

BLOQUE 2
EQUIPOS DE
TELETERAPIA



TEMA 1

EQUIPOS DE RADIOTERAPIA EXTERNA

Fundamentos



INDICE

1.1- FUNDAMENTOS GENERALES DE LOS EQUIPOS DE RT EXTERNA

1.1.1- Introducción equipos de teleterapia.

1.2 - COMPONENTES

1.2.1 - Componentes básicos

1.2.2 - La mesa de tratamiento en radioterapia externa

1.2.3 - El puesto de control

1.3 – INCERTIDUMBRES

1.4 - EQUIPAMIENTO PARA RADIOTERAPIA EXTERNA

1.4.1 - Sistemas, formas y elementos de inmovilización del paciente

1.5 -ELEMENTOS MODIFICADORES DEL HAZ

1.6 - HERRAMIENTAS AUXILIARES DE TRATAMIENTO

1.6.1-Cuñas

1.6.2-Bolus

1.6.3-Otros compensadores

1.7 - CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES

1.8 - SISTEMAS DE CONTROL DE LOS EQUIPOS Y DEL TRATAMIENTO

EQUIPOS DE RADIOTERAPIA

SE CLASIFICAN

SON EQUIPOS PARA
TRATAMIENTOS
CON R. IONIZANTE

PORQUE

GAMMA

RAYOS X

ELECTRONES

TELETERAPIA

BRAQUITERAPIA

TERAPIA
SUPERFICIAL

SIMULACION

PLANEACION

TRATAMIENTO

SUPERFICIAL

INTERSTICIAL

ENDOCAVITA
RIA

RAYOS x DE
BAJA ENERGIA

2 D

3 D

2 D

3 D

COBALTO 60

RADIACION
GAMMA

ACELERADOR
LINEAL

USAN FUENTES
RADIATIVAS

EMITEN

RAYOS X y
ELECTRONES

EJEMPLOS

S.ONCOLOGICO

S.CONVENCIONAL

1.1 FUNDAMENTOS GENERALES DE LOS EQUIPOS DE RT EXTERNA

INTRODUCCIÓN EQUIPOS DE TELETERAPIA

Radioterapia externa → tratamiento del cáncer mediante radiaciones ionizantes procedentes de una máquina que enfoca directamente la radiación al tumor.

EQUIPOS DE RADIOTERAPIA EXTERNA

- **Aceleradores lineales de electrones**

A partir de 1990 sustituyeron a los equipos de Cobalto

Actualmente son los más utilizados para tratamiento.

100 cm

- **Unidades de cobalto**

Actualmente existen muy pocas unidades de cobalto.

