

Resultados de la encuesta de la Sociedad Española de Física Médica sobre el control de calidad de los sistemas de planificación de tratamientos en el ámbito de haces de fotones y electrones de radioterapia externa

Results of the SEFM's national survey on quality control of treatment planning systems within the scope of photon and electron beams in external radiotherapy

Alejandro García Romero¹, Víctor Hernández Masgrau², Montserrat Baeza Trujillo³, Antonio Teijeiro García⁴, Francisco Clemente Gutiérrez⁵, Daniel Morera Cano⁶

¹ Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa de Zaragoza

² Hospital Sant Joan de Reus, IISPV

³ Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla

⁴ Hospital Do Meixoeiro de Vigo

⁵ Complejo Hospitalario de Toledo

⁶ Instituto de Oncología de Palma de Mallorca

Fecha de Recepción: 25/07/2021 - Fecha de Aceptación: 16/08/2021

El grupo de trabajo sobre el control de calidad de los sistemas de planificación de tratamientos se formó a finales de 2020 con el objetivo de actualizar las recomendaciones existentes dentro del ámbito del cálculo de haces de fotones y electrones. Una vez perfilados los objetivos del grupo, conocer la manera en la que trabajan los servicios de radiofísica al respecto en 2021 se determinó como uno de los primordiales y se decidió la elaboración de una encuesta que recogiera la práctica habitual en este ámbito y permitiera elaborar un mapa de situación a nivel nacional. Se presentan los resultados de la encuesta, contestada por el 55% de los centros españoles según la estimación realizada.

Palabras clave: Encuesta nacional, sistemas de planificación de tratamientos, control de calidad.

The SEFM task group on quality control (QC) of treatment planning systems (TPS) was created by the end of 2020 with the aim of updating existing recommendations within the scope of photon and electron beam calculations. One of the main goals that were pointed out when establishing the group purposes was to get an up-to-date map of current practices in TPS QC at the Spanish Medical Physics Departments. A national survey was designed and sent to all national centers. The percentage of centers that completed the survey reached 55%. In this report the results of the national survey are presented.

Key words: National survey, treatment planning systems, quality control.

*Correspondencia: agarciarom@salud.aragon.es

<https://doi.org/10.37004/sefm/2021.22.2.006>

Introducción y objetivos

El grupo de trabajo de control de calidad de sistemas de planificación de tratamientos se formó a finales de 2020 con el objetivo de actualizar las recomendaciones existentes en la planificación y verificación de planes de radioterapia externa de haces de fotones y electrones. En este contexto, el precedente dentro de la SEFM es el protocolo de control de calidad de sistemas de planificación del año 2005,¹ encontrándose también referencias en la legislación española.² El desarrollo y aumento de nuevas técnicas de tratamiento como la radioterapia de intensidad modulada (IMRT), la arcoterapia volumétrica modulada (VMAT), la radiocirugía estereotáctica craneal (SRS) y la radioterapia estereotáctica extracranial (SBRT), así como el cambio en la manera en la que se producen y verifican los planes precisa de un nuevo enfoque y de unas nuevas recomendaciones que permitan garantizar y optimizar el proceso de control de calidad, tanto de los sistemas de planificación como de los planes clínicos que generan. Por lo tanto, una vez perfilados los objetivos del grupo, conocer la manera en la que trabajan los servicios de radiofísica al respecto en 2021 se determinó como uno de los primordiales y se decidió la elaboración de una encuesta que recogiera la práctica habitual en este ámbito que permitiera elaborar un mapa de la situación a nivel nacional.

Métodos

La plantilla se elaboró como formulario de *Google Forms*, que permite recoger las respuestas de manera ágil, y realiza un análisis preliminar bastante completo. La encuesta estuvo abierta durante tres meses para permitir la participación al mayor número posible de centros, y se cerró en junio de 2021. Era una encuesta anónima y se envió una por centro.

La encuesta se dividió en tres partes o ámbitos identificados. En la primera parte se preguntaba por el número y tipo de casos planificados en cada centro, con qué sistemas de planificación y con qué algoritmos de cálculo de dosis. En la segunda, se preguntaba por los controles y aspectos relacionados con el control de calidad del sistema de planificación. Por último, en la tercera parte se preguntaba por los procedimientos y equipamiento usados en el centro para la verificación de planes. Un resumen de la plantilla de preguntas puede verse en la tabla 1.

Resultados

Contestaron 48 centros, de unos 87 estimados con actividad asistencial en radioterapia, lo cual representa una participación de aproximadamente el 55% de los

centros, que puede considerarse una muestra representativa.

Pregunta 1.1. Aproximadamente ¿qué número de planificaciones de radioterapia externa se realizan en el servicio al año?

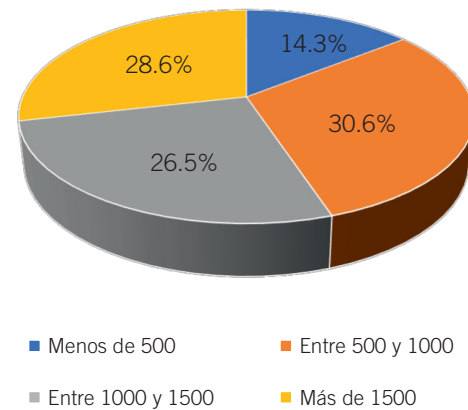


Fig. 1. Distribución de centros por número de planificaciones al año.

