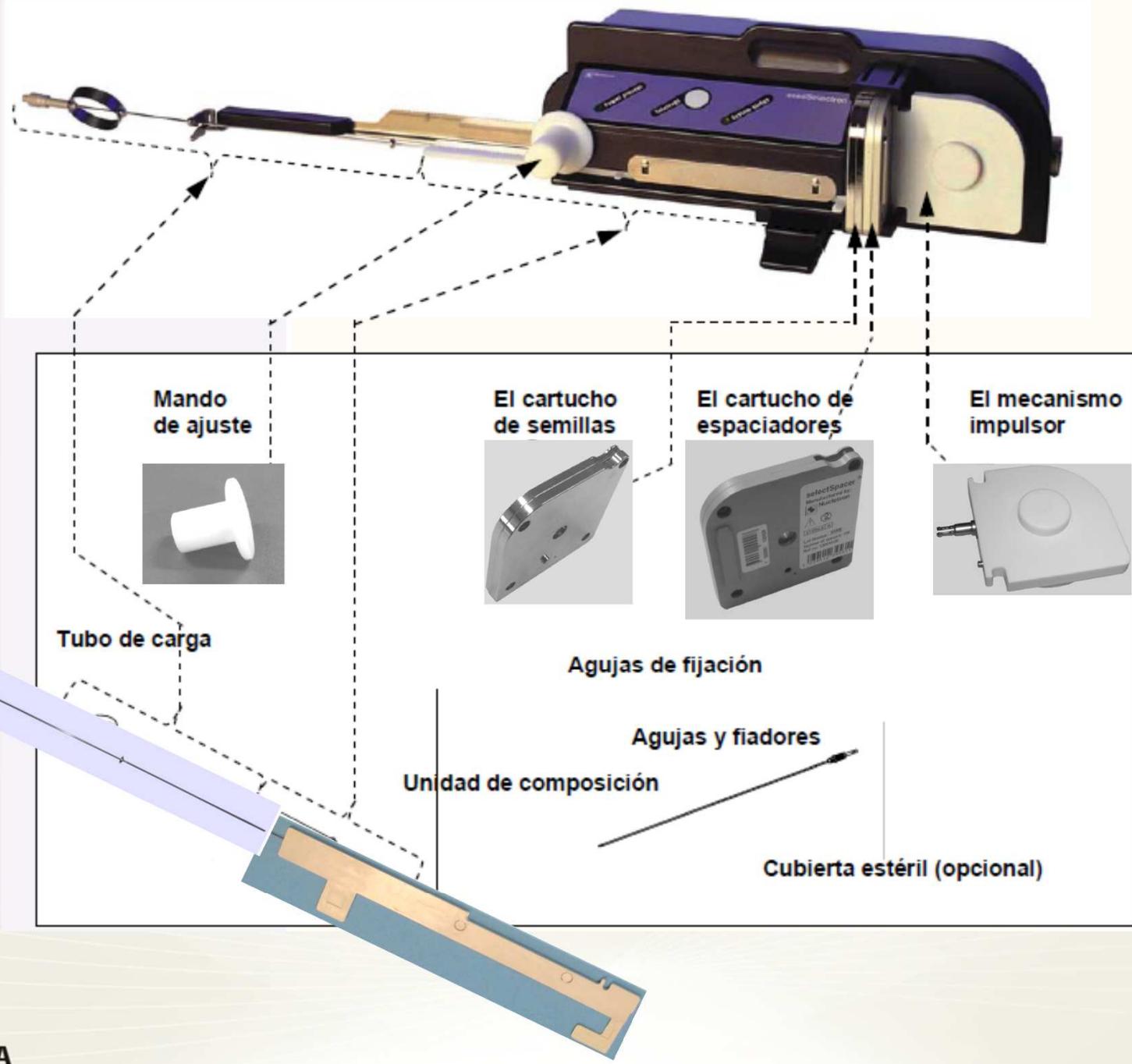
Yodo-125 (^{125}I)	Rayos Gamma	59.6 días	27.4, 31.4 y 35.5 keV
-------------------------------	-------------	-----------	-----------------------