80 cm

- **Equipos de rayos X de energía baja y media**

Son equipos de terapia superficial

Mínimo de 30 cm

Monoenergéticos y multienergéticos



ACELERADORES LINEALES



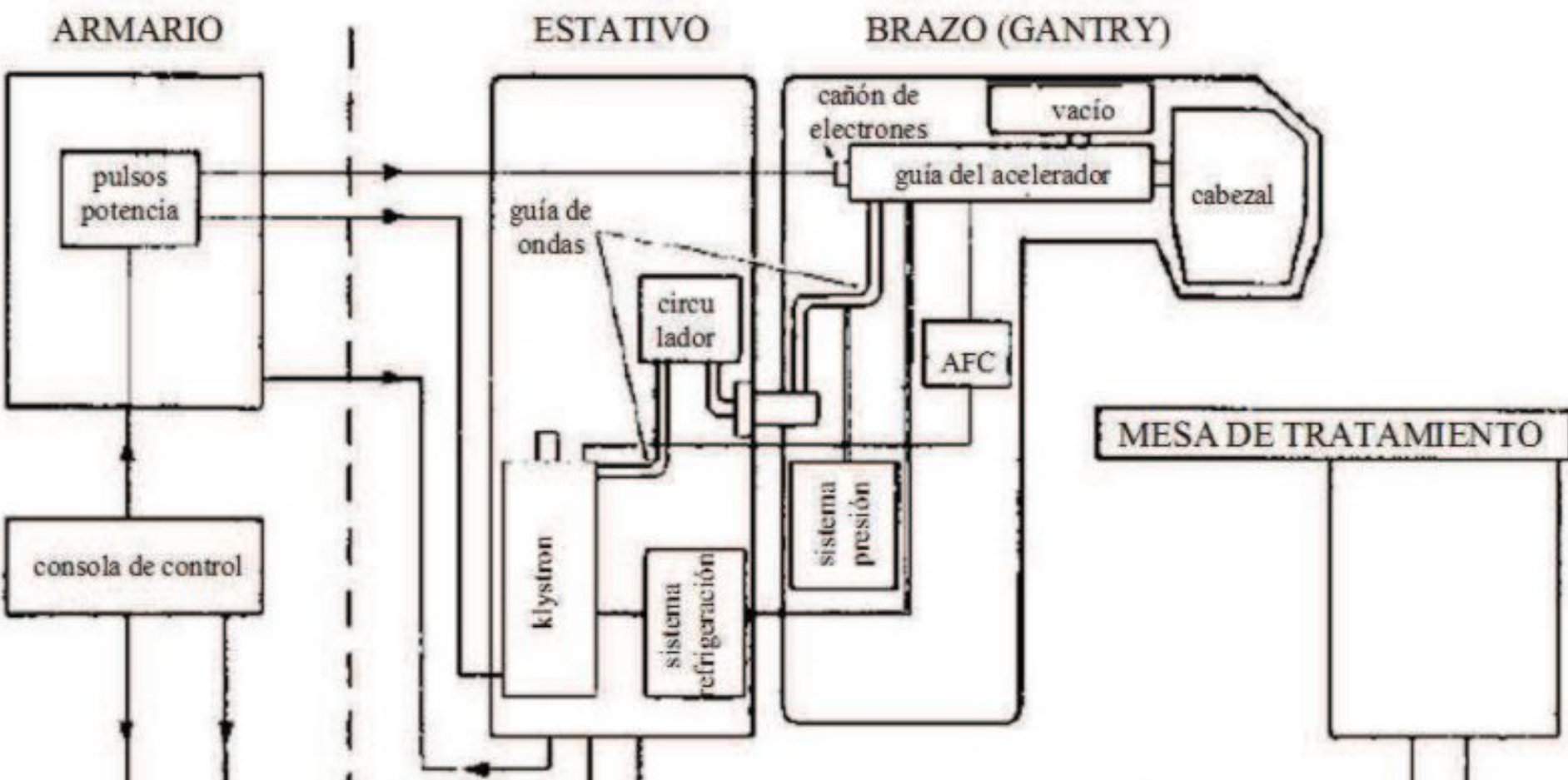
1.2 - COMPONENTES

COMPONENTES

- Gantry (brazo)
- Estativo
- Modulador
- Mesa de tratamiento
- Consola de control

SISTEMAS GENERADORES DEL HAZ

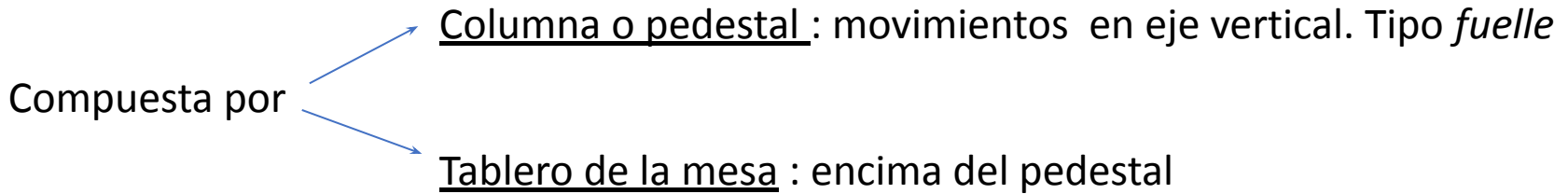
- Sistema de inyección.
- Sistema de generación de potencia para RF.
- Guía de ondas para aceleración.
- Sistema auxiliar de refrigeración
- Sistema de transporte del haz.
- Sistema de colimación y monitoreo del haz



1.2.2 - LA MESA DE TRATAMIENTO EN RADIOTERAPIA EXTERNA

FUNCIÓN → Lugar en donde se coloca al paciente para el tratamiento.

Es importante que tenga un diseño adecuado.



CARACTERÍSTICAS MESA DE TRATAMIENTO

- ✓ Plano
- ✓ Estrecho
- ✓ Rígido
- ✓ Radiotransparente: materiales de baja densidad ➡ **fibra de carbono.**
- ✓ Indexado: Para los sistemas de inmovilización , IGRT.
- ✓ Idéntico a los tableros del TAC de planificación de radioterapia, PET-TAC o incluso RMN

MOVIMIENTOS DE LA MESA

Movimientos básicos

- 1- Transversal
- 2- Longitudinal
- 3- Vertical

Rotación de la mesa

Rotación isocéntrica



MESAS 6D

POSEEN MOVIMIENTOS ANGULARES DEL TABLERO A LO LARGO DE LOS EJES LONGITUDINAL , LATERAL Y VERTICAL

Permiten posicionar al paciente con 6 grados de corrección de libertad desde fuera de la sala de tratamiento.

ROTACIONES 6D

- Rotación de guiño en el eje z vertical (*jaw rotation*)
- Rotación de balanceo en el eje y longitudinal (*roll rotation*)
- Rotación de cabeceo en el eje x transversal (*pitch rotation*).

MESA 6D: se mueve en los tres ejes lineales del espacio y en los tres ejes angulares del mismo coordinada.

MOVIMIENTOS MESA DE RADIOTERAPIA

La mesa de tratamiento y el tablero de la mesa: Desplazamientos ejes ortogonales y angulares o de rotación en el espacio.

LATERAL □ Plano transversal o derecha-izquierda del paciente → EJE X

LONGITUDINAL □ Plano axial - eje craneocaudal o cabeza-pies → EJE Y

VERTICAL □ Plano sagital o eje dorsoventral o antero-posterior → EJE Z

Rotación de la base de la mesa □ perpendicular al eje z vertical o antero-posterior.

Rotación del tablero de la mesa

Rotaciones 6D

Rotación de guiño en el eje z vertical (*jaw rotation*)

Rotación de balanceo en el eje y longitudinal (*roll rotation*)

Rotación de cabeceo en el eje x transversal (*pitch rotation*).