Pregunta 1.2. ¿Cuál es el reparto en porcentaje por tipo de técnica de irradiación de los planes realizados?

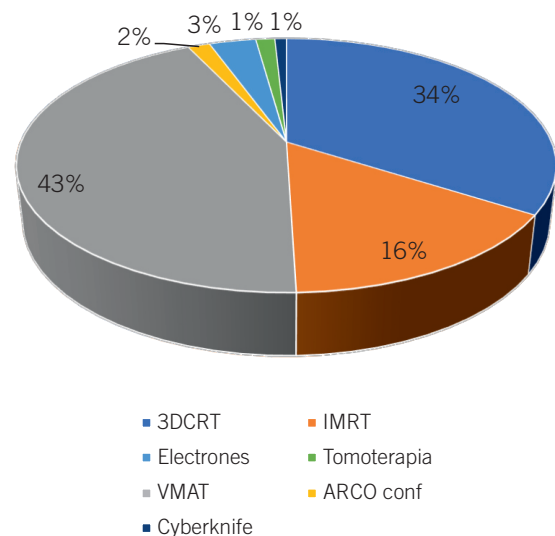


Fig. 2. Distribución de las técnicas de tratamiento planificadas. Los valores representan un promedio de los porcentajes consignados en cada encuesta, sin ponderar por el número de planes realizados en cada centro.

Tabla 1. Preguntas incluidas en la encuesta y código numérico correspondiente.

Ámbito	Pregunta	Código
Planes de tratamiento, técnicas y algoritmos utilizados	Aproximadamente ¿qué número de planificaciones de radioterapia externa se realizan en el servicio al año?	1.1
	¿Cuál es el reparto en porcentaje por tipo de técnica de irradiación de los planes realizados?	1.2
	¿Cuál es aproximadamente el porcentaje de planes de SBRT/SRS realizados?	1.3
	¿De qué sistemas de planificación de radioterapia externa se dispone?	1.4
	¿Qué algoritmos se utilizan para cada técnica?	1.5
Control de calidad de sistemas de planificación	Señale qué tipo de pruebas se realizan en el centro sobre el sistema o sistemas de planificación (periodicidad y tipo)	2.1
	Si se realizan pruebas periódicas al sistema de planificación, ¿a qué elementos del proceso se dirigen?	2.2
	Cuando se pone en marcha una nueva unidad de tratamiento, ¿se miden puntos de dosis, perfiles o PDDs para campos distintos de los de referencia?	2.3
	¿Se generan máquinas o unidades de tratamiento distintas en el sistema de planificación para el cálculo de campos pequeños?	2.4
	Respecto al proceso de planificación de tratamientos, ¿se usan plantillas o protocolos detallados para nombre y delimitación de volúmenes, márgenes asignados, configuración de haces, parámetros de optimización, parámetros de cálculo o criterios de evaluación del plan?	2.5
Verificación de planes de tratamientos	¿Qué tipo de sistemas de verificación de planes se usan en el centro?	3.1
	Si se realizan planes de 3DCRT, ¿cómo se verifican?	3.2
	¿Qué equipamiento o software comercial se utiliza para verificar los planes de VMAT/IMRT?	3.3
	Con dicho equipamiento o software, ¿qué criterio gamma de aceptación de planes se utiliza?	3.4
	Si se realizan planes de con algún tipo de modulación de intensidad, ¿cómo se verifican?	3.5
	Sobre el porcentaje de planes verificados, ¿cuál es la frecuencia de rechazo de planes tras la verificación pretratamiento?	3.6
	¿Qué criterios se usan para rechazar un plan tras la verificación?	3.7
	¿Se realizan en el centro verificaciones "end-to-end"?	3.8
	¿Se realizan en el centro auditorías externas?	3.9

Pregunta 1.3. ¿Cuál es aproximadamente el porcentaje de planes de SBRT/SRS realizados?

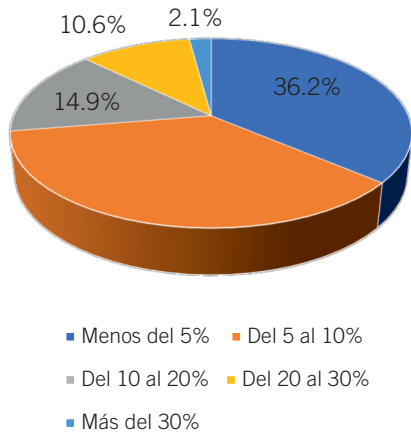


Fig. 3. Distribución de centros según la proporción de planes de SRS/SBRT al año.

Realizando una suma ponderada de los porcentajes acumulados entre todos los centros de la muestra analizada, se obtiene que el porcentaje total de planes de SBRT/SRS al año alcanza el 10% a nivel nacional.

