



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
MEDICINA

PRECISIÓN DIAGNÓSTICA EN LA RADIOGRAFÍA DE SUSTRACCIÓN
DE ENERGÍA DUAL Y LA RADIOGRAFÍA DIGITAL PARA LA
DETECCIÓN TEMPRANA DE NÓDULOS PULMONARES: UNA
REVISIÓN DE ALCANCE

DIAGNOSTIC ACCURACY IN DUAL-ENERGY SUBTRACTION
RADIOGRAPHY AND DIGITAL RADIOGRAPHY FOR EARLY
DETECTION OF PULMONARY NODULES: A SCOPING REVIEW

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO
EN TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA

AUTORES

ANDREA PAOLA PASACHE RIVERA
JAVIER ANCELMO LLENQUE ENRIQUEZ
JACOB DANIEL BURGA ROJAS

ASESOR

EDWARD ARTEMIO MECA CASTRO

CO-ASESOR

ARQUIMEDES MANSUETO GAVINO GUTIERREZ

LIMA – PERÚ

2026

JURADO

Presidente: DR. GUILLERMO BRAVO PUENTE

Vocal: LIC. MARCO ANTONIO RIVERO MENDOZA

Secretario: LIC. NATALIA ISABEL MOSQUERA VERGARAY

Fecha de Sustentación: 19 de marzo de 2026

Calificación: Aprobado

ASESORES DE TESIS

ASESOR

MG. EDWARD ARTEMIO MECA CASTRO

Departamento Académico de la Escuela Profesional de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0002-1226-9299

CO-ASESOR

MG. ARQUIMEDES MANSUETO GAVINO GUTIERREZ

Departamento Académico de la Escuela Profesional de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0002-3325-1004

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo, en primer lugar, a nuestros padres, quienes han sido nuestro mayor ejemplo de perseverancia, esfuerzo y dedicación. Gracias a su amor incondicional, sus sacrificios y su constante apoyo, hemos podido superar cada obstáculo y continuar avanzando hacia nuestras metas.

Asimismo, nos dedicamos este logro a nosotros mismos, por la constancia, el compromiso y la fortaleza demostrada a lo largo de este proceso, por enfrentar cada desafío con determinación y por mantenernos firmes hasta alcanzar este objetivo tan importante en nuestras vidas.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a cada uno de los integrantes de este grupo de investigación, por el tiempo, esfuerzo y dedicación invertidos en el desarrollo del presente trabajo.

Su compromiso, responsabilidad y constante colaboración fueron fundamentales para alcanzar este resultado, reflejando el trabajo en equipo y la perseverancia a lo largo de todo el proceso.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

El presente trabajo fue autofinanciado por los autores

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los investigadores declaran no tener conflictos de interés

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	BURGA ROJAS JACOB DANIEL
2.	LLENQUE ENRIQUEZ JAVIER ANCELMO
3.	PASACHE RIVERA ANDREA PAOLA

Pertenecientes al programa de la **CARRERA PROFESIONAL DE TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA**, autores del trabajo titulado: **PRECISIÓN DIAGNÓSTICA EN LA RADIOGRAFÍA DE SUSTRACCIÓN DE ENERGÍA DUAL Y LA RADIOGRAFÍA DIGITAL PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE NÓDULOS PULMONARES: UNA REVISIÓN DE ALCANCE** el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el **TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA** bajo la modalidad de **TESIS**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	MECA CASTRO EDWARD ARTEMIO	MEDICINA	ASESOR
2.	GAVINO GUTIERREZ ARQUIMEDES MANSUETO	MEDICINA	CO-ASESOR

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **13 %**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **trn:oid:::1:3528783212**; fecha de entrega: **06-04-2026**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 06 de abril del 2026.**

Firma del asesor
N° DNI: 40569815
ORCID: 0000-0002-1226-9299

Firma del Co-asesor
N° DNI: 40048216
ORCID: 0000-0002-3325-1004



TABLA DE CONTENIDOS

Pág.

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	5
III.	MATERIAL Y MÉTODOS	6
IV.	RESULTADOS	11
V.	DISCUSIÓN	17
VI.	CONCLUSIONES	21
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
VIII.	TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS	26
	ANEXOS	

RESUMEN

Introducción: La radiografía digital (DR) es esencial para la evaluación pulmonar debido a su bajo costo y radiación en el paciente; no obstante, presenta limitaciones frente a la tomografía computarizada, considerada la gold estándar. Avances como la radiografía de sustracción de energía dual (DESR) han mejorado la precisión diagnóstica, especialmente en la detección de nódulos pulmonares. **Objetivo:** Mapear la evidencia científica publicada sobre la precisión diagnóstica de la radiografía de sustracción de energía dual en comparación con la radiografía digital para la detección temprana de nódulos pulmonares en pacientes mayores de 18 años a través de una revisión de alcance.

Material y Métodos: Se utilizó el marco metodológico del Instituto Joanna Briggs y la declaración Prisma-ScR. La búsqueda incluyó términos como “nódulo pulmonar”, “radiografía de tórax”, “energía dual”, “sensibilidad y especificidad”, “valor predictivo” y “área bajo la curva” en bases de datos como EMBASE, MEDLINE, COCHRANE, LILACS, IEEE y literatura gris, para estudios publicados desde 1980 a 2024.

Resultados: De 130 estudios, 12 cumplieron los criterios de elegibilidad. Las medidas de precisión más reportadas fueron sensibilidad, especificidad y área bajo la curva (AUC), siendo menos frecuentes los valores predictivos. En conjunto, los resultados indicaron que la DESR mejoró la detección de nódulos pulmonares, resultando en una mayor sensibilidad y especificidad que la DR. **Conclusiones:** No se mostró una preponderancia de la DESR sobre la DR respecto a la precisión diagnóstica para la detección de nódulos pulmonares. La falta de reporte de todas las medidas de precisión diagnóstica en la totalidad de los estudios limita la solidez de los resultados.

Palabras claves: Radiografía de tórax, nódulo pulmonar, energía dual, sensibilidad y especificidad, área bajo la curva (DeCS/MESH).

ABSTRACT

Introduction: Digital radiography (DR) is essential for pulmonary evaluation due to its low cost and low radiation exposure to the patient; however, it has limitations compared to computed tomography, which is considered the gold standard. Advances such as dual-energy subtraction radiography (DESR) have improved diagnostic accuracy, especially in the detection of pulmonary nodules. **Objective** To map the published scientific evidence on the diagnostic accuracy of dual-energy subtraction radiography compared to digital radiography for the early detection of pulmonary nodules in patients over 18 years of age through a scoping review. **Material and Methods:** The Joanna Briggs Institute (JBI) methodological framework and the Prisma-ScR statement were used. The search included terms such as “pulmonary nodule”, “chest radiograph”, “dual energy”, “sensitivity and specificity”, “predictive value” and “area under the curve” in databases such as EMBASE, MEDLINE, COCHRANE, LILACS, IEEE and gray literature, to identify studies published from 1980 to 2024. **Results:** Of 130 studies, 12 met the eligibility criteria. The most commonly reported accuracy measures were sensitivity, specificity, and area under the curve (AUC), with predictive values being less frequent. Overall, the results indicated that DESR improved the detection of pulmonary nodules, resulting in higher sensitivity and specificity than DR. **Conclusions:** The superiority of DESR over DR in terms of diagnostic accuracy for the detection of pulmonary nodules was not demonstrated. The lack of information on all measures of diagnostic accuracy in all studies limits the robustness of the results.

Keywords: Chest radiograph, lung nodule, dual energy, sensitivity and specificity, predictive value, area under the curve (MeSH).

I. INTRODUCCIÓN

El cáncer de pulmón es uno de los tipos de cáncer con mayor tasa de mortalidad a nivel mundial, siendo la detección temprana de los nódulos pulmonares un factor clave para mejorar el pronóstico y la supervivencia de los pacientes (1). Estos nódulos son opacidades redondas que miden 3 cm o menos y pueden corresponder a múltiples condiciones tanto benignas como malignas (2). Existe una relación directa entre el tamaño del nódulo al momento de diagnosticarse y la probabilidad de malignidad, de modo que, a mayor tamaño presente, mayor será el riesgo de cáncer (3).

En los Estados Unidos, se diagnostican unos 150.000 nuevos casos de nódulos pulmonares al año, estimándose en 0,2% la prevalencia de esta entidad en la población general (2). En el Perú, el cáncer de pulmón representa un importante desafío para la salud pública, afectando a cerca de 3,000 personas al año y ubicándose como la tercera causa de mortalidad asociada al cáncer (3).

En este contexto, las técnicas de imagen desempeñan un rol importante como herramientas diagnósticas iniciales, destacando la radiografía digital de tórax, modalidad de diagnóstico por imágenes ideal para la evaluación de signos o síntomas que sugieran la posible existencia de patologías pulmonares dada su eficacia, amplia disponibilidad, bajo costo y mínima dosis de radiación que expone al paciente (6).

La radiografía digital de tórax (DR) se basa en el principio físico de la atenuación diferencial de los rayos X al atravesar los diferentes tejidos corporales, permitiendo la obtención de una imagen bidimensional en la que las estructuras anatómicas se muestran superpuestas en un mismo plano (7). Esta superposición anatómica, sobre todo de las estructuras óseas como los arcos costales y la clavícula, puede dificultar la detección de

nódulos pulmonares pequeños o de baja atenuación, reduciendo la sensibilidad diagnóstica de la técnica (8).

Con el objetivo de superar esta limitación, se desarrolló la radiografía con sustracción de energía dual (Dual-Energy Subtraction Radiography o DESR), técnica que se utilizó por primera vez en el año 1980, esta permite la obtención de dos radiografías independientes a partir de una radiografía torácica (9), la cual emplea dos exposiciones adquiridas a diferentes niveles energéticos, una baja energía (60 kVp) y de otra alta energía (120 kVp) (10). Dichos niveles energéticos permiten discriminar tejidos con distinto número atómico efectivo, como el hueso y los tejidos blandos (11). Su eficacia quedó demostrada por su alta sensibilidad y especificidad en la detección de nódulos pulmonares intersticiales, calcificaciones torácicas, cardiomegalia y fracturas costales (12). De este modo, la DESR, además de identificar nódulos superpuestos a estructuras óseas, logra diferenciar los nódulos calcificados de los no calcificados, los cuales pueden evaluarse en las imágenes de alta energía (supresión ósea) y de baja energía (supresión de partes blandas), lo que mejora la caracterización inicial del nódulo pulmonar.