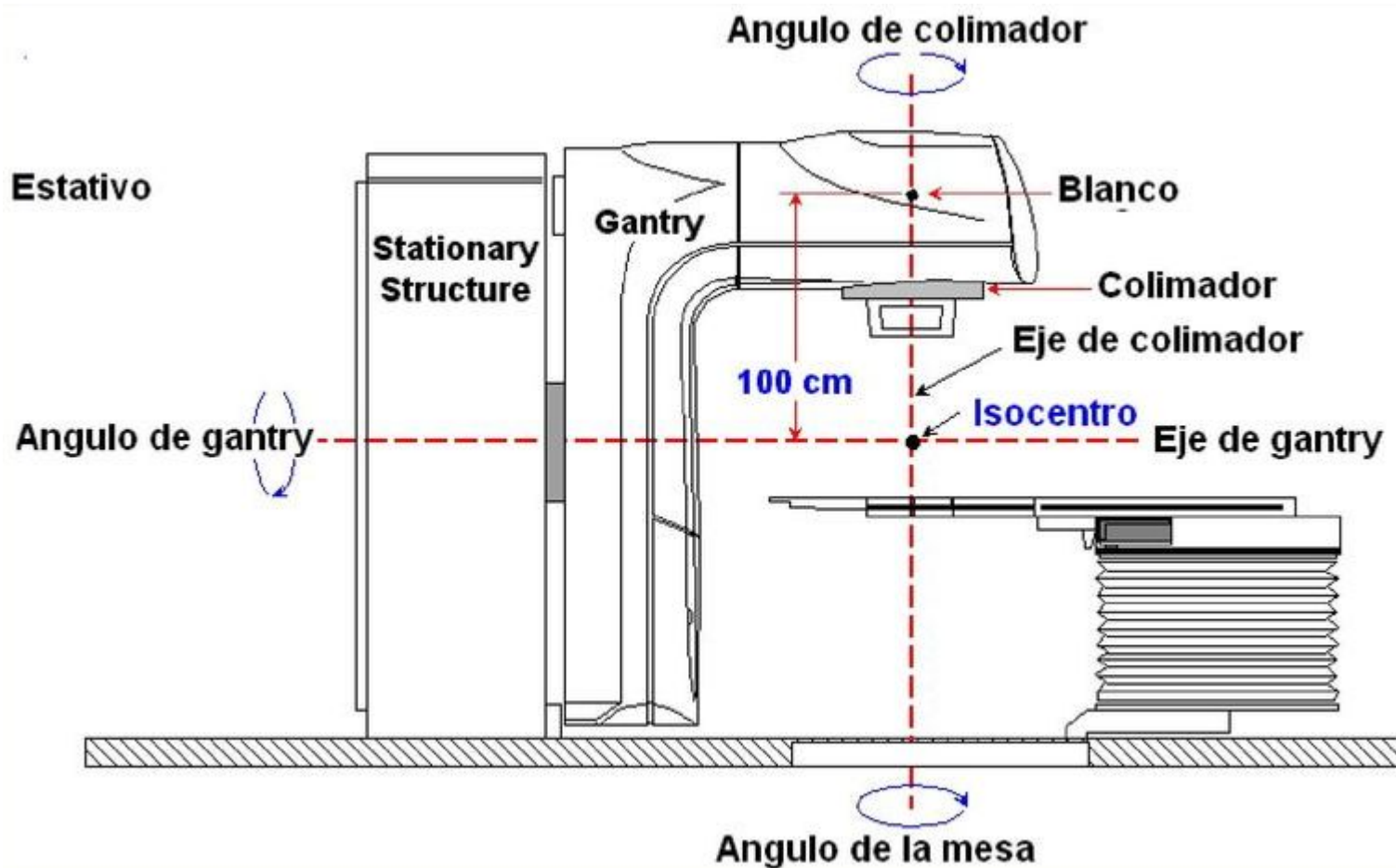
Los desplazamientos se usan para colocar:

Isocentro de planificación = Isocentro del acelerador



Isocentro: punto donde convergen todos los haces de radiación a un volumen de tratamiento.

El isocentro es el punto en el espacio donde el gantry, colimador y mesa rotan en común



1.2.3 - EL PUESTO DE CONTROL

ORGANIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTROLES DE LA UNIDAD

CONSOLA DE TRATAMIENTO

Fuera del búnker , desde la consola se controla la programación del tratamiento.

MODOS DE TRABAJO

• **MANUAL** : permite realizar irradiaciones seleccionando los parámetros de la irradiación de forma secuencial.

Se selecciona:

- ✓ Tipo de haz → fotones o electrones
- ✓ Energía
- ✓ Unidades de monitor (UM)
- ✓ Tasa de dosis
- ✓ Tipo de irradiación → Haces fijos / Arcoterapia
- ✓ Cuñas
- ✓ Tamaño del campo

CONSOLA DE TRATAMIENTO

• AUTOMÁTICO

Desde este se envían los datos a la consola del acelerador y en esta se visualizan todos los datos transmitidos.



Registro de las dosis administradas y de todos los parámetros de la irradiación

• SERVICIO

Acceso a este modo solo las personas del Servicio Técnico autorizadas

En todos los equipos {
botones de puesta a cero de la unidad
parada en condiciones normales
interruptores de emergencia

Pantalla de la consola → Nº de unidades de monitor(UM) en las dos cámaras monitoras
Tiempo de exposición

VIGILANCIA DEL PACIENTE

Desde la sala de control se lleva a cabo la vigilancia del paciente. Para ello se dispone:

- Cámaras de vigilancia (también para controlar los movimientos del ALE)
- Micrófono (comunicación con el búnker)

En caso de ser preciso → Se puede detener la irradiación desde la consola de control.



1.3 - INCERTIDUMBRES

Errores o incertidumbres → Posibles alteraciones del tratamiento por diferentes factores.