Pregunta 1.4. ¿De qué sistemas de planificación de radioterapia externa se dispone?

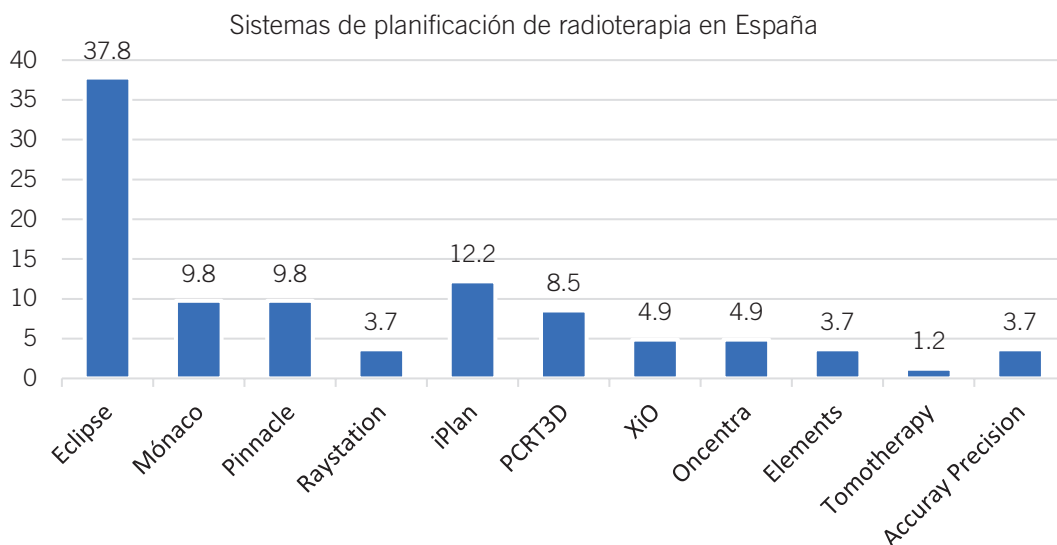


Fig. 4. Distribución de los sistemas de planificación declarados por cada centro.

Según la estimación de la muestra, el sistema de planificación más utilizado es *Eclipse (Varian Medical Systems, Palo Alto, CA)* con una destacada diferencia respecto a los demás.

Pregunta 1.5. ¿Qué algoritmos se utilizan para cada técnica?

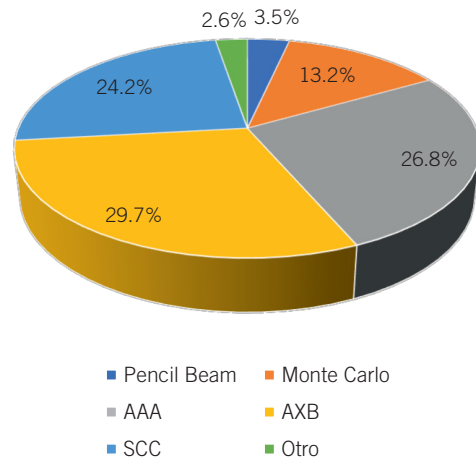


Fig. 3. Distribución de centros según la proporción de planes de SRS/SBRT al año.

Según los datos recogidos en la muestra, *Acuros XB o AXB (Varian Medical Systems, Palo Alto, CA)* es el algoritmo de cálculo de dosis más empleado, seguido por el Algoritmo Anisotrópico Analítico (AAA) y Superposición de Cono Colapsado (SCC).

Pregunta 2.1. Señale qué tipo de pruebas se realizan en el centro sobre el sistema o sistemas de planificación (periodicidad y tipo)

