

Andrés Enrique Benites-Medina; Sharon Dayana Murillo-Flores; Angela Priscila Gutiérrez-Bedón; Romina Alejandra Vélez-Menéndez

<https://doi.org/10.35381/s.v.v10i2.5258>

Tomografía con conteo de fotones frente a la convencional en nódulos pulmonares: revisión sistematizada

Photon-counting versus conventional computed tomography for pulmonary nodules: a systematized review

Andrés Enrique Benites-Medina

ueaabenitesand@gmail.com

Centro de Salud San Camilo, Quevedo, Los Ríos
Ecuador

<https://orcid.org/0009-0006-7126-3918>

Sharon Dayana Murillo-Flores

sharon.d.murillo16@gmail.com

Red Académica Koinonía, Guayaquil, Guayaquil
Ecuador

<https://orcid.org/0009-0002-6310-6446>

Angela Priscila Gutiérrez-Bedón

angie0710@live.com

Investigadora independiente, Cuenca, Azuay
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-1847-9297>

Romina Alejandra Vélez-Menéndez

rominalejandra97@gmail.com

Hospicor, Manta, Manabí

Ecuador

<https://orcid.org/0009-0000-8029-0252>

Recibido: 15 de junio 2026

Revisado: 10 de agosto 2026

Aprobado: 15 de septiembre 2026

Publicado: 01 de octubre 2026

Andrés Enrique Benites-Medina; Sharon Dayana Murillo-Flores; Angela Priscila Gutiérrez-Bedón; Romina Alejandra Vélez-Menéndez

RESUMEN

La tomografía de baja dosis es la base del tamizaje del cáncer de pulmón, y el conteo de fotones podría mejorar la evaluación nodular. **Objetivo:** Comparar la tomografía con conteo de fotones y la tomografía convencional con detectores de integración de energía en la evaluación de nódulos pulmonares. **Método:** Revisión sistematizada en PubMed/MEDLINE y SciELO con criterios predefinidos; se seleccionaron 6 estudios. **Resultados:** En pacientes, la tomografía con conteo de fotones redujo la dosis entre un 16 % y un 55 %, con menos ruido y mejor definición del borde nodular. En maniqués, mantuvo la detección y la volumetría con hasta un 90 % menos de dosis y redujo el error volumétrico a dosis ultrabajas; sin embargo, otro estudio mostró peor detectabilidad a 0,4 mGy. **Conclusión:** La tecnología mejora la calidad de imagen con menor dosis, pero aún faltan estudios clínicos que demuestren beneficios en detección, diagnóstico o supervivencia.

Descriptores: Tomografía computarizada por rayos X; nódulo pulmonar solitario; neoplasias pulmonares; dosis de radiación; detección precoz del cáncer. (Fuente: DeCS).

ABSTRACT

Low-dose computed tomography is the basis of lung cancer screening, and photon-counting detector computed tomography could improve nodule assessment. **Objective:** To compare photon-counting computed tomography and conventional energy-integrating detector computed tomography in the assessment of pulmonary nodules. **Method:** Systematized review in PubMed/MEDLINE and SciELO with predefined eligibility criteria; 6 studies were selected. **Results:** In patients, photon-counting computed tomography reduced dose by 16% to 55%, with less noise and better depiction of nodule borders. In phantoms, it maintained detection and volumetry with up to 90% less dose and reduced volumetric error at ultra-low doses; however, another study showed poorer detectability at 0.4 mGy. **Conclusion:** The technology improves image quality at a lower dose, but clinical studies demonstrating benefits in detection, diagnosis, or survival are still lacking.

Descriptors: Tomography, X-ray computed; solitary pulmonary nodule; lung neoplasms; radiation dosage; early detection of cancer. (Source: DeCS).