En radioterapia se clasifican según su TEMPORALIDAD:

1. ERRORES ALEATORIOS

- Aparecen por azar y no son constantes en el tiempo, varían de una sesión a otra.
 - Se incluyen: movimientos del paciente durante la sesión ,variaciones en la colocación diaria del paciente y movimientos internos de órganos.
- Los *errores al azar* se clasifican según el momento en el que se producen
- Errores interfacción*** - entre una sesión y otra de radioterapia.
- Errores en el posicionamiento y movimiento órganos internos. *Ejemplo* → *desplazamiento de la próstata por el llenado o vaciado del recto o la vejiga.*
- Errores intrafracción*** – durante la sesión de tratamiento.
- Movimientos voluntarios del paciente y por los movimientos internos de los diferentes órganos y estructuras. *Ejemplo* → *movimiento pulmonar y de los órganos abdominales durante la respiración.*

2. ERRORES SISTEMÁTICOS

- Son los originados durante la fase de preparación de la radioterapia.
- Si no se corrigen, permanecen constantes durante todo el tratamiento.

Repercusión sobre la dosis final real administrada en los volúmenes de tratamiento es mayor que la de los errores aleatorios.

1.4 - EQUIPAMIENTO PARA RADIOTERAPIA EXTERNA

En Radioterapia se emplean **sistemas de inmovilización**

¿Para qué se utilizan?

Para conseguir un máximo de reproducibilidad en el tratamiento diario.

Ayudar a mantener la misma posición del paciente.

CARACTERÍSTICAS SISTEMAS DE INMOVILIZACION

- ✓ Apropriados para cada zona anatómica
- ✓ Cómodos
- ✓ Preparación fácil y rápida
- ✓ Que no modifiquen en lo posible el campo a tratar
- ✓ Bajo coste

1.4.1 - SISTEMAS, FORMAS Y ELEMENTOS DE INMOVILIZACIÓN DEL PACIENTE

Posicionamiento e inmovilización del paciente: se elige de acuerdo a los volúmenes a irradiar y a proteger .



Reproducible y confortable

SISTEMAS DE INMOVILIZACIÓN

Clasificación sistemas de inmovilización

Sistemas de inmovilización estándar o inespecíficos

-Sirven para localizaciones concretas pero para todos los pacientes.

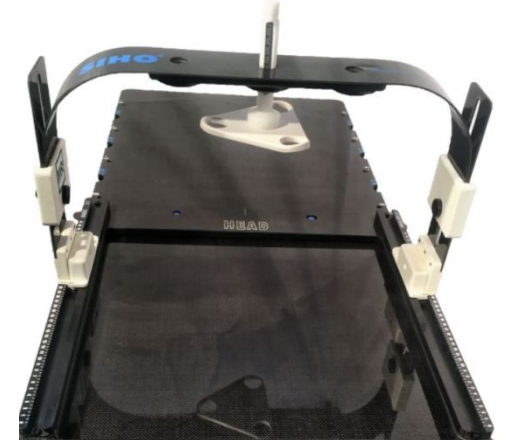
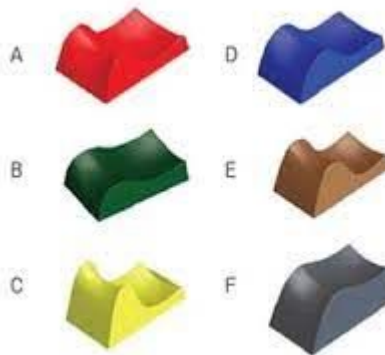
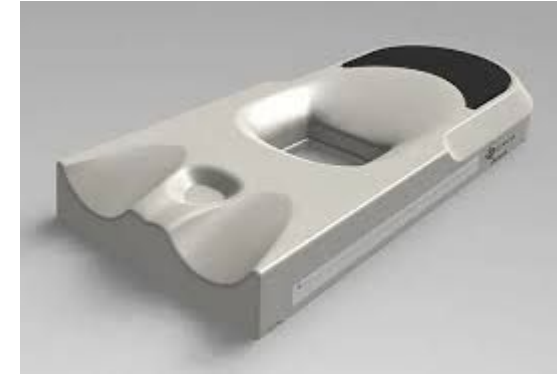
Sistemas de inmovilización individuales o específicos

- Personalizados para cada paciente .

SISTEMAS DE INMOVILIZACIÓN ESTÁNDAR O INESPECÍFICOS

- ❑ **Almohadas**
- ❑ **Reposabrazos**
- ❑ **Reposacabezas**
- ❑ **Reposapiernas**
- ❑ **Plano inclinado**
- ❑ **Depresores de lengua**
- ❑ **Belly board**

Sistemas inespecíficos de inmovilización



SISTEMAS DE INMOVILIZACIÓN INDIVIDUALES O ESPECÍFICOS

No pueden ser reutilizados para otros pacientes

Cuna alfa

-inmovilización de cualquier región anatómica.

Colchón de vacío

plástico resistente relleno de poliestireno

El paciente se recuesta sobre la misma y se le da la forma deseada, se le hace vacío para que quede como un molde fijo.

Máscaras termoplásticas

inmovilización de la cabeza para ORL Y SNC

material termo-moldeable

Sistemas individuales o específicos de inmovilización



1.5 -ELEMENTOS MODIFICADORES DEL HAZ

Cualquier elemento o accesorio entre la fuente y el paciente que sea capaz de variar la distribución de dosis en el volumen irradiado .