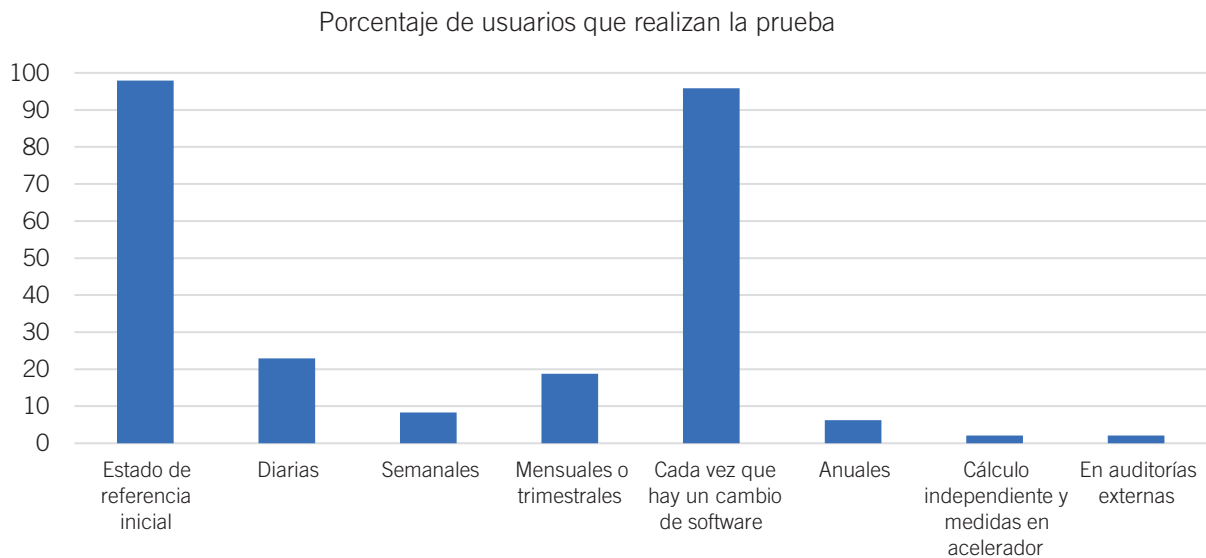


Fig. 6. Porcentaje de usuarios que realizan cada tipo de prueba sobre el sistema de planificación.

Los usuarios mayoritariamente realizan pruebas al sistema de planificación para fijar el estado de referencia inicial y tras cambio de software. Las pruebas periódicas son menos frecuentes entre centros.

Pregunta 2.2. Si se realizan pruebas periódicas al sistema de planificación, ¿a qué elementos del proceso se dirigen?

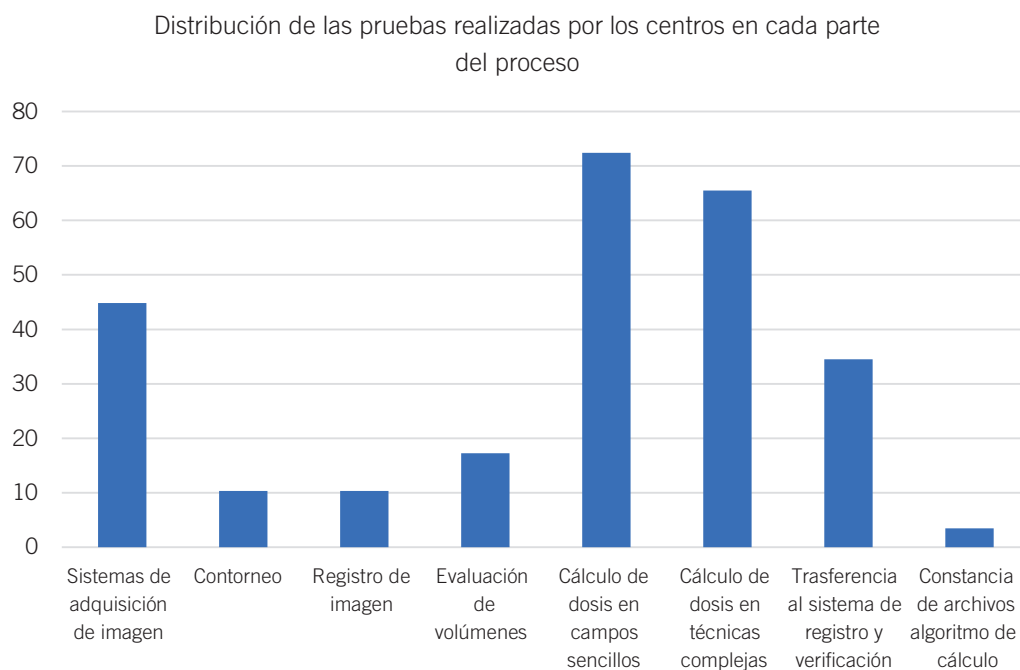


Fig. 7. Distribución de las pruebas realizadas por los centros en cada parte del proceso de radioterapia.

Pregunta 2.3. Cuando se pone en marcha una nueva unidad de tratamiento, ¿se miden puntos de dosis, perfiles o PDDs para campos distintos de los de referencia?

Todos los usuarios encuestados miden puntos de dosis, perfiles o porcentajes de dosis en profundidad (PDDs) para campos distintos a los de referencia.

Pregunta 2.4. ¿Se tienen generadas en el sistema de planificación máquinas distintas para campos pequeños?

Un 17% de los encuestados (8), usan máquinas distintas modeladas para tratamientos que involucren campos pequeños, siendo la gran mayoría de ellos (7) usuarios de *Eclipse*.

Pregunta 2.5. Respecto al proceso de planificación de tratamientos, ¿se usan plantillas o protocolos detallados para los siguientes aspectos?

Tabla 2. Usuarios que emplean plantillas o protocolos detallados en cada aspecto consignado del proceso de planificación.

	Sí	No	Parcialmente
Nombres de los volúmenes	26	3	19
Delimitación de volúmenes anatómicos	15	10	22
Márgenes asignados	17	12	19
Configuración de los haces	21	7	20
Parámetros de optimización	18	9	21
Parámetros de cálculo	36	4	8
Criterios de evaluación del plan	24	7	17

Si se analizan las repuestas centro a centro, de las 48 encuestas recibidas, el 45% (22) cuenta con plantillas o protocolos en todos los aspectos, al menos parcialmente.

Pregunta 3.1. ¿Qué tipo de sistemas de verificación de planes se usan en el centro?

