

DIBH

Deep Inspiration Breath Hold

Cardioprotección en Radioterapia de Mama

*"Si quieres construir un barco, no empieces por buscar madera...
Evoca primero el anhelo de mar libre y ancho."*

— Antoine de Saint-Exupéry

Mónica Ortiz Seidel | Hospital Universitario Virgen Macarena | Radiofísica Hospitalaria



CONTENIDOS

- 1 Epidemiología del Cáncer de Mama en España
- 2 Cardiotoxicidad por Radioterapia
- 3 DIBH: Solución Técnica
- 4 ¿IMRT/VMAT o DIBH? ¿Compiten o se complementan?
- 5 Selección de Pacientes y Coste-Efectividad

01

El Cáncer de Mama en España

Epidemiología y tendencias actuales

01

Cáncer de Mama en España · Cifras Clave 2026

REDECAN · SEOM
2026

38.318

casos nuevos estimados 2026
(nº 1 en mujeres)

516.827

mujeres prevalentes
(5 años: 144.233)

6.572

muerdes/año · 2020
15,1% def. oncológicas fem.

INCIDENCIA ↑ +0,9% anual

2002 → 2026: 106,5 → 126,0 TAe × 100.000 mujeres

Cribado mamográfico · envejecimiento · cambios reproductivos

MORTALIDAD ↓ -1,4% anual

2002 → 2020: 29,0 → 22,8 TAe × 100.000 mujeres

Diagnóstico precoz · mejoras sistémicas · radioterapia más precisa

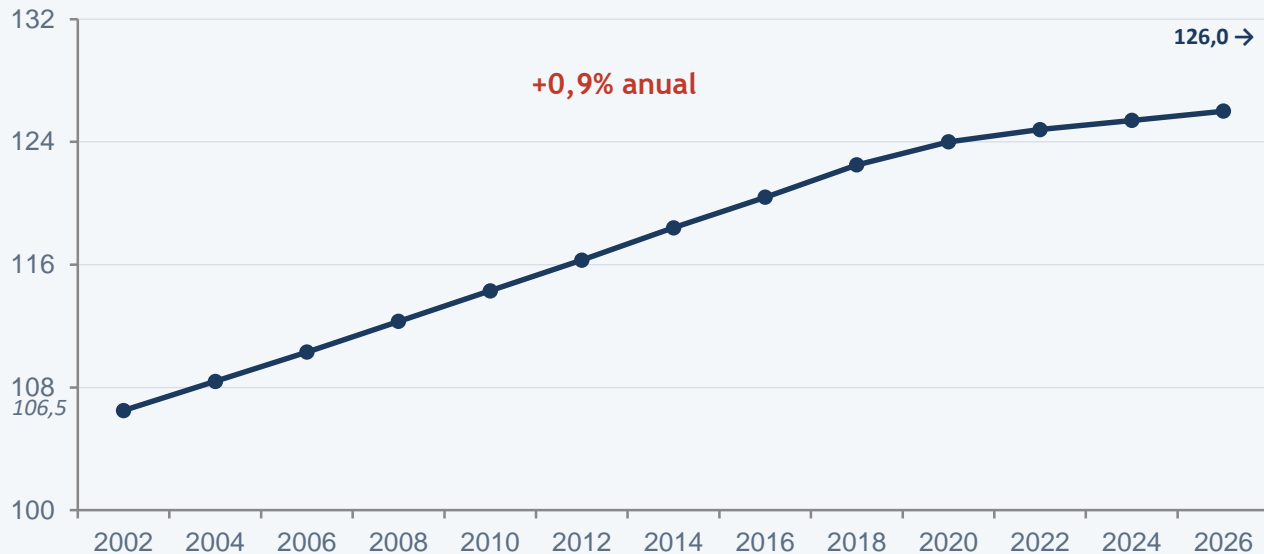
Incidencia creciente + mortalidad decreciente = número creciente de supervivientes a largo plazo.
Estas mujeres se benefician especialmente de técnicas de protección cardíaca como el DIBH.