Incorporan un cierto grado de aplanamiento del haz



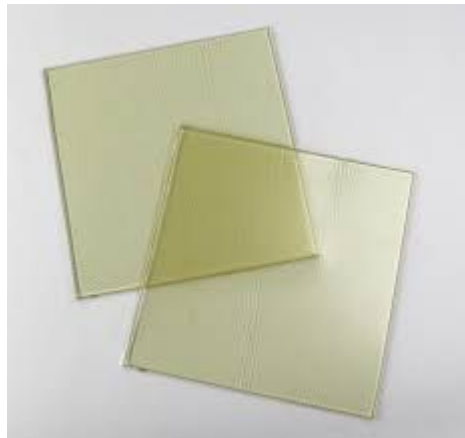
Disminuyen 'puntos calientes'
Mejoran la distribución de dosis

1.6 - HERRAMIENTAS AUXILIARES DE TRATAMIENTO

1.6.1-Cuñas

1.6.2-Bolus

1.6.3-Otros compensadores



1.7 - CARACTERISTICAS DE LAS INSTALACIONES

INSTALACIONES DE RADIOTERAPIA EXTERNA

Riesgo habitual ☐ Irradiación externa

POR TANTO

- Diseño estructural de una instalación de RT Externa es: factor más importante para asegurar la protección radiológica (P.R)
- Riesgos radiológicos 
 - Funcionamiento normal de la unidad
 - Errores o accidentes
- *Sistemas de seguridad* 
 - Interrumpen la radiación en caso de ser necesario.
- Diseño funcional de la instalación (facilitar el trabajo) 
 - Aumenta la EFICIENCIA y la SEGURIDAD

TIPOS DE RADIACIÓN

En una instalación de RADIOTERAPIA EXTERNA

RADIACIÓN PRIMARIA O DIRECTA □ Radiación terapéutica



□ Unidades de Cobalto: Esta radiación es constante.

RADIACIÓN DE FUGA □ Radiación no deseada



□ Unidades de Cobalto: se emite continuamente .

□ Acelerador : sólo durante la irradiación.

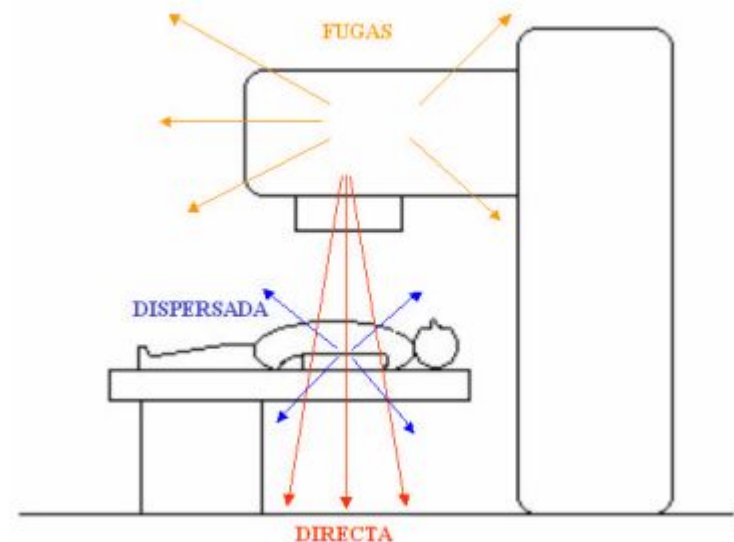
RADIACIÓN DISPERSA



□ Haz primario choca con el paciente.

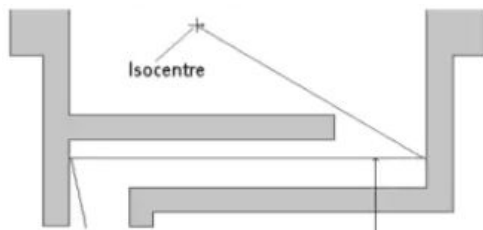
□ Se emite en cualquier dirección .

□ Energía < que la Radiación primaria.



ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN DE RADIOTERAPIA

LABERINTO

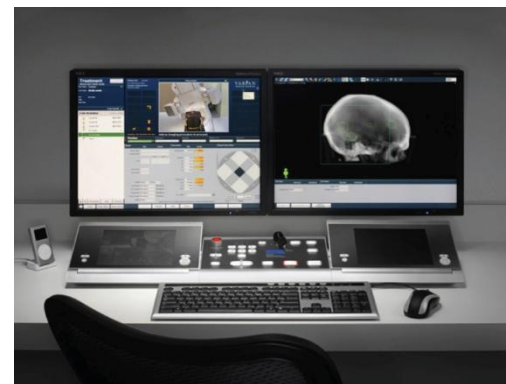


PUERTA DE ACCESO

BÚNKER

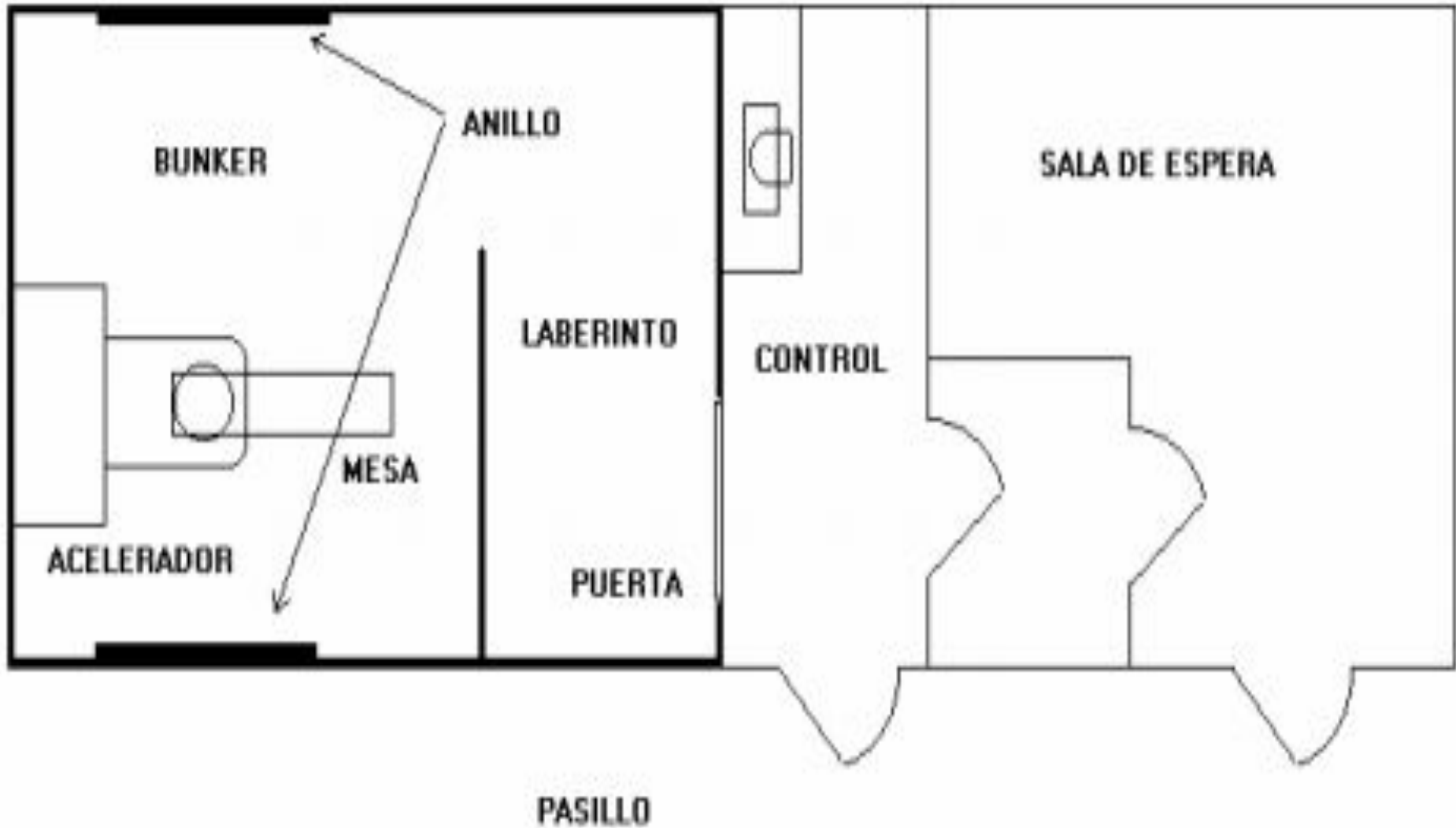


SALA DE CONTROL





ESQUEMA INSTALACION DE RADIOTERAPIA EXTERNA



1.8 - SISTEMAS DE CONTROL DE LOS EQUIPOS Y DEL TRATAMIENTO.

INSTALACIONES Y EQUIPOS DE RADIOTERAPIA



precisan

Control

(inicial y periódico)



Requieren de una serie de

Actuaciones técnicas y administrativas

PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS REGULARES DE RADIOTERAPIA EXTERNA

En los procedimientos deberán estar descritos :

- ✓ el método de trabajo,
- ✓ el personal que interviene en el mismo con las responsabilidades en **condiciones normales de trabajo** o en **situaciones de emergencia**.

CONDICIONES NORMALES DE TRABAJO

Se precisa :

- conocimiento de la técnica utilizada y su riesgo
- conocimientos de todos los sistemas de seguridad
- entrenamiento adecuado
- revisión constante de los procedimientos □ mejoras

Procedimientos de operación unidades de teleterapia

Descritos en el manual de protección radiológica de la instalación

En términos generales son:

- llave puesta en marcha ➡ custodia del operador
- pruebas de control de control de calidad diarias (antes de comenzar los tratamientos).
- Seguir la ficha de tratamiento de cada paciente.
- Asegurarse de que en el interior de la sala no queda nadie, excepto el paciente.
- Durante el tratamiento el operador vigilará, mediante monitores, todo el proceso.
- finalizados los tratamientos ➡ apagar la unidad y guardar la llave de puesta en marcha.
- Incidencias del día 📅 diario de operaciones

PROCEDIMIENTO EN CASO DE AVERÍA

Procedimientos Plan de Garantía de Calidad □ RD.1566/1998 (criterios de calidad en RT)



SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN

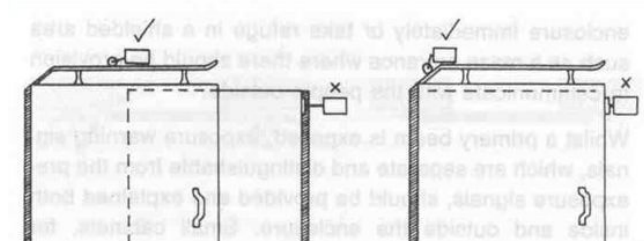
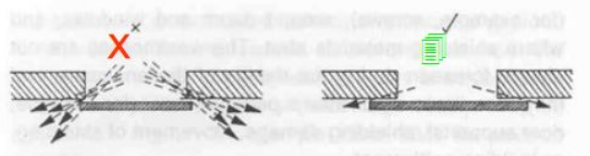
Monitor de radiación ☐ Dentro del búnker



Botones de parada o “setas”



Sistema de enclavamiento de la puerta



Mecanismos de seguridad de la consola de control

Diseño unidades de Cobalto ☐ Fuente a posición de seguridad en caso de ser preciso.