Tabla 3. Frecuencia de uso de los diversos tipos de sistemas de verificación.

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Medidas cerca del isocentro con matrices de detectores	36	23.5%
Medidas de fluencia a la salida del colimador con matrices de detectores	9	5.9%
Medidas con el EPID pretratamiento o durante el tratamiento	28	18.3%
Medidas puntuales con cámara de ionización y/o planos con película en un maniquí	28	18.3%
Medidas basadas en la señal de una cámara monitora de transmisión	1	0.7%
Cálculos redundantes de la matriz de dosis a partir del DICOM del plan exportado	21	13.7%
Cálculos redundantes de la matriz de dosis a partir de los logs generados en la unidad	8	5.2%
Cálculo independiente en un punto de dosis o verificación del número de UM	22	14.4%

Pregunta 3.2. Si se realizan planes de 3DCRT, ¿cómo se verifican?

Sigue siendo mayoritaria (47.9%) la verificación redundante de unidades de monitor (UM) en uno o varios puntos discretos para planes de radioterapia conformada (3DCRT), mientras que en el 22.9% de los casos se evalúa la distribución de dosis en toda la matriz. Por el contrario, en el 29.2% de los centros no se realiza verificación alguna.

Pregunta 3.3. ¿Qué equipamiento o software comercial se utiliza para verificar los planes de VMAT/IMRT?

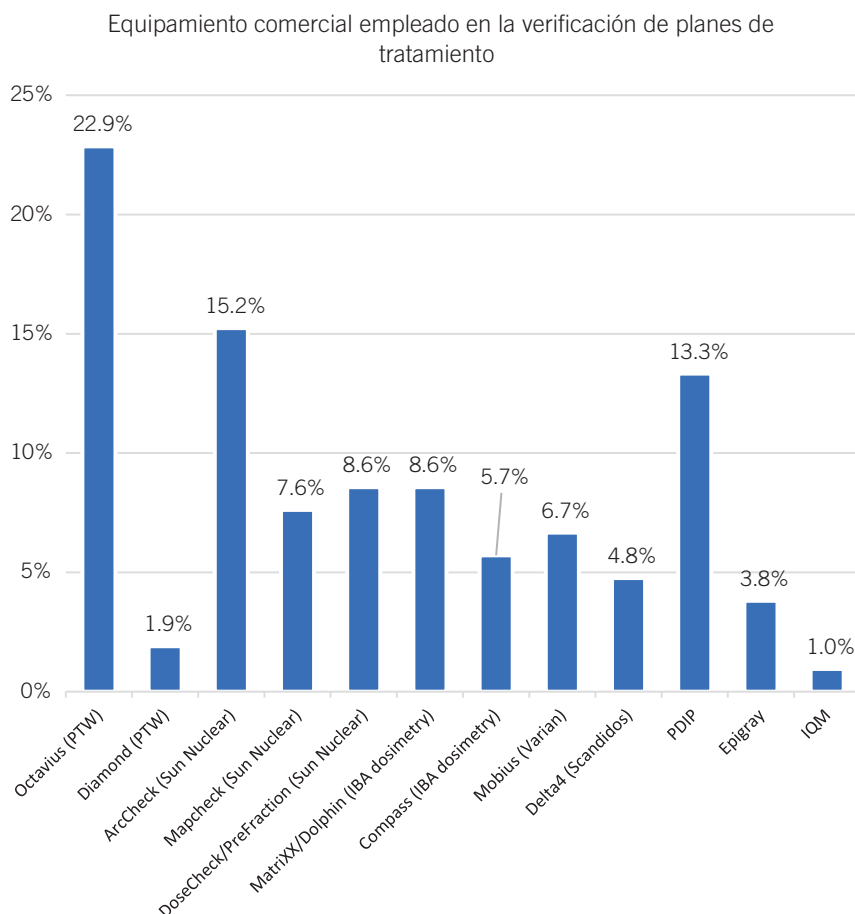


Fig. 8. Distribución del equipamiento empleado entre los centros para la verificación de los planes de tratamiento.

Los resultados muestran una gran variabilidad, tanto en dispositivos como modalidad del equipamiento (medidas con matrices de detectores, cálculo independiente, etc.), siendo *Octavius (PTW Dosimetry, Friburgo, Alemania)*, seguido de *ArcCheck (Sun Nuclear, Melbourne, FL)*, los dos sistemas más utilizados.

Pregunta 3.4. ¿Qué criterio gamma de aceptación del plan usa con el equipamiento o software comercial usado en la verificación de los planes?

La pregunta estaba separada en verificaciones usando la respuesta del detector directamente y aquellas que usan una matriz 3D reconstruida a partir de las medidas. En función de la técnica (VMAT/IMRT o SRS/SBRT) las frecuencias de utilización de los sistemas han

sido del 58% para la reconstrucción 3D para VMAT/IMRT y, por lo tanto, 42% para la evaluación basada en la medida directa del detector. Los resultados son similares para las técnicas SRS/SBRT: 57% para reconstrucción 3D frente al 43% basado en respuesta directa del detector.