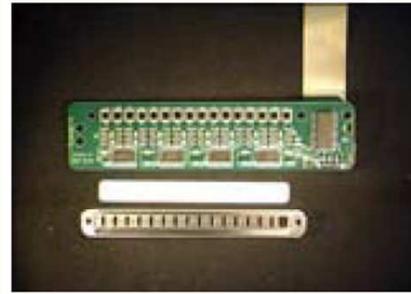


Braquiterapia – LDR

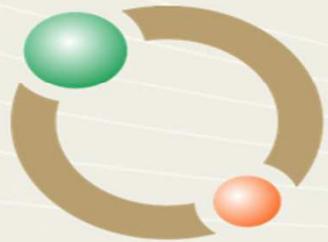
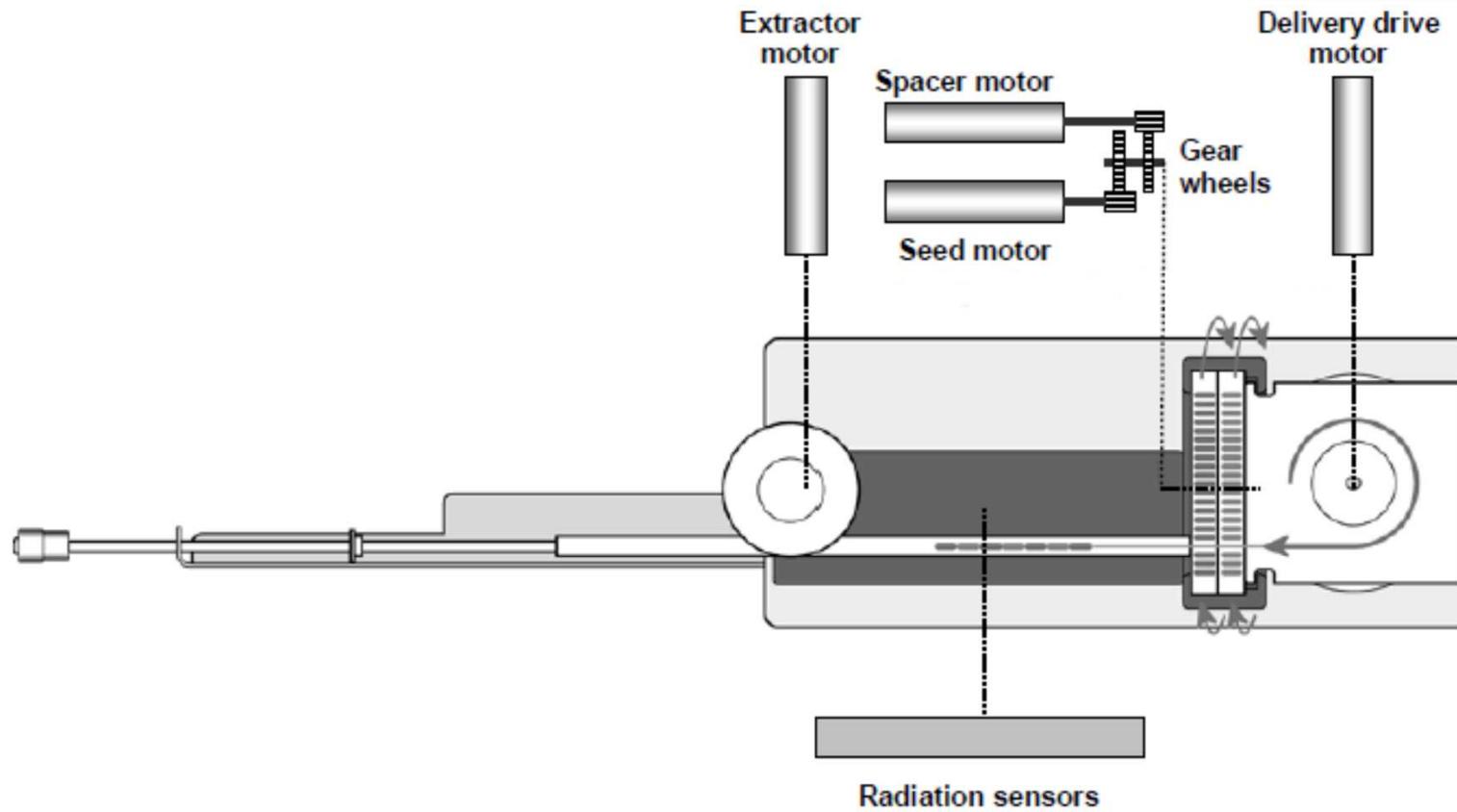
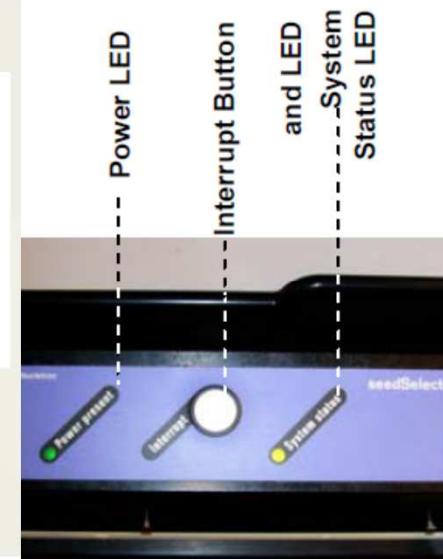