Andrés Enrique Benites-Medina; Sharon Dayana Murillo-Flores; Angela Priscila Gutiérrez-Bedón; Romina Alejandra Vélez-Menéndez

INTRODUCCIÓN

El cáncer de pulmón sigue siendo una de las principales causas de muerte por cáncer, y su detección temprana depende en gran medida de la tomografía computarizada de baja dosis. El National Lung Screening Trial mostró que el tamizaje con esta técnica reduce la mortalidad por cáncer de pulmón frente a la radiografía de tórax ¹, y el ensayo NELSON confirmó el beneficio con un protocolo basado en la volumetría de los nódulos ².

El tamizaje genera un gran número de nódulos, la mayoría benignos, cuyo manejo se apoya en su tamaño, su volumen, su densidad y su crecimiento ^{3 4}. En América Latina, las recomendaciones para centros de detección temprana proponen una dosis máxima inferior a 2 mSv en personas con índice de masa corporal de hasta 30 kg/m² e inferior a 3 mSv por encima de ese valor, y señalan que las dosis ultrabajas, por debajo de 0,5 mSv, reducen ligeramente la sensibilidad para nódulos pequeños ³. Existe, por tanto, una tensión permanente entre reducir la radiación y preservar la calidad diagnóstica.

La tomografía con detector de conteo de fotones plantea una respuesta tecnológica a esa tensión. A diferencia de los detectores convencionales de integración de energía, que convierten los rayos X en luz mediante un centelleador, los detectores de conteo de fotones emplean un semiconductor que registra cada fotón por separado y lo clasifica según su energía ⁵. Este principio reduce el ruido electrónico, permite píxeles más pequeños y ofrece información espectral en cada adquisición ^{5 6}.

El objetivo de esta revisión fue comparar la tomografía con conteo de fotones y la tomografía convencional con detectores de integración de energía en la evaluación de nódulos pulmonares, en términos de dosis, calidad de imagen, detección y volumetría.

MÉTODO

Se realizó una revisión sistematizada de la literatura, es decir, una revisión que aplica de forma explícita los elementos centrales de la metodología sistemática (pregunta

Andrés Enrique Benites-Medina; Sharon Dayana Murillo-Flores; Angela Priscila Gutiérrez-Bedón; Romina Alejandra Vélez-Menéndez

estructurada, estrategia de búsqueda reproducible en bases de datos y criterios de elegibilidad predefinidos) y cuyos resultados se integran mediante síntesis narrativa.

La pregunta de investigación se estructuró según el esquema PECO. **Población:** adultos o maniqués torácicos en los que se evaluó el pulmón o los nódulos pulmonares.

Exposición: tomografía con detector de conteo de fotones. **Comparador:** tomografía convencional con detector de integración de energía. **Desenlaces:** dosis de radiación, calidad de imagen, detectabilidad y precisión volumétrica de los nódulos.

Se incluyeron estudios comparativos en pacientes (prospectivos o retrospectivos) y estudios experimentales en maniqués con comparación directa entre ambas tecnologías, publicados en español, inglés o portugués entre enero de 2016 y la fecha de la búsqueda. Se excluyeron reportes de caso aislados, cartas sin datos originales, resúmenes de congresos y estudios sin datos utilizables para los desenlaces de interés.

La búsqueda se realizó en PubMed/MEDLINE y SciELO. En PubMed se utilizó la siguiente estrategia: ("photon-counting"[tiab] OR "photon counting"[tiab] OR PCCT[tiab] OR "PCD-CT"[tiab]) AND (lung*[tiab] OR pulmonary[tiab] OR nodule*[tiab] OR "Lung Neoplasms"[MeSH]) AND ("energy-integrating"[tiab] OR conventional[tiab] OR "Tomography, X-Ray Computed"[MeSH]). En SciELO se empleó: ("conteo de fotones" OR "photon-counting" OR "photon counting") AND (pulmón OR pulmonar OR nódulo OR lung). Además, se revisaron las listas de referencias de los estudios seleccionados.

Los registros recuperados se examinaron por título y resumen y, después, por texto completo, aplicando los criterios de elegibilidad. Se priorizaron los estudios con grupo de comparación, mayor tamaño muestral y desenlaces claramente definidos, así como las revisiones sistemáticas con metaanálisis. De cada estudio se extrajeron autor, año, país, diseño, población, tamaño de la muestra, exposición, comparador, desenlaces y resultados principales.

Para orientar la interpretación, cada estudio se clasificó según el nivel de evidencia que corresponde a su diseño: alto (revisiones sistemáticas con metaanálisis y ensayos

Andrés Enrique Benites-Medina; Sharon Dayana Murillo-Flores; Angela Priscila Gutiérrez-Bedón; Romina Alejandra Vélez-Menéndez

clínicos aleatorizados), moderado (estudios de cohorte, de casos y controles y comparativos en pacientes) y bajo (estudios transversales, series de casos y estudios experimentales en maniqués). Debido a la heterogeneidad de los equipos, los protocolos de dosis, los algoritmos de reconstrucción y los desenlaces, no se realizó un metaanálisis. Los resultados se sintetizaron de forma narrativa y se agruparon en estudios en pacientes y estudios en maniqués.

RESULTADOS

Estudios seleccionados

Se seleccionaron 6 estudios que cumplieron los criterios de elegibilidad. Sus características se presentan en la Tabla 1 y su clasificación según el nivel de evidencia del diseño, en la Tabla 2.

Principios técnicos y ventajas teóricas

Los detectores de integración de energía necesitan separadores entre elementos para limitar la diseminación de la luz, lo que reduce la resolución y la eficiencia de la dosis. Los detectores de conteo de fotones, de telururo de cadmio o de telururo de cadmio y zinc, convierten directamente los fotones en señal eléctrica y descartan el ruido electrónico por debajo de un umbral de energía ⁵. Una revisión reciente sobre oncología torácica describe una resolución teórica de 0,11 mm en el plano axial y de 0,20 mm en el eje longitudinal ⁶.

Dosis y calidad de imagen en pacientes

En un estudio prospectivo intraindividual, Inoue et al. estudiaron 33 personas en tamizaje de cáncer de pulmón con ambas tecnologías y parámetros similares. La tomografía con conteo de fotones empleó menos dosis (índice de dosis de 0,61 frente a 0,73 mGy; $p < 0,001$) y mostró menos ruido (74,4 frente a 80,1 UH; $p = 0,048$). Tres radiólogos torácicos

Andrés Enrique Benites-Medina; Sharon Dayana Murillo-Flores; Angela Priscila Gutiérrez-Bedón; Romina Alejandra Vélez-Menéndez

la prefirieron en nitidez, calidad diagnóstica, visualización del enfisema y definición del borde de los nódulos ⁷.

Yang et al. compararon retrospectivamente 425 pacientes con cáncer de pulmón. Con un protocolo de baja dosis y menos contraste, la tomografía con conteo de fotones redujo la dosis efectiva un 55 % (3,49 frente a 7,82 mSv) y obtuvo mayores relaciones señal-ruido y contraste-ruido. La confianza diagnóstica en rasgos como lobulación, espiculación y retracción pleural también fue mayor ⁸.

La equivalencia cuantitativa entre ambas tecnologías también se ha evaluado. En 54 personas estudiadas el mismo día con los dos equipos, la densidad pulmonar media difirió en apenas 2,4 UH cuando se igualaron el tamaño de vóxel y el filtro de reconstrucción, una diferencia no significativa ⁹.

Detección y volumetría en maniqués

Hop et al. evaluaron 642 nódulos en un maniquí antropomórfico. La detectabilidad fue similar con ambas tecnologías, y la tomografía con conteo de fotones subestimó el volumen un 20 % frente a un 24 % con la tomografía convencional. Al reducir su dosis hasta el 10 % de la referencia, la detectabilidad y la precisión volumétrica no disminuyeron de forma significativa ¹⁰.

Dunning et al. midieron el error volumétrico a dosis ultrabajas de 0,1 mGy. En nódulos sólidos, el error fue del 3,1 % con la reconstrucción de ultraalta resolución de conteo de fotones, frente al 11,4 % con la tomografía convencional; en nódulos en vidrio esmerilado fue del 3,3 % frente al 9,2 % ¹¹.

Los resultados no son uniformes. Greffier et al. compararon un equipo de conteo de fotones con un equipo convencional de ultraalta resolución con reconstrucción por aprendizaje profundo. El índice de detectabilidad de la tomografía con conteo de fotones fue el mayor a 7,5 mGy, pero el menor a 0,4 mGy. En nódulos de bajo contraste, solo la

Andrés Enrique Benites-Medina; Sharon Dayana Murillo-Flores; Angela Priscila Gutiérrez-Bedón; Romina Alejandra Vélez-Menéndez

tomografía con conteo de fotones a 7,5 mGy obtuvo una confianza diagnóstica suficiente de los radiólogos ¹².

Tabla 1.

Estudios comparativos entre tomografía con conteo de fotones y tomografía convencional en el pulmón.

Fuente	Diseño	Resultado principal	Lectura crítica
Inoue et al., 2023 ⁷	Prospectivo intraindividual; 33 personas en tamizaje	16 % menos dosis; menos ruido; mejor borde nodular	Muestra pequeña; un solo centro
Yang et al., 2026 ⁸	Retrospectivo; 425 pacientes con cáncer de pulmón	55 % menos dosis efectiva; mayores relaciones señal-ruido y contraste-ruido	Protocolos distintos entre grupos
Sotoudeh-Paima et al., 2025 ⁹	Comparativo; 54 personas el mismo día	Densidad pulmonar equivalente con parámetros igualados	No evalúa nódulos
Hop et al., 2023 ¹⁰	Maniquí antropomórfico; 642 nódulos	Detección similar; volumetría estable con 90 % menos dosis	Sin validación en pacientes
Dunning et al., 2023 ¹¹	Maniquí a dosis ultrabaja	Error volumétrico 3,1 % frente a 11,4 %	Depende del modo de ultraalta resolución
Greffier et al., 2026 ¹²	Maniquí; tres niveles de dosis	Mejor a 7,5 mGy; peor a 0,4 mGy	Comparación con equipo convencional de última generación

Elaboración: Los autores.

Andrés Enrique Benites-Medina; Sharon Dayana Murillo-Flores; Angela Priscila Gutiérrez-Bedón; Romina Alejandra Vélez-Menéndez

Tabla 2.

Nivel de evidencia de los estudios seleccionados según su diseño.

Estudio	Diseño	Nivel de evidencia
Inoue et al., 2023	Prospectivo intraindividual	Moderado
Yang et al., 2026	Retrospectivo comparativo	Moderado
Sotoudeh-Paima et al., 2025	Comparativo intraindividual	Moderado
Hop et al., 2023	Maniquí	Bajo
Dunning et al., 2023	Maniquí	Bajo
Greffier et al., 2026	Maniquí	Bajo

Elaboración: Los autores.

DISCUSIÓN

La evidencia revisada indica que la tomografía con conteo de fotones permite reducir la dosis sin perder calidad de imagen pulmonar. Los estudios en pacientes muestran reducciones de dosis del 16 % al 55 %, menos ruido y una mejor representación del borde de los nódulos, un rasgo relevante para estimar su malignidad ^{7 8}. Estos hallazgos concuerdan con los principios físicos de la técnica ^{5 6}.

La volumetría es central en los programas de tamizaje basados en el crecimiento de los nódulos, como NELSON ^{2 4}. Los estudios en maniquíes sugieren que la tomografía con conteo de fotones mantiene una precisión volumétrica aceptable a dosis muy bajas y que el modo de ultraalta resolución reduce el error volumétrico ^{10 11}. Que la densidad pulmonar sea equivalente entre ambas tecnologías facilita, además, el seguimiento de pacientes estudiados con equipos distintos ⁹.

Sin embargo, la ventaja no es absoluta. A dosis ultrabajas, un equipo convencional de última generación con reconstrucción por aprendizaje profundo puede igualar o superar a la tomografía con conteo de fotones en detectabilidad objetiva, aunque esa ventaja no se tradujo en mayor confianza de los radiólogos para nódulos de bajo contraste ¹². La comparación depende, por tanto, del equipo convencional de referencia, del algoritmo de reconstrucción y del nivel de dosis.

Andrés Enrique Benites-Medina; Sharon Dayana Murillo-Flores; Angela Priscila Gutiérrez-Bedón; Romina Alejandra Vélez-Menéndez

Las limitaciones de la evidencia son importantes. La mayoría de los estudios son de maniqués o comparaciones intraindividuales pequeñas, sin desenlaces clínicos como la tasa de falsos positivos, el número de procedimientos invasivos o la supervivencia ⁶. Además, el costo de los equipos limita su disponibilidad, especialmente en América Latina, donde los requisitos mínimos para centros de tamizaje se basan todavía en tomógrafos convencionales de 16 o más filas de detectores ^{3 6}.

Tabla 3.

Implicaciones de la evidencia para el tamizaje del cáncer de pulmón.

Aspecto	Lo que muestra la evidencia	Implicación práctica
Dosis de radiación	Reducción del 16 % al 55 % en pacientes ^{7 8}	Posible tamizaje repetido con menor exposición acumulada
Volumetría de nódulos	Menor error a dosis ultrabaja en maniqués ^{10 11}	Mejor seguimiento del crecimiento; falta confirmación clínica
Morfología del nódulo	Mejor definición del borde y la espiculación ^{7 8}	Puede apoyar la estimación de malignidad
Disponibilidad	Alto costo y pocos equipos ⁶	La tomografía convencional de baja dosis sigue siendo el estándar

Elaboración: Los autores.

Esta revisión tiene limitaciones. Al tratarse de una revisión sistematizada, no se elaboró un diagrama de flujo PRISMA ni se realizó una evaluación formal del riesgo de sesgo por pares; la clasificación de la evidencia se basó en el diseño de los estudios. La búsqueda se limitó a dos bases de datos, PubMed/MEDLINE y SciELO, lo que pudo omitir estudios indexados en otras fuentes, y no se buscó literatura gris, por lo que no puede descartarse un sesgo de publicación. Predominan los estudios en maniqués y las comparaciones intraindividuales pequeñas, sin desenlaces clínicos. La rápida evolución de los equipos y de los algoritmos de reconstrucción hace que las comparaciones envejeczan pronto.

CONCLUSIONES

Andrés Enrique Benites-Medina; Sharon Dayana Murillo-Flores; Angela Priscila Gutiérrez-Bedón; Romina Alejandra Vélez-Menéndez

La tomografía con detector de conteo de fotones ofrece, frente a la tomografía convencional, una menor dosis de radiación, menos ruido y una mejor definición del borde de los nódulos pulmonares, con una volumetría precisa incluso a dosis muy bajas en estudios de maniquí. No obstante, la ventaja depende del equipo convencional de comparación y del nivel de dosis, y todavía no hay estudios que demuestren mejoras en la detección del cáncer, en la reducción de falsos positivos o en la supervivencia. Por ahora, la tomografía convencional de baja dosis sigue siendo el estándar del tamizaje, y la tecnología de conteo de fotones es una alternativa prometedora que requiere validación clínica.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés en la publicación de este artículo.

FINANCIAMIENTO

Autofinanciado.

AGRADECIMIENTO

A todos los agentes sociales involucrados en el proceso investigativo.

REFERENCIAS CONSULTADAS

1. National Lung Screening Trial Research Team; Aberle DR, Adams AM, Berg CD, Black WC, Clapp JD, Fagerstrom RM, et al. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. N Engl J Med. 2011;365(5):395-409. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1102873>
2. de Koning HJ, van der Aalst CM, de Jong PA, Scholten ET, Nackaerts K, Heuvelmans MA, et al. Reduced lung-cancer mortality with volume CT screening in a randomized trial. N Engl J Med. 2020;382(6):503-13. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1911793>

Andrés Enrique Benites-Medina; Sharon Dayana Murillo-Flores; Angela Priscila Gutiérrez-Bedón; Romina Alejandra Vélez-Menéndez

3. Viola L, Rossini SA, Arroyo Hernández M, Martínez Jaramillo SI, Botero JA, Faicán F, et al. Estandarización de requerimientos mínimos para la formación de centro de detección temprana de cáncer de pulmón en América Latina. *Respirar*. 2024;16(1):4. <https://doi.org/10.55720/respirar.16.1.4>
4. MacMahon H, Naidich DP, Goo JM, Lee KS, Leung ANC, Mayo JR, et al. Guidelines for management of incidental pulmonary nodules detected on CT images: from the Fleischner Society 2017. *Radiology*. 2017;284(1):228-43. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017161659>
5. Willemink MJ, Persson M, Pourmorteza A, Pelc NJ, Fleischmann D. Photon-counting CT: technical principles and clinical prospects. *Radiology*. 2018;289(2):293-312. <https://doi.org/10.1148/radiol.2018172656>
6. Yanagawa M, Ueno M, Ito R, Ueda D, Saida T, Kurokawa R, et al. Photon-counting detector computed tomography in thoracic oncology: revolutionizing tumor imaging through precision and detail. *Diagn Interv Radiol*. 2026;32(4):437-47. <https://doi.org/10.4274/dir.2025.253550>
7. Inoue A, Johnson TF, Walkoff LA, Levin DL, Hartman TE, Burke KA, et al. Lung cancer screening using clinical photon-counting detector computed tomography and energy-integrating-detector computed tomography: a prospective patient study. *J Comput Assist Tomogr*. 2023;47(2):229-35. <https://doi.org/10.1097/RCT.0000000000001419>
8. Yang X, Li M, Qi K, Nie K, Zhao Q, Li X, et al. Photon-counting CT versus energy-integrating detector CT in imaging lung cancer. *Radiology*. 2026;318(2). <https://doi.org/10.1148/radiol.251126>
9. Sotoudeh-Paima S, Samei E, Abadi E. Reproducibility of lung density quantification across photon-counting and conventional energy-integrating CT: a comparative study. *Br J Radiol*. 2025;98(1175):1890-8. <https://doi.org/10.1093/bjr/tqaf103>
10. Hop JF, Walstra ANH, Pelgrim GJ, Xie X, Panneman NA, Schurink NW, et al. Detectability and volumetric accuracy of pulmonary nodules in low-dose photon-counting detector computed tomography: an anthropomorphic phantom study. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(22):3448. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13223448>

Andrés Enrique Benites-Medina; Sharon Dayana Murillo-Flores; Angela Priscila Gutiérrez-Bedón; Romina Alejandra Vélez-Menéndez

11. Dunning CAS, Marsh JF, Winfree T, Rajendran K, Leng S, Levin DL, et al. Accuracy of nodule volume and airway wall thickness measurement using low-dose chest CT on a photon-counting detector CT scanner. *Invest Radiol.* 2023;58(4):283-92. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36525385/>
12. Greffier J, Salvat C, Pastor M, Villani N, Bousson V, Vallot A, et al. Comparing the detectability of pulmonary nodules on two ultra-high resolution CT scanners: a preliminary phantom study. *Eur Radiol.* 2026;36(9):7105-17. <https://doi.org/10.1007/s00330-026-12582-9>

©2026 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).