Estos resultados indican que la verificación de los planes de tratamiento se basa principalmente en la reconstrucción de una matriz 3D, aunque ambos tipos de evaluación conviven y son ampliamente utilizados.

En cuanto a la evaluación de las distribuciones de dosis mediante el criterio de índice gamma³ considerado por técnica radioterápica y sistema de medida (detector/reconstrucción 3D), el criterio (3%,3mm) es el más extendido, tanto en VMAT/IMRT como en SBRT/SRS. No obstante, se observa que en la técnica SRS/SBRT se emplean criterios más estrictos como (3%,1mm) o (2%,1mm).

Tabla 4. Porcentaje de uso de cada criterio de índice gamma según la técnica y el tipo de reconstrucción empleado.

Técnica y reconstrucción	Criterio	Respuestas	Porcentaje
IMRT/VMAT Reconstrucción 3D	Total	44	
	3%/3mm	26	59%
	3%/2mm	8	18%
	2%/2mm	10	23%
IMRT/VMAT Respuesta del detector	Total	32	
	3%/3mm	14	44%
	3%/2mm	10	31%
	2%/2mm	8	25%
SRS/SBRT Reconstrucción 3D	Total	32	
	3%/3mm	14	44%
	3%/2mm	5	16%
	2%/2mm	5	16%
	3%/1mm	5	16%
	2%/1mm	3	9%
SRS/SBRT Respuesta del detector	Total	24	
	3%/3mm	4	17%
	3%/2mm	7	29%
	2%/2mm	8	33%
	3%/1mm	5	21%
	2%/1mm	0	0%

En cuanto a la tasa de paso utilizada con mayor frecuencia, todos los centros emplean el 95% para alguna de las verificaciones y, junto a este criterio, el 31% de los centros usan el 90% y el 11% el 85%.

Respecto al uso de un criterio global o local para la normalización, el global es usado por la mayoría de los centros como único método de normalización o en combinación con el criterio local.

Tabla 5. Porcentaje de uso de cada tipo de criterio de aceptación según la normalización.

Criterio de aceptación local o global	Porcentaje
Local	29%
Global	55%
Local + global	16%

Pregunta 3.5. Si se realizan planes de con algún tipo de modulación de intensidad, ¿cómo se verifican?

Tabla 6. Distribución de centros según el tipo de verificación de los planes con modulación de intensidad.

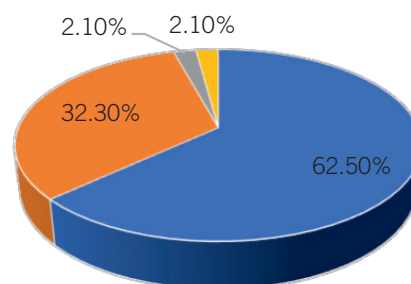
Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
En función de la complejidad estimada se hacen más o menos verificaciones, que incluyen medidas en la unidad de tratamiento en algunos casos	7	14.6%
Todos los planes se verifican en la unidad de tratamiento midiendo de una u otra manera	38	79.2%
Se verifican algunos planes de manera aleatoria midiendo en la unidad, el resto solo se calculan de manera redundante	1	2.1%
Se seleccionan planes escogidos para verificar periódicamente, no verificándose en máquina planes que son similares y que ya se han verificado tras la puesta en marcha de la técnica	1	2.1%
No se verifican midiendo en la unidad más que aquellos que se consideran especialmente complejos y cuando se ponen en marcha nuevas técnicas	1	2.1%
Solo se hace verificación redundante con un recálculo de la matriz	0	0.0%
No se verifican de ninguna manera	0	0.0%

Pregunta 3.6. Sobre el porcentaje de planes verificados, ¿cuál es la frecuencia de rechazo de planes tras la verificación pretratamiento?

En el 91.5% de los centros, la frecuencia de rechazo de planes tras la verificación pretratamiento es inferior

al 5%, mientras que en el 6.3% la tasa de rechazo es menor al 10%. Por el contrario, en el 2.1% de los centros nunca ha sido necesario rechazar un plan una vez verificado.

Pregunta 3.7. ¿Qué criterios se usan para rechazar un plan tras la verificación?



- Se incumple el criterio gamma establecido
- Se evalúa si hay repercusión clínica y se acepta el plan si no la hay
- Criterio gamma + estimación de la repercusión clínica
- Achacable al sistema de detección

Fig. 9. Clasificación de los criterios de rechazo de los planes de tratamiento.

Pregunta 3.8 ¿Se realizan en el centro verificaciones “end-to-end”?

Tabla 7. Distribución de centros clasificados según la realización de verificaciones “end-to-end”.

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Sí, de manera periódica para todas las técnicas complejas	3	6.3%
Sí, al ponerse en marcha técnicas complejas, pero no de manera periódica	29	60.4%
Sí, para todas las técnicas	1	2.1%
No, cada parte del proceso tiene su control de calidad, pero no se sigue el proceso en un maniquí de principio a fin	14	29.2%
En Cyberknife E2E son periódicas	1	2.1%

Por lo tanto, mayoritariamente se aplica en la práctica el concepto “end-to-end”⁴ que consiste en una verificación en un maniquí en la que se sigue todo el proceso radioterápico de principio a fin, para técnicas complejas, si bien no está extendido el uso para el control de calidad periódico.