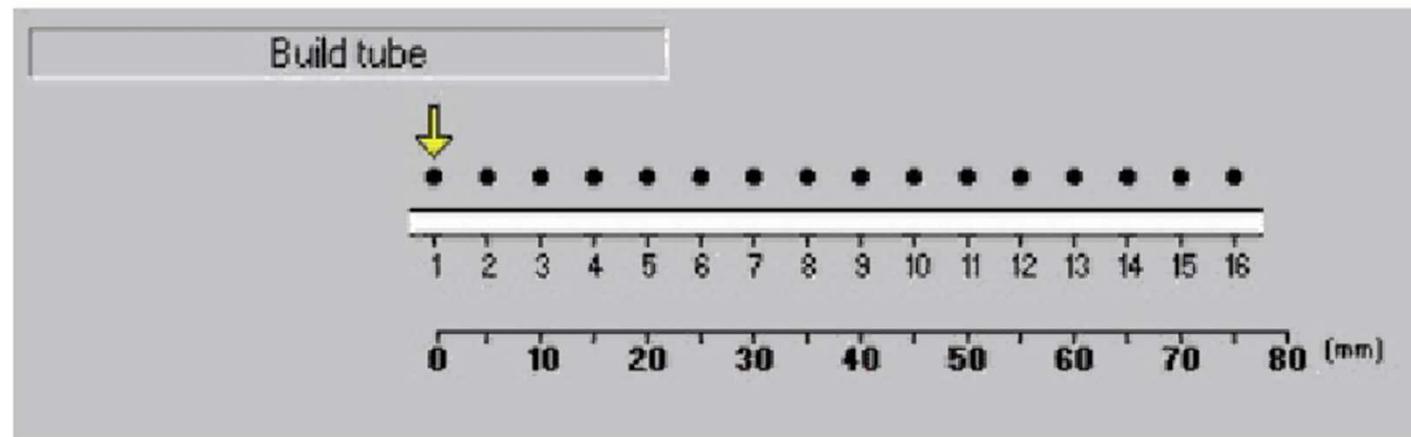
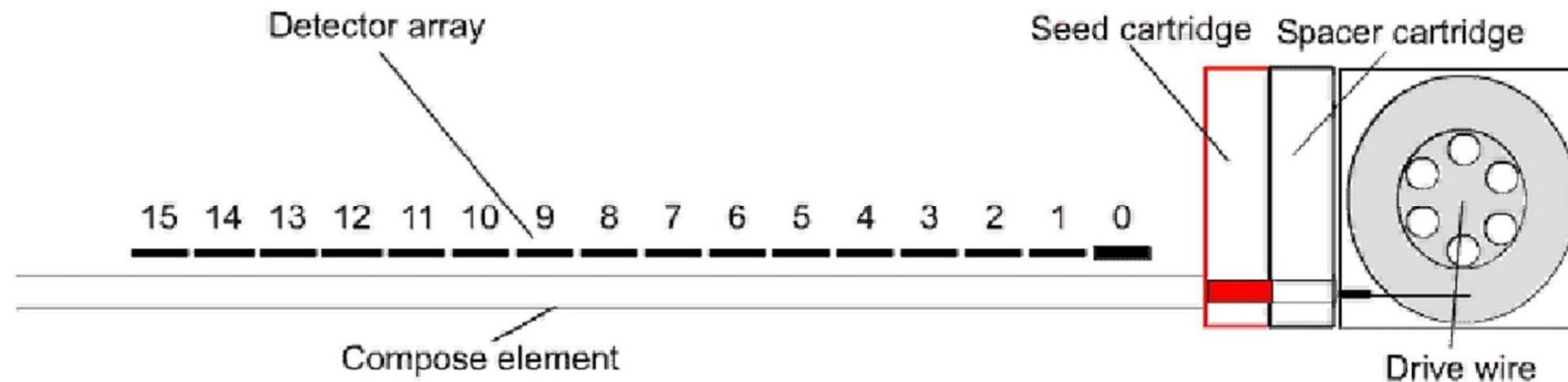
Sistema de Carga Diferida (LDR)



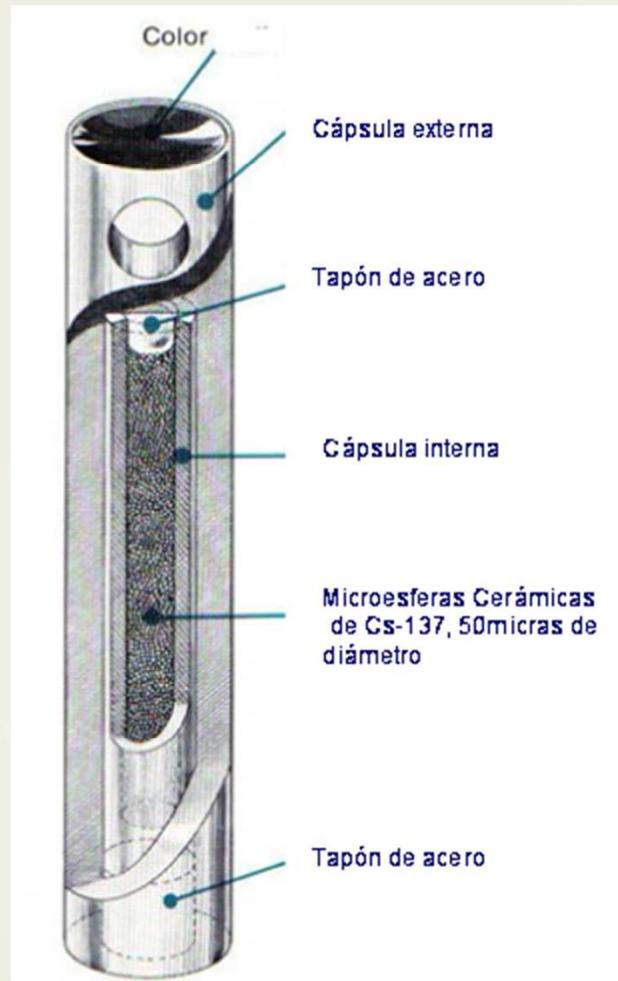


Radiation
Sensor
Board





Example non-uniform loading pattern



<u>Caesium-137</u> (^{137}Cs)	γ -ray	30.17 years	0.662 MeV
--	---------------	-------------	-----------