Desde el punto de vista dosimétrico, la dosis efectiva de la DESR es ligeramente mayor que la de la radiografía digital; sin embargo, ésta continúa siendo significativamente menor en comparación con la tomografía computarizada (TC) de tórax (13). Se ha reportado que la dosis efectiva de una radiografía digital de tórax oscila entre 0,02 y 0,1 mSv, mientras que la DESR puede situarse en un rango aproximado de 0,1 a 0,2 mSv, muy por debajo de la TC de tórax, cuya dosis efectiva promedio varía entre 5 y 7 mSv (12).

A pesar de sus potenciales beneficios, la DESR presenta limitaciones técnicas relevantes. La más considerable es la aparición de artefactos de movimiento, en especial cuando las

exposiciones de baja y alta energía son adquiridas secuencialmente (13). Los movimientos fisiológicos del paciente como el cardíaco o respiratorio pueden generar artefactos de mal registro entre la adquisición de exposiciones de baja y alta energía, comprometiendo la calidad de las imágenes y la dificultad en la interpretación diagnóstica de la radiografía con sustracción de energía dual (14). Asimismo, la DESR puede mostrar limitaciones en la detección de nódulos calcificados, dado que estos pueden ser eliminados o atenuados parcialmente en las imágenes de tejidos blandos (15).

La mayor utilidad clínica de la DESR se ha dado principalmente en la detección de nódulos pulmonares sólidos, no calcificados, de pequeño tamaño y localizados en zonas con alta superposición ósea como son los vértices pulmonares o áreas retrocardíacas (16). En estas situaciones, la supresión de las estructuras óseas mejora la visualización de las lesiones y puede aumentar la sensibilidad diagnóstica en comparación con la radiografía digital (17). No obstante, la evidencia disponible muestra resultados heterogéneos, sin una preponderancia clara y consistente de la DESR sobre la DR en términos de precisión diagnóstica global (11). Además de la DESR, otras técnicas de imagen han sido desarrolladas con el objetivo de reducir la superposición anatómica, entre ellas la tomosíntesis digital de tórax. Esta técnica se basa en la adquisición de múltiples proyecciones de baja dosis desde diferentes ángulos, que posteriormente se reconstruyen en cortes seudotomográficos, permitiendo una mejor localización y detección de nódulos pulmonares en comparación con la radiografía digital (18). En el ámbito de la investigación diagnóstica, la evaluación del desempeño de estas técnicas se fundamenta en indicadores de precisión diagnóstica, proporcionando un marco objetivo para la comparación entre modalidades de imagen (19).

Por tal motivo, esta investigación tiene como propósito sintetizar la información existente para proporcionar una base sólida que guíe futuras investigaciones y apoye su implementación en la práctica clínica, por lo tanto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué evidencia científica existe sobre la precisión diagnóstica de la radiografía de sustracción de energía dual y la radiografía digital en la detección temprana de nódulos pulmonares en pacientes mayores de 18 años atendidos en establecimientos de salud con diferentes capacidades resolutivas?

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Mapear la evidencia científica disponible reportada sobre la precisión diagnóstica de la radiografía de sustracción de energía dual (DESR) y la radiografía digital (DR), para la detección temprana de nódulos pulmonares en pacientes mayores de 18 años, en establecimientos de salud con diferentes capacidades resolutivas.

Objetivos específicos

1. Identificar los indicadores de precisión diagnóstica reportadas - sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP), valor predictivo negativo (VPN) y área bajo la curva (AUC) - en estudios que evalúan la radiografía de sustracción de energía dual (DESR) y la radiografía digital (DR) para la detección temprana de nódulos pulmonares en personas adultas.
2. Describir los indicadores de precisión según el rendimiento diagnóstico en la detección temprana de nódulos pulmonares reportados para la radiografía de sustracción de energía dual y la radiografía digital de tórax en pacientes mayores de 18 años.
3. Describir las principales desventajas identificadas en los estudios sobre la precisión diagnóstica de la radiografía de sustracción de energía dual y radiografía digital.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio es una revisión de alcance basado en las directrices metodológicas del Instituto Joanna Briggs (JBI). Esta metodología se aplicó con el objetivo de mapear la evidencia científica disponible sobre la precisión diagnóstica de la radiografía de sustracción de energía dual y la radiografía digital en la detección temprana de nódulos pulmonares, permitiendo identificar características, vacíos en el conocimiento y aspectos relevantes para la práctica clínica y futuras investigaciones. Asimismo, la elaboración y presentación del informe se guio por la extensión de la declaración PRISMA para revisiones de alcance (PRISMA ScR), asegurando una transparencia adecuada en la presentación de los métodos y resultados.

El diseño siguió el marco P (población), C (concepto), C (contexto) para estructurar la pregunta de investigación. Población: Pacientes mayores de 18 años con diagnóstico de nódulos pulmonares confirmados por tomografía computarizada. Concepto: Evaluación de la precisión diagnóstica de la sustracción de energía dual y la radiografía digital, considerando la sensibilidad, especificidad, valores predictivos y el área bajo la curva. Contexto: Atención en establecimientos de salud con diferentes capacidades resolutivas.

Criterios de Elegibilidad

Criterios de Inclusión

- Estudios con pacientes mayores de 18 años con diagnóstico confirmado de nódulos pulmonares mediante tomografía computarizada.
- Estudios realizados en establecimientos de salud con diferentes capacidades resolutivas donde se emplearon equipos de rayos X para la evaluación diagnóstica.
- Estudios de tipos observacionales, ensayos clínicos y literatura gris.
- Estudios en español, inglés y portugués.

-Estudios publicados desde 1980 hasta el año 2024.

Criterios de Exclusión

-Estudios que evalúen la detección temprana de nódulos pulmonares sin la asistencia de sistemas de inteligencia artificial, aprendizaje automatizado o herramientas de detección asistida por computadora (CAD).

Definición operacional de Variables

En los estudios incluidos, se consideraron como variables de exposición de tipo cualitativo y de escala nominal la “radiografía de sustracción de energía dual”, definida como “técnica de imagen que, mediante la atenuación de los fotones de menor energía en el calcio, permite obtener dos imágenes con supresión de hueso y partes blandas” (9); y la “radiografía digital”, definida como “técnica diagnóstica que captura imágenes radiográficas a través de sensores que convierten la radiación en señales eléctricas.”(10) Se tomó en cuenta como variables de resultado de tipo cuantitativo y de escala continua a la sensibilidad, “técnica que mide la probabilidad de que una prueba detecte correctamente la enfermedad en pacientes que realmente la padecen” (11), a la especificidad, “técnica que indica la probabilidad de obtener resultados negativos en individuos sanos” (11), al valor predictivo positivo, “medida estadística que indica la probabilidad de que una persona tenga la enfermedad si la prueba da positivo” (11), al valor predictivo negativo, “medida estadística que indica la probabilidad de que una persona no tenga la enfermedad si la prueba da negativo” (11), y al área bajo la curva (AUC), “concepto matemático y estadístico que representa la capacidad de discriminación de una prueba diagnóstica, calculado como la integral de una función en un intervalo dado” (12). Por último, se contemplaron las covariables sexo y edad. El sexo

se clasificó como una variable cualitativa nominal, mientras que la edad en una variable cuantitativa de razón. Estas covariables aportaron un contexto adicional al análisis, permitiendo ajustar y precisar los resultados en función de las características individuales de los sujetos (Anexo 1).

Búsqueda de información

Para la búsqueda de información se emplearon diversas bases de datos como EMBASE, MEDLINE, COCHRANE, LILACS y IEEE. Se integró Google Scholar como motor de búsqueda para búsqueda manual de información y para cubrir la literatura gris, utilizando criterios de selección para seleccionar estudios relevantes (Anexo 2). Se examinaron los títulos, resúmenes y términos de índice de estudios en busca de palabras clave y términos controlados. La estrategia de búsqueda se desarrolló en función de los términos vinculados y términos libres relacionados con la pregunta de investigación, utilizando el formato PCC, donde la población incluyó pacientes mayores de 18 años con nódulos pulmonares. En cuanto al concepto hace alusión a la aplicación de la sustracción de energía dual en comparación con la radiografía digital, evaluando la precisión diagnóstica mediante sensibilidad, especificidad, valor predictivo y área bajo la curva. El contexto en el que se llevó a cabo fue en establecimientos de salud con diferentes capacidades resolutorias. En cada una de las bases de datos citadas, se aplicaron términos específicos mediante el uso de operadores booleanos (AND y OR). Además, se incorporaron términos clave basados en los Descriptores de Materia Médica (MeSH) junto con términos libres que fueron pertinentes. Se aplicó un rango de fechas que abarcó desde 1980, año en el que se documentaron los primeros usos de esta técnica, hasta 2024, fecha de los estudios más recientes.

Selección de estudios

Las búsquedas realizadas fueron estructuradas y registradas utilizando el generador de citas, referencias y bibliografías Mendeley, lo que facilitó una gestión eficiente para la detección de duplicados. Se tomaron en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, los cuales permitieron evaluar la elegibilidad de los estudios obtenidos y realizar el descarte correspondiente de estudios que no estaban relacionados con el tema, resumen y palabras clave que se observen. La selección de estudios que se consideró pasó por una revisión exhaustiva individualizada. Este proceso fue resumido mediante el diagrama de flujo Prisma ScR que se encuentra en la Figura 1.

Extracción de datos

Los datos fueron extraídos por 3 revisores APR, JBR, JLA de forma independiente a partir de los resultados de la selección de estudios, utilizando como herramienta una tabla organizada para gestionar la extracción de datos diseñada en Microsoft Excel. Esta herramienta incluyó detalles sobre los aspectos clave de la revisión, tales como título de la publicación, autores, año de publicación, país, idioma, diseño de estudio, objetivo, población de estudio, tamaño de muestra, número de pacientes detectados con nódulos pulmonares, número de nódulos pulmonares, energía utilizada, resultados (sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo, valor predictivo negativo y área bajo la curva) y conclusiones relevantes (Tabla 1).

Plan de Análisis

Se realizó una síntesis descriptiva de los datos extraídos de los estudios incluidos, siguiendo las directrices metodológicas del Instituto Joanna Briggs (JBI). Los datos se organizaron y presentaron en tablas de evidencia elaboradas en Microsoft Excel, con el fin de sintetizar los resultados relacionados con la precisión diagnóstica de la radiografía

de sustracción de energía dual (DESR) y la radiografía digital (DR) para la detección temprana de nódulos pulmonares. Los resultados se sintetizaron descriptivamente a partir de las medidas de precisión diagnóstica incluyendo sensibilidad, especificidad, valores predictivos y el área bajo de la curva (AUC).

Aspectos Éticos

La revisión de alcance fue inscrita en el Sistema Descentralizado de Información y Seguimiento a la Investigación (SIDISI) de la Dirección Universitaria de Investigación, Ciencia y Tecnología (DUICT) y pasó por una evaluación del Comité de Ética de la UPCH (CIE-UPCH) previo a su implementación.