SISTEMAS AUXILIARES

SISTEMA DE VENTILACIÓN

- Renovación del aire
- Mantenimiento de la temperatura

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

- Evitar calentamientos excesivos

SISTEMA DE EXTINCIÓN

- contra incendios

❖ MECANISMOS DE BLOQUEO MESA

❖ SISTEMA DE CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN

Procedimientos operativos especiales para las unidades de Co-60



El radionucleido Co-60 se utiliza en teleterapia

Su uso requiere de procedimientos especiales:

✓ Recepción del material radiactivo

Procedimiento específico de Protección Radiológica → Presencia del jefe de PR

Entregado en la instalación a persona designada recepción → comprobar el material

Suministrador aporta la fuente y un certificado

✓ Pruebas de hermeticidad

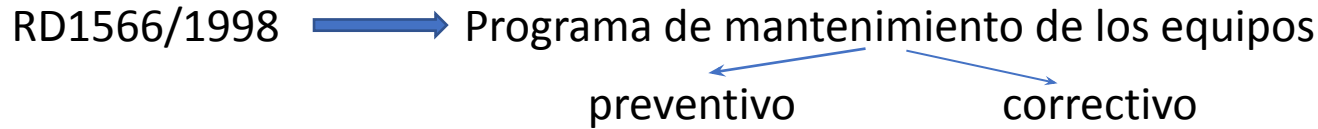
Procedimiento llevado a cabo por un SPR y/o Unidad Técnica de Protección Radiológica autorizada por el CSN  certificado

✓ Almacenamiento

Fuente → confinada dentro del cabezal del equipo.

✓ Retirada de la fuente de Co-60

AVERÍAS Y MANTENIMIENTO



Toda intervención o reparación de los equipos

autorización

→ RADIOFÍSICO

Tras la reparación se emite → **informe**, en el cual consta:

- causa de la reparación
- reparaciones o modificaciones efectuadas
- personal que ha participado

RADIOFÍSICO:

□ Realiza comprobaciones para verificar el correcto funcionamiento del equipo.

 Diario de operaciones

- Fecha y la hora en que se inicia y finaliza la operación.
- Nombre de la persona responsable.

PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA

Emergencias en Radioterapia

- **Accidentes e incidentes**

Circunstancias y procedimientos

A) **La fuente de la unidad de telecobaltoterapia no regresa a su posición de almacenamiento**

- Detección del accidente
- Procedimiento de actuación

B) **Incendio**

- Procedimiento de actuación

C) **Aceleradores Lineales**

- Situaciones y procedimientos de actuación



- **Accidentes e incidentes**

Situaciones de anormalidad en el uso terapéutico de las radiaciones ionizantes

Incidente → todo suceso no planificado durante el cual es probable que se superen las dosis recibidas normalmente.

Accidente → todo suceso no planificado durante el cual es probable que se superen los límites de dosis reglamentados.

Pueden ser :

- Fallo en el mecanismo de recogida de la fuente (Cobalto).
- Pérdida de estanqueidad (Cobalto).
- Pérdida de control de los parámetros (aceleradores).
- Errores en parámetros críticos del tratamiento o en su aplicación.
- Catástrofes (Incendio)
- Presencia inadvertida de personas dentro del búnker

PROCEDIMIENTOS DE ACTUACION

En radioterapia se pueden dar accidentes/incidentes ante los que hay que actuar:

NO RETORNO DE LA FUENTE DE COBALTO-60

Detección del accidente → Señales visuales y acústicas

VISUALES

Luz roja de la consola “Beam ON”.

Luz roja de la puerta.

Luz roja de la cabeza del equipo.

Luz de alarma en el monitor de área.

Vástago naranja fuera del cabezal de la unidad (monitor de televisión)

Escala de lectura del monitor de área.

ACÚSTICAS

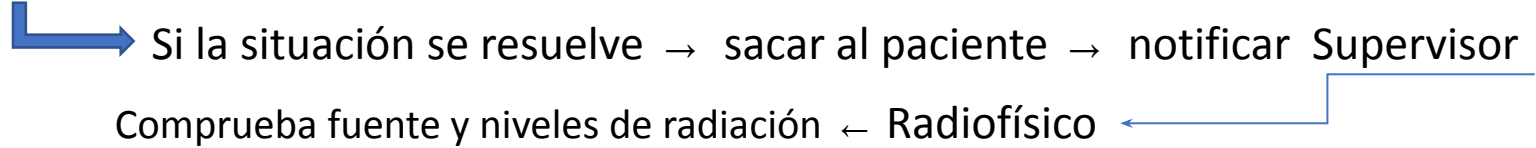
Sonido de alarma del monitor de área

Ausencia del sonido de entrada característico de la fuente a su posición de seguridad (interfono)

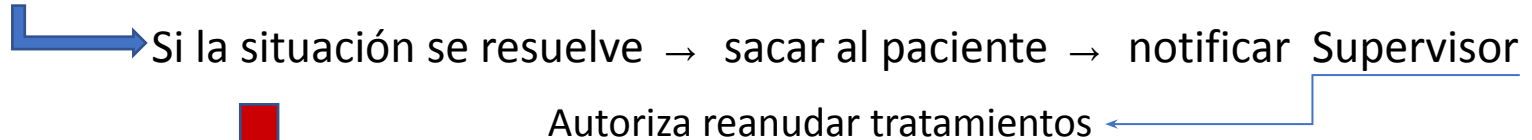
Personal responsable → Supervisores y operadores

PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN

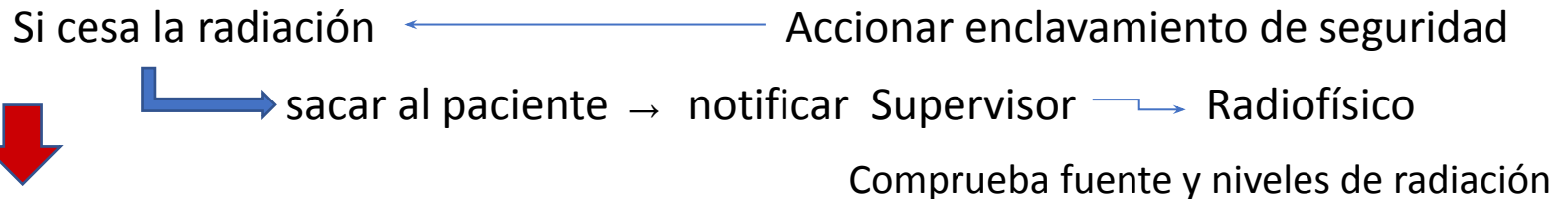
1º Pulsar los *botones de pausa* en la consola de control



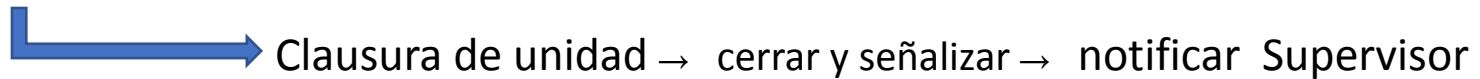
2º Si la fuente no regresa → *botón de emergencia* (consola)



3º Si falla el procedimiento anterior → Acceder a la sala



4º Si no se resuelve la emergencia



Actuación
posterior

Supervisor

Notificar al Servicio de Mantenimiento
Anotar incidencias en el Diario de operaciones.
Radiofísico → elabora el informe y lo anota en el Diario de Operación.
Notificar al CSN

INCENDIO

PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN

- 1) Desconectar la unidad
- 2) Intentar sofocarlo con el extintor → X *de no ser posible*
- 3) Avisar al servicio de extinción de incendios del hospital
- 4) Tras un incendio → determinar grado de afectación de unidad y fuente de radiación
- 5)  Incidencias → Diario de Operación
- 6) Notificar al CSN

Plazo previsto en

“Instrucción Técnica complementaria sobre notificación de sucesos”

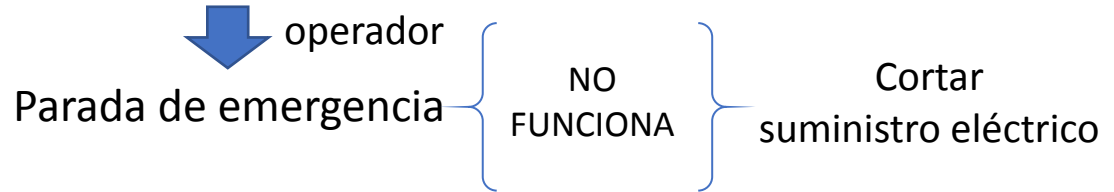


ACELERADORES LINEALES

Se pueden presentar dos situaciones :

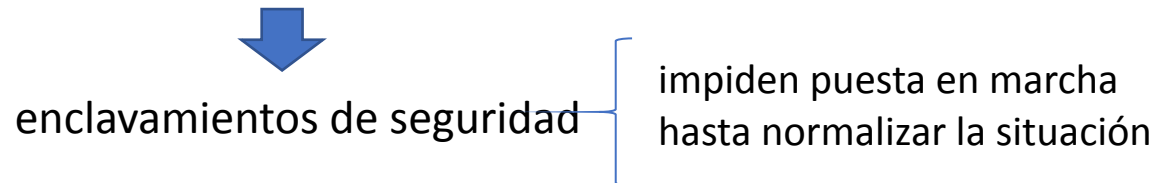
SITUACION 1

La irradiación NO se interrumpe al alcanzar el nº de UM y fallan los enclavamientos



SITUACION 2

Parámetros del haz fuera de los valores establecidos



 Incidencia Diario de Operación

CONTROLES DIARIOS EN LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO

Controles de calidad del equipo ☐ Antes de iniciar los tratamientos

1. Controles de seguridad
2. Controles de parámetros dosimétricos y geométricos

↪ RADIOFÍSICO ☐ Revisa que están dentro de los márgenes

Equipos para el Control de Calidad



Alineador de láseres



Quick Check – Chequeo diario



Electrómetro

1. Controles de seguridad

Unidades de cobalto Y Aceleradores lineales

Comprobación de seguridades

- ☐ Puerta de sala de tratamiento
- ☐ Circuito de TV e interfono
- ☐ Fijación de las bandejas y aplicadores de electrones
- ☐ Llave del teclado
- ☐ Pilotos de irradiación
- ☐ Avisador acústico
- ☐ Fecha y hora del monitor
- ☐ Parada de emergencia
- ☐ Pilotos de irradiación
- ☐ Funcionamiento del monitor de radiación

Comprobación de valores dosimétricos y geométricos

- ☐ Indicador luminoso o telémetro
- ☐ Tamaño de campo radiante, luminoso y digital en el isocentro
- ☐ Coincidencia eje de radiación, luminoso y los láseres
- ☐ Cronómetro (unidades de cobalto)
- ☐ Verificación de la constancia de parámetros dosimétricos (acelerador lineal)

↓
Uniformidad

Simetría

Energía

Coeficiente de calibración