RP Práctica

Hay tres factores que afectan a la exposición del cuerpo a la radiación:

distancia

Distancia

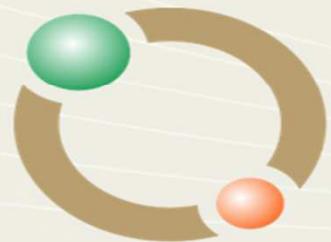
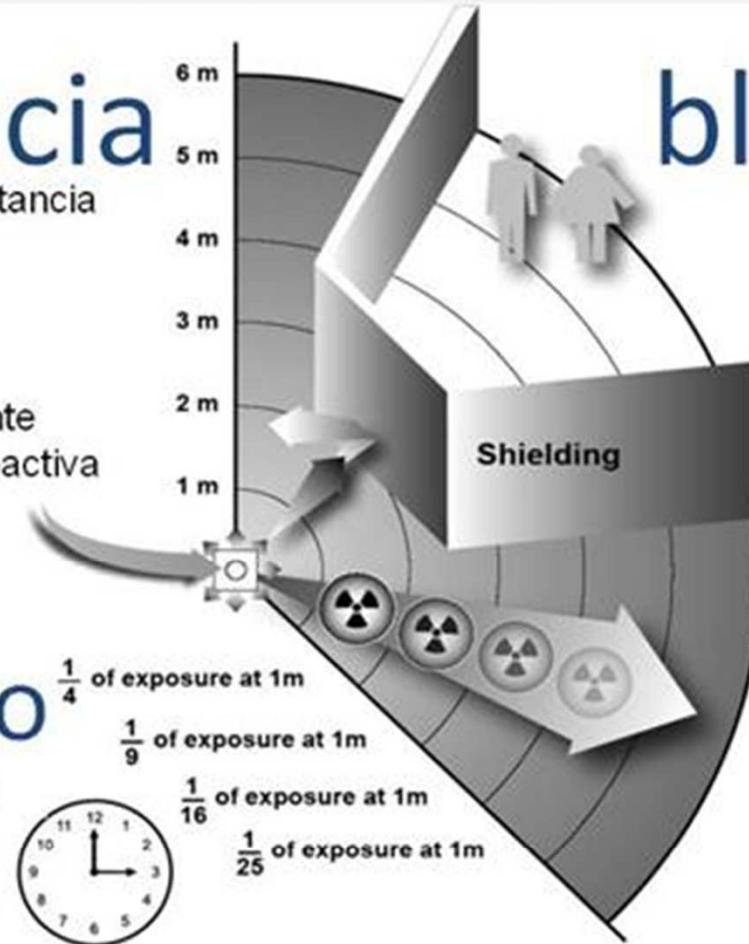
blindaje

tiempo

Tiempo

Fuente radioactiva

Shielding



Manejo de Fuentes Inventario de fuentes:

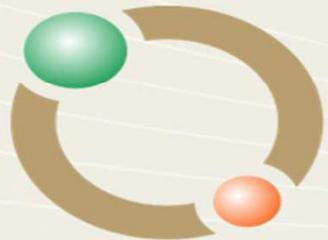
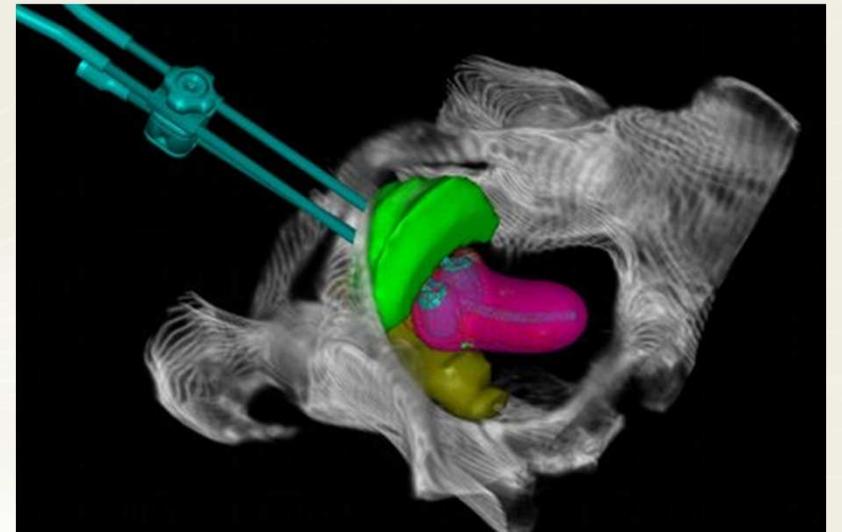
- Radionucleido
- Tipo de fuente
- Actividad fecha
- Fabricante
- Lote
- Num de Serie
- Cantidad
- Movimiento



QA en Braquiterapia

Equipos de Soporte

- Controles al TAC/RX/US
- Controles al TPS





PACIENTE:

NUMERO de LOTE DE LAS SEMILLAS:

ACTIVIDAD DEL CERTIFICADO AL DIA DEL QA: cGy.cm²/h

PROCEDIMIENTO:

De las 100 semillas previstas para el implante, se controlaron 10 (como lo recomienda el TG40 de la AAPM). Se utilizaron una cámara SourceCheck, PTW y un adaptador especialmente calibrados para la medición de la actividad de las semillas utilizadas durante implante de próstata. Para cada semilla, se realizaron tres medidas de cada lado de la cámara. Se evaluó la variación entre la actividad medida y la del certificado para cada semilla y para el lote de 10 semillas. Se calculó la desviación estándar de las 10 semillas representativa de la homogeneidad del lote.