Pregunta 3.9 ¿Se realizan en el centro auditorías externas?

Tabla 8. Distribución de centros clasificados según la realización de auditorías externas.

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Nunca	10	22.2%
De manera periódica	12	26.7%
De manera muy puntual	23	51%

Discusión y conclusiones

Las conclusiones principales de la encuesta son:

- El 60% de los planes que se calculan hoy día en España, según la muestra, se llevan a cabo con técnicas de modulación de intensidad.
- El porcentaje de planes de tratamiento de radiocirugía craneal o extracraneal, SRS/SBRT, representa aproximadamente el 10% de los planes totales, lo que supone un número de pacientes elevado, en torno a 12000 planes al año (sobre una estimación anual de 120000 planes de tratamiento, basada en un 60% de pacientes oncológicos con indicación de radioterapia y tomando la cifra anual de casos en España).
- El sistema de planificación *Eclipse* es, con diferencia, el más extendido. Representa el 40% de los sistemas analizados, y se usa en el 64% de los centros, en algunos casos junto con otros sistemas de planificación.
- Los algoritmos AAA y AXB son los más utilizados debido, precisamente, a la presencia mayoritaria del planificador *Eclipse* (27% y 29%, respectivamente). Monte Carlo alcanza un uso del 13%. Superposición de cono colapsado se usa en el 24% de los planes y el uso de algoritmos *Pencil Beam* es ya muy reducido (3.5%). El 85% de centros realiza tratamientos con haces de electrones y en el 75% de los casos se calculan mediante Monte Carlo.
- Los controles de calidad del sistema de planificación que se realizan actualmente se basan mayoritariamente en las pruebas de aceptación, el establecimiento del estado de referencia inicial y controles tras actualizaciones del sistema. La realización de pruebas periódicas (diarias, mensuales o trimestrales) no está tan extendida pese a que ha sido frecuentemente recomendada o regulada.^{1,2}
- Todos los centros miden campos fuera de los de referencia cuando se pone en marcha una nueva unidad para asegurar el correcto modelado de estas en el sistema de planificación.
- Un porcentaje no despreciable de usuarios, 17%, modelan diferentes unidades dedicadas a tratamientos con campos pequeños, casi todos con el sistema de planificación *Eclipse* (7 de 8).
- Una mayoría de centros usan plantillas y protocolos para automatizar o sistematizar los procesos de contorno, optimización, cálculo y planificación, y casi todos tienen, al menos parcialmente, estas plantillas implementadas en el proceso, siendo menos frecuente el uso de protocolos para la delimitación de volúmenes o la asignación de márgenes.

- Un tercio de los centros encuestados no hacen cálculo redundante en 3DCRT de ningún tipo pese a existir recomendaciones al respecto.⁵⁻⁸
- Criterio de aceptación basada en índice gamma: Un centro tipo en España utiliza un criterio de 3%/3mm para la evaluación de las distribuciones de dosis, mayoritariamente reconstruidas en 3D frente a las obtenidas directamente a partir de la respuesta de un detector, con una tasa de paso del 95% y una normalización global. Esto contrasta con las actuales recomendaciones internacionales de usar un criterio gamma de 3%/2mm.⁹ En general, los centros usan criterios más estrictos para los tratamientos SRS/SBRT que para IMRT/VMAT.
- En el caso de tratamientos de SRS/SBRT hay centros que, para obtener una mayor resolución espacial, combinan las medidas de verificación pretratamiento con detector o las reconstrucciones 3D con dosimetría basada en película radiocrómica.
- La mayoría de los centros aplica el criterio de índice gamma independientemente de la complejidad del tratamiento. La tasa de planes rechazados es menor del 5% en el 90% de los centros encuestados. La mayoría (>60%) usa esta métrica como único criterio de aceptación, y en un 33% de los centros se evalúa su repercusión clínica a nivel de volúmenes blanco y órganos de riesgo.
- En la mayoría de los casos, las verificaciones "end-to-end" se usan para la puesta en marcha de técnicas complejas, pero se realizan de manera periódica únicamente en el 10% de los centros. Recientemente, diversas publicaciones han destacado la conveniencia de realizar este tipo de verificaciones.^{4,10-13}
- En cuanto a las auditorías externas, de manera periódica solo se realizan en el 19% de los centros, seguramente dentro de los ensayos clínicos en los que son requeridas de manera obligatoria (típicamente financiadas). Este tipo de auditorías han demostrado su eficacia en la última década para señalar posibles errores relacionados con los sistemas de planificación.¹⁴⁻¹⁶

Toda la información extraída de la encuesta será utilizada en unas futuras recomendaciones que están en elaboración por parte del grupo de trabajo de sistemas de planificación en radioterapia externa.