Incidencia: Tendencia 2002-2026

REDECAN · SEOM
2026

+18,3%

incremento 2002-2026



Causas

Cribado

Detecta más tumores in situ e invasivos

Edad

Factor de riesgo principal; población más envejecida

Cambios Reproductivos

Nuliparidad, menopausia tardía, THS

Estilo de vida

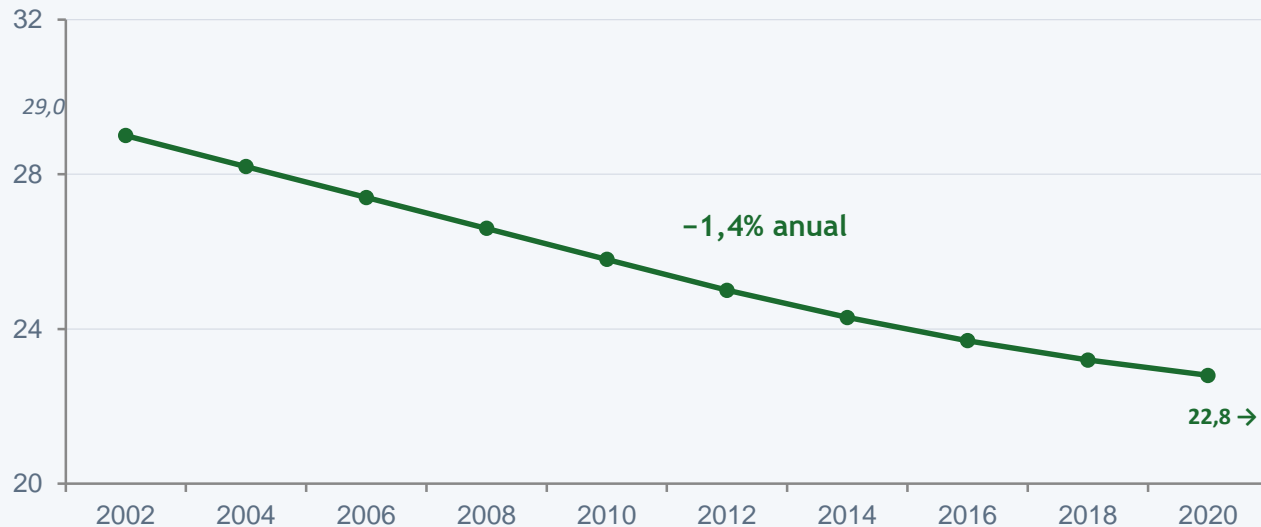
Obesidad, sedentarismo, alcohol

Tabaco

Aumento del hábito en mujeres

-21%

reduccion 2002-2020



Causas del descenso

Diagnóstico precoz

Cribado mamográfico sistemático

Hormonoterapia

Tamoxifeno, inhibidores aromatasa

Quimioterapia

Regímenes más efectivos

Anti-HER2

Trastuzumab y otros agentes

Radioterapia

Técnicas más precisas y personalizadas

Mortalidad en descenso pese al aumento de incidencia → éxito de la detección precoz y los tratamientos multimodales, incluyendo la radioterapia.

Tendencia en Mujeres Jóvenes (< 50 años)

↑ Incidencia en ascenso

- ◆ +1,8% anual en < 50 años
- ◆ +29% últimas 3 décadas
- ◆ 1 de cada 5 diagnósticos en < 45 años

Perfil clínico diferencial

- ◆ Mayor prevalencia Triple Negativo y HER2+
- ◆ Diagnóstico tardío (fuera de cribado estándar)
- ◆ Supervivencia ~88% vs. 91% en mayores
- ◆ Mayor impacto del riesgo cardiovascular a largo plazo



Más supervivientes jóvenes = mayor ventana temporal para la cardiotoxicidad tardía inducida por RT.
Reducir 1–2 Gy en dosis media al corazón puede salvar vidas décadas después del tratamiento.

02

Cardiotoxicidad por Radioterapia

Del concepto de dosis media al paradigma de subestructuras

02

Evidencia epidemiológica

Darby et al. 2013 (NEJM):

Relación lineal sin umbral. Riesgo desde pocas semanas post-RT. Persiste ≥ 20 años.



Factores sinérgicos

Hipótesis '2-Hit':

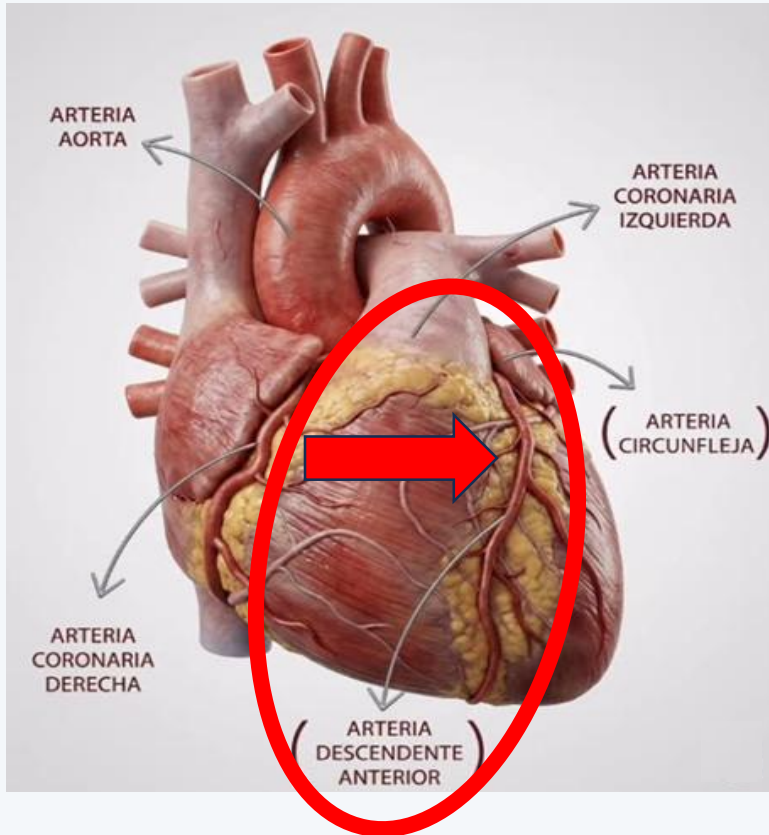
RT amplifica el daño previo de antraciclina o trastuzumab.