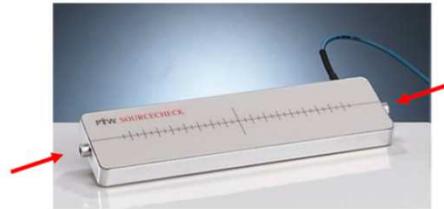


Fig1. Cámara SourceCheck, PTW



Fig2. Adaptador para la medición de las semillas

RESULTADOS:

- QA REALIZADO EL: / /

- ACTIVIDAD PROMEDIA (10 SEMILLAS) MEDIDA: cGy.cm²/h

- VARIACION CON CERTIFICADO DE CALIBRACION: %

- DESVIACION ESTÁNDAR: %

Calibración de las fuentes



Fecha:..... Hora:.....
Fuente:..... Num Serie:

Seguridad:

- Accionamiento por corte de luz
- Obstrucción de Catéter
- Integridad de Tubos de transferencia, aplicadores y conectores en uso

Parámetros Físicos:

Fuga del cabezal

Distancia	Lectura
5 cm	
100 cm	

Valor de Ref (21-11-11): a 5 cm: Fondo
a 100cm: Fondo

- Calibración de la fuente
- Control de Timer (60seg)
- Tiempo de Tránsito
- Posición de la fuente
- Longitud de los tubos de tratamiento

Computadora de Control y TPS:

- Verificar Conectividad
- Fecha y hora del sistema
- Actividad (Sk) en Sistema

Calibración de Fuente:

Cámara Electrómetro
Inserto :..... P_{ion}=1.001
Nk Ir-192 =

Presión =..... hPa (Po=1013.3 hPa)
Temperatura =..... °C (To=20°C) F_p= (1013.3/P).((273.2+T)/293.2) =..

Fuga (240s) = nC
L_{I-192} =..... nC
SK_{I-192med} =..... mGy m²/h

Sk fabrica = mGy m²/h Fecha y hora:
Sk fabrica (día de la medición)= mGy m²/h

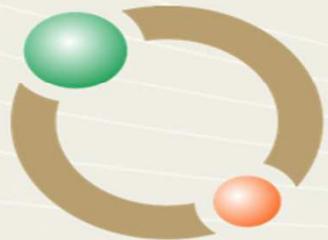
Variación:

Realizado por:	Firma:	Fecha:
Verificado por:	Firma:	Fecha:

QA en Braquiterapia

Relativos al Equipo de tratamiento

- Periódicos de Fábrica - Usuario
- Controles previos al tratamiento



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

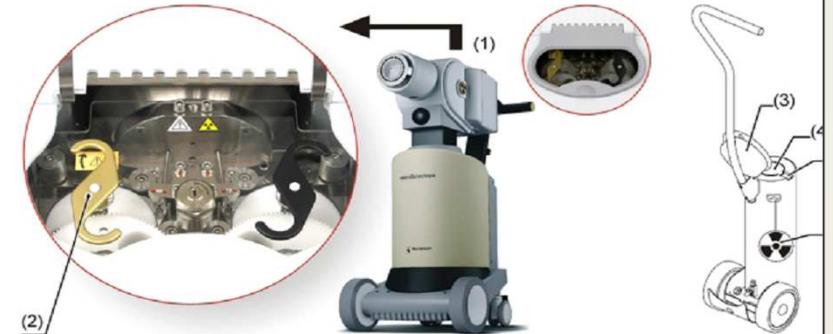
PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA SI LA FUENTE NO RETORNA A LA UNIDAD DE TRATAMIENTO



1. Presione el BOTON ROJO DE PARADA DE EMERGENCIA sobre el Panel de Control de Tratamiento.
Si la fuente se retrae y el indicador de radiación se apaga, retire al paciente y continúe en el paso 6, sino continúe en el paso 2.



2. Entre a la sala de tratamiento. Levante el PANEL DE ACCESO (1) en la parte superior de la unidad de tratamiento para acceder a la MANIVELA DORADA (2). Gírela en la dirección de las flechas hasta que se bloquee. Si la fuente se retrae, vaya al paso 6, de lo contrario al paso 3.



3. Verifique la radiación proveniente del paciente. Si es detectada, remueva el aplicador del paciente asegurándose que la fuente este en el aplicador. Abra la tapa del contenedor de Emergencia (3). Inserte el aplicador que contiene la fuente en el pozo (4), utilizando la pinza larga. Guíe el tubo de transferencia a través del hueco (5) del borde del contenedor. Cierre la tapa. Deje la etiqueta de aviso de radiación (6) colgando fuera del contenedor para indicar que contiene material radioactivo.
4. Retire el paciente de la sala.
5. Asegúrese de que el aplicador y la fuente están guardadas con seguridad dentro del contenedor de emergencia.
6. Abandone la sala. Cerrar la puerta, Señálela con "PROHIBIDO ENTRAR".

Médico:	Dra. Silvia ZUNINO	4692020
Físico:	Bioing. Edgardo GARRIGO	156860328
Nucletron:	Federico TERAN	011-1545583829
ARN		011-6323-1770

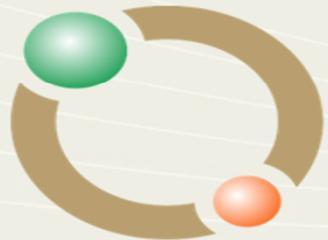
QA en Braquiterapia

Relativos al Equipo de tratamiento

- Periódicos de Fábrica - Usuario
- Controles previos al tratamiento

• Relativos al Tratamiento:

- Preparación



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

 ipr®	Formulario para el control de calidad del tratamiento de braquiterapia HDR	Página 1 de 1
---	---	---------------

Paciente: _____ No. Historia Clínica: _____
Diagnóstico: _____ Dosis total: _____ Fracciones: _____