Agradecimientos

Queremos agradecer la participación a todos los usuarios que respondieron a la encuesta, así como a

Mónica Ortiz Seidel, por su contribución en el diseño de esta.

Referencias

1. Millan-Cebrian E, Garcia-Vicente F, Delgado-Rodríguez JM. Protocolo de Control de Calidad de Sistemas de Planificación En Radioterapia y Braquiterapia. (SEFM, ed.). SEFM; 2005.
2. del ESTADO BO. REAL DECRETO, 1566/1998, 17 de julio, por el que se establecen los criterios de calidad en radioterapia. Boletín Of del Estado. 1998;29383-29395. papers2://publication/uuid/099423F4-7378-45A5-AE99-CD26B6AA-BEA3.
3. Low D a, Harms WB, Mutic S, Purdy J a. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. Med Phys. 1998;25(5):656-661. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9608475>.
4. Kazantsev P, Lechner W, Gershkevitch E, et al. IAEA methodology for on-site end-to-end IMRT / VMAT audits : an international pilot study. Acta Oncol (Madr). 2019;0(0):1-8. doi:10.1080/0284186X.2019.1685128
5. Mikael Karlsson, Anders Ahnesjö, Dietmar Georg, Tufve Nyholm JO. Independent Dose Calculations. Concepts and Models. Estro Booklet No10.; 2010.
6. Dyk J Van, Barnett RB, Cygler JE, Shragge PC. Commissioning and quality assurance of treatment planning computers. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1993;26(2):261-273. doi:10.1016/0360-3016(93)90206-B
7. Rosser KE, Bedford JL. Application of a new dosimetry formalism to volumetric modulated arc therapy (VMAT). Phys Med Biol. 2009;54(23):7045-7061. doi:10.1088/0031-9155/54/23/001
8. Sharpe MB. IAEA Technical Reports Series No. 430: Commissioning And Quality Assurance Of Computerized Planning Systems For Radiation Treatment Of Cancer. Med Phys. 2006;33(2):561-561. doi:10.1118/1.2167371
9. Miften M, Olch A, Mihailidis D, et al. Tolerance limits and methodologies for IMRT measurement-based verification QA: Recommendations of AAPM Task Group No. 218. Med Phys. 2018;45(4):e53-e83. doi:10.1002/mp.12810
10. Gershkevitch E, Schmidt R, Velez G, et al. Dosimetric verification of radiotherapy treatment planning systems: Results of IAEA pilot study. Radiother Oncol. 2008;89(3):338-346. doi:10.1016/j.radonc.2008.07.007
11. Kry SF, Dromgoole L, Alvarez P, et al. Radiotherapy deficiencies identified during on-site dosimetry visits by the IROC HoustonQA Center. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2017;99(5):1094-1100. doi:10.1016/j.ijrobp.2017.08.013
12. Wesolowska P, Georg D, Lechner W, et al. Testing the methodology for a dosimetric end-to-end audit of IMRT/VMAT: results of IAEA multicentre and national studies. Acta Oncol (Madr). 2019;58(12):1731-1739. doi:10.1080/0284186X.2019.1648859
13. Lehmann J, Alves A, Dunn L, et al. Dosimetric end-to-end tests in a national audit of 3D conformal radiotherapy. Phys Imaging Radiat Oncol. 2018;6(October 2017):5-11. doi:10.1016/j.phro.2018.03.006
14. Carson ME, Molineu A, Taylor PA, Followill DS, Stingo FC, Kry SF. Examining credentialing criteria and poor performance indicators for IROC Houston's anthropomorphic head

- and neck phantom. *Med Phys.* 2016;43(12):6491-6496. doi:10.1118/1.4967344
15. Glenn MC, Peterson CB, Howell RM, Followill DS, Pollard-Larkin JM, Kry SF. Sensitivity of IROC phantom performance to radiotherapy treatment planning system beam modeling parameters based on community-driven data. *Med Phys.* 2020. doi:10.1002/mp.14396
 16. Clark CH, Jornet N, Muren LP. The role of dosimetry audit in achieving high quality radiotherapy. *Phys Imaging Radiat Oncol.* 2018;5:85-87. doi:10.1016/j.phro.2018.03.009

Colección FUNDAMENTOS DE FÍSICA MÉDICA

¡YA ESTÁ COMPLETA!

Objetivos de la colección:

01

Cubrir gran parte del programa teórico de formación de la especialidad, lide RFH.

02

Uniformizar los conocimientos teóricos de base para todos los especialistas en formación.

03

Armonizar el léxico y la terminología en el ámbito de la Física Médica.



En su conjunto, los diez libros van dirigidos a especialistas en formación en la especialidad de RFH, (fundamentalmente los residentes de primero y segundo año de la especialidad), así como a titulados superiores que quieran adquirir o mejorar sus conocimientos en el área de la Física Médica.

Por medio de esta colección, se pretende además, difundir el contenido de nuestros cursos entre todos los profesionales de la Física Médica de habla hispana que deseen acercarse a nuestros textos y tener a su disposición un libro de consulta en español.

www.auladoc.com

Información y pedidos en:



+34 5428282



info@auladoc.com



Madrid