Riesgo absoluto mayor en:

Hipertensión · Diabetes mellitus
Tabaquismo · Obesidad

No existe umbral seguro de dosis cardíaca

El riesgo relativo/Gy es similar para todas, pero el riesgo absoluto es mayor en pacientes con factores de riesgo previos



¿Qué estructura importa más?

LAD (Art. Descendente Anterior)

Recorre la cara anterior del corazón. En mama izquierda recibe las dosis más altas. Principal mediadora de cardiotoxicidad tardía (infarto, angina).

Ventrículo Izquierdo (LV)

La fibrosis actúa sobre el músculo cardíaco → disfunción diastólica (HFpEF). El LV-V5 y LV-V25 son mejores predictores que la MHD.

Art. Coronaria Izquierda (LMCA)

Origen común de LAD y Cx. Alta dosis → lesión proximal con grave impacto clínico.

Aurícula Derecha / Coronaria Dcha

Afectadas principalmente en mama derecha o con irradiación de cadena mamaria interna derecha.

¿Cómo Daña la Radiación al Corazón?

Dosis ALTAS (> 30-40 Gy)

- ◆ Necrosis miocárdica directa
- ◆ Pericarditis aguda/tardía
- ◆ Valvulopatía por calcificación
- ◆ Arritmias por fibrosis del sistema eléctrico

Dosis INTERMEDIAS (10-30 Gy)

- ◆ Fibrosis miocárdica → HFpEF
- ◆ Daño microvascular → rigidez cardíaca
- ◆ Estenosis coronaria acelerada

Dosis BAJAS (< 10 Gy · sin umbral)

- ◆ Estrés oxidativo e inflamación endotelial
- ◆ Aterosclerosis acelerada (LAD)
- ◆ Eventos isquémicos tardíos (infarto, angina)

LAD: pasa por la cara anterior del corazón · alta dosis en mama izquierda · principal mediadora de cardiotoxicidad tardía · no existe dosis absolutamente segura.

Cambio de Paradigma: De Dosis Media a Subestructuras

CARDIOTOXICIDAD

Antes: Dosis Media al Corazón (MHD)

Darby et al. 2013: +7,4% riesgo/Gy

→ **Objetivo:** minimizar la Dosis Media al Corazón

Limitación crítica:

La MHD correlaciona mal con la dosis a la Art. Descendente Anterior

Art. Descendente Anterior

Un plan puede tener MHD baja pero dosis tóxica localizada en la Art. Descendente Anterior → infarto tardío.



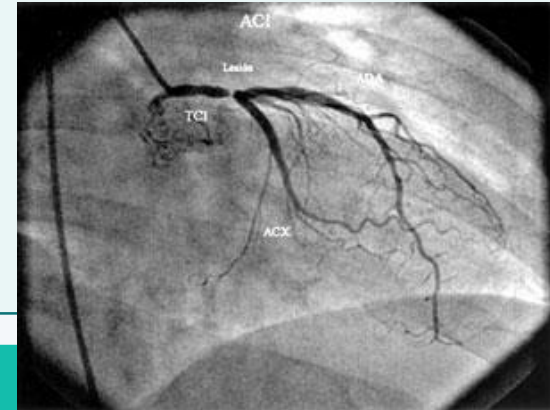
Ahora: Subestructuras Cardíacas

LAD:

Predictor más potente **Dmax** Art. Descendente Anterior que MHD para riesgo isquémico.

Ventrículo Izquierdo (LV):

LV-V5 y LV-V25 superiores a MHD



Restricciones de Dosis: Corazón y Subestructuras

CARDIOTOXICIDAD

Parámetros comunes a todos los esquemas de fraccionamiento (EQD2 $\alpha/\beta=3$ Gy)

Estructura	Parámetro	Restricción / Objetivo	Fuente
Corazón total	Dmean (izda)	< 2 Gy (ideal) / \leq 3 Gy (aceptable)	ASTRO-ASCO-SSO 2025
Corazón total	Dmean (dcha)	< 0,8–1 Gy (ideal)	ASTRO DVH Compendium
Corazón total	V20 Gy	\leq 10 %	QUANTEC / CORSAIR
Corazón total	V40 Gy	\leq 5 %	CORSAIR 2022
LAD Artery	Dmean	< 10 Gy (óptimo < 3 Gy)	Berlin et al. 2025
LAD Artery	Dmax	< 17–20 Gy	CORSAIR / Nair 2025
LAD Artery	V15 Gy	< 10 %	CORSAIR 2022
Ventrículo Izq.	Dmean	< 3 Gy	CORSAIR 2022
Ventrículo Izq.	V5 Gy	< 17 % · superior a MHD como predictor	Locquet et al. 2025
Ventrículo Izq.	V23 Gy	< 5 % (predictor HFpEF)	CORSAIR / DEGRO 2025

17Gy

⚠ La MHD como único indicador es insuficiente. LAD Dmax y LV-V5 son mejores predictores de cardiotoxicidad tardía.

Restricciones Cardíacas según Fraccionamiento

El fraccionamiento condiciona los límites: las dosis por fracción altas (hipofraccionamiento) aumentan el efecto biológico en tejidos de respuesta tardía ($\alpha/\beta = 3$ Gy)

Convencional 25 fr · 2 Gy/fr · 50 Gy

- ◆ Corazón Dmean (izda): < 2.5 Gy ideal <4 aceptable
- ◆ Corazón V20: < 10%
- ◆ LAD Dmean: < 10 Gy
- ◆ LAD Dmax: < 17–20 Gy
- ◆ LV Dmean: < 3 Gy
- ◆ LV V5: < 17%
- ◆ LV V23: < 5%

Referencia: QUANTEC · CORSAIR 2022

Hipofraccionamiento mod. 15 fr · 2,67 Gy/fr · 40 Gy

- ◆ Corazón Dmean (izda): $\leq 1,6$ Gy (ideal) / $\leq 2,4$ Gy (aceptable)
- ◆ Corazón Dmean (dcha): $\leq 0,8$ Gy / $\leq 1,6$ Gy
- ◆ Con RNI Dmean: ≤ 3 Gy / ≤ 5 Gy
- ◆ LAD: misma restricción que 25 fr en EQD2
- ◆ LV V5: < 17% · LV V23: < 5%

Referencia: ASTRO DVH Compendium 2025

Ultrahipofraccionamiento 5 fr · 5,2 Gy/fr · 26 Gy

- ◆ Corazón (izda) V1,5 Gy: < 30% (primario)
- ◆ Corazón (izda) V7 Gy: < 5% (primario)
- ◆ No se recomienda usar Dmean aislado
- ◆ FAST-Forward 10 años: sin aumento de isquemia cardíaca vs. 15 fr
- ◆ SAFE-FORWARD: seguro con técnicas modernas de sparing

Referencia: ASTRO DVH Compendium 2025 · FAST-Forward 2025

17Gy

03

DIBH: Solución Técnica

Mecanismo, historia, beneficio dosimétrico e indicaciones

03

La paciente inhala profundamente y mantiene el aire durante la irradiación. La expansión pulmonar desplaza físicamente el corazón alejándolo del campo de tratamiento.

1

Hiperinflación pulmonar

El diafragma baja · pulmones se expanden **50%** · volumen pulmonar aumenta significativamente

2

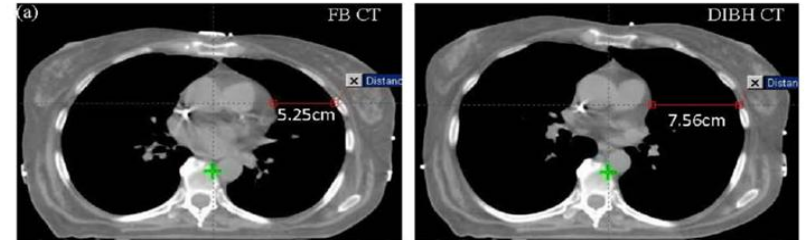
Desplazamiento cardíaco

Corazón se desplaza **3cm** inferior y posterior · aumenta distancia corazón-pared torácica

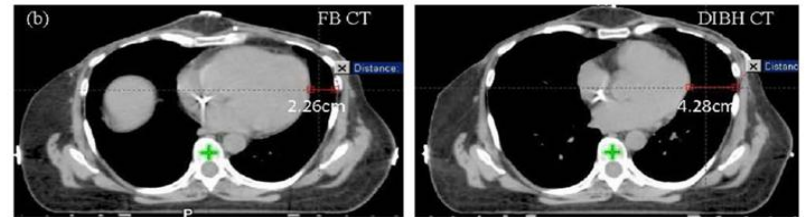
3

Separación objetivo-corazón

Aumenta la distancia física entre mama/pared y LAD, LV → reducción directa de dosis cardíaca



Intact Breast: Chest wall excursion increases from FB to DIBH by 2.31 cm



Post-mastectomy: Chest wall excursion increases from FB to DIBH by 2.02 cm

1987

Origen del concepto

Primera observación.

Equipo americano documenta beneficio de la inspiración profunda en RT y propone el gating respiratorio

2012 – 2016

SGRT óptico — expansión clínica

2012 AlignRT / C-RAD. Monitorización óptica en tiempo real. Sin dispositivos en boca.

2013 Darby et al. (NEJM). +7,4 %/Gy riesgo coronario. Fundamento cuantitativo del DIBH.

2016 Boda-Heggemann et al. Revisión de referencia: pulmón, hígado, mama, linfoma mediastínico

1999 – 2008

ABC — control activo de respiración

1999 Wong et al. Active Breathing Control (ABC/Elekta). Apnea controlada por espirómetro.

2003 Remouchamps et al. ABC-DIBH + IMRT en mama izquierda. Primera aplicación clínica relevante.

2005 Korreman et al. Reducción V50 cardiaco del 80–90 % con DIBH vs. respiración libre.

2019 – 2025

Madurez · Guías y personalización

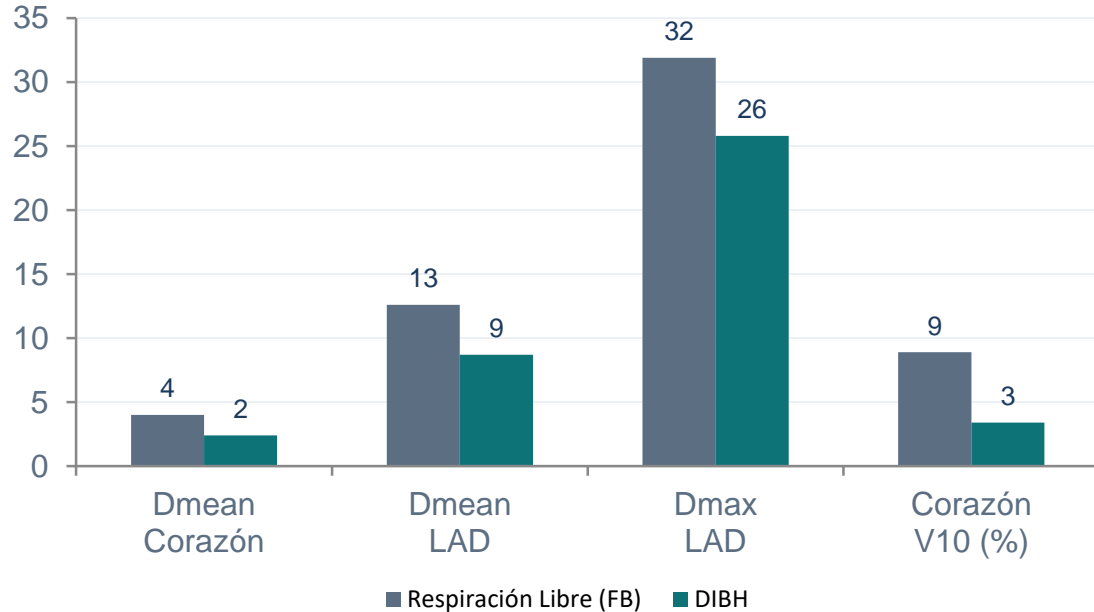
2019 DEGRO (Piroth et al.) Constraints para MHD, LV y LAD. DIBH recomendado en mama izquierda.

2024 Gaál et al. Selección individualizada DIBH vs. prono por parámetros del TC de simulación.

2025 ML + AlignRT. Predicción de beneficio DIBH sin planificación comparativa.

Beneficio Dosimétrico del DIBH: Los Números

Parámetros dosimétricos FB vs DIBH (Gy / %)



-39%

Dosis media corazón

Ferdinand et al. 2021

-30%

Dosis media LAD

Ferdinand et al. 2021

-62%

Corazón V10 Gy

Ferdinand et al. 2021

-83%

Corazón V30 Gy

Ferdinand et al. 2021

25-67%

Rango MHD (meta-análisis)

Bergom 2018

20-73%

Rango LAD (meta-análisis)

Stowe 2022

Doble-trouble RBC

Consistencia del Beneficio: Independiente de la Técnica

El beneficio dosimétrico del DIBH se mantiene independientemente de la técnica de planificación (3DCRT, IMRT, VMAT) y de la cirugía (conservadora o mastectomía).

- **3DCRT + DIBH vs FB** Reducción MHD media: 1,5–2,5 Gy · Rango: 25–55%
- **IMRT + DIBH vs IMRT FB** DIBH-IMRT superior a FB-IMRT en MHD, LAD y pulmón ipsilateral
- **VMAT + DIBH vs VMAT FB** Reducción MHD confirmada; DIBH-VMAT útil cuando DIBH-IMRT > 6,3 Gy
- **DIBH en mastectomía** Beneficio similar al de cirugía conservadora en reducción cardíaca
- **DIBH con irradiación IMC** Mayor beneficio cardíaco al añadir ganglios: LAD hasta –70%

25-67%

reducción Dosis Media Corazón · múltiples estudios

20-73%

reducción Dosis Media LAD · múltiples estudios

Mama Izquierda

- ◆ Con o sin irradiación de ganglios regionales
- ◆ Cadena mamaria interna (IMC): alto impacto cardíaco
- ◆ Tras mastectomía o cirugía conservadora
- ◆ Mayor beneficio: corazón próximo a pared torácica

Otras Indicaciones

Usar DIBH en
mama según
capacidad del
servicio

Criterio mínimo de aptitud: capacidad de mantener apnea ≥ 20 segundos de forma reproducible (≥ 3 apneas estables). Excluidos 14–20% de pacientes.

Flujo Clínico del DIBH: Paso a Paso

PROCEDIMIENTO

1



2



3



4



5

Consulta médica

- Indicación de DIBH
- Explicación de la técnica.
- Avisar a enfermería y física.

Nota: Esta técnica descarta el acto único.

Visita enfermería (≥ 2 días antes del CT)

- Entrenamiento respiratorio:
- Inspiración torácica
- Apnea ≥20 s
- Evaluación de aptitud.
- Entrega guía + xhalr.com.

Simulación CT

- CT en respiración libre (backup + superficie de colocación con SGRT)
- CT en DIBH (contornos + plan)
- Fusión y verificación

Planificación

- Plan sobre CT-DIBH
- Restricciones: corazón, LAD, LV.
- Exportar superficies a Sistema de SGRT

Tratamiento (SGRT/DIBH diario)

- Posicionamiento con superficie de referencia.
- Gating del haz según umbral.
- Verificación sesión a sesión.

ATENCIÓN: Es enfermería quien evalúa y decide la aptitud final del paciente. Sin apnea reproducible ≥ 20 s, no procede DIBH.

Control Activo (ABC / SDX)

Espirómetro + válvula: bloquea el flujo de aire al alcanzar un volumen pulmonar prefijado. Control objetivo.

✓ Ventajas

- ◆ Control objetivo del volumen pulmonar
- ◆ Independiente de la cooperación activa

✗ Limitaciones

- ◆ Mascarilla/boquilla (incomodidad)
- ◆ Compatibilidad limitada al fabricante



Nota: Los ponentes siguientes profundizarán en los sistemas RPM (Varian) y AlignRT (VisionRT).

Bergom et al. Front Oncol 2018 · Boda-Heggemann et al. 2016 · Lastrucci et al. 2026

Los ponentes siguientes profundizarán en los sistemas RPM (Varian) y AlignRT (VisionRT).

vDIBH con RPM (Varian / Elekta)

Marcador infrarrojo sobre el tórax. Registra desplazamiento de pared torácica. Feedback visual al paciente.

✓ Ventajas

- ◆ Ampliamente disponible y económico
- ◆ Sin contacto con vías respiratorias

✗ Limitaciones

- ◆ Solo mide un punto de superficie
- ◆ Capacidad de alineación limitada

SGRT (AlignRT, Catalyst...)

Cámaras 3D capturan toda la superficie torácica en tiempo real. Gating del haz.

✓ Ventajas

- ◆ Monitorización de toda la superficie
- ◆ Sin tatuajes (mejor cosmética)

✗ Limitaciones

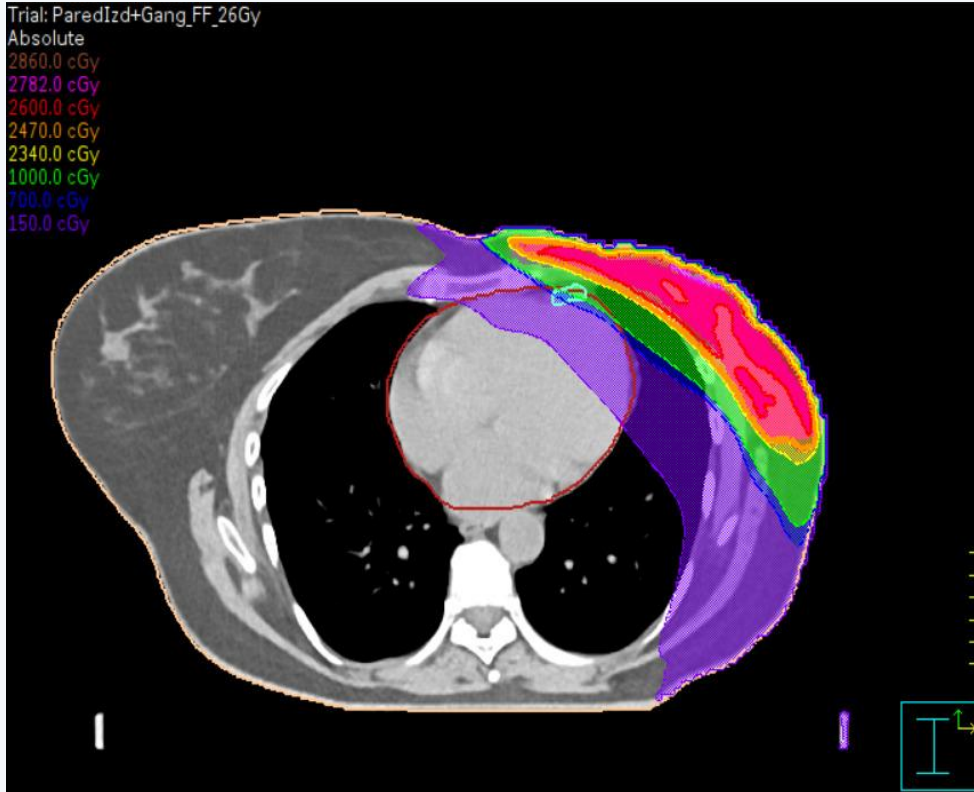
- ◆ Coste elevado del sistema
- ◆ Requiere formación específica

04

¿IMRT/VMAT o DIBH?

No es un dilema: son complementarios

04



CT axial con isodosis: pared torácica izquierda. La dosis de scatter (violeta) alcanza el corazón incluso con buena técnica.

Lu et al. Sci Rep 2023 · Stowe et al. 2022 · Zhang et al. Translational Oncology 2024

El baño de baja dosis

IMRT y VMAT logran alta conformidad en las isodosis altas, pero aumentan el volumen de tejido normal expuesto a dosis bajas (scatter). Sobre el corazón, estas dosis bajas sin umbral seguro acumulan riesgo isquémico.

¿Qué hace el DIBH aquí?

Separación física:

El corazón se aleja del campo → recibe MENOS dosis altas Y bajas.

DIBH-3DCRT puede ser superior a FB-VMAT en dosis media cardíaca.

Conclusión:

Una buena técnica de planificación no sustituye al DIBH. Actúan en planos distintos.

IMRT/VMAT reducen las dosis ALTAS al corazón · DIBH reduce tanto las dosis altas COMO las bajas.
La protección máxima se consigue combinando ambas estrategias.

IMRT / VMAT (sin DIBH)

- ✓ Mejora conformidad del PTV
- ✓ Reduce puntos calientes (dosis altas) en corazón
- ✗ Incrementa el bath of low dose (scatter)
- ✗ No reduce dosis a subestructuras anteriores (LAD)

DIBH + Cualquier Técnica

- ✓ Separación física → reduce dosis altas Y bajas
- ✓ DIBH-3DCRT puede superar a FB-VMAT en dosis cardíaca media
- ✓ Beneficio independiente de la técnica (3DCRT, IMRT, VMAT)
- ✓ Reduce también dosis a subestructuras anteriores

DIBH y técnica de planificación actúan en planos complementarios. La máxima protección cardíaca se consigue combinando DIBH con la técnica más apropiada para cada paciente.

05

Selección de Pacientes y Coste-Efectividad

¿A quién beneficia el DIBH? ¿Cómo predecirlo?

Factores que FAVORECEN el DIBH

- ◆ Mama izquierda
- ◆ Factores de riesgo cardiovascular basales o tratamientos complementarios cardiotóxicos
- ◆ Vida activa, deporte, natación
- ◆ Buena cooperación y comprensión del procedimiento
- ◆ Paciente joven con largo horizonte vital



No todos los pacientes con mama izquierda se benefician del DIBH.
La selección individual es clave para la eficiencia clínica y la sostenibilidad del sistema.

Factores que FAVORECEN el DIBH



Factores que DIFICULTAN el DIBH

- ◆ Edad avanzada o baja capacidad pulmonar
- ◆ Obesidad significativa · tabaquismo crónico
- ◆ Barrera comprensiva
- ◆ Ansiedad o claustrofobia

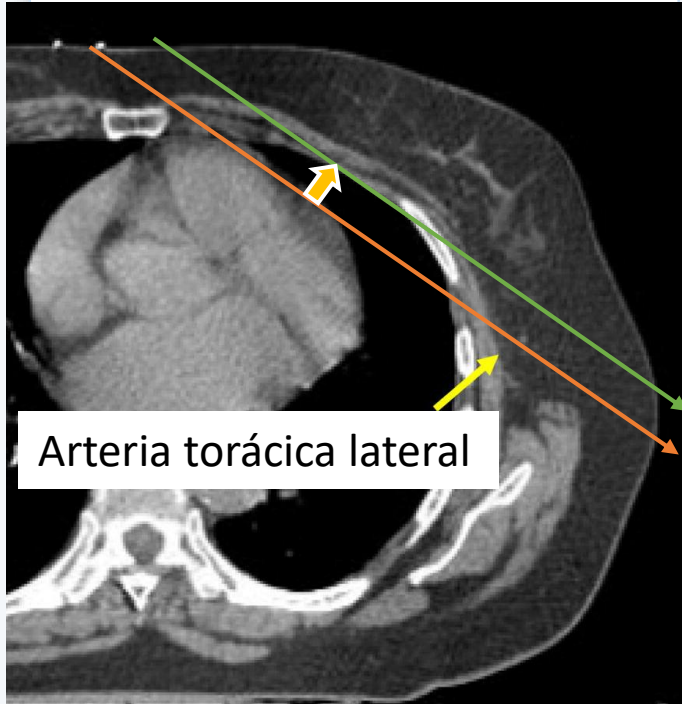
Si el corazón ya alejado en respiración libre,
NO NECESITAMOS DIBH

No todos los pacientes con mama izquierda se benefician del DIBH.
La selección individual es clave para la eficiencia clínica y la sostenibilidad del sistema.

Predictor Anatómico: Distancia Corazón-Pared Torácica

SELECCIÓN

¿Qué medir y cuándo?



$\leq 1,5 \text{ cm}$

distancia anterolateral
corazón-pared torácica
en CT de respiración libre

En el TAC en respiración libre se debe seleccionar el corte axial en el que la distancia entre el corazón y la pared costal sea mínima. En dicho corte, se traza una línea tangencial al contorno cardíaco anterior que pase por la arteria torácica lateral. La menor distancia desde el punto de tangencia cardíaco hasta la pared costal corresponde a la distancia anatómica de interés.

Si la distancia es $< 1,5 \text{ cm}$, es más probable que DIBH reduzca la dosis cardíaca, aunque el beneficio debe confirmarse caso a caso porque no está garantizado.

La planificación comparativa FB+DIBH es costosa en tiempo y recursos.

IA permite predecir el beneficio desde **el CT inicial en respiración libre**



Costes de Implementación

- ◆ Inversión en sistema SGRT o monitorización (alto coste inicial)
- ◆ 2 CTs en simulación (FB + DIBH)
- ◆ Tiempo adicional de sesión: 10–20 min vs. estándar
- ◆ Formación del equipo (física, enfermería, radioterapia)
- ◆ Coaching y evaluación previos del paciente

Beneficios a Largo Plazo

- ◆ Reducción hospitalización y cirugía cardiovascular tardía
- ◆ Supervivencia neta 5 años: 86% → proteger el largo plazo

◆ **Por cada Gy reducido →
-7,4% riesgo coronario**

(Darby 2013)

- ◆ Coste de tratar cardiopatía por RT supera al DIBH

Balance Global

El DIBH es altamente rentable cuando se aplica a las pacientes adecuadas. La clave de la sostenibilidad es la selección inteligente: aplicar DIBH a quien se beneficia, no a todos. La IA y el triaje anatómico son las herramientas para conseguirlo.

Mensajes Clave



El cáncer de mama es el tumor femenino más frecuente en España. El número de supervivientes a largo plazo crece cada año, aumentando la importancia de la **cardioprotección**



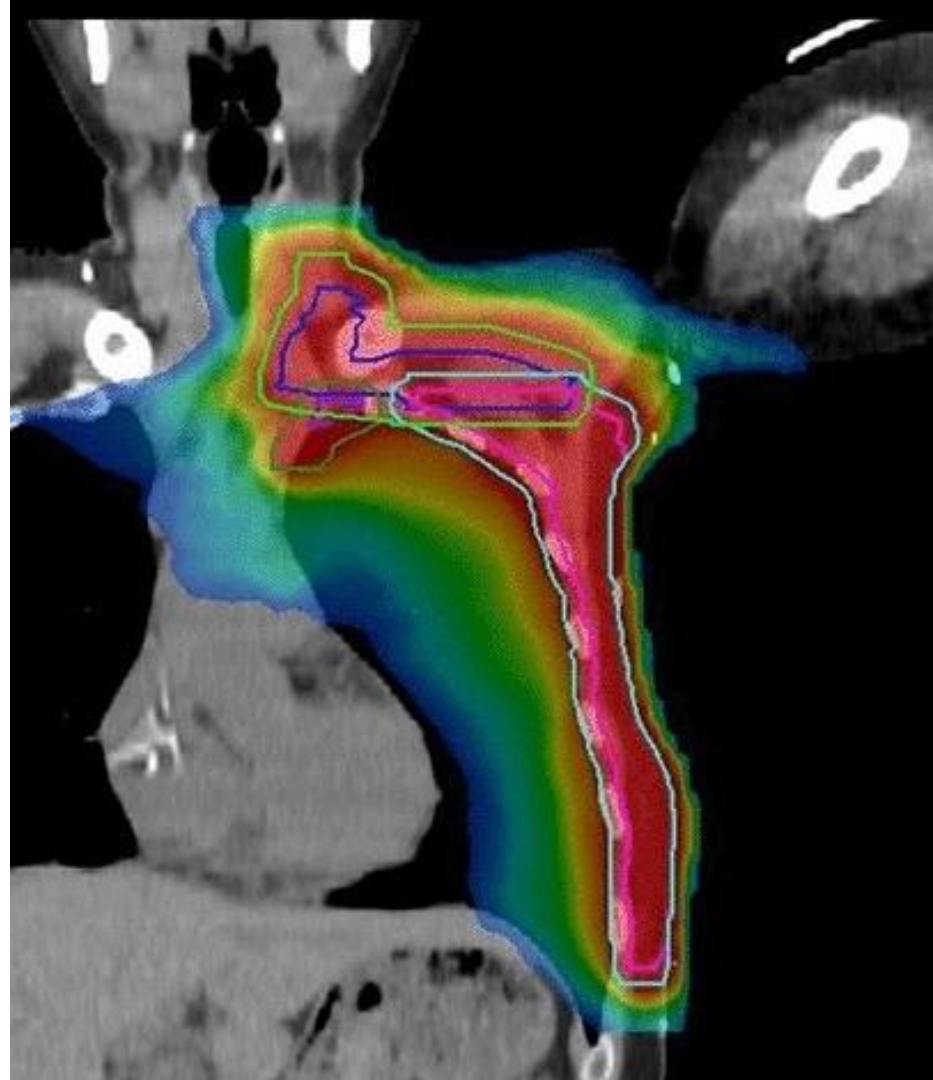


No existe umbral seguro de dosis cardíaca

La MHD es insuficiente:
hay que monitorizar
subestructuras (LAD
Dmax, LV-V5, LV-V25) con
restricciones específicas.

DIBH reduce la dosis media al corazón un 25–67% y a la LAD un 20–73%, independientemente de la técnica.

**IMRT/VMAT y DIBH
son
complementarios,
no sustitutos**





El DIBH es coste-efectivo cuando se aplica selectivamente.

La sostenibilidad pasa por la selección inteligente con triaje anatómico e IA

DIBH

Ruegos y Preguntas

Hospital Universitario Virgen Macarena
Servicio de Radiofísica Hospitalaria
Mónica Ortiz Seidel

Sociedad Andaluza de Radiofísica Hospitalaria · 2025

Referencias: Darby et al. NEJM 2013 · Bergom et al. Front Oncol 2018 · Lu et al. Front Oncol 2022 / Sci Rep 2023 · Ferdinand et al. 2021 · Nair et al. 2025 · Berlin et al. 2025 · Patil et al. J Med Phys 2026 · Lastrucci et al. 2026 · Radwanski Stuart et al. 2023 · Stowe et al. 2022 · Becker et al. 2025 · REDECAN/SEOM 2026