Fracción	1	2	3	4	5	6
Fecha	__/__/__	__/__/__	__/__/__	__/__/__	__/__/__	__/__/__
1) Preparación del implante						
Sala Preparada						
Integridad del aplicador verificada						
Plan de tratamiento escrito en HC						
QA diario OK						
2) Inserción del aplicador						
Identidad del aplicador						
Geometría del implante/aplicador						
Placas de simulación con marcadores RX						
Prescripción confirmada						
3) Planificación						
Plan realizado						
Plan verificado por Médico y Físico						
Impresión de Plan						
Transferencia a Unidad de Tratamiento						
4) Administración del Tratamiento						
Identificación paciente OK						
Puntos y tiempos de parada OK						
Tratamiento completado						
Monitoreo radiológico						
HC y registro completados						
Impresión post tratamiento firmada						
5) Post-tratamiento						
Retiro del implante						
Monitoreo radiológico de la sala						
6) Registro y Control del Implante						
Archivo de la impresión firmada						
Archivo de las placas radiográficas						
Archivo del registro						
7) Firmas						
Médico						
Físico						

RT08-00

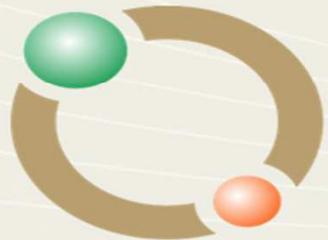
QA en Braquiterapia

Relativos al Equipo de tratamiento

- Periódicos de Fábrica - Usuario
- Controles previos al tratamiento

• Relativos al Tratamiento:

- Preparación
- Prescripción y registro de tratamiento



	Formulario de Prescripción y Registro de tratamiento Braquiterapia HDR	RT.09-00 Emisión: Nov. 2011 Revisión: 01 Fecha: 13-11-12
---	---	--

NOMBRE PACIENTE: _____
HC: _____

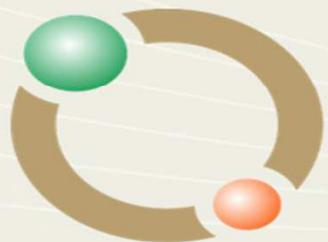
Longitud Vaginal.....mm. Longitud Tratamiento.....mm.

<p>Grafico Ginecologico</p>  <p>Aplicador: <input type="checkbox"/> R: ___°, ___mmØ <input type="checkbox"/> IU: ___°, ___mm <input type="checkbox"/> V: ___mmØ</p>	Prescripción														
	Isótopo: Ir-192 Dispositivo: MicroSelectron Dosis Administrada a : _____ Sitio de Tratamiento _____ Tiempo entre fracciones _____														
Prescripción : Revisión 1															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Dos/frac</th> <th>Fracc</th> <th>Dosis Tot</th> <th>Médico</th> <th>Fecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>						Dos/frac	Fracc	Dosis Tot	Médico	Fecha					
Dos/frac	Fracc	Dosis Tot	Médico	Fecha											
Prescripción : Revisión 2															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Dos/frac</th> <th>Fracc</th> <th>Dosis Tot</th> <th>Médico</th> <th>Fecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>						Dos/frac	Fracc	Dosis Tot	Médico	Fecha					
Dos/frac	Fracc	Dosis Tot	Médico	Fecha											

Fracción	1	2	3	4	5	6
Fecha						
Isótopo	Ir-192	Ir-192	Ir-192	Ir-192	Ir-192	Ir-192
Dosis Fraccion[Gy]						
Actividad [Ci]						
Tiempo Total [s]						
Físico						
Médico						
Dosis Total [Gy] (a la fecha)						
Técnico						
Revision Post Trat. Médico						

QA en Braquiterapia

Manejo de Fuentes
Checklist
Control de Semillas
Registro del Tratamiento



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE



Registro de Tratamiento:
Braquiterapia de Prostata Guiada
por Imágenes, con semillas I-125

RT.11-00
Página 1 de 1

PACIENTE
NOMBRE:
HC:
FECHA:

Médico: P. Castro Peña
Físico: E. Garrigo, C. Descamps
Anestesista: S. Acevedo
Cardiólogo: J. Sgammini
Enfermera: E. Mendoza

Volúmenes:

Volumen prostático RMN: _____ cm³

Volumen prostático dibujado (OncentraProstate): _____ cm³

Dosimetría:

Dosis prescrita	145 Gy
Cantidad catéteres implantados	
Cantidad semillas implantadas	
Actividad por semillas	cGy.cm ² /h
Actividad total	cGy.cm ² /h

Histograma Dosis/Volumen:

Órgano	Criterios	Valores
Próstata	V100>95%	%
	D90>145Gy	Gy
	V150<60%	%
	V200<30%	%
Uretra	D10 < 150%	%
	D30 < 130%	%
	V200=0%	%
Recto	V100<1cc	cc

Firma /Sello

Calculo de Blindaje

Safety Reports Series

No. 47

Radiation Protection
in the Design of
Radiotherapy Facilities

Table 10.4 Thickness of concrete (cm) required to reduce the dose rate to the specified values at 3 m from various sources, assuming 10% attenuation in the patient

Type of treatment	Nuclide	Activity		Thickness of concrete in cm to reduce dose rate to	
		(GBq)	(mCi)	7.5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$	2.5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
Implants	^{137}Cs	1.85	50	8	19
Gynecological intracavitary	^{137}Cs	7.4	200	19	28
MDR afterloading	^{137}Cs	22.2	600	28	36
HDR afterloading	^{60}Co	185	5 Ci	68	77
Implants	^{192}Ir	1.85	50	10	18
PDR afterloading	^{192}Ir	37	1 Ci	31	36
HDR afterloading	^{192}Ir	370	10 Ci	44	51

- Aspecto económico Co-60 ante Ir-192 . Misma performance técnica
 - Tiempo de tratamiento mayor y num de transferencias con Co-60
- Dosis en los volúmenes de tratamientos para ambas fuentes dan resultados similares bajo el TG43. Mas investigación debe ser necesaria con simulaciones MC
- Fuera del volumen de tratamiento
 - A corta distancia Dosis Ir-192 > dosis Co-60
 - A gran distancia Dosis Ir-192 < dosis Co-60
- Mismas Herramientas de QA - trazabilidad

Rev Fis Med 2012;13(2):125-30



Michael Andrassy
Medical Physicist,
Eckert & Ziegler
BEBIG.