IV. RESULTADOS

Selección de fuentes de evidencia

El proceso de identificación y selección de evidencia se realizó en distintas fases. Primero se identificaron 130 estudios, este resultado fue obtenido por la búsqueda de información en las bases de datos EMBASE= 25, IEEE=19, MEDLINE=17, COCHRANE=4, LILACS=3 y el uso de literatura gris por medio de GOOGLE SCHOLAR= 62. Posteriormente con la ayuda del generador de citas Mendeley, se detectaron 16 estudios duplicados, 11 por el lado de las bases de datos y 5 por literatura gris, los cuales fueron excluidos del proceso, obteniendo un total de 114 registros. La siguiente fase tuvo como objetivo la exclusión de registros por título y resumen, en el cual eliminaron 97 artículos, quedando 17 artículos para su recuperación. En la etapa final del tamizaje se identificaron 3 artículos que no cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión establecidos en la revisión y 2 artículos que no fueron recuperados debido a que no contenían información sobre mediciones de precisión diagnóstica. Al final de este proceso se identificaron y seleccionaron 12 artículos que cumplían con los criterios de elegibilidad y fueron incluidos en la siguiente revisión. (Figura 1).

Características de los estudios seleccionados

Las evidencias enfocadas en este estudio se detallan en la tabla 1, las cuales incluyen sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP), valor predictivo negativo (VPN) y área bajo la curva (AUC). No obstante, 10 estudios presentaron datos incompletos en las medidas de precisión diagnóstica. Wu et al (20), Dobbins et al (21), Li (28,31), Hwang (30), Szucs-Farkas (27), Song (29) y Manji (22) no mostraron datos de VPP y VPN. Los estudios liderados por Rühl et al (24) y por Kumar et al (26) fueron los únicos que reportaron datos de todas las medidas de precisión diagnóstica; por otro

lado, Hwang (30), Song (29) y Li (28) fueron los únicos que reportaron tan sólo una medida de precisión diagnóstica (AUC).

Descripción de las medidas de precisión diagnóstica por discriminación básica. (Sensibilidad y Especificidad) en Radiografía de sustracción de energía dual y Radiografía de Tórax (Tabla 2).

De los 12 artículos evaluados, se tomaron en cuenta 9 artículos que reportaron medidas de precisión diagnóstico por discriminación básica (20,21,22,23,24,25,26,27 y 28). En el estudio realizado por Wu et al (20), contó con la participaron 6 observadores divididos en dos grupos: 3 residentes y 3 radiólogos. Para la DESR, los residentes indicaron una sensibilidad del 60.9% y especificidad del 88.4%; mientras que los radiólogos obtuvieron una sensibilidad del 79.4% y una especificidad del 91.7%. Sin embargo, para la DR los residentes indicaron una sensibilidad del 50.9% y especificidad del 83.4%, y los radiólogos una sensibilidad del 55.8% y especificidad 83.9%.

Por su parte, el artículo descrito por Dobbins et al (21), incluyó 5 observadores, todos radiólogos, quienes para la DESR indicaron una sensibilidad del 50.5% y una especificidad del 69.4%. En cuanto a la DR, la sensibilidad fue de 40,7%, la especificidad de 75%.

En el estudio representado por Manji (22), participaron 10 lectores, divididos equitativamente entre radiólogos y residentes. Los residentes indicaron para la DESR una sensibilidad del 64% y especificidad del 88%, y para la DR una sensibilidad del 57% y especificidad del 87%. En cambio, los radiólogos indican para la DESR una sensibilidad del 71% y especificidad del 83%, y para la DR, una sensibilidad del 59% y una especificidad del 82%.

Sharma (23), incluyó 2 radiólogos como lectores. El primer radiólogo indicó una sensibilidad del 90.2% para la DESR y un 82% para la DR, mientras que el segundo indicó sensibilidades del 85.2% y un 73.8%, respectivamente. De manera coincidente, ambos radiólogos indicaron una especificidad del 100% para la DESR y DR.

En el estudio descrito por Rühl et al (24), 5 radiólogos participaron como observadores, quienes para la DESR indicaron una sensibilidad del 43,1% y especificidad del 55,2%. Para la DR, la sensibilidad fue del 35,3% y la especificidad del 82,8%.

Según el estudio expuesto por Ricke J et al (25), los resultados se consultaron con 4 radiólogos, los cuales nos dieron una sensibilidad promedio del 42% y especificidad del 85% para la DESR, y para la DR, una sensibilidad del 33% con una especificidad del 81%.

Kumar et al (26), incluyó 2 radiólogos como observadores para su estudio, quienes para la DESR reportaron una sensibilidad del 27.27% y especificidad del 84.78%, mientras que para la DR la sensibilidad fue del 24.54% y especificidad del 65.22%.

En cuanto a lo mencionado por Szucs-Farkas (27), se emplearon 5 radiólogos como observadores. El cual el primero indicó una sensibilidad del 53% y una especificidad del 39.6% para la DESR, y una sensibilidad del 52,5% y especificidad del 48,8% para la DR. El segundo observador indicó para la DESR, una sensibilidad del 58,5% y una especificidad del 39,6%, y para la DR una sensibilidad de 51,5% y una especificidad de 48,8%. El tercer observador, señaló una sensibilidad del 47,5% y especificidad del 25,7% para la DESR, en cambio para la DR, indicó una sensibilidad del 42% y una especificidad del 33,3%. El cuarto indicó una sensibilidad del 46,5% y una especificidad para la DESR de 63,9%, para la DR se obtuvo una sensibilidad del 43,5% y una especificidad del 63,9%.

El quinto señaló una DESR con una sensibilidad del 43,5% y 52,5 de especificidad, y para la DR una sensibilidad 33,3% y 50% de especificidad.

Por último, el estudio desarrollado por Li F (31), señaló la colaboración de 6 radiólogos, cuyos resultados mostraron una sensibilidad del 59% para la DESR y 40% para la DR. Sin embargo, no se estimó la especificidad.

Descripción de las medidas de precisión diagnóstica por sus valores predictivos (VPP y VPN) en Radiografía de sustracción de energía dual y Radiografía de Tórax (Tabla 3).

De los estudios seleccionados, únicamente cuatro reportaron valores predictivos positivo (VPP) y negativo (VPN) (23, 24, 25 y 26).

En estudio presentado por Sharma (23), participaron dos radiólogos, quienes indicaron un VPP del 100% tanto para la DR como para la DESR. En cuanto al VPN, el primer radiólogo indicó un valor del 14.3% para la DESR y 100% para la DR, mientras que el segundo radiólogo reportó un VPN del 10% para la DESR y 5.9% para la DR.

En el estudio realizado por Rühl et al (24), cinco radiólogos indicaron un VPP promedio de 58.1% para la DESR, y de 58% para la DR. De manera similar, el VPN promedio fue estimado en 66.5% para la DESR y 64.8% para la DR.

Según lo reportado por Ricke et al (25), cuatro radiólogos evaluaron los resultados, obteniendo un VPP del 88% y un VPN del 34% para la DESR. En contraste, para la DR, los valores fueron un VPP del 83% y un VPN del 30%.

Finalmente, Kumar et al (26) incluyó a 2 radiólogos como observadores. El primer radiólogo obtuvo para la DESR un VPP de 81.8% y un VPN de 32.77%, mientras que para la DR los resultados fueron 62.79% y 26.55%, respectivamente. El segundo

radiólogo indicó un VPP de 79.4% para la DESR y 70.73% para la DR, con un VPN de 29.46% y 26.36%, respectivamente.

Descripción de las medidas de precisión diagnóstica por su rendimiento global (AUC) en Radiografía de sustracción de energía dual y Radiografía de Tórax (Tabla 4)

De los estudios analizados, 9 reportaron el área bajo la curva (AUC) (20,21,29,24,26,27,28,30,31).

En el estudio realizado por Wu et al (20), los resultados fueron evaluados por 6 observadores, los cuales estaban divididos en dos grupos conformado uno por 3 radiólogos y otro por 3 residentes. Los residentes obtuvieron un AUC del 0.77 y 0.70 para la DESR y DR respectivamente. En el caso de los radiólogos, el resultado de la AUC para la DESR fue del 0.88 y de la DR fue 0.73.

En el artículo presentado Dobbins et al (21), el cual cuenta con el apoyo de 5 radiólogos para los resultados de la AUC se obtiene 0.6 para la DESR y 0.58 para la DR.

De acuerdo con lo expuesto por Song (29), los resultados fueron emitidos por 3 radiólogos, obteniendo así un valor del AUC para la DESR es 0.87 y para la DR es 0.58 en el caso del primer radiólogo. El segundo radiólogo la DESR mostró un valor de 0.73 y para la DR 0.95. Por último, el tercer radiólogo obtuvo un resultado de 0.87 para la DESR y 0.92 para la DR.

En el artículo presentado por Rühl et al (24), los 5 radiólogos dieron como resultado una AUC de 0.63 para la DESR y de 0.60 para la DR.

En cuanto a lo mencionado por Kumar et al (26), participaron 2 radiólogos como observadores. El primero obtuvo como resultado una AUC de 0.55 para la DESR y 0.54 en la DR. En el caso del segundo observador el resultado fue 0.52 y 0.51 respectivamente.

En el artículo que expone Szucs-Farkas (27), los 5 radiólogos obtuvieron resultados variados para la AUC. El primero obtuvo como resultado para la DESR 0.53 y 0.55 para la DR. Sin embargo, el segundo radiólogo obtuvo los resultados de 0.62 para la DESR y 0.59 para la DR. El tercero reportó valores de 0.47 para la DESR y 0.44 para la DR. Para el cuarto, los resultados fueron de 0.56 para la DESR y 0.50 para la DR. Por último, el quinto radiólogo mostró un resultado de 0.55 para la DESR y 0.49 para la DR.

Según uno de los artículos de Li (31), en el cual solo hubo un radiólogo para evaluar el AUC de la DESR y DR, se obtuvo un resultado de 0.81 y 0.71, respectivamente.

En el artículo presentado por Hwang (30), se tiene la colaboración de dos radiólogos los cuales presentaron sus resultados. El primero para la AUC obtuvo un valor de 0.79 para la DESR y 0.71 para la DR; y en el segundo radiólogo obtuvo los valores de 0.69 para la DESR y 0.66 para la DR.

Por último, en otro artículo del autor Li (28), se contó con el apoyo de 10 radiólogos para los resultados de la AUC. Los 10 radiólogos se dividieron en dos grupos cada uno de 5 integrantes. En el primer grupo, el primer radiólogo obtuvo un resultado de 0.94 para la DESR y 0.87 para la DR. Así mismo, el segundo obtuvo en la DESR un valor de 0.95 para la DESR y 0.84 para la DR. El tercer radiólogo registró 0.94 para la DESR y 0.83 para la DR. A su vez, el cuarto radiólogo obtuvo un resultado de 0.77 para la DESR y 0.69 para la DR, mientras que el quinto radiólogo presentó valores de 0.92 para la DESR y 0.74 para la DR. En el segundo grupo, el primer radiólogo reportó valores de 0,93 para la DESR y 0,85 para la DR. De igual forma, el segundo obtuvo 0,92 en la DESR y 0,90 en la DR. El tercer radiólogo informó resultados de 0,94 para la DESR y 0,836 para la DR. Por otro lado, el cuarto registró 0,92 en la DESR y 0,79 en la DR, mientras que el quinto presentó 0,86 para la DESR y 0,76 para la DR.

V. DISCUSIÓN

Este estudio exploró las evidencias basadas en la precisión diagnóstica de la radiografía de sustracción de energía dual (DESR) y la radiografía digital (DR) en la identificación temprana de nódulos pulmonares. Si bien el uso de la DESR no constituye una técnica reciente como método de diagnóstico por imagen, para Wu et al (20) representa una alternativa valiosa en casos donde la tomografía computarizada no está disponible, ya que permite la obtención de imágenes selectivas de tejido y hueso utilizando adquisiciones de baja y alta energía mediante la emisión de rayos X.

Van Der Heyden (33), señaló que, además de ofrecer una dosis de radiación menor en comparación con la TC, mostró una sensibilidad superior a la DR, lo que facilitó la detección rápida de nódulos pulmonares en un gran número de pacientes. En línea de estos resultados, Manji (22), no solo concluyó en una mejora en la precisión, sino también en la velocidad de la detección de los nódulos pulmonares debido a la supresión de los arcos costales en las imágenes de tejidos blancos; de igual forma, Sharma (23), demostró mediante un estudio que la DESR ofrece mejores resultados que la DR en el hallazgo de detección de nódulos, consolidaciones y cavitaciones en la tuberculosis pulmonar. De igual manera, Ricke et al (25), reportó que la sensibilidad de la DESR aumentó en un 25% en pacientes con nódulos pulmonares, hallazgo que generó una mejora significativa en la aplicación y confianza de la técnica diagnóstica.

Por otro lado, estudios como el de Szucs-Farkas (27), buscó evaluar el impacto de la radiografía de tórax con sustracción de energía (ES) en la detección de nódulos y masas pulmonares en la rutina diaria, concluyó que la radiografía de tórax digital con ES de exposición única mejoró la detección de la mayoría de los nódulos y masas pulmonares,

sin embargo, se redujo en casos de nódulos menores a 1 cm, además de presentar la aparición falsos positivos comprometiendo la especificidad y la precisión diagnóstica.

Li F (28), sugirió que, si bien la radiografía DES ofrecía una mayor precisión, la incorporación del software junto con una radiografía digital podría incrementar de manera notable la detección de pequeños cánceres nodulares en comparación con el uso exclusivo de radiografías estándar. Otro estudio del mismo autor, realizado en 2012, mostró que la radiografía de tórax con sustracción de energía dual mejoró sustancialmente la capacidad de los radiólogos para detectar cánceres de pulmón pequeños, y se sugirió que las imágenes de sustracción de energía dual deberían visualizarse de forma rutinaria, en lugar de selectiva, para obtener el máximo beneficio.

Sin embargo, no todos los registros tuvieron resultados a favor del uso de la DESR como técnica de imagen para la detección de nódulos pulmonares, Dobbins et al (21) y Kumar et al (26) , tuvieron como objetivo comparar la precisión diagnóstica de tres técnicas de imagen en el manejo y detección de nódulos pulmonares, 2 de las técnicas por imagen fueron la DESR y la DR , estos estudios realizados en el 2016 y 2015 respectivamente, concluyeron que las imágenes por DESR no mostraron diferencias significativas con respecto a la radiografía de tórax digital. De igual manera, Son I (29), utilizó 130 imágenes (65 pares de DR con escala de grises y DESR con representación a color) el cual concluyó que la DESR mostró un rendimiento similar en la detección de nódulos pulmonares en comparación con la DR. Otro estudio que no mostró diferencias significativas entre la precisión diagnóstica con DESR y DR fue el de Rühl et al (24), 2008, realizó su investigación con 74 pacientes con nódulos pulmonares detectados por TC y 26 pacientes con hallazgos normales, el estudio no mostró una mejora estadísticamente significativa en la detección de nódulos pulmonares, cabe destacar que

tampoco tuvo diferencias significativas en identificación de calcificaciones ni determinación de malignidad. Hwang (30), en su estudio realizado en el 2008, tuvo como tamaño de muestra a 29 pacientes con hallazgos nodulares confirmados por TC, el cual demostró que la DESR no tuvo ningún beneficio en la discriminación de nódulo pulmonares pequeños sobre la DR, sin embargo, sí la tuvo en la caracterización de calcificación nodular.

Los hallazgos de la DESR en el campo clínico aún siguen siendo motivo de estudio, si bien no todos los registros tuvieron la misma perspectiva y conclusiones, los resultados demuestran que del total de artículos, el 50% (6) concluyó que el uso de la radiografía de sustracción de energía dual tiene una mayor precisión diagnóstica en la detección de nódulos pulmonares, el otro 40% no refirieron diferencias significativas entre ambas técnicas de imagen y 1 artículo en el que su conclusión no tuvo un enfoque regido a las criterios de selección del presente estudio. Estas discrepancias entre los resultados reflejaron la falta de evidencia concluyente que respalde su uso determinante frente a la DR en la detección de nódulos pulmonares.

En relación con las desventajas indicadas, Szucks-Farkas (27) y Ruhl et al (24) indicaron que, desde un punto de vista técnico, se reportaron artefactos por movimiento y variabilidad en la calibración energética en la DESR, factores que pueden inducir falsos positivos y afectar la calidad de las imágenes obtenidas. Kumar et al (26), bajo a un enfoque diagnóstico, mencionó que la exactitud de la interpretación está fuertemente influenciada por la pericia del observador, lo que puede introducir sesgos entre distintos evaluadores en la interpretación de nódulos pulmonares. Para Manji (22), la implementación de la DESR en centros hospitalarios de mediana o baja complejidad

resulta poco viable principalmente por el elevado costo de los equipos y requerimientos técnicos adicionales que implican su operación.

LIMITACIONES

El presente estudio presentó diversas limitaciones. Desde la perspectiva de la aplicabilidad clínica, actualmente no se dispone de equipos de radiografía de sustracción de energía dual (DESR) en el Perú, lo que limita la extrapolación inmediata de los resultados al contexto nacional. Asimismo, se evidenció una escasa disponibilidad de estudios que comparen directamente la DESR con la radiografía digital de tórax en la detección temprana de nódulos pulmonares, sumada a la falta de indicadores de precisión diagnóstica como sensibilidad, especificidad, VPP, VPN y AUC en varios de los estudios revisados. Además, muchos de los artículos revisados utilizaron la tomografía computarizada como única modalidad diagnóstica, restringiendo la evaluación de técnicas radiográficas alternativas con menor dosis de radiación. Por otra parte, es necesario señalar la aparición de artefactos de movimiento en adquisiciones secuenciales y dificultades en la detección de nódulos calcificados, factores que pueden comprometer la calidad de imagen y la interpretación diagnóstica. Finalmente, el estudio presentó un enfoque metodológico orientado principalmente a la detección temprana de los nódulos pulmonares mediante radiografía de sustracción de energía dual, sin profundizar en la diferenciación entre los distintos tipos de nódulos pulmonares, como la distinción entre nódulos calcificados y no calcificados. En consecuencia, los resultados obtenidos se limitan a evaluar la capacidad de detección de estas lesiones, sin permitir conclusiones específicas sobre su caracterización.

VI. CONCLUSIONES

Se puede concluir que los resultados de esta revisión de alcance muestran que aproximadamente la mitad de los autores coinciden en que la radiografía de sustracción de energía dual ofrece una mayor precisión diagnóstica en la detección de nódulos pulmonares, sustentada en medidas como sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo, valor predictivo negativo y área bajo la curva (AUC). Sin embargo, no se evidencia una preponderancia clara de la radiografía de sustracción de energía dual frente a la radiografía digital en términos de precisión diagnóstica. Asimismo, es importante resaltar que no todos los estudios reportaron de manera completa las medidas de precisión diagnóstica, lo cual limitó la profundización metodológica. Finalmente, los resultados analizados no consideran la asistencia mediante inteligencia artificial, por lo que las conclusiones se restringen exclusivamente al desempeño diagnóstico de las técnicas evaluadas sin apoyo de herramientas automatizadas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tang FH, Wong T, Phyllis S, Yau M, Tam SY, Law L, et al. Recent advancements in lung cancer research: a narrative review [Internet]. 2025.[citado el 19 de diciembre del 2025]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-nodulos-pulmonares-S0716864015000656>
2. Clavero JM. Un nódulo pulmonar solitario. Rev Med Clin Condes. 2015; 26(3):302–12. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-nodulos-pulmonares-S0716864015000656>
3. Pass H, Ball D, Scagliotti G. IASLC thoracic oncology. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2019. p. 199.
4. Tarraga I, Garcia P, Beltran S, Ferreras P, Alix A, Solera J. Un nódulo pulmonar solitario. Med Integr. 2003;41(3):126–32. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-un-nodulo-pulmonar-solitario-13046283>
5. Instituto nacional de enfermedades neoplásicas. Documento técnico- Tratamiento oncológico médico del cáncer de pulmón de células no pequeñas. Resolución Jefatural N° 341-2019-J/INEN. 2019. [citado el 19 de enero del 2025]. Disponible desde: <https://www.gob.pe/institucion/inen/normas-legales/1517854-341-2019-j-inen>
6. Bae K, Yul D, Dong I, Nyeo K. Bone Suppression on Chest Radiographs for Pulmonary Nodule Detection: Comparison between a Generative Adversarial Network and Dual-Energy Subtraction. Korean Journal of Radiology [Internet]. 2022 [citado el 3 de noviembre del 2024]; 23(1):139–9. Disponible desde: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8743147/>
7. Johns HE, Cunningham JR. The physics of radiology. 4th ed. Springfield: Charles C Thomas; 1983.
8. Dobbins JT, McAdams HP. Chest radiography: digital techniques. Radiology. 2009;251(3):663–681
9. Frenkel M, Iyer S, Antar R, Akram A, Lee SM, Lichtenberger J, Shin B. Dual-Energy Subtraction Radiography (DESR): A systematic review and meta-analysis of pulmonary nodule detection. Clinical Radiology [Internet]. 2024 [citado el 1 de enero del 2025];106709–9. Disponible desde: [https://www.clinicalradiologyonline.net/article/S0009-9260\(24\)00557-9/abstract](https://www.clinicalradiologyonline.net/article/S0009-9260(24)00557-9/abstract)
10. Voulodimos A, Doulamis N, Doulamis A, Protopapadakis E. Deep Learning for Computer Vision: a Brief Review. Computational Intelligence and Neuroscience. 2018 Feb 1; 2018(1):1-13. Disponible desde: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/389/3893118002/>

11. MacMahon H, et al. Dual-energy digital radiography of the chest. *AJR Am J Roentgenol.* 2009;193(1):50–60.
12. Mueller J, Martini K, Eberhard M, Mueller M, De Silvestro A, Breiding P, Frauenfelder T. Diagnostic Performance of Dual-Energy Subtraction Radiography for the Detection of Pulmonary Emphysema: An Intra-Individual Comparison. *Diagnostics* [Internet]. 2021 [citado el 3 de noviembre del 2024]; 11(10):18-49. Disponible desde: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7824718/>
13. Kido S, Ikezoe J, Naito H, Arisawa J, Tamura S, Kozuka T, et al. Clinical evaluation of pulmonary nodules with single-exposure dual-energy subtraction chest radiography with an iterative noise- reduction algorithm. *Radiology.* 1995; 194(2):407-412. Disponible desde: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7824718/>
14. Mettler FA, Huda W, Yoshizumi T, Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine. *Radiology.* 2008; 248(1):254–263. Disponible desde: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1856177/>
15. Kuhlman JE, Collins J, Brooks GN, Yandow DR, Broderick LS. Dual-Energy Subtraction Chest Radiography: What to Look for beyond Calcified Nodules. *RadioGraphics* [Internet]. 2006 [citado el 13 de enero del 2026]; 26(1):79–92. Disponible desde: <https://doi.org/10.1148/rg.261055034>
16. Wu J, et al. Observer performance in dual-energy chest radiography. *Eur Radiol.* 2010; 20(1):115–123.
17. Dobbins JT. New developments in chest radiography. *Radiol Clin North Am.* 2010; 48(1):1–11.
18. Dobbins JT, McAdams HP, Godfrey DJ, Li CM. Digital tomosynthesis of the chest. *Radiology.* [Internet]. 2003 [citado el 13 de enero del 2026]; 228(3):903–909. Disponible desde: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18520565/>
19. Pepe MS. *The statistical evaluation of medical tests for classification and prediction.* Oxford: Oxford University Press; 2003.
20. Wu J, Chen W, Zeng F, Ma L, Xu W, Yang W, et al. Improved detection of solitary pulmonary nodules on radiographs compared with deep bone suppression imaging. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery* [Internet]. 2021. [citado el 16 de enero del 2025];11(10):4342–53. Disponible desde: <https://qims.amegroups.org/article/view/73286/html>
21. Dobbins JT, McAdams HP, Sabol JM, Chakraborty DP, Kazerooni EA, Reddy GP, et al. Multi-Institutional Evaluation of Digital Tomosynthesis, Dual-Energy Radiography, and Conventional Chest Radiography for the Detection and Management of Pulmonary

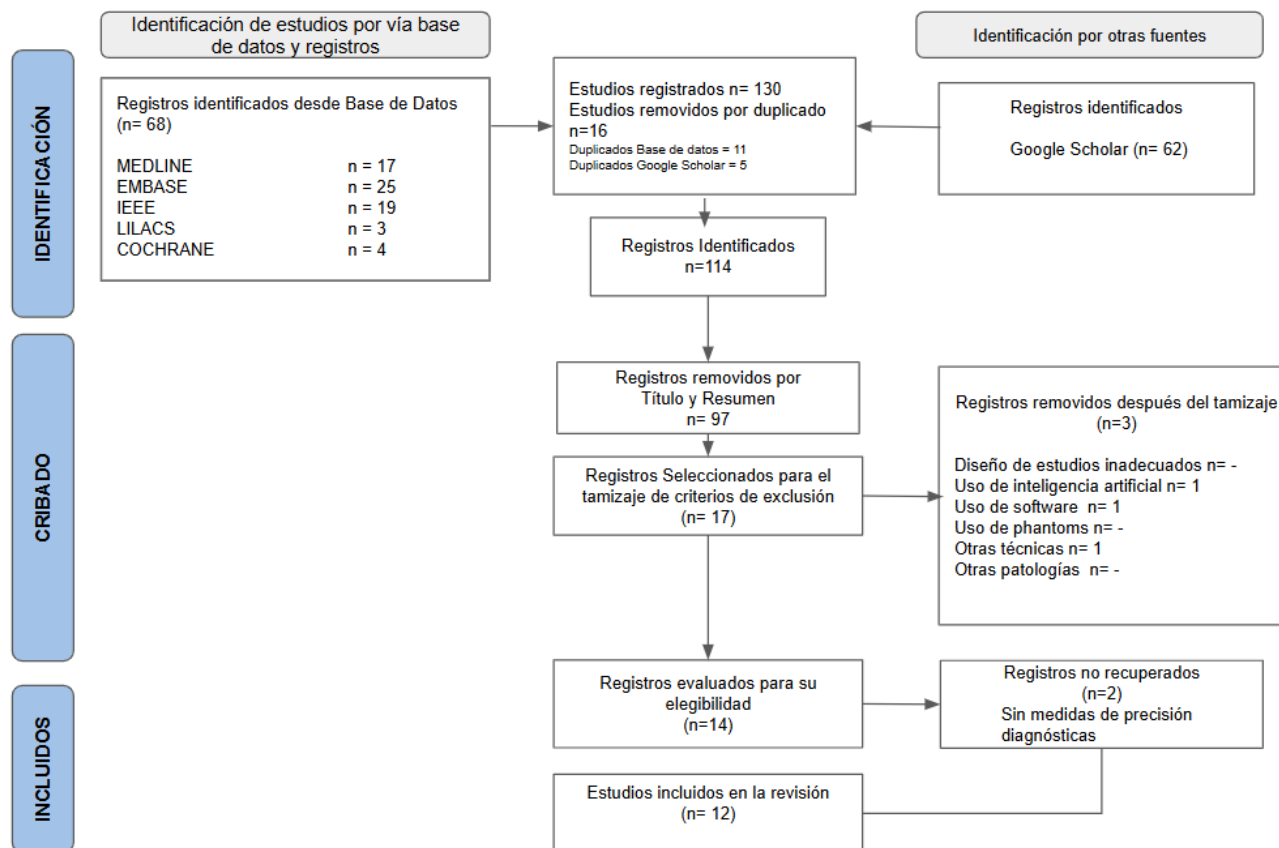
- Nodules. *Radiology* [Internet]. 2016 [citado el 16 de enero del 2025];282(1):236–50. Disponible desde: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5207128/>
22. Manji F, Wang J, Norman G, Wang Z, Koff D. Comparison of dual energy subtraction chest radiography and traditional chest X-rays in the detection of pulmonary nodules. *PubMed* [Internet]. 2016 [citado el 16 de enero del 2025];6(1):1–5. Disponible desde: <https://qims.amegroups.org/article/view/8235/9864>
 23. Sharma M, Sandhu MS, Ujjwal Gorski, Gupta D, Khandelwal N. Role of digital tomosynthesis and dual energy subtraction digital radiography in detection of parenchymal lesions in active pulmonary tuberculosis. *European Journal of Radiology* [Internet]. 2015 [citado el 16 de enero del 2025];84(9):1820–7. Disponible desde: [https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X\(15\)30003-6/abstract](https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X(15)30003-6/abstract)
 24. Rühl R, Wozniak MM, Werk M, Laurent F, Mager G, Montaudon M, et al. CsI-detector-based dual-exposure dual energy in chest radiography for lung nodule detection: results of an international multicenter trial. *European Radiology* [Internet]. 2008 [citado el 16 de enero del 2025];18(9):1831–9. Disponible desde: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00330-008-0945-6>
 25. Ricke J, Fischbach F, Freund T, Ulf Teichgräber, Hänninen EL, Rainer Röttgen, et al. Clinical results of CsI-detector-based dual-exposure dual energy in chest radiography. *European Radiology* [Internet]. 2003 [citado el 28 de enero del 2025];13(12):2577–82. Disponible desde: <https://link-springer-com.upch.lookproxy.com/article/10.1007/s00330-003-1913-9>
 26. Kumar SG, Garg MK, Khandelwal N, Gupta P, Gupta D, Aggarwal AN, et al. Role of digital tomosynthesis and dual energy subtraction digital radiography in detecting pulmonary nodules. *European Journal of Radiology* [Internet]. 2015 [citado el 28 de enero del 2025];84(7):1383–91. Disponible desde: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25892052/>
 27. Szucs-Farkas Z., Patak MA, Yuksel-Hatz S., Ruder T, Vock P. Single-exposure dual-energy subtraction chest radiography: Detection of pulmonary nodules and masses in clinical practice. *European Radiology* [Internet]. 2007 [citado el 16 de enero del 2025];18(1):24–31. Disponible desde: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17899105/>
 28. Li F, Engelmann R, Pesce LL, Doi K, Metz CE, MacMahon H. Small Lung Cancers: Improved Detection by Use of Bone Suppression Imaging—Comparison with Dual-Energy Subtraction Chest Radiography. *Radiological Society of North America* [Internet]. 2011 [citado 12 de febrero del 2025] Sep 23;261(3):937–49. Disponible desde: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiol.11110192>
 29. Song I, Yi JG, Park JH, Lee KS, Chung MJ. Color radiography in lung nodule detection and characterization: comparison with conventional gray scale radiography. *BMC*

Medical Imaging [Internet]. 2016 [citado el 16 de enero del 2025];16(1). Disponible desde: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4994314/>

30. Hwang HS, Chung MJ, Kim SM, Lee J, Han H. A comparison between dual-exposure dual-energy radiography and standard chest radiography for the diagnosis of small pulmonary nodules [Internet]. 2008 [citado el 16 de enero del 2025]; 59(6):385-393. Disponible desde <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/es/wpr-185223>
31. Li F, Engelmann R, Doi K, MacMahon H. Improved Detection of Small Lung Cancers with Dual-Energy Subtraction Chest Radiography. American Journal of Roentgenology [Internet]. 2008 [citado el 16 de enero del 2025]; 190(4):886–91. Disponible desde: <https://ajronline.org/doi/full/10.2214/AJR.07.2875>
32. Uemura M., Miyagawa M., Yasuhara Y., Murakami T., Ikura H., Sakamoto K., et al. Clinical evaluation of pulmonary nodules with dual-exposure dual-energy subtraction chest radiography. Europe PMC [Internet]. Europepmc.org. 2016 [citado el 12 de febrero del 2025]; 23(6):391-397. Disponible desde: <https://europepmc.org/article/med/1638>
33. Van Der Heyden B. The potential application of dual-energy subtraction radiography for COVID-19 pneumonia imaging. British Journal of Radiology [Internet]. 2021 [citado el 12 de febrero del 2025];94(1120). Disponible desde: <https://academic.oup.com/bjr/article/94/1120/20201384/7452504>

VIII. TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS

FIGURA I. Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios según la guía PRISMA-ScR.



Tricco, AC et al. Extensión PRISMA para revisiones de alcance (PRISMA-ScR): lista de verificación y explicación. Ann Intern Med. 2018;169(7):467-473. Doi: 10.7326/M18-0850

Tabla 1. TABLA CON LOS RESULTADOS EXTRAÍDOS

	Título de Publicación	Autor	Año de publicación	País	Idioma	Diseño de estudio	Objetivo/propósito	Población de estudio	Tamaño de muestra	# de Pacientes detectados con nódulos pulmonares	# de Nódulos Pulmonares Detectados	Energía Utilizada	Resultados	Conclusiones Relevantes
1	Improved detection of solitary pulmonary nodules on radiographs compared with deep bone suppression imaging	Wu J, Chen W, Zeng F, Ma L, Xu W, Yang W, et al.	2021	China	Inglés	Observacional analítico retrospectivo transversal	Evaluar si la técnica de deep bone suppression imaging mejora la detección de nódulos pulmonares solitarios en radiografías de tórax en comparación con la radiografía digital, la sustracción dual de energía y la tomosíntesis digital.	3000	256 pacientes 123 pacientes con nódulo pulmonar solitario (54 mujeres y 79 hombres) (edad promedio: 42,4 años, rango: 18-70 años)	123	123	60 Kvp 120 Kvp	6 Observadores 3 Residentes DR Sensibilidad:50.9% Especificidad:83.4% VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: 0.7 DESR Sensibilidad:60.9% Especificidad:88.4% VPP: No menciona	La BSI profunda puede reducir la carga financiera y la dosis de radiación de los pacientes, especialmente en países en desarrollo, zonas sin DES ni DTS, e incluso en zonas donde es difícil realizar TC.

								<p>133 pacientes presentaron hallazgos normales</p> <p>(Edad promedio: 52,1 años, rango: 18- 79 años), 40 mujeres y 83 hombres.</p>				<p>VPN: No menciona AUC: 0.77</p> <p>3 Radiólogos</p> <p>DR</p> <p>Sensibilidad:55.8% Especificidad:83.9%</p> <p>VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: 0.73</p> <p>DESR</p> <p>Sensibilidad:79.4% Especificidad:91.7%</p> <p>VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: 0.88</p> <p>Todos los observadores dieron como promedio en DR</p> <p>Sensibilidad:53.8% Especificidad:83.7%</p> <p>VPP: No menciona VPN: No menciona</p>	
--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--

													<p>AUC: 0.71</p> <p>Todos los observadores dieron como promedio en DESR</p> <p>Sensibilidad:70%</p> <p>Especificidad:90.1%</p> <p>VPP: No menciona</p> <p>VPN: No menciona</p> <p>AUC: 0.83</p>	
2	Multi-Institutional Evaluation of Digital Tomosynthesis, Dual-Energy Radiography, and Conventional Chest Radiography for the Detection and Management of Pulmonary Nodules	Dobbins JT III, McAdams HP, Sabol JM, Chakraborty DP, Kazerooni EA, Reddy GP, et al.	2016	Suecia	Inglés	Observación analítica prospectivo transversal	Comparar, en un estudio multiinstitucional, la precisión diagnóstica de la tomosíntesis digital, la imagenología de energía dual y la radiografía de tórax en la detección y el manejo de nódulos pulmonares	187	158 sujetos 115 pacientes presentaron uno o más nódulos pulmonares 43 con hallazgos normales	115	516	60 Kvp 120 Kvp	<p>5 lectores (Radiólogos)</p> <p>Para DR</p> <p>Sensibilidad:40.7%</p> <p>Especificidad:75%</p> <p>VPP: No menciona</p> <p>VPN: No menciona</p> <p>AUC: 0.58</p> <p>Para DESR</p> <p>Sensibilidad:50.5%</p> <p>Especificidad:69.4%</p>	Las imágenes de DESR no mostraron diferencias significativas con respecto a la radiografía de tórax

													VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: 0.6	
3	Comparison of dual energy subtraction chest radiography and traditional chest X-rays in the detection of pulmonary nodules	Manji F, Wang J, Norman G, Wang Z, Koff D.	2016	Canadá	Inglés	Observacional analítico retrospectivo transversal	Evaluar los beneficios clínicos de la radiografía DESR comparando su rapidez y precisión diagnóstica frente a la radiografía de tórax digital en la detección de nódulos pulmonares.	NR	51 pacientes 34 pacientes con nódulos 17 con hallazgos normales	34	36	No menciona	10 Observadores (5 residentes y 5 doctores) Para doctores DR Sensibilidad:59% Especificidad:82% VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: No menciona Para doctores DESR Sensibilidad:71% Especificidad:83% VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: No menciona Para residentes DR	La DESR ofrece ventajas clínicas relevantes frente a la radiografía digital, al lograr una reducción significativa en los tiempos de lectura ($p < 0.0001$) sin comprometer la precisión diagnóstica.

													Sensibilidad:57% Especificidad:87% VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: No menciona Para residentes DESR Sensibilidad:64% Especificidad:88% VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: No menciona	
4	Color radiography in lung nodule detection and characterization: comparison with conventional gray scale radiography	Song I, Yi JG, Park JH, Lee KS, Chung MJ.	2016	Corea del Sur	Inglés	Observacional analítico retrospectivo transversal	Comparar la capacidad de detección y caracterización de nódulos pulmonares entre la DESR y la radiografía de tórax digital	272	65 pacientes 51 pacientes con nódulos pulmonares 14 pacientes presentaron hallazgos normales	51	66	60 Kvp 120 Kvp	3 Observadores Para lector 1 DR Sensibilidad: No menciona Especificidad: No menciona VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: 0.94 Para lector 1	La DESR mostró un rendimiento similar en la detección de nódulos pulmonares en comparación con la GSR (P<0.94) Sin embargo, ofrece una ventaja significativa en la caracterización

													<p>GSR</p> <p>Sensibilidad: No menciona</p> <p>Especificidad: No menciona</p> <p>VPP: No menciona</p> <p>VPN: No menciona</p> <p>AUC: 0.87</p> <p>Para lector 2</p> <p>DR</p> <p>Sensibilidad: No menciona</p> <p>Especificidad: No menciona</p> <p>VPP: No menciona</p> <p>VPN: No menciona</p> <p>AUC: 0.95</p> <p>Para lector 2</p> <p>GSR</p> <p>Sensibilidad: No menciona</p> <p>Especificidad: No menciona</p> <p>VPP: No menciona</p>	de la presencia de calcificación en los nódulos.
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

												<p>menciona</p> <p>Especificidad: No menciona</p> <p>VPP: No menciona</p> <p>VPN: No menciona</p> <p>AUC: 0.94</p> <p>Promedio de todos los observadores para GSR</p> <p>Sensibilidad :No menciona</p> <p>Especificidad: No menciona</p> <p>VPP: No menciona</p> <p>VPN: No menciona</p> <p>AUC: 0.82</p>		
5	Role of digital tomosynthesis and dual energy subtraction digital radiography in detection of parenchyma	Sharma M, Sandhu MS, Gorsu U, Gupta D, Khandelwal N.	2013	India	Inglés	Observacional analítico prospectivo transversal	Evaluar el papel de la tomosíntesis digital (DTS) y la radiografía digital por sustracción de energía dual (DESR) en la detección de lesiones parenquimatosas en la tuberculosis	70	62 pacientes. 61 pacientes con TBC activa (consolidación, cavitación y nódulos)	61	NR	60 Kvp 120 Kvp	<p>Radiólogo 1</p> <p>DR</p> <p>Sensibilidad: 82%, Especificidad: 100%</p> <p>VPP: 100%</p> <p>VPN: 100%</p> <p>AUC: No menciona</p>	La DTS y la DESR tienen un mejor rendimiento que la DR en la detección de lesiones en la tuberculosis pulmonar.

	1 lesions in active pulmonary tuberculosis						pulmonar activa y compararlas con la radiografía digital (DR).		1 paciente con hallazgos normales				<p>DESR</p> <p>Sensibilidad: 90.2%, Especificidad:100%</p> <p>VPP: 100%</p> <p>VPN: 14.3%</p> <p>AUC: No menciona</p> <p>Radiólogo 2</p> <p>DR</p> <p>Sensibilidad: 73.8%, Especificidad:100%</p> <p>VPP: 100%</p> <p>VPN: 5.9%</p> <p>AUC: No menciona</p> <p>DESR</p> <p>Sensibilidad:85.2%</p> <p>Especificidad:100%</p> <p>VPP:100%</p> <p>VPN :10%</p> <p>AUC: No menciona</p>	
6	CsI-detector-based dual-exposure dual energy in chest	Rühl R, Wozniak MM, Werk M, Laurent	2008	Alemania	Inglés	observacional analítico	Determinar la utilidad de las imágenes de energía dual en combinación con la radiografía de	NR	100 pacientes 74 pacientes con	74	149	60 Kvp 120 Kvp	<p>5 lectores (Radiólogos)</p> <p>DR</p> <p>Sensibilidad: 35,3%</p>	Los resultados no mostraron que la técnica de doble energía y exposición

	radiography for lung nodule detection: results of an international multicenter trial	F, Mager G, Montaudon M, et al.				prospectivo transversal	tórax digital para la detección de nódulos pulmonares y su clasificación como malignos o benignos.		nódulos pulmonares (47 hombres y 53 mujeres, con una mediana de edad de 64 años (rango de edad: 22-92 años) 26 pacientes con hallazgos normales				<p>Especificidad: 82,8%</p> <p>VPP: 58,9%</p> <p>VPN: 64,8%</p> <p>AUC: 0.60</p> <p>DESR</p> <p>Sensibilidad: 43,1%, Especificidad: 55,2%</p> <p>VPP: 58,1%</p> <p>VPN: 66,5%</p> <p>AUC: 0.63</p>	dual basada en detectores de panel plano de CsI agregados a la radiografía de tórax digital estándar mejora la detección de nódulos pulmonares
7	Clinical results of CsI-detector-based dual-exposure dual energy in chest radiography	Ricke J, Fischbach F, Freund T, Teichgräber U, Lopez Hänninen E, Röttgen R, et al.	2003	Alemania	Inglés	Observacional analítico prospectivo transversal	Comparar la sensibilidad y la especificidad de la radiografía digital de tórax sola con la radiografía digital de tórax combinada con radiografía de tórax de energía dual para la detección de nódulos pulmonares pequeños no calcificados	NR	100 pacientes 20 pacientes con nódulos pulmonares (59 nódulos pulmonares no calcifi	20	59	60 Kvp 120 Kvp	<p>4 Lectores (Radiólogos)</p> <p>Para todos los observadores</p> <p>DR:</p> <p>Sensibilidad: 33%</p> <p>Especificidad: 81%</p> <p>VPP: 83%</p> <p>VPN: 30%</p> <p>AUC: No menciona</p> <p>DESR</p>	La energía dual añadida a la radiografía de tórax estándar mejora significativamente la sensibilidad, la especificidad y la confianza en la detección de nódulos pulmonares pequeños no calcificados.

									cados ≤ 2,5 cm en las imágenes de TC)				Sensibilidad: 42% Especificidad: 85% VPP: 88% VPN: 34% AUC: No menciona	
8	Role of digital tomosynthesis and dual energy subtraction digital radiography in detecting pulmonary nodules	Kumar SG, Garg MK, Khandelwal N, Gupta P, Gupta D, Aggarwal AN, et al	2015	India	Inglés	Observacional analítico prospectivo transversal	Compara el rendimiento diagnóstico de la TD, la DES-DR y la DR en la detección de nódulos pulmonares.	NR	55 Pacientes Rango de edad (19-80 años) 30 pacientes con nódulo pulmonar 25 pacientes sin nódulo pulmonar Media edad de	30	110	60 Kvp 120 Kvp	2 lectores (Radiólogos) Observador 1 DESR Sensibilidad: 27,27% Especificidad: 84,78% VPP: 81,08% VPN: 32,77% AUC: 0.55 DR Sensibilidad: 24,54% Especificidad: 65,22% VPP: 62,79% VPN: 26,55% AUC: 0.54	No hay diferencias estadísticamente significativas en la detección de calcificación entre ambas técnicas

									los pacientes: 45,56 años				Observador 2 DESR Sensibilidad:28.1 % Especificidad:80.4 % VPP: 79.4 % VPN: 29.46 % AUC: 0.52 DR Sensibilidad: 26,36% Especificidad: 70,73% VPP: 70,73% VPN: 26,36% AUC: 0.51	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------------------	--	--	--	---	--

9	Single- exposure dual-energy subtraction chest radiography : detection of pulmonary nodules and masses in clinical practice	Szucs- Farkas Z, Patak MA, Yuksel- Hatz S, Ruder T, Vock P.	2008	Suiza	Inglés	observac ional analítico retrospe ctivo transvers al	Evaluar el impacto de la radiografía de tórax con sustracción de energía en la detección de nódulos y masas pulmonares.	105 pacient es	102 pacientes 77 pacientes con nódulo pulmonar (52 hombres , 25 mujeres; edad media 63. 2 años , rango de edad 35– 91 años) 25 pacientes con hallazgos normales (Edad media: 61,8 años, rango de edad 28- 89 años)	77	200	125 Kvp	5 Lectores (Radiólogos) Observador 1 para ES Sensibilidad:53.0% Especificidad: 39.6% VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: 0.53 Observador 1 para DR Sensibilidad: 52.5% Especificidad: 48.8% VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: 0.55 Observador 2 para ES Sensibilidad:58.5% Especificidad: 39.6% VPP: No menciona	La radiografía de tórax digital con sustracción de energía de exposición única mejora la detección de la mayoría de los nódulos y masas pulmonares, especialmente para lesiones de mayor tamaño, y aumenta la confianza diagnóstica de los observadores.
---	---	---	------	-------	--------	--	--	----------------------	---	----	-----	---------	--	--

10	Improved Detection of Small Lung Cancers with Dual-Energy Subtraction Chest Radiography	Li F, Engelman R, Doi K, MacMahon H.	2012	Estados Unidos	Inglés	observacional analítico retrospectivo transversal	Evaluar retrospectivamente si el uso de radiografías de tórax con sustracción de energía dual puede mejorar el rendimiento de los radiólogos en la detección de cánceres de pulmón pequeños	314 pacientes	35 pacientes 19 pacientes con nódulos (cáncer) Edad media de 69 años (rango, 58-87 años) 16 pacientes con hallazgos normales	19 pacientes	17 carcinomas de células no pequeñas 2 carcinomas de células pequeñas	110 Kvp	6 Lectores (Radiólogos) DESR Sensibilidad: 59% Especificidad: No menciona VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: 0.81 DR Sensibilidad: 40% Especificidad: No menciona VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: 0.71	En la radiografía de tórax con sustracción de energía dual puede mejorar sustancialmente la capacidad de los radiólogos para detectar cánceres de pulmón pequeños, y creemos que las imágenes de sustracción de energía dual deben visualizarse de forma rutinaria, en lugar de selectiva, para obtener el máximo beneficio.
----	---	--------------------------------------	------	----------------	--------	---	---	---------------	---	--------------	--	---------	---	--

11	A Comparison between Dual-Exposure Dual-Energy Radiography and Standard Chest Radiography for the Diagnosis of Small Pulmonary Nodules	Hwang H, Chung M, Lee J, Han H, Kim S	2008	Corea del Sur	Inglés	observación analítica o retrospectivo transversal	Evaluar la utilidad de la radiografía de doble energía y exposición dual frente a la radiografía de tórax estándar en la discriminación de nódulos pulmonares y la presencia de calcificación de nódulos	NR	29 pacientes con nódulos pulmonares (rango de edad: 45-67)	29 pacientes	43 nódulos periféricos 28 pseudolesiones	2 lectores (Radiólogos) Radiólogo 1 DESR Sensibilidad: No menciona Especificidad: No menciona VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: 0.79 DR Sensibilidad: No menciona Especificidad: No menciona VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: 0.71	La radiografía de doble energía y exposición dual utilizada junto con la radiografía de tórax estándar no proporciona ningún beneficio adicional para la detección y discriminación de nódulos pulmonares pequeño
----	--	---------------------------------------	------	---------------	--------	---	--	----	--	--------------	---	--	---

12	Small Lung Cancers: Improved Detection by Use of Bone Suppression Imaging— Comparison with Dual-Energy Subtraction Chest Radiography	Li F, Engelman R, Pesce LL, Doi K, Metz CE, MacMahon H	2011	Estados Unidos	Inglés	observación analítica o retrospectivo transversal	Determinar si la incorporación de imágenes de supresión ósea (BS) Junto con una radiografía digital, mejora la capacidad de los radiólogos para identificar pequeños tumores pulmonares en comparación con el uso de radiografías de tórax estándar	100 pacientes	80 pacientes con y sin nódulos pulmonares 20 pacientes adicionales con imágenes motivadoras	50 pacientes (26 con cáncer, 13 sin cáncer y 11 casos motivadoras)	30 cánceres	110 Kvp	10 Lectores Grupo 1 Observador 1 para DESR Sensibilidad: No menciona Especificidad: No menciona VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: 0.94 Observador 1 para DR Sensibilidad: No menciona Especificidad: No menciona VPP: No menciona VPN: No menciona AUC: 0.87	En resumen, los resultados de este estudio de observados sugieren que, si bien la radiografía DES proporciona la mayor precisión, el uso del software de BS en combinación con una radiografía estándar puede mejorar significativamente la detección de cánceres nodulares pequeños en
----	--	--	------	----------------	--------	---	---	---------------	--	--	-------------	---------	--	---

													<p>Observador 2 para DESR</p> <p>Sensibilidad: No menciona</p> <p>Especificidad: No menciona</p> <p>VPP: No menciona</p> <p>VPN: No menciona</p> <p>AUC: 0.95</p> <p>Observador 2 para DR</p> <p>Sensibilidad: No menciona</p> <p>Especificidad: No menciona</p> <p>VPP: No menciona</p> <p>VPN: No menciona</p> <p>AUC: 0.84</p>	<p>comparación con el uso de radiografías estándar solas.</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---

													<p>Observador 6 para DESR</p> <p>Sensibilidad: No menciona</p> <p>Especificidad: No menciona</p> <p>VPP: No menciona</p> <p>VPN: No menciona</p> <p>AUC: 0.93</p> <p>Observador 6 para DR</p> <p>Sensibilidad: No menciona</p> <p>Especificidad: No menciona</p> <p>VPP: No menciona</p> <p>VPN: No menciona</p> <p>AUC: 0.85</p>	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--

Tabla 2. Resultados de precisión diagnóstica por discriminación básica (Sensibilidad, Especificidad) en radiografía de sustracción de energía dual y radiografía digital.

Autor/ Año	N° obs.		Nivel	Modalidad	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)
Wu J, 2021	6	3	Residentes	DESR	60.9%	88.4%
				DR	50.9%	83.4%
	3	Radiólogos	DESR	79.4%	91.7%	
			DR	55.8%	83.9%	
Dobbins JT III , 2016	5	5	Radiólogos	DESR	50.5%	69.4%
				DR	40.7%	75%

Manji F, 2016	10	5	Residentes	DESR	64%	88%
				DR	57%	87%
		5	Radiólogos	DESR	71%	83%
				DR	59%	82%
Sharma M, 2013	2	1	Radiólogo	DESR	90.2%	100%
				DR	82%	100%
		1	Radiólogo	DESR	85.2%	100%
				DR	73.8%	100%
Rühl R, 2008	5	Radiólogos	DESR	43.1%	55.2%	
			DR	35.3%	82.8%	
				DESR	42%	85%

Ricke J, 2003	4		Radiólogos	DR	33%	81%
Kumar, 2015	2	Radiólogo 1	DESR		27.2%	84.7%
			DR		24.5%	65.2%
		Radiólogo 2	DESR		28.1%	80.4%
			DR		26.3%	70.7%
Szucs-Farkas Z, 2008	5	1	Radiólogo 1	DESR	53%	39.6%
				DR	52.5%	48.8%
		1	Radiólogo 2	DESR	58.5%	39.6%
				DR	51.5%	48.8%
		1	Radiólogo 3	DESR	47.5%	25.7%
				DR	42.0%	33.3%
		1	Radiólogo 4	DESR	46.5%	66.7%

				DR	43.5%	63.9%
		1	Radiólogo 5	DESR	43.5%	52.5%
				DR	33.3%	50.0%
Li F, 2012	6	6	Radiólogos	DESR	59%	NR
				DR	40%	NR

Autor/ Año	N° obs.		Nivel	Modalidad	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)
Wu J, 2021	6	3	Residentes	DESR	60.9%	88.4%
				DR	50.9%	83.4%
		3	Radiólogos	DESR	79.4%	91.7%
				DR	55.8%	83.9%
Dobbins JT III , 2016	5	5	Radiólogos	DESR	50.5%	69.4%
				DR	40.7%	75%
Manji F, 2016	10	5	Residentes	DESR	64%	88%
				DR	57%	87%
		5	Radiólogos	DESR	71%	83%
				DR	59%	82%
Sharma M, 2013	2	1	Radiólogo	DESR	90.2%	100%
				DR	82%	100%
		1	Radiólogo	DESR	85.2%	100%
				DR	73.8%	100%

Rühl R, 2008	5	Radiólogos	DESR	43.1%	55.2%
			DR	35.3%	82.8%
Ricke J, 2003	4	Radiólogos	DESR	42%	85%
			DR	33%	81%
Kumar, 2015	2	Radiologo 1	DESR	27.2%	84.7%
			DR	24.5%	65.2%
		Radiologo 2	DESR	28.1%	80.4%
			DR	26.3%	70.7%
Szucs-Farkas Z, 2008	5	Radiologo 1	DESR	53%	39.6%
			DR	52.5%	48.8%
		Radiologo 2	DESR	58.5%	39.6%
			DR	51.5%	48.8%
		Radiólogo 3	DESR	47.5%	25.7%
			DR	42.0%	33.3%
		Radiólogo 4	DESR	46.5%	66.7%
			DR	43.5%	63.9%
Radiólogo 5	DESR	43.5%	52.5%		

				DR	33.3%	50.0%
Li F, 2012	6	6	Radiólogos	DESR	59%	NR
				DR	40%	NR

Tabla 3 Resultados de precisión diagnóstica por sus valores predictivos (VPP y VPN) en radiografía de sustracción de energía dual y radiografía digital.

Autor/ Año	N° obs.		Nivel	Modalidad	VPP	VPN
Sharma J, 2013	2	1	Radiólogos	DESR	100%	14.3%
				DR	100%	100%
	1	Radiólogo	DESR	100%	10%	
			DR	100%	5.9%	
Rühl R, 2008	5	5	Radiólogos	DESR	58.1%	66.5%
				DR	58.9%	64.8%
Ricke J, 2003	4	4	Radiólogos	DESR	88%	34%
				DR	83%	30%

Kumar SG,2015	2	1	Radiólogo	DESR	81.08%	32.77%
				DR	62.79%	26.55%
	1	Radiólogo	DESR	79.4%	29.46%	
			DR	70.73%	26.36%	

Tabla 4 Resultados de precisión diagnóstica por su rendimiento global (AUC) en radiografía de sustracción de energía dual

Autor/ Año	N° obs.		Nivel	Modalidad	AUC
Wu J, 2021	6	3	Residentes	DESR	0.77
				DR	0.70
	3	Radiólogos	DESR	0.88	
			DR	0.73	
Dobbins JT III, 2016	5	5	Radiólogos	DESR	0.6
				DR	0.58

Song I, 2016	3	1	Radiólogos	DESR	0.87
				DR	0.94
		1	Radiólogos	DESR	0.73
				DR	0.95
		1	Radiólogos	DESR	0.87
				DR	0.92
Rühl R, 2008	5	5	Radiólogo	DESR	0.63
				DR	0.60
Kumar SG,2015	2	1	Radiólogo	DESR	0.55
				DR	0.54
		1	Radiólogo	DESR	0.52
				DR	0.51
	5	1		DESR	0.53

Szucs-Farkas Z, 2008			Radiólogo 1	DR	0.55		
		1	Radiólogo 2	DESR	0.62		
				DR	0.59		
		1	Radiólogo 3	DESR	0.47		
				DR	0.44		
		1	Radiólogo 4	DESR	0.56		
				DR	0.50		
		1	Radiólogo 5	DESR	0.55		
				DR	0.49		
		Li F, 2012	1	1	Radiólogos	DESR	0.81
						DR	0.71
		Hwang H, 2008	2	1	Radiólogos	DESR	0.79
DR	0.71						

		1	Radiólogos	DESR	0.69
				DR	0.66
Li F, 2011	10	5	Radiólogo 1	DESR	0.94
				DR	0.87
		Radiólogo 2	DESR	0.95	
			DR	0.84	
		Radiólogo 3	DESR	0.94	
			DR	0.83	
		Radiólogo 4	DESR	0.77	
			DR	0.69	
		Radiólogo 5	DESR	0.92	
			DR	0.74	
		5		DESR	0.93

			Radiólogo 6	DR	0.85
			Radiólogo 7	DESR	0.92
				DR	0.90
			Radiólogo 8	DESR	0.94
				DR	0.86
			Radiólogo 9	DESR	0.92
				DR	0.79
			Radiólogo 10	DESR	0.86
				DR	0.76

ANEXOS

Anexo 1: Definición Operacional de las Variables

	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Tipo Y Escala De Medición
EXPOSICIÓN	Radiografía de sustracción de energía dual	Técnica de imagen que, mediante por la atenuación de los fotones de menor energía permite obtener dos imágenes con supresión de hueso y partes blandas. (9)	Técnica basada en la filtración diferencial para una mejor precisión diagnóstica en patologías pulmonares (nódulos pulmonares)	Con hallazgo de nódulo pulmonar Sin hallazgo de nódulo pulmonar	Tipo: Cualitativo Escala: Nominal
	Radiografía Digital	Técnica diagnóstica por imagen que convierte la radiación en imágenes digitales a través de detectores. (10)	Método diagnóstico en 2D con el cual se puede observar el parénquima pulmonar y la	Con hallazgo de nódulo pulmonar Sin hallazgo de nódulo pulmonar	Tipo: Cualitativo Escala: nominal

			parte ósea.		
RESULTADOS	Sensibilidad	Mide la probabilidad de que el resultado de la prueba sea positivo si realmente tiene la enfermedad. (11)	Proporción de verdaderos positivos detectados en pacientes con nódulos pulmonares detectados mediante el número de casos positivos confirmados en comparación con la prueba estándar. (11)	1-100%	Tipo: Cuantitativo Escala: Continuo
	Especificidad	Mide la probabilidad de que los resultados de una prueba sean	Proporción de verdaderos negativos	1-100%	Tipo: Cuantitativo Escala: Continua

		negativos si realmente son negativos.	obtenidos en pacientes sin nódulos pulmonares en comparación con la prueba estándar. (11)		
	Valor predictivo positivo	Medida estadística que indica la probabilidad de que una persona tenga la enfermedad si la prueba da positivo (11)	Proporción de verdaderos positivos entre todos los casos positivos identificados por la prueba de imágenes radiográficas de energía dual (11)	CP+= sensibilidad/1-especificidad	Tipo: Cuantitativo Escala: Continua
	Valor predictivo negativo	Medida estadística que indica la probabilidad de que	Proporción de verdaderos negativos entre	CP-= 1-sensibilidad/especificidad.	Tipo: Cuantitativo Escala: Continua

		una persona no tenga la enfermedad si la prueba da negativo (11)	todos los casos negativos identificados por la prueba de imágenes radiográficas de energía dual (11)		
	Área bajo la curva	Concepto matemático y estadístico que representa la integral de una función en un intervalo dado (11).	Valor numérico que se obtiene al calcular el área bajo la curva ROC generada a partir de la sensibilidad y la especificidad en diferentes umbrales. (11)	Curva ROC	Tipo: Cuantitativo Escala: Continua
COVARIA BLES	Edad	Número de aniversarios del	Número asociado al	≥ 18 años	Tipo: Cuantitativo Escala: De razón

		nacimiento transcurridos en la fecha de referencia, es decir, a la edad en el último cumpleaños. (13)	tiempo desde que nació hasta la actualidad del paciente		
	Sexo	Referencia a las características biológicas y fisiológicas que definen a hombres y mujeres, mientras que el "género" se refiere a los roles, conductas, actividades y atributos construidos.(12)	Identificación del paciente al marcar como F o M en la ficha de datos.	masculino femenino	Tipo: Cualitativo Escala: Nominal

Anexo 2. Algoritmos de Búsqueda

BASE DE DATOS	ALGORITMO DE BUSQUEDA
EMBASE (OVID)	("Lung nodule.mp. or lung nodule/") AND ("thorax radiography.mp. or thorax radiography/ ") AND ("specificity.mp. or "sensitivity and specificity"/") AND (" sensibility.mp. or "sensitivity and sensibility"/ ")
PUBMED	((((("Solitary Pulmonary Nodule"[Mesh] OR Nodules, Solitary Pulmonary" OR "Pulmonary Nodule, Solitary" OR "Pulmonary Nodules, Solitary" OR "Solitary Pulmonary Nodules" OR "Nodule, Solitary Pulmonary" OR "Solitary Lung Nodule" OR "Lung Nodule, Solitary" OR "Nodule, Solitary Lung" OR "Solitary Lung Nodules" OR "Pulmonary Coin Lesion" OR "Lesion, Pulmonary Coin" OR "Coin Lesion, Pulmonary" OR "Coin Lesions, Pulmonary" OR "Pulmonary Coin Lesions) AND ("Radiography, Dual-Energy Scanned Projection"[Mesh] OR Digital Scan Projection Radiography, Dual Energy" OR "Digital Scanned Projection Radiography, Dual Energy" OR "Digital Scanned Projection Radiography, Dual-Energy" OR "Digital Scan Projection Radiography, Dual-Energy" OR "Dual Energy Scanned Projection Radiography" OR "Radiography, Dual Energy Scanned Projection" OR "Dual-Energy Scanned Projection Radiography)) AND ("Radiography, Thoracic"[Mesh] OR Thoracic Radiography" OR "Radiographies, Thoracic" OR "Thoracic Radiographies)) AND ("Sensitivity and Specificity"[Mesh] OR Specificity and Sensitivity OR Sensitivity OR Specificity)) OR ("Predictive Value of Tests"[Mesh] OR Predictive Values Of Tests" OR "Predictive Value Of Test" OR "Negative Predictive Value" OR "Negative Predictive Values" OR "Predictive Value, Negative" OR "Positive Predictive Value" OR "Positive Predictive Values" OR "Predictive Value, Positive)) OR ("Area Under Curve"[Mesh] OR Area Under Curves OR Curves, Area Under OR Under Curve, Area OR Under Curves, Area OR AUC)
IEEE	("All Metadata":nodule) AND ("All Metadata":dual energy)
COCHRANE	"lung nodule" AND "radiography" AND "dual energy" AND "sensitivity" AND "specificity"
LILACS	(nodule) AND (dual energy) AND (thorax radiography)
GOOGLE SCHOLAR	"dual-energy subtraction radiography" + "pulmonary nodules" + "sensitivity" + "specificity"