

Julia Torres del Río (juliatorresgaia@gmail.com)  
Residente en Radiofísica Hospitalaria  
Hospital Universitario San Cecilio, Granada

# Blindajes de protección en instalaciones radiológicas hospitalarias

## Comparación de espesores y precios entre diferentes materiales de blindaje

Para hacer frente a la protección radiológica en cada tipo de instalación radiológica, es necesario diseñar los diferentes requerimientos estructurales en función del equipo del que nos queramos proteger. Existen grandes diferencias entre los blindajes de protección que se utilizan en cada instalación, tanto desde el punto de vista del espesor, como del material a utilizar y de su precio.

### Introducción

Para su presentación al Congreso Nacional de Ingeniería Hospitalaria de la AEIH en Granada, Octubre 2015, hicimos un estudio comparativo entre los distintos espesores de protección contra las radiaciones ionizantes en las instalaciones radiológicas básicas (Radiodiagnóstico, Medicina Nuclear y Radioterapia), con el fin de que se entendiesen las diferencias esenciales entre las protecciones estructurales usadas en cada una de ellas, así como el coste económico derivado del espesor necesario.

En general y a grandes rasgos, son conocidos los diferentes requerimientos estructurales para hacer frente a la protección necesaria en cada tipo de instalación radiológica, en función del equipo del que nos queramos proteger. Sin embargo, consideramos que es ne-

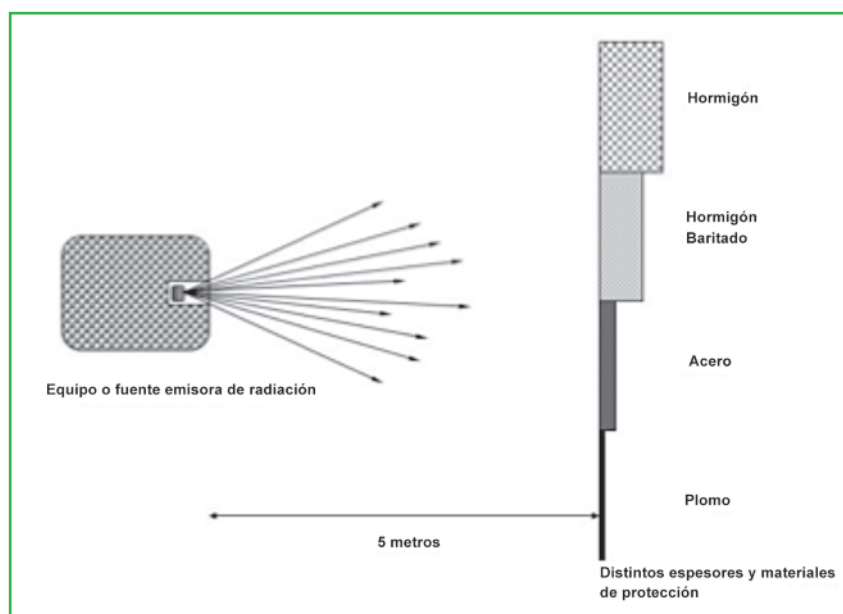


Fig.1. Esquema de la disposición de cálculo del blindaje.

cesario saber un poco más sobre el tema y poder cuantificar de forma más

precisa las grandes diferencias existentes entre los espesores de protección

que se utilizan, tanto desde el punto de vista del espesor, como del material a utilizar y de su precio.

Por ello, se realizó un cálculo simple y en condiciones estándar para cada tipo de equipamiento radiológico básico:

- equipo convencional de rayos X,
- equipo de tomografía computarizada, CT;
- equipo de tomografía por emisión de positrones, PET;
- gammacámara básica de Medicina Nuclear con CT;
- acelerador lineal de electrones, ALE;
- instalación de braquiterapia (con fuentes radiactivas de alta tasa, Iridio 192).

Para todas las instalaciones se realizó el cálculo de los blindajes necesarios únicamente para una pared, situada a 5 metros del punto emisor de radiación (ver figura 1).

Los cálculos se realizaron para dos tipos de personas a proteger: público (límite anual de dosis de 1 mSv) y trabajadores expuestos (límite anual de dosis de 20 mSv), para poder analizar las diferencias existentes. Además, para completar la información se calculó para radiación directa y dispersa de cada equipo, siempre que fuera posible, o sea, para equipos que emiten un haz direccional y no en todas las direcciones (equipos de rayos X y aceleradores). En todo caso, la radiación dispersa se calculó a 90°.

La carga de trabajo usada (medida de la intensidad de radiación emitida) fue la habitual en una semana de trabajo normal. Estas cargas se muestran en la tabla 1. Como resultado se obtienen los distintos factores de atenuación, de los que se derivan los espesores necesarios de los materiales más habituales en la construcción de blindajes (plomo, hormigón, hormigón baritado y acero).

Para el cálculo se usaron los métodos descritos en las recomendaciones internacionales: del Consejo Nacional de Protección Radiológica de EEUU, NCRP; la Asociación de Físicos Médicos de EEUU, AAPM; la Agencia Internacional de Energía Atómica, IAEA y el Instituto de Físicos e Ingenieros en Medicina de Gran Bretaña, IPEM.

### Resultados

En las tablas 1, 2 y 3 pueden verse los valores del factor de atenuación, los espesores de blindaje y los precios por metro cuadrado de los diferentes materiales, para los espesores requeridos en los diferentes equipos. También se muestran en las gráficas 2 y 3.

Tabla 1. Factores de atenuación

Equipo	Carga semanal	Factor de atenuación			
		Radiación directa		Radiación dispersa	
		Trabajador expuesto	Público	Trabajador expuesto	Público
Rayos X convencional	200 mA·min/sem	$1 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-3}$	0.25	$5 \times 10^{-2}$
TC	10 000 mA·min/sem			0.13	0.026
Gammacámara/TC	10 000 mA·min/sem			0.13	0.026
PET	22 200 MBq/sem			No necesario	0.35
Acelerador electrones	1 000 Sv/sem	$2.88 \times 10^{-5}$	$5.76 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$
Braquiterapia alta tasa	2 h (370 MBq)/sem	$3 \times 10^{-2}$	$6 \times 10^{-3}$		

Tabla 2. Espesores necesarios

Equipo	Radiación	Material necesario (cm) (Público/trabajador expuesto)			
		Plomo	Hormigón	Hormigón baritado	Acero
Rayos X convencional	Directa	0,14/0,08	5,6/3,8	3,1/2,1	1,3/0,7
	Dispersa	0,05/0,01	4,3/1,4	2,4/0,8	0,3/0,1
TC	Dispersa	0,06/0,04	8,4/4,5	4,6/2,5	1,6/0,9
Gammacámara	Dispersa	0,08/0,04	8,5/4,5	4,6/2,5	1,6/0,9
PET	Dispersa	0,8	12	6,6	4,0
Acelerador electrones	Directa	31,6/27,6	218/190	120/104	60,9/53,2
	Dispersa	18,9/14,8	112/89	61,5/49	33,3/25,6
Braquiterapia alta tasa	Dispersa	3,5/2,1	35/25,2	19,2/13,2	9,9/7,0

Tabla 3. Precios para los espesores requeridos para proteger a miembros del público.

Equipo	Radiación	Precio (€/m <sup>2</sup> )			
		Plomo	Hormigón	Hormigón baritado	Acero
Rayos X convencional	Directa	75	16,8	28	96
	Dispersa	75	12,9	21	32
TC	Dispersa	75	25,2	42	128
Gammacámara	Dispersa	75	25,5	42	128
PET	Dispersa	300	36	59	256
Acelerador electrones	Directa	11850	654	1077	3840
	Dispersa	7087	336	553	2112
Braquiterapia alta tasa	Dispersa	1312	105	173	640

Tablas 1, 2 y 3.

Las conclusiones más importantes son:

- El blindaje más económico es el hormigón, pero es el de mayor espesor, por lo que, se recomienda su uso en casos en los que se disponga de espacio suficiente. Además, este material es apreciado por su aportación estructural.

- El hormigón baritado es algo más caro que el normal, pero su uso puede ser interesante cuando no disponemos de mucho espacio. Es un material muy apreciado por su facilidad para la detención de los neutrones producidos en los aceleradores lineales de más de 10 mV.

- El acero es el material menos recomendado para blindaje. Únicamente se usa como sustituto del plomo cuando tenemos requerimientos de espacio y precio. Además, tiene como problema añadido la producción de fotoneutrones.

- El plomo es el más usado en equipos de rayos X, por su facilidad de colocación cuando la estructura de la sala ya está hecha. Sin embargo es el más caro y solo se fabrica en láminas de 2 mm de grosor, excediendo en ocasiones el espesor necesario al redondearse a láminas de este grosor.

Lo que concluimos de este estudio es que no se puede apostar por un solo material, incluso en las condiciones más sencillas como las que hemos supuesto en este estudio. Dependiendo de las características de la instalación que queramos proteger, y dependiendo de la disponibilidad de recursos, fundamentalmente dinero y espacio, tendremos que elegir el tipo de blindaje que más nos convenga.

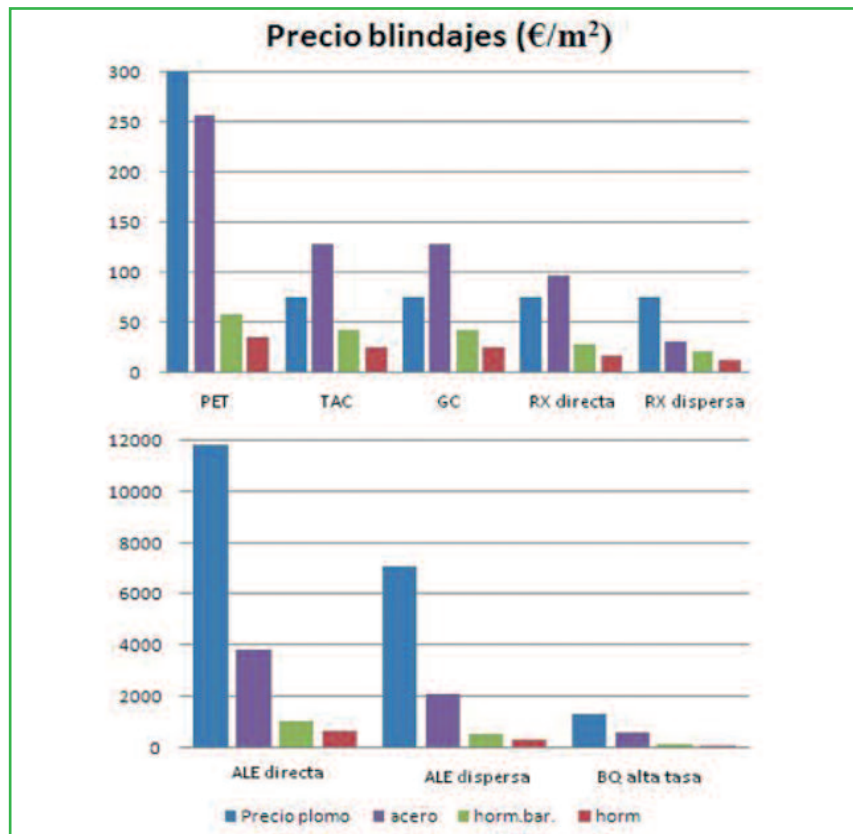


Figura 2.

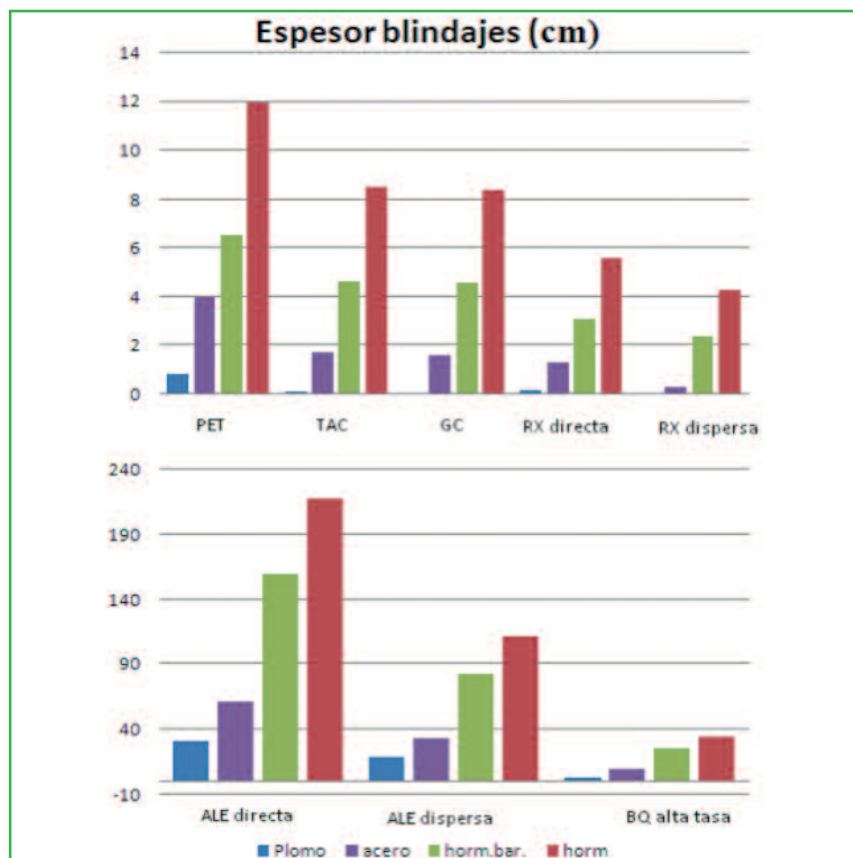


Figura 3.