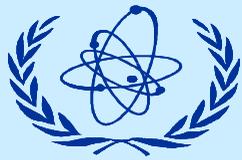


Yury Niatsetsky
Medical Physicist,
Nucletron,
an Elekta
Compan.



José Pérez-Calatayud
Medical Physicist,
Hospital UP
La Fe
in Valencia.

Co-60 versus Ir-192 in HDR brachytherapy: Scientific and technological comparison



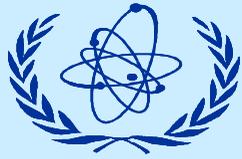
Cronología del Accidente Dia 1

- **16 Nov. 1992: Un paciente anciano estaba siendo tratado por carcinoma anal en el Centro Regional de Cancer de Indiana (IRCC)**
 - El paciente estaba programado para 3 tratamientos de 6 Gy c/u
 - Se colocaron cinco catéteres en el volúmen de tratamiento
 - La fuente de alta tasa de dosis se introdujo sin dificultad en los cuatro primeros catéteres
 - Cuando se trató de dirigir la fuente al quinto catéter, la consola reportó un error
 - Después de tratar varias veces se abandonó el tratamiento



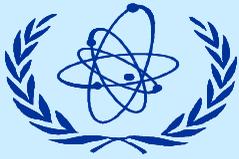
Cronología Día 1 (cont)

- **Al interrumpir el tratamiento el personal entró a la habitación, desconectó la unidad de los catéteres y removi6 el paciente**
 - **Una alarma de radiaciones indic6 altos niveles de radiaci6n pero fu6 ignorada**
 - ◆ **El personal indic6 que la alarma “fallaba frecuentemente ” y que estaban acostumbrados a ignorarla**
 - **Un medidor port6til de radiaci6n estaba disponible pero no fu6 usado para confirmar o descartar la se~al de la alarma**
 - **La consola de la unidad de alta tasa report6 que la fuente estaba “segura”**
- **El paciente fu6 transportado de regreso a la casa de reposo**



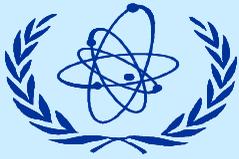
Cronología Día 1 (cont.)

- **El personal del CRC no se dió cuenta que la fuente se había roto en la unión con el cable guía y que había quedado en el catéter**
- **Los catéteres permanecieron en el paciente, con la fuente de alta tasa, mientras el paciente fué transportado de regreso a la casa de reposo**



Cronología Día 4

- **20 Nov. 1992: El catéter conteniendo la fuente se desprendió del paciente y cayó a los cuatro días**
- **El catéter (y la fuente) fueron colocados en una bolsa de basura roja con signos “Riesgo biológico médico”**
- **Más tarde la bolsa fue llevada a otro lugar de almacenamiento con otras bolsas donde permaneció hasta el 25 de Nov.**



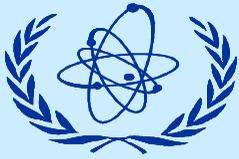
Cronología Día 9

- **25 Nov. 1992:** Un motorista de la compañía de basura recogió la bolsa roja de basura de riesgo biológico de la casa de reposo, la colocó en el trailer de un camión con otra basura, y la transportó a las instalaciones de la compañía en Carnegie, Pa.
- De este lugar fué luego transportada a otro lugar en Warren, Ohio.
- Un detector de radiaciones en el sitio de Warren señaló emisiones radioactivas del remolque y fue regresado a Carnegie
- El remolque permaneció en el sitio de Carnegie hasta el Lunes 30 Nov. 1992



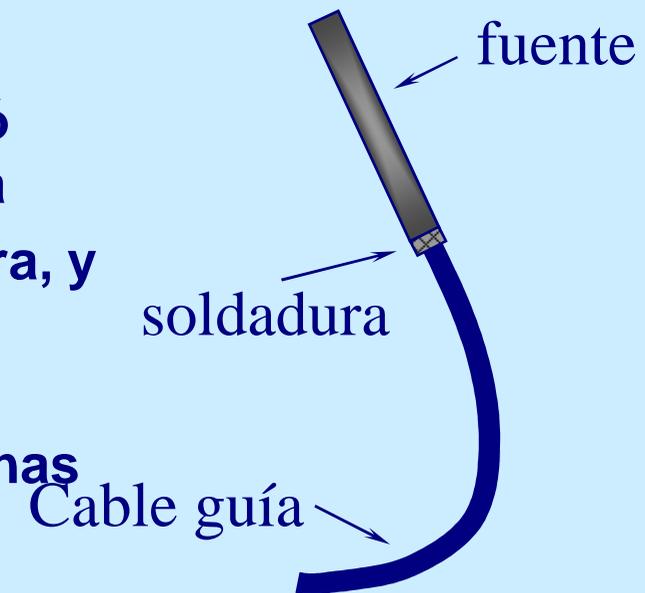
Cronología Día 15

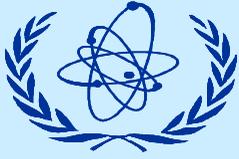
- **1 Dic. 1992: El remolque fué inspeccionado, la bolsa con la fuente fué encontrada y hallaron que provenía de la casa de reposo**
- **La casa de reposo fue contactada y ellos a su vez notificaron IRCC**
- **El físico de IRCC confirmó que la fuente de alta tasa estaba desaparecida**



Causas del Accidente

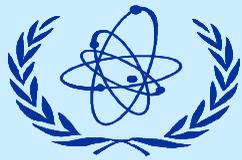
- En este tipo de unidad de alta tasa la fuente estaba unida al cable guía por una soldadura.
- La fuente fué enviada al centro de cáncer en un contenedor protegido que empleaba teflón cerca de la fuente
- En la presencia de humedad, por radiólisis se produjo fluoruro de hidrógeno el cual reaccionó con el cable de Nitinol, corroyendo la soldadura
- La corrosión ultimadamente debilitó la soldadura, y la fuente se destrabó del cable cuando fue sometida a tensión
- Un caso similar ocurrió en otro lugar tres semanas más tarde
 - El físico estaba advertido del primer evento y respondió rápidamente, evitando consecuencias de disis significativas al paciente o el personal





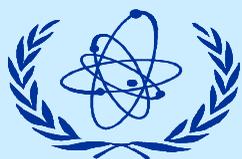
Estimados de Dosis

- **Paciente:**
 - La dosis recetada era 18 Gy en 3 fracciones
 - La dosis proporcionada al punto de interés en cuatro días fué de 16 000 Gy
 - Un consultor de la Comisión Reguladora Nuclear (NRC) concluyó que la sobre'exposición fue probablemente la causa de la muerte del paciente, o por lo menos, un factor contribuyente



Estimados de Dosis (cont)

- **Personal de la casa de reposo:**
 - **Varios empleados estuvieron muy cerca del paciente mientras lo atendieron en los últimos cuatro días de su vida:**
 - **Una asistente de enfermería recibió dosis en las manos de entre 0,73 y 1,60 Sv (73-160 cGy)**



Estimados de Dosis (cont)

- **Personal del Hospital:**

- Las dosis fueron relativamente bajas debido a que estuvieron en contacto con el paciente sólo de forma breve después que la fuente se destrabó

- **Público:**

- Varios individuos fueron expuestos incluyendo trabajadores de los lugares de basura, transportistas de pacientes, pacientes y visitantes de la casa de reposo
- Las dosis a estas personas se estimaron entre 0,4 mSv y 220 mSv

Lecciones a aprender

Entrenamiento

- **Personal profesional (médicos, físicos médicos, tecnólogos de radioterapia) con la formación necesaria**
- **Lugares de entrenamiento con acreditación necesaria**
- **Entrenamiento para el uso de nuevos equipos, tecnologías o procedimientos**
- **El personal bajo entrenamiento es supervisado constantemente**
- **Conocimientos del personal en constante actualización**

Lecciones a aprender

Procedimientos clínicos y dosimétricos

- **Procedimientos clínicos claramente escritos**
- **Prescripción de tratamiento de cada paciente claras y por escrito**
- **Procedimientos especiales y fuera de rutina con indicaciones específicas**
- **Dosimetría clínica clara y por escrito**

Lecciones a aprender

Entendimiento del funcionamiento de los equipos

- Cada equipo tiene un manual de operación en el idioma adecuado
- Los equipos y accesorios se conocen en sus características y limitaciones
- Los controles y los mensajes de la consola se conocen y entienden
- Se conocen las unidades de las escalas
- Se sabe cuándo un equipo no funciona correctamente
- Cuando un equipo ha sido calibrado se entiende las condiciones de la calibración

El equipo y los datos usados para tratamiento deben entenderse completamente

Lecciones a aprender

Atención al trabajo

- **El personal tiene carga razonable para dedicar atención a su trabajo**
- **Procedimientos especiales con mecanismos generadores de atención**
- **Reporte de situaciones anómalas con pacientes o equipo**
- **Atención a las observaciones o reclamos de los pacientes**

Hay que estar alerta, una irradiación no puede deshacerse

Lecciones a aprender

Procedimientos física médica

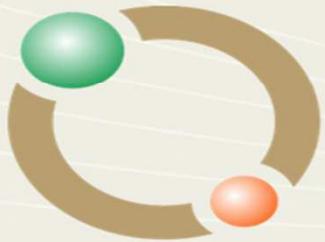
- Programa de Garantía de Calidad activo y comprensivo.
- Procedimientos de GC detallados
- Procedimientos clínicos escritos y claros
- Procedimientos de reporte de fallas y acciones a tomar.
- Procedimientos de reparación y mantenimiento periódico
- Procedimientos de aceptación y puesta en uso de equipos y materiales

Lecciones a aprender

Administración

- **Personal de acuerdo a carga de trabajo. (recomendaciones internacionales.**
- **Asignación de recursos para reparación, mantenimiento y piezas de repuesto.**
- **Compra de equipo de dosimetría necesario para monitoreo de areas y personal**
- **Cumplir con regulaciones sobre licenciamiento y compra de materiales radioactivos.**
- **Funciones y responsabilidades deben asignarse y entenderse claramente.**

MUCHAS GRACIAS



**INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE**