Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Medicina
Escuela Profesional de Tecnología Médica

Inteligencia Artificial para la evaluación de mamografías: Revisión narrativa

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Tecnología Médica en el área de Radiología

AUTOR

Aldair Alan OCARIS RAFAEL

ASESORA

Mg. Katherine Janeth CUETO TORRES

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Ocaris A. Inteligencia Artificial para la evaluación de mamografías: Revisión narrativa [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina, Escuela Profesional de Tecnología Médica; 2026.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Aldair Alan Ocaris Rafael
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75682434
URL de ORCID	No aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Katherine Janeth Cueto Torres
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	44041562
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-5920-7477
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	José Antonio Carbonel Arribasplata
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40578987
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Isna Liz Larico Pampamallco
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40173744
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Jacobo Ezequiel Saldaña Juarez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06066929
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica

Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima Av. Carlos Germán Amézaga N°375 Latitud: -12.05678 Longitud: -77.08510
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2025
URL de disciplinas OCDE	Radiología, Medicina nuclear, Imágenes médicas https://purl.org/perepo/ocde/ford#3.02.12

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú, Decana de América

Facultad de Medicina

Escuela Profesional de Tecnología Médica

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS EN MODALIDAD PRESENCIAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO(A) EN TECNOLOGÍA MÉDICA EN EL ÁREA DE RADIOLOGÍA

Conforme a lo estipulado en el Art. 113 inciso C del Estatuto de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (R.R. No. 003396-2024-R) y Art. 45.2 de la Ley Universitaria 30220. El Jurado de Sustentación de Tesis nombrado por la Dirección de la Escuela Profesional de Tecnología Médica, conformado por los siguientes docentes:

UNMSM Firmado digitalmente por VASQUEZ ALVA Rolando FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 09.11.2026 09:30:53 -05:00

Presidente: Dr. José Antonio Carbonel Arribasplata
Miembros: Mg. Isna Liz Larico Pampamallco
Mg. Jacobo Ezequiel Saldaña Juarez
Asesor(a): Mg. Katherine Janeth Cueto Torres

Se reunieron en la ciudad de Lima, el día 3 de noviembre del 2026, siendo las 15:30 horas, procediendo a evaluar la Sustentación de Tesis, titulado **"Inteligencia Artificial para la evaluación de mamografías: Revisión narrativa"** para optar el Título Profesional de Licenciado en Tecnología Médica en el Área de Radiología del Señor:

Aldair Alan Ocaris Rafael

Habiendo obtenido el calificativo de:

18 (En números) DIECIOCHO (En letras)

Que corresponde a la mención de: MUY BUENO

Quedando conforme con lo antes expuesto, se disponen a firmar la presente Acta.

Presidente
Dr. José Antonio Carbonel Arribasplata
D.N.I: 40578987

Miembro
Mg. Isna Liz Larico Pampamallco
D.N.I: 40173744

UNMSM Firmado digitalmente por MUÑOZ BARABINO Carmen Cecilia FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 06.11.2026 09:37:34 -05:00

Miembro
Mg. Jacobo Ezequiel Saldaña Juarez
D.N.I: 06066929

Asesor(a) de Tesis
Mg. Katherine Janeth Cueto Torres
D.N.I: 44041562

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

Anexo 1
CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Katherine Janeth Cueto Torres** en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen de la EP N° 0103-2026- EPTM/UNMSM de la tesis cuyo título es "Inteligencia Artificial para la evaluación de mamografías: Revisión narrativa", presentado por el bachiller **Aldair Alan Ocaris Rafael** para optar el título profesional de Licenciado en Tecnología Médica en el área de Radiología, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 11% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título profesional de Licenciado en Tecnología Médica en el área de Radiología.

Lima, 18 de Noviembre de 2026

Firma del Asesor 

Nombres y Apellidos del asesor: Mg. T.M. Katherine Janeth Cueto Torres

DNI: 44041562

* Según corresponda: bachiller, magíster, doctor; título profesional o título de segunda especialidad

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, por su sacrificio y apoyo constante; a mi hermano, por ser mi pilar fundamental; y a mi tío, por su presencia invaluable. De manera especial, a mi sobrina Valentina, cuya alegría fue el motor para alcanzar esta meta.

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por ser mi segundo hogar y por la excelencia en mi formación profesional. Expreso mi profunda gratitud a los licenciados de la facultad y del internado por compartir sus conocimientos en la práctica, y de manera especial a mi asesora, la Mg. Cueto, por su valiosa guía y paciencia en la culminación de este proyecto. Gracias a mis padres, Aydeé y Hugo, por ser mi soporte incondicional; a mi hermano Richard y a mi tío Jaime, por creer siempre en mis capacidades. Finalmente, agradezco a los amigos que conocí en el camino, con quienes compartí retos y alegrías que hicieron este trayecto inolvidable.

ÍNDICE

CAPÍTULO I **1**

1.1 Descripción general y específica del problema 2

1.2 Antecedentes 3

1.3 Objetivos 9

1.4 Bases teóricas 9

CAPÍTULO II **26**

2.1 Diseño metodológico 27

2.1.1 Diseño de la investigación 27

2.1.2 Población 27

2.1.3 Muestra 27

2.1.4 Criterios de inclusión 28

2.1.5 Criterios de exclusión 28

2.2 Procedimiento de recolección de datos 28

2.3 Análisis de datos 29

2.4 Consideraciones éticas 30

CAPÍTULO III **31**

3.1 Resultados 32

CAPÍTULO IV **45**

4.1 Conclusiones 46

4.2. Recomendaciones 47

ANEXOS **48**

Lista de tablas

Tabla 1. Matriz de recolección de datos……34

Resumen

La inteligencia artificial ha cobrado un papel cada vez más relevante en la radiología mamaria, particularmente en el análisis de mamografías orientado a la identificación precoz del cáncer de mama. En ese contexto, la presente revisión narrativa tuvo como propósito identificar los principales aportes de la IA en la evaluación mamográfica. Del mismo modo, se examinó su desempeño en la detección y categorización de lesiones mamarias, se contrastó el tiempo de lectura entre los sistemas de IA y el médico radiólogo, y se analizó su influencia sobre la carga de trabajo del especialista.

La búsqueda de información se efectuó en la base de datos PubMed mediante los términos “artificial intelligence”, “mammography”, “breast lesions” y “breast cancer”, enlazados con los operadores booleanos AND y OR. Como resultado inicial se obtuvieron 3917 registros. Posteriormente, al restringir la búsqueda a publicaciones correspondientes al periodo 2021–2025, se seleccionaron 2526 artículos. Tras las etapas de depuración, cribado y evaluación de elegibilidad, se incluyeron 10 artículos científicos para el análisis final.

Los hallazgos mostraron que la inteligencia artificial contribuye a mejorar la exactitud diagnóstica, logrando niveles de detección similares e incluso mayores que los observados en la doble lectura convencional, sin que ello suponga un aumento en los falsos positivos. Asimismo, se observó una disminución en el tiempo de interpretación de las mamografías gracias a la priorización de casos sospechosos y a la exclusión de artículos normales, además de una reducción importante en la carga laboral del radiólogo, con descensos reportados de hasta un 44 %.

En conclusión, la inteligencia artificial representa una herramienta complementaria confiable y eficaz en la evaluación de mamografías, ya que favorece la detección temprana del cáncer de mama, mejora la eficiencia diagnóstica y refuerza la labor del médico radiólogo.

Palabras clave: inteligencia artificial, mamografía, cáncer de mama, radiología, diagnóstico por imágenes.

Abstract

Artificial intelligence has taken on an increasingly important role in breast radiology, particularly in mammogram analysis for the early detection of breast cancer. In this context, this narrative review aimed to identify the main contributions of AI to mammographic evaluation. It also examined its performance in the detection and categorization of breast lesions, compared the reading time between AI systems and radiologists, and analyzed its impact on the specialist's workload.

The information search was conducted in the PubMed database using the terms “artificial intelligence,” “mammography,” “breast lesions,” and “breast cancer,” combined with the Boolean operators AND and OR. An initial search yielded 3,917 records. Subsequently, by restricting the search to publications from 2021–2025, 2,526 articles were selected. After the data cleansing, screening, and eligibility assessment stages, 10 scientific studies were included for final analysis.

The findings showed that artificial intelligence contributes to improved diagnostic accuracy, achieving detection levels similar to and even higher than those observed with conventional double reading, without increasing false positives. Furthermore, a decrease in mammogram interpretation time was observed thanks to the prioritization of suspicious cases and the exclusion of normal studies, in addition to a significant reduction in the radiologist's workload, with reported decreases of up to 44%.

In conclusion, artificial intelligence represents a reliable and effective complementary tool in mammogram evaluation, as it promotes early detection of breast cancer, improves diagnostic efficiency, and strengthens the work of the radiologist.

Keywords: artificial intelligence, mammography, breast cancer, radiology, diagnostic imaging.

CAPÍTULO I:

INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción general y específica del problema

El avance constante de las nuevas tecnologías ha favorecido el perfeccionamiento de las imágenes diagnósticas. No obstante, en comparación con otras modalidades como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM), la mamografía ha mostrado un desarrollo más pausado. Esto se debe, en gran parte, a su naturaleza bidimensional, la cual genera superposición de estructuras y dificulta la interpretación de las imágenes. Esta limitación representa un desafío importante para el radiólogo y constituye una de las principales razones por las que, en muchos casos, se requieren métodos diagnósticos complementarios para establecer un diagnóstico definitivo[1].

Por otro lado, los sistemas digitales empleados en mamografía presentan características semejantes a las cámaras digitales y ofrecen ventajas significativas en términos de eficiencia, ya que permiten obtener imágenes de mejor calidad con una menor exposición a la radiación. Además, estas imágenes pueden ser transferidas a una computadora para su almacenamiento y conservación a largo plazo. En este contexto, los sistemas de detección asistida por computadora analizan mamografías digitalizadas con la finalidad de identificar áreas anormales de densidad, masas o calcificaciones que podrían estar asociadas con la presencia de cáncer. Una vez detectadas, dichas áreas son señaladas en la imagen para alertar al radiólogo y facilitar una evaluación más minuciosa[2].

Asimismo, la tomosíntesis, conocida también como mamografía tridimensional (3D) o tomosíntesis digital mamaria (DBT), constituye una modalidad avanzada de imagenología mamaria. Esta técnica emplea un sistema de rayos X de baja dosis combinado con reconstrucciones asistidas por computadora para generar imágenes tridimensionales. Durante el procedimiento, la fuente de rayos X se desplaza en forma de arco alrededor de la mama comprimida, capturando múltiples imágenes desde diferentes ángulos[3].

Posteriormente, estas imágenes digitales son reconstruidas por el sistema computarizado para producir una serie de cortes tridimensionales. Este conjunto de imágenes permite reducir la superposición del tejido mamario, lo que contribuye a evitar que ciertas lesiones pasen desapercibidas y facilita la diferenciación entre tejido

normal superpuesto y posibles tumores mamarios. En relación con la inteligencia artificial aplicada al diagnóstico por imágenes en radiología, esta tecnología viene transformando de manera progresiva la práctica del radiólogo, al contribuir a una toma de decisiones más precisa y proporcionar herramientas capaces de automatizar procesos que anteriormente se realizaban de manera manual[4,5].

Debido a la importancia de la mamografía por ser una opción atractiva para la obtención de imágenes de tejidos blandos, de forma dinámica y permite correlacionar los síntomas. La presente investigación buscará resaltar los beneficios en la evaluación de senos por mamografía con la asistencia de la IA, presentaremos los resultados y conclusiones de los artículos para poder aportar a futuras investigaciones nacionales ya que la IA cambia la manera en la que se realiza la detección de diferentes patologías; debido a la falta de información nacional se usará publicaciones a nivel internacional y se desarrollará una revisión narrativa.

1.2 Antecedentes

Hernström et al.[6] en su artículo "Screening performance and characteristics of breast cancer detected in the Mammography Screening with Artificial Intelligence trial (MASAI): a randomised, controlled, parallel-group, non-inferiority, single-blinded, screening accuracy study" tuvieron como objetivo aportar evidencia sobre la capacidad de la inteligencia artificial para incrementar la detección del cáncer de mama en mamografía y disminuir la carga de trabajo del personal especializado. Se trató de un artículo aleatorizado en el que participaron 105 934 mujeres, para lo cual se empleó el sistema de inteligencia artificial Transpara versión 1.7.0 de ScreenPoint Medical, Nijmegen, Países Bajos. Entre los principales resultados, se evidenció que el uso de la IA permitió una mayor detección de cánceres invasivos y carcinoma in situ. Asimismo, se observó una reducción de la carga de trabajo en la lectura de pantalla del 44,2 %. En conclusión, la incorporación de la inteligencia artificial podría agilizar los tiempos de atención para que las pacientes accedan con mayor prontitud a artículos complementarios. En este sentido, la disminución de los retrasos diagnósticos no solo favorecería una intervención más oportuna, sino que también podría reducir la ansiedad asociada al proceso asistencial y contribuir a disminuir las desigualdades en el acceso a una atención adecuada y a tiempo.

Friedewald et al.[7] en su artículo "Triaging mammography with artificial intelligence: an implementation study" tienen como objetivo identificar que la implementación de la IA pueda detectar cáncer de mama y acelerar el tiempo hasta las biopsias. Fue prospectivo, con una muestra de 1000 participantes entre marzo de 2021 y mayo de 2022; se utiliza un sistema de IA que prioriza un subconjunto de casos para que sea diagnosticado por el radiólogo en la misma visita si es que lo amerita. Se obtiene una pronunciada reducción de tiempo en participantes priorizados por IA en el grupo experimental. En conclusión, la integración de la IA puede acelerar plazos de atención para que los pacientes se realicen artículos complementarios; reducir los retrasos en los diagnósticos podría contribuir a disminuir la ansiedad y abordar las discordancias en el acceso a una oportuna atención.

Yoen et al.[8] en su artículo "Artificial Intelligence for Breast Cancer Detection on Mammography: Factors Related to Cancer Detection" tienen como objetivo identificar los factores asociados con las puntuaciones de anormalidad asignadas por el software de IA en la mamografía. Fue retrospectivo, con una muestra de 1001 artículos de mujeres asintomáticas que se sometieron a cirugía de cáncer de mama entre abril-2016 y diciembre-2019; se utiliza el sistema de IA (Lunit INSIGHT, MMG, Ver. 1.1.4.0). Se obtiene que la IA detecta 717 (72%) casos correctamente, por lo que 284 (28%) no fueron detectados debido a ciertas dificultades como la densidad mamaria y ciertos tipos de lesiones. En conclusión, la implementación de la IA es de gran aporte al diagnóstico y para obtener mejores resultados es necesario comprender los patrones de rendimiento del software.

Zhang et al.[9] en su artículo "Artificial intelligence-based classification of breast lesion from contrast enhanced mammography: a multicenter study" tienen como objetivo evaluar el rendimiento de un sistema de IA para clasificar las lesiones mamarias a partir de la mamografía con contraste (CEM). Fue retrospectivo, con una muestra de 1430 pacientes desde junio-2017 hasta julio-2022; se obtienen como resultado que el modelo de IA muestra una alta precisión para diferenciar entre lesiones benignas y malignas, también puede compararse el rendimiento con un radiólogo especializado. En conclusión, la CEM con implementación de un modelo de IA tiene un alto valor

predictivo para el diagnóstico de lesiones mamarias, también mejora la confianza diagnostica y potencia la precisión diagnostica de los radiólogos.

Petrillo et al.[10] en su artículo "A multicentric study of radiomics and artificial intelligence analysis on contrast-enhanced mammography to identify different histotypes of breast cancer" tienen como objetivo evaluar el desempeño del análisis combinado de radiómica e IA aplicado en imágenes de CEM. Fue retrospectivo, con una muestra de 248 lesiones; el modelo de IA logró distinguir diferentes subtipos histológicos de cáncer de mama, como también se identificó un conjunto de características radiómicas. En conclusión, el modelo de radiómica e IA aplicado en CEM es una herramienta muy eficiente y no es invasiva, puede predecir los subtipos histológicos del cáncer de mama, con esto se puede deducir que los canceres tienen una firma radiómica y nos puede reducir la dependencia de biopsias.

Dembrower et al.[11] en su artículo "Artificial intelligence for breast cancer detection in screening mammography in Sweden: a prospective, population-based, paired-reader, non-inferiority study" tuvieron como propósito evaluar, mediante un ensayo clínico, el efecto de la inteligencia artificial en la detección del cáncer de mama. Fue prospectivo con una muestra de 55 581 mujeres. A partir de la lectura inicial de las mamografías, se diagnosticó cáncer de mama en 269 participantes, lo que correspondió al 0,5 % de la muestra. Posteriormente, se organizaron distintos esquemas de lectura: doble lectura con radiólogo e IA, doble lectura con dos radiólogos, lectura única asistida por IA y lectura triple con dos radiólogos más IA. En conclusión, los resultados indican que la inteligencia artificial puede ser considerada una herramienta útil en el diagnóstico del cáncer de mama, debido a que mostró precisión y eficacia como lector único en comparación con la doble lectura convencional, además de evidenciar una reducción importante en la carga laboral.

Lang et al.[12] en su artículo "Artificial intelligence-supported screen reading versus standard double reading in the Mammography Screening with Artificial Intelligence trial (MASAI): a clinical safety analysis of a randomized, controlled, non-inferiority, single-blinded, screening accuracy study" tuvieron como objetivo evaluar la seguridad clínica de un protocolo de lectura mamográfica asistido por inteligencia artificial en comparación con la lectura convencional realizada por radiólogos. Se desarrolló un

ensayo controlado aleatorizado con una muestra total de 80 033 mamografías, distribuidas en un grupo de intervención con 40 003 artículos evaluados mediante IA y un grupo de control con 40 030 artículos sometidos a doble lectura por radiólogos. Los resultados evidenciaron que el grupo asistido por inteligencia artificial presentó una tasa de detección significativamente superior respecto al grupo control. Asimismo, se observó una reducción aproximada del 44 % en la carga de trabajo. En conclusión, la lectura mamográfica apoyada por inteligencia artificial mostró una mayor eficacia diagnóstica en comparación con la doble lectura convencional, además de disminuir la carga laboral asociada a la lectura de pantalla, lo que respalda su seguridad y utilidad clínica en el tamizaje mamográfico.

Marinovich et al.[13] en su artículo "Artificial intelligence (AI) for breast cancer screening: BreastScreen population-based cohort study of cancer detection" tuvieron como finalidad comparar la precisión de la inteligencia artificial con la de los radiólogos en la detección del cáncer de mama dentro de una población del mundo real. Fue retrospectivo que incluyó 108 970 mamografías consecutivas procedentes de un programa de tamizaje poblacional, cuyos resultados ya habían sido previamente verificados. Los hallazgos mostraron que el rendimiento de la IA fue de 0,83, mientras que el de los radiólogos alcanzó 0,93. No obstante, al aplicar un umbral prospectivo, la sensibilidad de la IA resultó comparable a la de los especialistas, además de identificar casos de cáncer que no fueron detectados por los radiólogos. En conclusión, los resultados sugieren que la inteligencia artificial tiene el potencial de incrementar las tasas de detección de cáncer, así como de reducir la carga asociada a la lectura de pantalla. De este modo, se plantea su posible utilidad como lector de mamografías; sin embargo, se requieren artículos adicionales para confirmar su aporte en la tasa de detección de cáncer, especialmente si se incorpora en un esquema de doble lectura junto con el especialista.

Shoshan[14] en su artículo "Artificial Intelligence for Reducing Workload in Breast Cancer Screening with Digital Breast Tomosynthesis" tuvieron como objetivo analizar la utilidad de la inteligencia artificial para disminuir la carga laboral en el tamizaje de cáncer de mama mediante el filtrado de artículos normales de tomosíntesis mamaria digital (DBT). Fue retrospectivo en el que se evaluaron 13 306 exámenes

correspondientes al periodo 2013–2018. Entre los resultados, se observó que los radiólogos detectaron 417 de 459 casos de cáncer, lo que representó una sensibilidad de 90,8 %, con 477 retiros en 5182 exámenes (9,2 %). Asimismo, el uso de inteligencia artificial para filtrar automáticamente los casos normales permitió una reducción de la carga de trabajo del 39,6 %, manteniendo una sensibilidad no inferior, con 413 de 459 cánceres detectados (90,0 %; P = .002), y una tasa de recuperación 25 % menor, con 358 retiros en 5182 exámenes (6,9 %; P = .002). En el análisis del lector, el área bajo la curva operativa del receptor fue superior para la IA evaluada de manera independiente en comparación con el lector promedio (0,84 frente a 0,81; P = .002). En conclusión, el modelo de inteligencia artificial demostró capacidad para identificar exámenes digitales normales, lo que redujo el número de artículos que requerían interpretación por parte del radiólogo dentro de un flujo de trabajo clínico simulado.

Lauritzen[15] en su artículo "An Artificial Intelligence–based Mammography Screening Protocol for Breast Cancer: Outcome and Radiologist Workload" tuvo como finalidad analizar si un sistema de inteligencia artificial era capaz de identificar mamografías clasificadas como normales, de riesgo moderado y sospechosas dentro de una muestra de tamizaje, con el propósito de reducir de forma segura la carga laboral del radiólogo. Asimismo, se evaluó su desempeño considerando la densidad mamaria y la clasificación BI-RADS a partir de los informes y de los datos de imagen. Metodológicamente, se desarrolló retrospectivamente de simulación con una muestra de 114 421 mamografías. Los resultados mostraron que la sensibilidad de detección de la IA fue de 69,7 % (779 de 1118; IC 95 %: 66,9–72,4), valor que no resultó inferior al alcanzado por el radiólogo, cuya sensibilidad fue de 70,8 % (791 de 1118; IC 95 %: 68,0–73,5; P = .02). En cuanto a la especificidad, la IA obtuvo 98,6 % (111 725 de 113 303; IC 95 %: 98,5–98,7), superando significativamente a la especificidad del radiólogo, que fue de 98,1 % (111 196 de 113 303; IC 95 %: 98,1–98,2; P < .001). Del mismo modo, se evidenció una reducción de la carga de trabajo del radiólogo del 62,6 % (71 585 de 114 421), además de evitarse el 25,1 % de los resultados falsos positivos (529 de 2107). En conclusión, los hallazgos sugieren que la inteligencia artificial puede reconocer mamografías normales, de riesgo moderado y sospechosas, constituyéndose en una herramienta útil para disminuir la carga de trabajo del especialista.

Seker et al.[16] en su artículo “Diagnostic capabilities of artificial intelligence as an additional reader in a breast cancer screening program” tuvieron como objetivo evaluar la capacidad de la inteligencia artificial para la detección temprana del cáncer de mama dentro de un programa de tamizaje, considerando además su efecto sobre la carga de trabajo. Se analizaron 22 621 mamografías correspondientes a 8825 mujeres; para el análisis estadístico se dispuso de 5136 mamografías de 4282 participantes, entre quienes se identificaron 105 casos de cáncer de mama. El sistema de IA alcanzó un AUC de 89,6%, con sensibilidad de 72,38% y especificidad de 92,86%. Asimismo, permitió identificar cánceres de intervalo y casos previamente no detectados. En un escenario híbrido de triaje, la IA mostró una reducción potencial de la carga laboral del 69,5% y un incremento de la precisión del 30,5%. En conclusión, la IA mostró utilidad tanto para fortalecer la detección mamográfica como para optimizar el flujo de trabajo del radiólogo.

Watanabe et al.[17] en su artículo “Potential impact of an artificial intelligence-based mammography triage algorithm on performance and workload in a population-based screening sample” tuvieron como objetivo evaluar el impacto potencial de un sistema comercial de triaje basado en inteligencia artificial sobre el rendimiento de la mamografía de tamizaje y la carga laboral del radiólogo. Se desarrolló un estudio retrospectivo con 2129 mujeres sometidas a mamografía, comparándose los resultados del algoritmo con los informes radiológicos y los desenlaces clínicos. Con un umbral de sensibilidad del 93%, la simulación mediante IA permitió mejorar la tasa de recuperación, los valores predictivos, la sensibilidad y la especificidad, además de estimar una reducción teórica de la carga laboral del 62,5%. Con un umbral de sensibilidad del 99%, la reducción potencial fue del 27%. En ninguno de ambos escenarios se omitieron casos de cáncer. En conclusión, el triaje mediante IA mostró potencial para mejorar el rendimiento del tamizaje y reducir considerablemente la carga de lectura del radiólogo.

En conjunto, los antecedentes revisados muestran que la aplicación de la inteligencia artificial en mamografía ha sido evaluada principalmente en relación con su precisión diagnóstica, capacidad para detectar y clasificar lesiones, reducción del tiempo de interpretación y disminución de la carga laboral del radiólogo. Estos aportes guardan

correspondencia directa con los objetivos planteados en la presente investigación y permiten delimitar el estado actual de la evidencia sobre el uso de la IA como herramienta complementaria en la evaluación mamográfica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar las ventajas de la inteligencia artificial en la evaluación de las mamografías.

1.3.2 Objetivos específicos

- Comparar la precisión de la inteligencia artificial para la detección y clasificación de lesiones mamarias.
- Comparar el tiempo empleado para la lectura de una mamografía de un médico radiólogo y de la inteligencia artificial.
- Comparar las evidencias del efecto de la inteligencia artificial en la carga laboral de un médico radiólogo en el diagnóstico de una mamografía.

1.4 Bases teóricas

1.4.1 Base teórica

MAMOGRAFÍA Y MODALIDADES DE EVALUACIÓN MAMARIA

Las imágenes mamográficas han evolucionado de manera más lenta en comparación con otras técnicas de diagnóstico por imágenes, como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM). Esto se debe, en parte, a que la mamografía es una técnica bidimensional, lo que genera superposición de estructuras y dificulta su interpretación. Esta situación representa un desafío para los radiólogos y explica la necesidad de recurrir a métodos diagnósticos complementarios, como la compresión focal, la magnificación, la ecografía y la resonancia magnética, con el fin de lograr una valoración más completa y precisa[1]. Por lo cual detallaremos cada modalidad:

Ecografía: La ecografía constituye un método complementario a la mamografía, mas no la sustituye en la detección temprana del cáncer de mama. En presencia de hallazgos mamográficos anormales, su realización resulta indispensable para precisar la

naturaleza de dichas alteraciones. Asimismo, cuando no se cuenta con una evaluación mamaria completa, la ecografía es considerada insuficiente por sí sola y no permite establecer conclusiones diagnósticas definitivas. Para su adecuada ejecución, se requiere el uso de un transductor lineal de alta frecuencia de 7,5 MHz o superior, debido a que los ecógrafos abdominales u obstétricos emplean transductores sectoriales de 3,5 MHz, los cuales no ofrecen una calidad de imagen apropiada para el estudio mamario. Como se ha señalado, la ecografía representa una herramienta complementaria en la valoración de la patología mamaria; sin embargo, en mujeres menores de 40 años suele considerarse el método inicial de elección, dado que no emplea radiación ionizante. Además, es de gran utilidad en diversos procedimientos de intervención mamaria, como el marcaje y la biopsia[18].

Resonancia magnética

Entre las aplicaciones clínicas de la resonancia magnética mamaria se reconocen algunas con indicación bien establecida, mientras que otras continúan siendo motivo de debate, como su uso en la clasificación del cáncer de mama. Del mismo modo, existen aplicaciones menos aceptadas, entre ellas la evaluación de microcalcificaciones, la secreción mamaria, las lesiones premalignas, la detección de tumor residual en pacientes operadas y la valoración de hallazgos no concluyentes en mamografía y ecografía[19].

Mamografía

La mamografía ha estado en constante mejora, podemos empezar desde la mamografía convencional que es una radiografía de mama; luego empezamos con los diferentes métodos que existen como:

- Mamografía digital directa (DR): Esta modalidad comprende dos tipos principales. El primero, que es el más ampliamente conocido y referido en la literatura científica, corresponde a un sistema en el cual la radiación es transformada en carga eléctrica, pasando previamente por una conversión en luminiscencia, hasta generar finalmente la imagen. El segundo tipo es de aparición más reciente y se encuentra disponible en el mercado desde octubre de 2002; su principal característica es que elimina la etapa intermedia de conversión a luz, permitiendo la producción directa de una señal eléctrica. Asimismo, emplea un

detector distinto, generalmente compuesto de selenio, material que destaca por su afinidad para captar rayos X[20].

- Mamografía con contraste (CEM): Es un tipo de examen mamográfico en el cual se utiliza un medio de contraste que es el yodo, de forma endovenosa. Se utiliza la energía dual para tener como resultado una mamografía de baja energía que es como la mamografía convencional, y una imagen mejorada recombinada que es una combinación de las imágenes de baja y alta energía. Las proyecciones que obtienen son las craneocaudales y oblicuas medio laterales de ambas mamas. La angiogénesis de los tumores permite el paso libre del contraste y así resaltar el área que se necesita; obtener imágenes entre 2 a 10 minutos después de haber administrado el contraste[21].
- Tomosíntesis: El propósito de la tomosíntesis mamaria digital (DBT) es generar una reconstrucción seudotridimensional de la mama a partir de múltiples proyecciones con cortes de 1 mm de espesor, paralelos al detector, que pueden obtenerse en cualquiera de las proyecciones mamográficas convencionales. Sin embargo, no se trata de una imagen estrictamente tridimensional como ocurre con las reconstrucciones volumétricas de la tomografía computarizada. En este caso, las imágenes de la DBT se visualizan de manera secuencial en cortes individuales, integrados en una matriz amplia que permite recorrer toda la mama, razón por la cual se utiliza con mayor precisión el término "seudo-3D". Durante la mamografía digital con DBT, el estudio se realiza mediante el desplazamiento del tubo de rayos X en forma de arco alrededor de la mama. La calidad y las características de la imagen obtenida dependen de diversos factores técnicos[22].

LESIONES MAMARIAS Y CLASIFICACIÓN BI-RADS

Patrones mamográficos del parénquima glandular: A todas las mediciones se les asigna una categoría de patrón mamográfico, independientemente de si el resultado final es normal o se describe un hallazgo.

Según el sistema BI-RADS, la densidad mamaria se clasifica en cuatro categorías: mama predominantemente grasa, cuando predomina el tejido adiposo; densidad media, caracterizada por la presencia de tejido fibroglandular disperso; heterogéneamente

densa, cuando existe una distribución irregular de tejido glandular denso; y extremadamente densa, en la que el parénquima glandular es muy abundante[23].

Nódulos/masas: El sistema BI-RADS los define como lesiones ocupantes de espacio que pueden observarse en dos proyecciones mamográficas distintas. Cuando una lesión solo es visible en una proyección, se considera inicialmente como una densidad o asimetría hasta confirmar su naturaleza tridimensional mediante proyecciones adicionales. El término nódulo puede emplearse tanto para lesiones sólidas como quísticas; sin embargo, en mamografía no debe asumirse esta característica de manera definitiva sin la confirmación ecográfica correspondiente[23].

Densidad asimétrica focal y distorsión arquitectural: En ausencia de antecedentes de traumatismo o cirugía, puede sugerir un proceso maligno[23].

Tejido mamario asimétrico: Hace referencia a un mayor volumen o densidad de tejido en una mama en comparación con la mama contralateral, localizado en la misma región anatómica. En numerosos casos, esta condición corresponde a una variante de la normalidad o puede estar relacionada con procedimientos quirúrgicos previos. En determinadas situaciones, se requiere complementar el estudio con proyecciones mamográficas adicionales. No obstante, si no existe una anomalía palpable, generalmente no son necesarias otras pruebas aparte del examen mamográfico de detección[23].

Densidad asimétrica focal: Se trata de una densidad tisular volumétrica presentada en dos proyecciones mamográficas con morfología semejante y sin márgenes definidos. Habitualmente se clasifica como una lesión probablemente benigna dentro de la categoría BI-RADS 3. Esta puede representar una variante normal o estar asociada a antecedentes como cirugía, traumatismo o terapia de reemplazo hormonal. Para definir la conducta clínica más adecuada, es importante compararla con mamografías previas. Asimismo, en estos casos se recomienda complementar la evaluación con ecografía mamaria[23].

Distorsión arquitectural: Se refiere a una alteración de la disposición anatómica habitual del tejido mamario, sin evidencia visible de nódulos. Esta se manifiesta como

una reorganización del parénquima mamario que converge hacia un punto excéntrico en relación con el pezón. Es una lesión BI-RADS 4. Puede deberse a cirugía, biopsia, traumatismo, cicatriz radial. Hay especulaciones que parten de un punto común y crean la típica imagen de una "estrella"[23].

Microcalcificaciones: De acuerdo con el sistema BI-RADS, las microcalcificaciones se describen considerando dos aspectos principales: su morfología y su distribución dentro del parénquima mamario. El criterio principal de clasificación corresponde al tipo de calcificación según su grado de sospecha, es decir, su morfología; mientras que la distribución actúa como descriptor complementario[23].

Clasificaciones:

- ***Grado de sospecha***
  - *Típicamente benignas:* suelen ser más evidentes que aquellas con apariencia maligna y pueden presentarse de diversas formas, entre ellas calcificaciones cutáneas o dérmicas, vasculares, gruesas o en "palomitas de maíz", lineales grandes o en barra, redondeadas, en cáscara de huevo, leche cálcica, con centro radiolúcido, suturales, distróficas y puntiformes.
  - *Sospecha intermedia:* incluyen las calcificaciones amorfas, cuya clasificación no depende únicamente de su pequeño tamaño.
  - *Alta sospecha:* se caracterizan por ser pequeñas, heterogéneas, ramificadas y espiculadas[23].
- ***Distribución***
  - *En racimo o agrupadas:* se concentran en un pequeño volumen de tejido.
  - *Lineal:* se disponen en forma de hilera, lo que genera sospecha de malignidad.
  - *Segmentaria:* siguen la distribución de los conductos y sus ramificaciones, sugiriendo la posible extensión de un carcinoma.
  - *Regional:* se encuentran dispersas en un área amplia del tejido mamario.
  - *Difusa:* muestran una distribución uniforme en todo el parénquima mamario[23].

Según el sistema BI-RADS: Este sistema se aplica en mamografía, ecografía y resonancia magnética. En la práctica, cuando el radiólogo dispone de varios estudios

de imagen, suele analizarlos de manera conjunta y asignar una categoría final en función del hallazgo de mayor grado de sospecha identificado.

Se clasifica en[24]:

- *BI-RADS 1:* Normal, sin hallazgos destacables. Se recomienda realizar un seguimiento a intervalos normales.
- *BI-RADS 2:* Hallazgos benignos, pero inofensivos. Se recomienda realizar un seguimiento a intervalos normales.
- *BI-RADS 3:* Hay una probabilidad de malignidad del <2% en los hallazgos. Se van a encontrar 3 hallazgos: nódulo sólido que va a estar circunscrito, pero no calcificado, una asimetría focal y microcalcificaciones agrupadas como también puntiformes. Se va a necesitar una completa valoración de la imagen y un seguimiento con intervalo corto.
- *BI-RADS 4:* Existen lesiones que necesitan intervenciones y se puede dividir en 3 subcategorías:
  a) La malignidad es de baja probabilidad
  b) Riesgo intermedio de malignidad y se va a requerir una correlación radio-patológica
  c) El resultado esperado es de malignidad por la alta probabilidad
- *BI-RADS 5:* Hay una probabilidad de malignidad del >95% y se requiere el seguimiento y las acciones adecuadas.
- *BI-RADS 6:* La malignidad ya está demostrada por biopsia previa a terapias como cirugía, quimioterapia o radioterapia.

PRECISIÓN DIAGNÓSTICA Y DESAFÍOS EN LA INTERPRETACIÓN MAMOGRÁFICA

Hay un círculo vicioso en el mundo radiológico de la mamografía, estos puntos están interconectados:

- ***Escasez de especialistas:*** Antes de lo sucedido en la pandemia, se tenía en cuenta que la falta de profesionales de salud estaba en aumento; debido a muchas causas como: menos ingreso de nuevos profesionales, más jubilados, disminución de programas académicos, baja remuneración, entre otros. Un punto importante, es que el aumento de exámenes por el mismo sueldo, desanima a los radiólogos[25].

- ***Precisión diagnóstica:*** la sensibilidad se encuentra en un rango de 85% a 97% y una especificidad de 92%. El factor que puede alterar la precisión es la densidad mamaria, y esto puede generar falsos positivos o negativos[26]:
  - *Falso positivo:* cuando el radiólogo puede ver una patología en una mamografía que podría ser cáncer, pero al mandar con exámenes complementarios (RM, ecografía o biopsia), resulta normal. Esto ocurre generalmente en mujeres jóvenes, mujeres que han tenido una biopsia o mamas densas; esto puede resultar en pacientes ansiosos[27].
  - *Falso negativo:* cuando el radiólogo obtiene un resultado normal, pero si tiene la patología. La causa más frecuente es la alta densidad mamaria o un especialista con mucha carga laboral, esto puede retrasar el temprano tratamiento o una falsa sensación de seguridad[27].
- ***Carga laboral:*** hay un incremento de lugares de diagnóstico y esto hace que aumente el número total de exámenes, teniendo en cuenta la falta de profesionales de salud en el área de radiología hace que aumente más exámenes para cada radiólogo; ahora con la DBT empeora por la cantidad de imágenes. El desempeño del radiólogo puede disminuir debido a la saturación de exámenes y resulta en falsos positivos o negativos[25].

Se logra concluir en el circulo vicioso, la escasez de radiólogos incrementa la carga laboral, la carga laboral disminuye la precisión diagnóstica y aumenta el riesgo de error, y el elevado riesgo de error trae consigo problemas judiciales que desaniman a nuevos radiólogos.

EVOLUCIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS CAD EN MAMOGRAFÍA

En los 70, la mamografía ya se había establecido como un método rutinario de examen de mamas, por lo que se empezó a contemplar la tecnología computacional; podría ayudar en el área del diagnóstico radiológico. Aparece una técnica de inmersión en bolo; las mamas se sumergieron en aceite mineral o alcohol y las radiografías se tomaron en posición supina translateral [28].

La radiografía resultante se convirtió en una imagen positiva y se escaneó utilizando un escáner de radiofacsímil convertido. Este escáner transfiere la impresión a un tambor giratorio y empuja una fotocélula a través de un tornillo de avance para medir la luz reflejada en la impresión, la programación básica podría realizarse con una mamografía de inmersión y luego perfeccionarse cuando estuviera disponible un escáner capaz de leer negativos[28].

Con el inicio de estas tecnologías surgieron diversos inconvenientes, entre ellos las limitaciones de los primeros ordenadores, la simplicidad de las técnicas iniciales de procesamiento de imágenes y la preocupación de algunos radiólogos ante la posibilidad de ser reemplazados. En este contexto, uno de los primeros esfuerzos orientados al desarrollo de un sistema informático de apoyo al diagnóstico radiológico se inició a mediados de la década de 1980, cuando un grupo de físicos y radiólogos de los Laboratorios Kurt Rossmann, pertenecientes al Departamento de Radiología de la Universidad de Chicago, trabajó de manera conjunta con ese propósito. En aquella etapa, el interés principal se centró en la detección de nódulos en radiografías de tórax y de microcalcificaciones en mamografías[29].

El primer prototipo de CAD fue desarrollado en la Universidad de Chicago en noviembre de 1993. Este sistema incorporaba un escáner láser para digitalizar mamografías y una estación de trabajo equipada con una biblioteca de discos ópticos y monitores de alta resolución. Dicho prototipo fue presentado en Chicago durante el Congreso Americano de Radiología Asistida por Computadora. La concepción teórica de estos sistemas buscaba validar el software como una herramienta complementaria al juicio del médico radiólogo, sentando las bases informáticas para el análisis automatizado de lesiones mamarias[4].

Respecto a su funcionamiento, el sistema CAD identifica de manera prioritaria las calcificaciones, las cuales son destacadas mediante recuadros, mientras que otras alteraciones, como nódulos, asimetrías o distorsiones, son señaladas con formas ovaladas. Esta modalidad de representación obedece a que algunas lesiones pueden presentarse de manera simultánea o superpuesta, lo que dificulta su delimitación exacta. El funcionamiento es así:

- *Segmentación:* En esta etapa se busca reconocer los distintos componentes presentes en la imagen mamográfica. Para ello, el primer procedimiento consiste en identificar y separar las estructuras que la conforman, entre las que habitualmente se encuentran el fondo, el tejido fibroglandular mamario, los músculos pectorales, la línea cutánea y los pezones. Con el fin de llevar a cabo esta segmentación, se emplea el método denominado thresholding o umbralización, el cual consiste en establecer un valor umbral a partir de la intensidad de los píxeles. A partir de este proceso, la imagen original en escala de grises se transforma en una imagen de dos niveles, permitiendo así diferenciar con mayor claridad el objeto de interés respecto del fondo[4].
- *Realce de la imagen y normalización:* Cuando las mamografías se encuentran en formato de película radiográfica, es necesario convertirlas previamente a formato digital mediante un escáner especializado para rayos X. Una vez digitalizadas, las imágenes son sometidas a un proceso de normalización, ajustándolas a una resolución determinada y a un rango específico de intensidad de píxeles, con la finalidad de optimizar su análisis por parte del sistema CAD. Por su parte, la mamografía digital directa (DR) genera imágenes digitales sin procesar, en las que se conserva toda la información obtenida por el detector, lo que permite disponer de un mayor volumen de datos y de una información más homogénea[4].
- *Extracción de la lesión y de sus características:* Este proceso se inicia con la detección de nódulos y asimetrías. Para ello, existen diversos métodos orientados a identificar, en una primera etapa, regiones de la imagen donde podría localizarse una lesión ocupante de espacio, a fin de realizar posteriormente un análisis más detallado. Uno de los procedimientos más empleados es el denominado crecimiento de región, el cual, en su forma más simple, se basa en una sola propiedad del píxel, generalmente la intensidad en escala de grises. A partir de un punto inicial de máxima intensidad, conocido como píxel semilla, el algoritmo se expande hacia los píxeles vecinos que presentan características similares. Sin embargo, esta técnica presenta limitaciones, especialmente cuando se trata de lesiones parcialmente ocultas por tejido fibroglandular normal o cuando se intenta identificar espiculaciones.

Con el propósito de superar estas dificultades, se desarrollaron los llamados métodos basados en modelos. En este enfoque, el objetivo principal no es delimitar de manera exacta todos los píxeles que componen el nódulo, sino generar una señal que permita localizarlo, para luego proceder a la segmentación o delineación de sus bordes. Estos métodos suelen apoyarse en bases de datos que contienen casos confirmados de cáncer, las cuales sirven de referencia para que el sistema CAD compare las mamografías analizadas. Esta comparación se lleva a cabo mediante algoritmos de inteligencia artificial que buscan rasgos sugestivos de malignidad, como contornos irregulares, espiculaciones y otras características morfológicas. De esta manera, se intenta evitar que el sistema marque simplemente áreas densas sin considerar sus propiedades específicas.

En cuanto a la detección de distorsiones de la arquitectura, estas pueden presentarse bajo distintos patrones. Entre ellos se encuentran: a) espículas finas o gruesas, conocidas como signo de la estrella, y b) retracción o irregularidad focal del contorno glandular que compromete las zonas periféricas de la mama, particularmente en la unión entre grasa y parénquima, denominado signo del borde o del hacha. Este tipo de distorsión constituye el tercer patrón radiológico más frecuente en el cáncer de mama no palpable. Aproximadamente el 15 % de los cánceres invasivos menores de 1 cm se manifiestan de esta manera. Además, muchas mamografías con resultados falsamente negativos se relacionan con este patrón, ya que suele ser sutil y difícil de identificar, tanto para el radiólogo como para los sistemas CAD.

Las **espículas** se originan como consecuencia de la reacción desmoplásica inducida por el cáncer y representan un signo de alta sospecha, tanto en nódulos espiculados como en distorsiones arquitecturales. Por ello, un sistema CAD debe ser capaz de reconocerlas. Desde el punto de vista imagenológico, se observan como estructuras lineales que irradian desde la lesión, aunque pueden confundirse con otras estructuras lineales normales de la mama, como vasos sanguíneos o conductos galactóforos. Los algoritmos más utilizados para su identificación se basan en funciones matemáticas capaces de detectar elementos lineales con una dirección y grosor determinados, o bien líneas que se extienden cerca de un punto

central. No obstante, aunque estos algoritmos pueden alcanzar una sensibilidad elevada, con frecuencia lo hacen a expensas de un aumento de los falsos positivos. Por otro lado, en la detección de microcalcificaciones, debe considerarse que los grupos de microcalcificaciones pueden constituir un hallazgo sugestivo de cáncer de mama. Se estima que entre el 30 % y el 50 % de los cánceres mamarios se presentan de manera aislada o asociada a calcificaciones. En general, las microcalcificaciones poseen una densidad mayor que la del tejido circundante, lo que, en términos de análisis computacional de imágenes, se traduce en píxeles más brillantes que el tejido fibroglandular donde se encuentran. Para su identificación, el sistema CAD aplica múltiples filtros destinados a incrementar el contraste y aislar las calcificaciones del tejido mamario adyacente[4].

- *Análisis y clasificación de las características de la lesión:* Una vez realizado el proceso de extracción, se identifican múltiples áreas candidatas, que generalmente varían entre 5 y 25 por cada proyección mamográfica. Estas áreas deben someterse posteriormente a una etapa de selección, cuyo propósito es determinar cuáles presentan mayor probabilidad de corresponder a una lesión maligna. A partir de este análisis, el sistema CAD establece qué hallazgos deben ser señalados, contribuyendo así a reducir el número de falsos positivos. Para ello, el sistema evalúa distintos parámetros relacionados con la morfología, la textura y los contornos de la lesión. Asimismo, el CAD dispone de una base de datos de neoplasias que sirve como apoyo en la clasificación final, mediante la aplicación de algoritmos de inteligencia artificial[4].
- *Estudio comparativo de la mamografía:* Es fundamental que el radiólogo pueda leer la mamografía de forma simétrica; es decir que para CAD tiene una comparación muy difícil de hacer, por lo que la mayoría de los sistemas CAD actuales se basan en el análisis de cada proyección individual. Se están estudiando métodos de geometría proyectiva para predecir dónde debería estar una lesión en la otra proyección. Desde un enfoque técnico, los sistemas CAD actuales buscan superar la dificultad de la comparación simétrica mediante el uso de árboles de decisión. Esta estructura informática logra emular el proceso cognitivo del radiólogo al integrar información de múltiples proyecciones, lo que teóricamente permite optimizar de manera significativa la sensibilidad diagnóstica del sistema,

manteniendo al mismo tiempo un control estricto sobre la tasa de resultados de falsos positivos[4].

INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LESIONES MAMARIAS

Los sistemas CAD, basados en tecnología informática para la identificación de anomalías en las imágenes mamográficas y como apoyo al juicio diagnóstico del radiólogo, cumplen una función relevante en la detección temprana del cáncer de mama. En los últimos años, tanto estos sistemas como las técnicas asociadas han despertado un notable interés entre investigadores y especialistas en radiología, convirtiéndose en un importante campo de estudio.

La detección y clasificación de patologías mamarias mediante inteligencia artificial se fundamenta en la extracción de descriptores cuantitativos de la imagen. La integración conceptual de características morfológicas junto con patrones texturales permite a los algoritmos diferenciar el tejido glandular sano de alteraciones sospechosas de estadios iniciales, optimizando la capacidad discriminativa del software[30].

El aprendizaje automático (ML) es la práctica de entrenar un modelo que aprende características y parámetros asociados que probablemente describan los datos observados. El aprendizaje profundo (DL) es una de esas técnicas de ML basada en redes neuronales profundas que imitan, pero simplifican demasiado las neuronas humanas en el cerebro. DL se basa en una arquitectura de capa profunda que permite el aprendizaje jerárquico y extrae gradualmente características de abstracciones de datos simples a complejas. Algunos programas de software aprobados por la FDA tienen una evaluación automatizada de la densidad mamaria porque una mayor densidad mamaria aumenta el riesgo de cáncer de mama con una alta variabilidad entre observadores en las estimaciones de la densidad mamaria. El enmascaramiento puede ocurrir en el tejido mamario denso impidiendo la detección del cáncer[31].

Los sistemas de inteligencia artificial aplicados a la mamografía digital directa (DR) y a la tomosíntesis digital mamaria (DBT) emplean redes neuronales convolucionales, clasificadores de características y algoritmos de análisis de imágenes orientados a la

detección de calcificaciones y lesiones de tejidos blandos. A partir de estos procesos, los sistemas pueden asignar puntuaciones de sospecha a los hallazgos identificados, permitiendo estimar la probabilidad de malignidad y priorizar aquellos casos que requieren una evaluación más detallada por parte del radiólogo[32].

El funcionamiento de estos sistemas depende en gran medida de la calidad, diversidad y representatividad de los datos empleados durante las fases de entrenamiento, validación y prueba. Para garantizar un desempeño adecuado, resulta necesario incorporar mamografías procedentes de diferentes fabricantes, instituciones y características poblacionales, incluyendo casos con y sin diagnóstico de cáncer. Asimismo, es importante que los conjuntos utilizados para evaluar el algoritmo sean independientes de aquellos empleados durante su entrenamiento, con el propósito de valorar su capacidad de generalización en condiciones distintas a las iniciales[32].

La evaluación del rendimiento diagnóstico de la inteligencia artificial en mamografía suele considerar indicadores como sensibilidad, especificidad y área bajo la curva, los cuales permiten establecer su capacidad para identificar correctamente hallazgos sospechosos y diferenciar casos positivos de negativos. En este contexto, la clasificación BI-RADS constituye un referente útil para establecer umbrales diagnósticos y comparar el desempeño de los algoritmos con la interpretación realizada por los radiólogos. La evidencia disponible indica que los sistemas basados en aprendizaje profundo pueden alcanzar un rendimiento comparable al de especialistas en determinados escenarios de detección mamográfica, aunque su eficacia depende de las características del conjunto de datos y del contexto clínico en el que se utilicen[32].

Además de identificar hallazgos sospechosos, los sistemas de inteligencia artificial pueden contribuir a establecer niveles de riesgo y jerarquizar las mamografías según la probabilidad de malignidad. Esta capacidad permite orientar la atención del radiólogo hacia los casos que requieren una valoración más detallada y facilita la utilización de la IA como herramienta de apoyo en la interpretación. Sin embargo, su desempeño no debe considerarse independiente de las características de los datos utilizados para su desarrollo, ya que la composición de las bases de entrenamiento y

validación puede influir en la precisión alcanzada y en su capacidad para generalizar los resultados a otras poblaciones[32,33].

No obstante, la comparación entre diferentes algoritmos continúa siendo compleja debido a la heterogeneidad de las bases de datos, los criterios de validación y las metodologías utilizadas para medir su desempeño. La disponibilidad limitada de datos representativos en términos de edad, características demográficas, densidad mamaria y distribución de patologías puede afectar la generalización de los resultados. Por esta razón, antes de incorporar un sistema de IA en la práctica asistencial, resulta necesario evaluar su desempeño mediante conjuntos de datos amplios y representativos y posteriormente comprobar su utilidad en escenarios clínicos reales[33].

INTELIGENCIA ARTIFICIAL, TIEMPO DE LECTURA Y CARGA LABORAL DEL RADIÓLOGO

Las limitaciones de la mamografía incluyen sobrediagnóstico, sobretratamiento y tasas de falsos positivos con un impacto psicológico negativo asociado y costos y biopsias innecesarios. La interpretación de las mamografías varía según la experiencia, es subjetiva y propensa a errores debido a la apariencia heterogénea del cáncer de mama y al efecto de enmascaramiento del tejido mamario denso. Esto contribuye a una brecha entre los cánceres diagnosticados entre exámenes de detección o los cánceres detectados en una ronda posterior de exámenes de detección. Aunque el tiempo de lectura de la mamografía bidimensional es de 30-60 segundos, los enormes volúmenes de mamografías y la doble lectura de cada mamografía crean desafíos de mano de obra y recursos[30].

En este contexto, la inteligencia artificial puede intervenir en el flujo de lectura mediante la asignación automática de puntuaciones de sospecha y la priorización de mamografías que presentan mayor probabilidad de contener hallazgos relevantes. Esta organización permite que el especialista concentre inicialmente su atención en los casos que requieren una evaluación más exhaustiva, mientras que los estudios con menor nivel de sospecha pueden ser gestionados de acuerdo con el protocolo establecido. De esta manera, la utilidad de la IA no se limita únicamente a la detección

de lesiones, sino que también puede favorecer una distribución más eficiente del proceso de interpretación mamográfica[32].

Los sistemas de mamografía CAD se han generalizado en los Estados Unidos luego de los resultados prometedores iniciales y la introducción del reembolso en 2001. Sin embargo, más recientemente se ha demostrado que el CAD afecta negativamente el desempeño de algunos radiólogos y aumenta las devoluciones de llamadas sin mejorar las CDR. Esta situación ha dado lugar a ciertas dudas respecto a la capacidad de las herramientas de inteligencia artificial para brindar un apoyo confiable a los radiólogos en la detección del cáncer de mama[30].

IMPLEMENTACIÓN CLÍNICA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN RADIOLOGÍA MAMARIA

La implementación clínica de la inteligencia artificial en radiología mamaria requiere no solo demostrar un rendimiento diagnóstico adecuado, sino también garantizar su integración segura y funcional dentro del flujo asistencial. Entre los principales desafíos se encuentran los costos de adquisición y mantenimiento, la disponibilidad de infraestructura tecnológica, la compatibilidad con los sistemas de información hospitalaria y PACS, así como la necesidad de realizar procesos de validación local antes de su utilización rutinaria. Esto resulta particularmente importante debido a que el desempeño de un algoritmo puede variar entre instituciones y poblaciones diferentes a aquellas empleadas durante su desarrollo[34,35].

Una incorporación adecuada de estas herramientas requiere la participación coordinada de radiólogos, tecnólogos médicos, especialistas en tecnologías de información, gestores sanitarios y profesionales vinculados con aspectos legales y regulatorios. Asimismo, deben considerarse la selección del sistema más apropiado, su validación con datos locales, su integración dentro del flujo clínico y el monitoreo continuo de su desempeño, debido a que la utilidad de la IA depende tanto de su precisión como de la forma en que se incorpore al proceso asistencial[34].

La aceptación de estas tecnologías constituye otro elemento relevante para su implementación. Existe una mayor disposición hacia modelos en los que la IA actúa

como herramienta complementaria o segundo lector, manteniendo al radiólogo como responsable de la interpretación final, mientras que la aceptación disminuye cuando se plantea una interpretación completamente automatizada. Esta situación evidencia que la confianza del paciente y del profesional continúa siendo determinante para la adopción de estas tecnologías[36].

En consecuencia, la implementación de la inteligencia artificial en radiología mamaria debe considerar de manera conjunta aspectos diagnósticos, tecnológicos, organizacionales, éticos y legales. La confianza de los profesionales, la aceptación de los pacientes, la protección de los datos y la delimitación de responsabilidades frente a posibles errores constituyen elementos fundamentales para favorecer una incorporación progresiva y segura de estas herramientas en la práctica clínica.

La incorporación de estos sistemas también requiere mantener la supervisión profesional durante su utilización clínica. Aunque la inteligencia artificial puede apoyar la priorización, clasificación y análisis de las imágenes, la interpretación final debe integrarse con el criterio del radiólogo y con las condiciones particulares del contexto asistencial. Por ello, la validación local y el monitoreo continuo del desempeño adquieren especial importancia, ya que permiten identificar posibles variaciones en el comportamiento del algoritmo y favorecer una utilización segura como herramienta complementaria dentro del proceso diagnóstico[34,35].

1.4.2 Definición de términos

Inteligencia artificial (IA): Rama científica orientada al desarrollo de programas informáticos capaces de ejecutar funciones semejantes a las de la mente humana, entre ellas el aprendizaje, el razonamiento y la toma de decisiones lógicas[37].

Mamografía: Técnica de imagen obtenida mediante rayos X que permite visualizar con alta precisión los tejidos blandos de la mama, facilitando la identificación de posibles alteraciones[38].

Microcalcificaciones: Pequeños depósitos de calcio que pueden observarse en las mamografías. En la mayoría de los casos, su presencia no necesariamente indica cáncer[39].

Redes neuronales: Modelos computacionales diseñados para simular, de manera similar al cerebro humano, procesos de análisis y aprendizaje, combinando herramientas de la informática y la estadística para resolver distintos problemas[40].

*Tomosíntesis digital mamaria (*DBT*):* La DBT es una forma avanzada de mamografía, un tipo específico de imagenología mamaria que utiliza dosis bajas de rayos X[3].

CAPÍTULO II:
MÉTODOS

2.1 Diseño metodológico

2.1.1 Diseño de la investigación

Este trabajo correspondió a una revisión narrativa de la literatura, modalidad de síntesis del conocimiento que permite integrar, interpretar y discutir críticamente la evidencia publicada sobre un tema determinado desde una perspectiva amplia y flexible. A diferencia de las revisiones sistemáticas, no exige necesariamente un protocolo metodológico rígido ni una estrategia exhaustiva de búsqueda; sin embargo, puede incorporar procedimientos explícitos para localizar, seleccionar y organizar las fuentes con el propósito de incrementar la transparencia del proceso. Este enfoque resulta pertinente cuando se busca ofrecer una comprensión global de un campo, integrar artículos con características metodológicas diversas e identificar tendencias, vacíos de conocimiento y posibles líneas de investigación. En el presente trabajo, la revisión narrativa permitió analizar la evidencia reciente relacionada con la aplicación de la inteligencia artificial en la evaluación de mamografías[41].

2.1.2 Población

La población estuvo conformada por los artículos científicos relacionados con el uso de la inteligencia artificial en la evaluación de mamografías, publicados en revistas científicas e indexados en la base de datos PubMed durante el periodo 2021–2025. Para su identificación se emplearon estrategias de búsqueda construidas mediante términos DeCS y MeSH vinculados con inteligencia artificial, mamografía, lesiones mamarias y cáncer de mama, combinados con los operadores booleanos AND y OR. A partir de los registros recuperados, se realizó una lectura crítica y un proceso de selección de acuerdo con los criterios establecidos, considerando únicamente los pertinentes para responder a los objetivos de la revisión narrativa.

2.1.3 Muestra

Del total de artículos científicos recopilados para la presente investigación, se realizó una lectura crítica y se seleccionaron 10 artículos que respondieron a los objetivos planteados. La selección fue de tipo intencional, debido a que los documentos fueron elegidos en función de su pertinencia temática, aporte al problema de investigación y

cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos. Este procedimiento resulta compatible con las revisiones narrativas, en las que la selección de la literatura puede orientarse deliberadamente hacia las fuentes más relevantes para desarrollar una síntesis e interpretación del tema estudiado[42].

2.1.4 Criterios de inclusión

- Artículos de investigación que guarden relación sobre la IA para la evaluación de mamografías
- Artículos publicados en idioma español o inglés
- Artículos de disponibilidad gratuita en internet
- Artículos realizados en los últimos 5 años (2021 – 2025)
- Artículos indexados

2.1.5 Criterios de exclusión

- Artículos duplicados.
- Artículos que no presentaron relación directa con el tema ni respondieron a los objetivos de la investigación.
- Artículos cuya población no fue pertinente para el propósito de la revisión.
- Artículos con diseños metodológicos no adecuados para responder a los objetivos planteados.
- Artículos con metodología insuficientemente descrita para su valoración.
- Artículos cuyos resultados no fueron concluyentes o no aportaron información relevante para el análisis.
- Publicaciones sin acceso al texto completo.
- Artículos correspondientes a revisiones de alcance (scoping reviews).

2.2 Procedimiento de recolección de datos

Se identificaron publicaciones científicas relacionadas con la inteligencia artificial aplicada a la evaluación de mamografías. La búsqueda bibliográfica se realizó en diferentes bases de datos, pero principalmente de PubMed, mediante términos vinculados con el tema de investigación, entre ellos “artificial intelligence”, “mammography”, “breast lesions” y “breast cancer”, combinados mediante los operadores booleanos AND y OR.

Se emplearon las siguientes estrategias de búsqueda:

- Artificial intelligence AND mammography.
- Artificial intelligence AND mammography AND breast lesions.
- Mammography AND artificial intelligence.
- Mammography AND artificial intelligence AND breast cancer.

La búsqueda inicial permitió identificar 3917 registros. Posteriormente, se aplicó el criterio correspondiente al periodo de publicación 2021–2025, mediante el cual se excluyeron 1391 registros con una antigüedad mayor de cinco años, quedando 2526 artículos para la fase de cribado.

Durante el cribado se revisaron los títulos y resúmenes de los 2526 registros. En esta etapa se excluyeron 2380 artículos por presentar duplicidad, no guardar relación directa con el tema de investigación, abordar una población no pertinente o presentar un diseño metodológico no adecuado para los objetivos planteados. Como resultado, 146 artículos fueron seleccionados para su lectura a texto completo.

En la fase de elegibilidad se evaluaron los 146 artículos a texto completo y se excluyeron 136 publicaciones. De estas, 58 no respondieron a los objetivos de la investigación, 29 presentaron una población no compatible con el artículo, 24 correspondieron a diseños metodológicos no adecuados, 15 presentaron resultados insuficientes o no concluyentes y 10 no contaban con disponibilidad de texto completo.

Finalmente, 10 artículos científicos cumplieron con los criterios de inclusión establecidos y fueron incorporados en la revisión narrativa para el análisis de las ventajas de la inteligencia artificial en la evaluación de mamografías.

2.3 Análisis de datos

Técnica de recolección de datos: se empleó el análisis documental, debido a que la investigación se sustentó en información contenida en artículos científicos previamente publicados. Esta técnica permitió examinar de manera sistemática el contenido de los documentos seleccionados, identificar información relevante en función de los objetivos de la revisión, comparar los hallazgos entre los artículos y

organizar la evidencia para su posterior interpretación. El análisis documental resulta pertinente cuando los documentos constituyen la principal fuente de información, ya que posibilita valorar su contenido, pertinencia y aporte al problema de investigación mediante un proceso ordenado de revisión y síntesis[43].

Instrumento de recolección de datos: se diseñó y utilizó una Ficha de Extracción y Análisis Documental ad hoc, estructurada de acuerdo con los objetivos específicos de la investigación. El instrumento permitió registrar de manera uniforme la información relevante de cada artículo incluido en la revisión, considerando datos como autor, año de publicación, diseño metodológico, población, tipo de mamografía, sistema de inteligencia artificial evaluado y principales hallazgos relacionados con la precisión diagnóstica, el tiempo de lectura y la carga laboral del radiólogo. Al tratarse de una revisión narrativa basada en literatura secundaria y variables descriptivas provenientes de estudios publicados, la ficha tuvo una finalidad organizativa y analítica, por lo que no requirió procedimientos de validez de contenido ni confiabilidad psicométrica. Su aplicación permitió sistematizar y comparar la evidencia de acuerdo con categorías previamente definidas en función de los objetivos de la investigación[43].

2.4 Consideraciones éticas

La presente investigación respetó los principios de integridad académica y originalidad de la literatura científica utilizada, garantizando la adecuada citación y se realizó la adecuada referenciación de todos los autores consultados, evitando cualquier forma de plagio o uso inapropiado de la información.

Asimismo, se verificó que los artículos seleccionados incluidos en la revisión cumplan con las consideraciones éticas correspondientes, especialmente en aquellos que involucren participación de seres humanos, confidencialidad de los datos y aprobación por comités de ética cuando corresponda.

De igual manera, se garantizó el cumplimiento de los principios establecidos en la Declaración de Helsinki, priorizando el respeto por la investigación científica responsable, la protección de los participantes y la validez ética de la evidencia analizada.

CAPÍTULO III:
RESULTADOS

3.1 Resultados

Evaluación de los artículos:

En este trabajo de investigación se plantean tres objetivos mediante la lectura crítica de 10 artículos científicos seleccionados.

Objetivo específico 1: Precisión de la IA para la detección y clasificación de lesiones mamarias.

El primer objetivo específico de esta investigación consistió en comparar la precisión de la inteligencia artificial en la detección y clasificación de lesiones mamarias mediante mamografía. Los 10 artículos seleccionados (100%) aportaron evidencia directamente relacionada con este objetivo, tanto en mamografía convencional como en mamografía con contraste (CEM) y tomosíntesis mamaria digital (DBT).

Los artículos revisados evidencian que la IA presenta un alto rendimiento diagnóstico en la identificación de lesiones sospechosas, diferenciación entre lesiones benignas y malignas, así como en la clasificación de distintos subtipos histológicos del cáncer de mama. Yoen et al.[8] en su artículo "Artificial Intelligence for Breast Cancer Detection on Mammography: Factors Related to Cancer Detection" reportaron que la IA detectó correctamente 717 casos (72%), mientras que el 28% restante no fue identificado principalmente por factores como la alta densidad mamaria y ciertos tipos de lesiones. Estos hallazgos demuestran que, aunque la IA posee una elevada capacidad diagnóstica, su rendimiento puede verse influenciado por características propias del tejido mamario y del tipo tumoral.

En mamografía con contraste, Zhang et al.[9] en su artículo "Artificial intelligence-based classification of breast lesion from contrast enhanced mammography: a multicenter study" encontraron que el modelo de IA mostró una alta precisión para diferenciar lesiones benignas de malignas, alcanzando un rendimiento comparable al de radiólogos especializados. Además, concluyeron que la combinación de IA con CEM mejora la confianza diagnóstica y potencia la precisión del especialista. De forma complementaria, Petrillo et al.[10] en su artículo "A multicentric study of radiomics and artificial intelligence analysis on contrast-enhanced mammography to identify

different histotypes of breast cancer", evidenciaron que la IA aplicada a radiómica permitió identificar distintos subtipos histológicos de cáncer de mama, especialmente la diferenciación entre histotipos luminales y no luminales, lo que sugiere la existencia de una firma radiómica tumoral y la posibilidad de disminuir la dependencia de procedimientos invasivos.

Los artículos poblacionales de gran escala también respaldan estos hallazgos. Dembrower et al.[11] en su artículo "Artificial intelligence for breast cancer detection in screening mammography in Sweden: a prospective, population-based, paired-reader, non-inferiority study", demostraron que la IA puede actuar con precisión y eficacia comparable a la doble lectura convencional realizada por dos radiólogos, e incluso mejorar la detección de neoplasias malignas cuando se incorpora como lector adicional. Asimismo, Hernström et al.[6] en su artículo "Screening performance and characteristics of breast cancer detected in the Mammography Screening with Artificial Intelligence trial (MASAI): a randomised, controlled, parallel-group, non-inferiority, single-blinded, screening accuracy study", reportaron que la mamografía asistida por IA permitió una mayor detección de cánceres invasivos e in situ, favoreciendo la detección temprana de cáncer clínicamente relevante sin incremento de falsos positivos.

Marinovich et al.[13] en su artículo "Artificial intelligence (AI) for breast cancer screening: BreastScreen population-based cohort study of cancer detection", encontraron que aunque la sensibilidad global de los radiólogos fue superior (0.93 frente a 0.83 de la IA), la IA logró detectar cánceres que no habían sido identificados previamente por los especialistas, lo que demuestra su valor como herramienta complementaria más que como sustituto absoluto.

En conjunto, la evidencia demuestra que la IA mejora la sensibilidad diagnóstica, optimiza la clasificación de lesiones mamarias y favorece la detección de cánceres que podrían pasar desapercibidos en la lectura convencional, consolidándose como una herramienta complementaria de alto valor para el radiólogo.

Objetivo específico 2: Tiempo empleado para la lectura de una mamografía de un médico radiólogo y de la IA

El segundo objetivo específico fue comparar el tiempo empleado para la lectura de una mamografía entre el médico radiólogo y la IA. De los 10 artículos seleccionados, 8 (80%) presentaron evidencia relevante para este objetivo.

El análisis de los artículos indica que el aporte de la IA en el tiempo no viene de la aceleración de la lectura de un artículo, sino de su potencial de reducir la cantidad total de lecturas que realiza el radiólogo, y esto se relaciona directamente con el tercer objetivo que trata sobre la carga laboral.

Otra forma que se aborda el segundo objetivo es el filtrado de exámenes, en lugar que el radiólogo lea el 100% de los artículos, solo verá los artículos que tengan una observación o necesiten una vista especializada porque la IA se utilizará para filtrar con alta probabilidad de normal o libre de cáncer. El artículo "Artificial Intelligence for Reducing Workload in Breast Cancer Screening with Digital Breast Tomosynthesis"[14], simula lo mencionado, usa la IA para descartar estudios normales de DBT y concluyó que se podría reducir la carga por lo tanto también el tiempo total de lectura, sin alterar la sensibilidad diagnóstica. Luego el artículo "Artificial intelligence-supported screen reading versus standard double reading in the Mammography Screening with Artificial Intelligence trial (MASAI)"[12], lleva la simulación mencionada a un flujo de trabajo real, donde se obtiene resultados alentadores; los autores informan de la gran reducción del 44.3% en las "lecturas de radiólogo" necesarias, se evita la lectura radiológica de los artículos clasificados como normales o de muy bajo riesgo.

En general, la evidencia indica que la IA reduce el tiempo diagnóstico mediante dos mecanismos principales: la priorización automática de casos sospechosos y la exclusión segura de artículos normales, optimizando significativamente la eficiencia del proceso de interpretación mamográfica.

Objetivo específico 3: Evidencias del efecto de la IA en la carga laboral de un médico radiólogo en el diagnóstico de una mamografía.

El tercer objetivo específico fue comparar las evidencias del efecto de la IA en la carga laboral del médico radiólogo durante el diagnóstico mamográfico. Los 10 artículos seleccionados (100%) presentaron información relevante para este objetivo.

Del análisis de los artículos revisados se desprende que la incorporación de la inteligencia artificial en el diagnóstico mamográfico no solo brinda confianza por su nivel de precisión, sino que también constituye una herramienta de gran relevancia para enfrentar y disminuir la creciente carga laboral de los radiólogos. Para abordar este tema se menciona una reestructuración del flujo de trabajo en diagnóstico de imágenes.

El principal mecanismo que se utiliza para reducir la carga laboral es la clasificación de las mamografías en cuanto a su riesgo, si bien los radiólogos deben leer todas las mamografías, aun cuando la gran mayoría de las mamografías sean normales. Artículos como "Triaging mammography with artificial intelligence: an implementation study" y " An Artificial Intelligence-based Mammography Screening Protocol for Breast Cancer: Outcome and Radiologist Workload"[7,15], asignan una puntuación de riesgo a las mamografías y en los que tengan muy bajo puntaje o riesgo muy bajo de cáncer, pueden ser omitidos automáticamente de la revisión del radiólogo; esto no solo reduce la carga laboral del radiólogo, sino que el radiólogo puede enfocar su experiencia en mamografías de riesgo moderado.

Los estudios no solo hablan del cambio de su estructura, sino cuantifica el porcentaje de la reducción de la carga laboral. El artículo "Artificial Intelligence for Reducing Workload in Breast Cancer Screening with Digital Breast Tomosynthesis"[14]; es importante, porque no evalúa su objetivo en una mamografía convencional, sino en DBT y este tipo de mamografía es más complejo debido a la gran cantidad de imágenes adquiridas; obteniendo como resultado el filtrado de exámenes normales o de bajo riesgo y concluyen que este método reduce la carga de trabajo en un 39.6% sin disminuir la sensibilidad diagnóstica.

Un artículo que tiene gran aporte es el de Lang et al.[12], debido a que, es un ensayo clínico aleatorizado y con una gran muestra. El grupo de intervención que tiene el modelo de IA, presentó una tasa de detección significativamente superior a la del grupo de control, conformado por la doble lectura realizada por radiólogos; además, la carga de trabajo se redujo aproximadamente en un 44 %.

En otra parte, también se debe tener en cuenta la seguridad o veracidad de la implementación de la IA, porque no tendría relevancia si es que reduce la carga laboral y a la vez se aumente los falsos positivos. El artículo de Hernstron et al.[6], es aleatorizado y con una muestra grande, se confirma que la reducción de la carga de trabajo se logró sin aumentar los falsos positivos y también ayudó en la detección de cánceres clínicamente relevantes.

En síntesis, la evidencia científica respalda que la IA mejora la precisión diagnóstica, reduce el tiempo de lectura y disminuye de manera significativa la carga laboral del radiólogo, consolidándose como una herramienta segura, eficiente y de alto valor clínico en la evaluación mamográfica moderna.

La principal limitación de la presente revisión narrativa estuvo relacionada con la experiencia del investigador en la búsqueda, selección, evaluación crítica y síntesis de la evidencia científica, debido a que se trató de un proceso desarrollado por un único revisor. Esta situación pudo introducir cierto grado de subjetividad durante la interpretación de los artículos y la identificación de los hallazgos más relevantes. Asimismo, al haberse realizado la búsqueda principalmente en PubMed y limitarse a publicaciones del periodo 2021–2025, es posible que algunos artículos pertinentes disponibles en otras bases de datos no hayan sido incluidos. Por ello, los resultados deben interpretarse considerando estas restricciones metodológicas propias del proceso de revisión.

Tabla 1. Matriz de análisis documental de los artículos seleccionados

N°	Autor	Año	DOI	Título de investigación	Población	Precisión	Tiempo de lectura	Carga laboral	Tipo de mamografía	Conclusión
1	Hernström et al.	2025	10.1016/S2589-7500(24)00267-X.	Screening performance and characteristics of breast cancer detected in the Mammography Screening with Artificial Intelligence trial (MASAI): a randomized, controlled, parallel-group, non-inferiority, single-blinded,	105934 pacientes	Mayor detección de cánceres invasivos e in situ sin incrementar falsos positivos	No evalúa métricas de tiempo de lectura	Reducción del 44.2% de la carga laboral	Convencional	Los hallazgos indican que la inteligencia artificial favorece la detección temprana de cánceres de mama clínicamente relevantes y, al mismo tiempo, reduce la carga de trabajo asociada a la lectura mamográfica, sin incrementar los falsos positivos.

				screening accuracy study						
2	Friedewald et al.	2025	10.1007/s10549-025-07616-7	Triaging mammography with artificial intelligence: an implementation study	1000 pacientes	Detecta cáncer de mama mediante triaje automatizado en visitas iniciales	El triaje está relacionado al tiempo de lectura, pero no lo compara directamente	Reducción de carga laboral al priorizar casos	Convencional	La implementación de la inteligencia artificial contribuye a disminuir los retrasos diagnósticos, lo que favorece una atención más oportuna y facilita la realización de artículos complementarios cuando son necesarios.
3	Yoen et al.	2024	10.1016/j.acra.2023.12.006	Artificial Intelligence for Breast Cancer Detection on	1001 pacientes	Detección correcta en ciertos tipos de lesiones, identifica	No evalúa métricas de tiempo	De forma indirecta aporta la reducción de	Convencional	Los resultados sugieren que el conocimiento de los

				Mammography: Factors Related to Cancer Detection		dificultades ligadas a la densidad mamaria	de lectura	carga laboral		patrones de rendimiento del software de inteligencia artificial es fundamental para lograr una integración adecuada y eficaz en la práctica clínica.
4	Zhang et al.	2024	10.1097/JS9.0000000000001076	Artificial intelligence-based classification of breast lesion from contrast enhanced mammography: a multicenter study	1430 pacientes	Alta precisión para diferenciar lesiones benignas y malignas, llegando a compararse con especialistas	No evalúa métricas de tiempo de lectura	No evalúa directamente la carga laboral	Mamografía con contraste	El modelo de inteligencia artificial basado en mamografía con contraste y variables clínicas mostró un desempeño predictivo satisfactorio en la evaluación

										diagnóstica de lesiones mamarias.
5	Petrillo et al.	2024	10.1007/s11547-024-01817-8	A multicentric study of radiomics and artificial intelligence analysis on contrast-enhanced mammography to identify different histotypes of breast cancer	248 lesiones	Precisión en clasificación de ciertos tipos de cáncer	No evalúa métricas de tiempo de lectura	Al predecir las firmas radiómicas, reduce la dependencia de biopsias invasivas	Mamografía con contraste	El análisis mediante radiómica e inteligencia artificial permitió clasificar con alta precisión los histotipos de cáncer de mama, especialmente entre los subtipos luminales y no luminales.
6	Dembrower et al.	2023	10.1016/S2589-7500(23)00153-X	Artificial intelligence for breast cancer detection in screening mammography in Sweden: a	55581	Compara precisión de detección entre IA y radiólogo, proporcio	Agiliza el proceso de lectura al ser utilizado como lector	Reducción de carga laboral al sustituir al segundo lector en una	Convencional	En el contexto de doble lectura, la sustitución de uno de los radiólogos por un

				prospective, population-based, paired-reader, non-inferiority study		na evidencias sólidas	único o de apoyo	doble lectura		sistema de inteligencia artificial permitió incrementar la detección de cáncer de mama y reducir la carga laboral del personal especialista.
7	Lang K et al.	2023	10.1016/S1470-2045(23)00298-X	Artificial intelligence-supported screen reading versus standard double reading in the Mammography Screening with Artificial Intelligence trial	80033	Una significada tasa de detección superior respecto al grupo de control de doble lectura	Optimiza tiempos globales al evitar la revisión de mamografías normales	Reducción aproximada de 44% en la carga laboral	Convencional	El cribado mamográfico asistido por inteligencia artificial mostró un rendimiento comparable al de la doble lectura convencional, con la ventaja adicional de una

				(MASAI): a clinical safety analysis of a randomised, controlled, non-inferiority, single-blinded, screening accuracy study						reducción considerable en la carga de trabajo durante la lectura de pantalla.
8	Marinovich et al.	2023	10.1016/j.ebiom.2023.104498	Artificial intelligence (AI) for breast cancer screening: BreastScreen population-based cohort study of cancer detection	108970 exámenes	Detectaron casos de cáncer que no habían sido detectados por los radiólogos	Se disminuye los tiempos al priorizar casos que sean identificados como sospechosos	Potencial para reducir la carga laboral que está asociada a la lectura masiva de pantalla	Convencional	La inteligencia artificial logró identificar casos de cáncer no detectados previamente por los radiólogos y, además, contribuyó a disminuir el tiempo y la carga de

										lectura mamográfica.
9	Shoshan et al.	2022	10.1148/radiol.211105	Artificial Intelligence for Reducing Workload in Breast Cancer Screening with Digital Breast Tomosynthesis	13306 exámenes	Detección de mamografías normales sin pérdida de sensibilidad diagnóstica	Reduce el tiempo de lectura al automatizar el filtrado de exámenes normales de tomosíntesis	Reducción de carga laboral del 39.6% mediante el filtrado de exámenes normales	Tomosíntesis	El modelo de inteligencia artificial demostró capacidad para reconocer exámenes normales en tomosíntesis mamaria digital, permitiendo reducir el número de exámenes que requerían interpretación por parte del radiólogo.
10	Lauritzen et al.	2022	10.1148/radiol.210948	An Artificial Intelligence–based	114421 exámenes	Clasificación de mamografías	Al segmentar los estudios	Reducción de carga laboral	Convencional	El protocolo de cribado basado en inteligencia

				Mammography Screening Protocol for Breast Cancer: Outcome and Radiologist Workload		según el nivel de riesgo y reducción de falsos positivos	según su nivel de riesgo, se agiliza el tiempo de lectura	del 62.6%		artificial permitió identificar mamografías normales, de riesgo intermedio y sospechosas, lo que favoreció una disminución importante de la carga de trabajo del radiólogo.

CAPÍTULO IV:
CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

Primera. Se identificó que los principales beneficios de la inteligencia artificial en la evaluación mamográfica comprenden el incremento de la precisión diagnóstica, la reducción del tiempo de lectura y la disminución de la carga laboral del médico radiólogo. Estos resultados evidencian que la IA no debe entenderse como un sustituto del especialista, sino como una herramienta complementaria, confiable y de gran utilidad clínica, capaz de optimizar el proceso diagnóstico y fortalecer la toma de decisiones en la detección precoz del cáncer de mama.

Segunda. En relación con la comparación de la precisión de la inteligencia artificial en la detección y clasificación de lesiones mamarias, la evidencia científica demuestra que su desempeño diagnóstico no es inferior al de la doble lectura realizada por radiólogos, especialmente cuando se utiliza como sistema de apoyo o segundo lector. Artículos de gran escala evidenciaron que la IA alcanza tasas de detección similares e incluso superiores en algunos casos, sin incremento de falsos positivos, lo que valida su seguridad, eficacia y confiabilidad en la práctica mamográfica.

Tercera. En relación con el tiempo empleado para la lectura de una mamografía, se evidenció que la IA contribuye significativamente a la reducción del tiempo diagnóstico mediante dos mecanismos principales: el resaltado automático de áreas sospechosas para facilitar la evaluación del radiólogo y el filtrado de artículos normales o de bajo riesgo, lo que puede incluso eliminar la necesidad de lectura en ciertos casos. Esto permite una atención más rápida, reduce retrasos diagnósticos y favorece la realización oportuna de artículos complementarios.

Cuarta. En cuanto al efecto de la IA sobre la carga laboral del médico radiólogo, la evidencia demuestra un impacto claramente positivo. La implementación de sistemas de IA permite reorganizar el flujo de trabajo mediante la clasificación automática de mamografías normales, de riesgo moderado y sospechosas, reduciendo la necesidad de revisar exhaustivamente todos los artículos. Esto permite que el radiólogo concentre su experiencia en casos complejos y prioritarios, alcanzándose reducciones de carga laboral de hasta 44% e incluso superiores en algunos artículos, sin comprometer la seguridad diagnóstica.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda evaluar previamente el contexto institucional y social del lugar donde se proyecte implementar sistemas de IA en mamografía, considerando de manera particular el grado de conocimiento y aceptación de los pacientes respecto al uso de esta tecnología. La desconfianza o el temor hacia la IA pueden influir negativamente en la adherencia a los programas de tamizaje y diagnóstico.
- Se recomienda que, durante la etapa inicial de implementación de la inteligencia artificial, los resultados sean supervisados de manera continua por médicos radiólogos especialistas, con el fin de garantizar la seguridad diagnóstica y permitir una adecuada validación clínica del sistema. El conocimiento de los patrones de rendimiento, limitaciones y posibles sesgos de la IA favorecerá su integración eficaz en la práctica asistencial.
- Se recomienda desarrollar artículos de implementación a nivel local y nacional que permitan validar los beneficios observados en la literatura internacional dentro del contexto peruano, considerando las características epidemiológicas, tecnológicas y operativas propias de los servicios de diagnóstico por imágenes del país.
- Se recomienda fomentar futuras investigaciones que incorporen otras modalidades de imagen mamaria, entre ellas la mamografía con contraste y la tomosíntesis mamaria digital, debido a que estas técnicas presentan mayor complejidad diagnóstica y podrían beneficiarse significativamente del apoyo de la inteligencia artificial en términos de precisión, tiempo de lectura y reducción de carga laboral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Palazuelos G, Trujillo S, Romero J. Tomosíntesis: la nueva era de la mamografía. Rev Colomb Radiol [Internet]. 2014 [citado 27 ago 2026];25(2):3926-3933. Disponible en: https://contenido.acronline.org/Publicaciones/RCR/RCR25-2/03_Tomosintesis.pdf

2. Radiological Society of North America, American College of Radiology. Mamografía [Internet]. RadiologyInfo.org; 2025 [citado 27 ago 2026]. Disponible en: https://www.radiologyinfo.org/es/info/mammo

3. Radiological Society of North America, American College of Radiology. Tomosíntesis de seno [Internet]. RadiologyInfo.org; 2024 [citado 27 ago 2026]. Disponible en: https://www.radiologyinfo.org/es/info/tomosynthesis

4. Bargalló Castelló X. Introducción del CAD (computer-aided detection) en un programa de detección precoz de cáncer de mama [tesis doctoral en Internet]. Barcelona: Universitat de Barcelona; 2016 [citado 27 ago 2026]. Disponible en: https://hdl.handle.net/2445/126209

5. Juan J. Inteligencia artificial en radiología: ventajas y casos de uso. INVOX Medical [Internet]. 2022 [citado 27 ago 2026]. Disponible en: https://invoxmedical.com/blog/aw-na/inteligencia-artificial-en-radiologia/

6. Hernström V, Josefsson V, Sartor H, Schmidt D, Larsson AM, Hofvind S, et al. Screening performance and characteristics of breast cancer detected in the Mammography Screening with Artificial Intelligence trial (MASAI): a randomised, controlled, parallel-group, non-inferiority, single-blinded, screening accuracy study. Lancet Digit Health [Internet]. 2025 [citado 27 ago 2026];7(3):e175-e183. Disponible en: https://doi.org/10.1016/S2589-7500(24)00267-X

7. Friedewald S, Sieniek M, Jansen S, Mahvar F, Kohlberger T, Schacht D, et al. Triaging mammography with artificial intelligence: an implementation study. Breast Cancer Res Treat [Internet]. 2025 [citado 27 ago 2026];211(1):1-10. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s10549-025-07616-7

8. Yoen H, Jang M, Yi A, Moon W, Chang J. Artificial intelligence for breast cancer detection on mammography: factors related to cancer detection. Acad Radiol [Internet]. 2024 [citado 27 ago 2026];31(6):2239-2247. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.acra.2023.12.006

9. Zhang H, Lin F, Zheng T, Gao J, Wang Z, Zhang K, et al. Artificial intelligence-based classification of breast lesion from contrast enhanced mammography: a multicenter study. Int J Surg [Internet]. 2024 [citado 27 ago 2026];110(5):2593-2603. Disponible en: https://doi.org/10.1097/JS9.0000000000001076

10. Petrillo A, Fusco R, Petrosino T, Vallone P, Granata V, Rubulotta MR, et al. A multicentric study of radiomics and artificial intelligence analysis on contrast-enhanced mammography to identify different histotypes of breast cancer. Radiol Med [Internet]. 2024 [citado 27 ago 2026];129(6):864-878. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s11547-024-01817-8

11. Dembrower K, Crippa A, Colón E, Eklund M, Strand F, ScreenTrustCAD Trial Consortium. Artificial intelligence for breast cancer detection in screening mammography in Sweden: a prospective, population-based, paired-reader, non-inferiority study. Lancet Digit Health [Internet]. 2023 [citado 27 ago 2026];5(10):e703-e711. Disponible en: https://doi.org/10.1016/S2589-7500(23)00153-X

12. Lång K, Josefsson V, Larsson A, Larsson S, Högberg C, Sartor H, et al. Artificial intelligence-supported screen reading versus standard double reading in the Mammography Screening with Artificial Intelligence trial (MASAI): a clinical safety analysis of a randomised, controlled, non-inferiority, single-blinded, screening accuracy study. Lancet Oncol [Internet]. 2023 [citado 27 ago 2026];24(8):936-944. Disponible en: https://doi.org/10.1016/S1470-2045(23)00298-X

13. Marinovich M, Wylie E, Lotter W, Lund H, Waddell A, Madeley C, et al. Artificial intelligence (AI) for breast cancer screening: BreastScreen population-based cohort study of cancer detection. EBioMedicine [Internet]. 2023 [citado 27 ago 2026];90:104498. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2023.104498

14. Shoshan Y, Bakalo R, Gilboa-Solomon F, Ratner V, Barkan E, Ozery-Flato M, et al. Artificial intelligence for reducing workload in breast cancer screening with digital breast tomosynthesis. Radiology [Internet]. 2022 [citado 27 ago 2026];303(1):69-77. Disponible en: https://doi.org/10.1148/radiol.211105

15. Lauritzen A, Rodríguez-Ruiz A, von Euler-Chelpin M, Lynge E, Vejborg I, Nielsen M, et al. An artificial intelligence-based mammography screening protocol for

breast cancer: outcome and radiologist workload. Radiology [Internet]. 2022 [citado 27 ago 2026];304(1):41-49. Disponible en: https://doi.org/10.1148/radiol.210948

16. Seker M, Koyluoglu Y, Ozaydin A, Gurdal S, Ozcinar B, Cabioglu N, et al. Diagnostic capabilities of artificial intelligence as an additional reader in a breast cancer screening program. Eur Radiol [Internet]. 2024 [citado 27 ago 2026];34:6145-6157. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00330-024-10661-3

17. Watanabe A, Vu H, Chim C, Litt A, Retson T, Mayo R. Potential impact of an artificial intelligence-based mammography triage algorithm on performance and workload in a population-based screening sample. J Breast Imaging [Internet]. 2025 [citado 27 ago 2026];7(1):45-53. Disponible en: https://doi.org/10.1093/jbi/wbae056

18. Lara M, Olmedo A. Detección temprana y diagnóstico del cáncer mamario. Rev Fac Med (Mex) [Internet]. 2011 [citado 27 ago 2026];54(1):4-17. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422011000100002

19. Camps J. Resonancia magnética de mama: estado actual y aplicación clínica. Radiología [Internet]. 2011 [citado 27 ago 2026];53(1):27-38. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.rx.2010.08.009

20. López A, Fernández C, Lobo M, Wenzel H. Mamografía digital [Internet]. [citado 27 ago 2026]. Disponible en: https://mastologia.cl/wp-content/uploads/2018/12/3.pdf

21. Chung WS, Tang YC, Cheung YC. Contrast-enhanced mammography: a literature review of clinical uses for cancer diagnosis and surgical oncology. Cancers (Basel) [Internet]. 2024 [citado 27 ago 2026];16(24):4143. Disponible en: https://doi.org/10.3390/cancers16244143

22. Rocha A, Mera D. Tomosíntesis de la mama: estado actual. Radiología [Internet]. 2019 [citado 27 ago 2026];61(4):274-285. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.rx.2019.01.002

23. Aibar L, Santalla A, Criado MSL, González-Pérez I, Calderón MA, Gallo JL, et al. Clasificación radiológica y manejo de las lesiones mamarias. Clin Investig Ginecol Obstet [Internet]. 2011 [citado 27 ago 2026];38(4):141-149. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.gine.2010.10.016

24. Larrea Alvarado A, Colque Y, Pelaez C. Revisión y evaluación de categorías del sistema BI-RADS en lesiones mamarias sometidas a biopsia en pacientes del Hospital

Materno Infantil durante las gestiones 2013-2014. Rev Med La Paz [Internet]. 2016 [citado 27 ago 2026];22(2):29-35. Disponible en: https://www.colmedlapaz.org/images/files/PDF/REVISTA/Revista%20N%2022%20Vol%202.pdf

25. Konstantinidis K. The shortage of radiographers: a global crisis in healthcare. J Med Imaging Radiat Sci [Internet]. 2024 [citado 27 ago 2026];55(4):101333. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.jmir.2023.10.001

26. Sultan A, Rizvi SZ, Cioni D, Neri E. Diagnostic accuracy of combined mammography and ultrasound in the detection of malignant breast lesions using BI-RADS classification taking histopathology as the gold standard. J Med Res Surg [Internet]. 2024 [citado 27 ago 2026];5(3):55-62. Disponible en: https://doi.org/10.52916/jmrs244137

27. National Cancer Institute. Mamografías [Internet]. Bethesda: National Cancer Institute; 2023 [citado 27 ago 2026]. Disponible en: https://www.cancer.gov/espanol/tipos/seno/deteccion-mama/mamografias

28. Winsberg F, Elkin M, Macy J Jr, Bordaz V, Weymouth W. Detection of radiographic abnormalities in mammograms by means of optical scanning and computer analysis. Radiology [Internet]. 1967 [citado 27 ago 2026];89(2):211-215. Disponible en: https://doi.org/10.1148/89.2.211

29. Chan H, Doi K, Galhotra S, Vyborny C, MacMahon H, Jokich P. Image feature analysis and computer-aided diagnosis in digital radiography. I. Automated detection of microcalcifications in mammography. Med Phys [Internet]. 1987 [citado 27 ago 2026];14(4):538-548. Disponible en: https://doi.org/10.1118/1.596065

30. Díaz A, Costa D. Combinación de técnicas de procesamiento digital de imágenes e inteligencia artificial para el análisis de imágenes de mamografía. 3C Tecnol [Internet]. 2013 [citado 27 ago 2026];2(3):31-47. Disponible en: https://3ciencias.com/articulos/articulo/combinacion-de-tecnicas-de-procesamiento-digital-de-imagenes-e-inteligencia-artificial-para-el-analisis-de-imagenes-de-mamografia/

31. Le E, Wang Y, Huang Y, Hickman S, Gilbert F. Artificial intelligence in breast imaging. Clin Radiol [Internet]. 2019 [citado 27 ago 2026];74(5):357-366. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.crad.2019.02.006

32. Rodriguez-Ruiz A, Lång K, Gubern-Merida A, Broeders M, Gennaro G, Clauser P, et al. Stand-alone artificial intelligence for breast cancer detection in mammography: comparison with 101 radiologists. J Natl Cancer Inst [Internet]. 2019 [citado 27 ago 2026];111(9):916-922. Disponible en: https://doi.org/10.1093/jnci/djy222

33. Sechopoulos I, Teuwen J, Mann R. Artificial intelligence for breast cancer detection in mammography and digital breast tomosynthesis: state of the art. Semin Cancer Biol [Internet]. 2021 [citado 27 ago 2026];72:214-225. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2020.06.002

34. Bahl M. Artificial intelligence in clinical practice: implementation considerations and barriers. J Breast Imaging [Internet]. 2022 [citado 27 ago 2026];4(6):632-639. Disponible en: https://doi.org/10.1093/jbi/wbac065

35. Ramwala O, Lowry K, Cross N, Hsu W, Austin C, Mooney S, et al. Establishing a validation infrastructure for imaging-based artificial intelligence algorithms before clinical implementation. J Am Coll Radiol [Internet]. 2024 [citado 27 ago 2026];21(10):1569-1574. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.jacr.2024.04.027

36. Ozcan B, Dogan B, Xi Y, Knippa E. Patient perception of artificial intelligence use in interpretation of screening mammograms: a survey study. Radiol Imaging Cancer [Internet]. 2025 [citado 27 ago 2026];7(3):e240290. Disponible en: https://doi.org/10.1148/rycan.240290

37. Real Academia Española, Asociación de Academias de la Lengua Española. Inteligencia. En: Diccionario de la lengua española [Internet]. 23.ª ed. [citado 27 ago 2026]. Disponible en: https://dle.rae.es/inteligencia

38. Real Academia Española, Asociación de Academias de la Lengua Española. Mamografía. En: Diccionario de la lengua española [Internet]. 23.ª ed. [citado 27 ago 2026]. Disponible en: https://dle.rae.es/mamografía

39. MedlinePlus. Calcificaciones - mamografías [Internet]. Bethesda: National Library of Medicine; [citado 27 ago 2026]. Disponible en: https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002113.htm

40. IBM. Modelo de redes neuronales. IBM SPSS Modeler [Internet]. 2021 [citado 27 ago 2026]. Disponible en: https://www.ibm.com/docs/es/spss-modeler/saas?topic=networks-neural-model

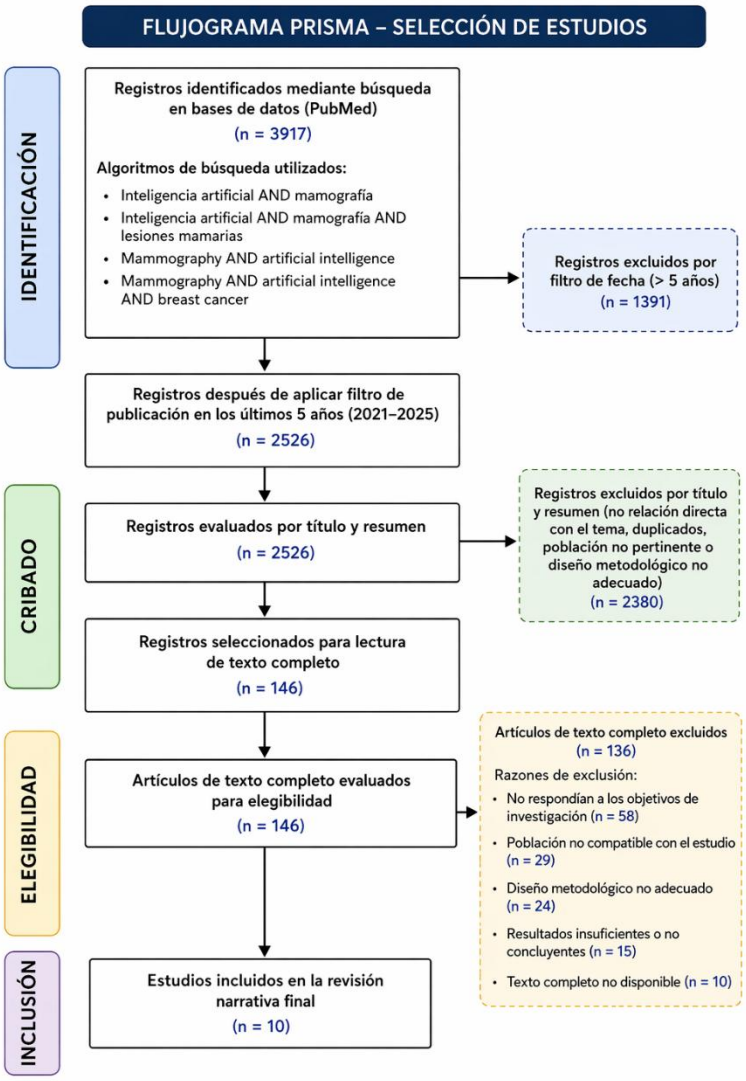
41. Sukhera J. Narrative reviews: flexible, rigorous, and practical. J Grad Med Educ [Internet]. 2022 [citado 27 ago 2026];14(4):414-417. Disponible en: https://doi.org/10.4300/JGME-D-22-00480.1

42. Hiebl M. Sample selection in systematic literature reviews of management research. Organ Res Methods [Internet]. 2023 [citado 27 ago 2026];26(2):229-261. Disponible en: https://doi.org/10.1177/1094428120986851

43. Morgan H. Conducting a qualitative document analysis. Qual Rep [Internet]. 2022 [citado 27 ago 2026];27(1):64-77. Disponible en: https://doi.org/10.46743/2160-3715/2022.5044

ANEXOS

Anexo 1. Flujograma



Anexo 2. Matriz de consistencia

Problema / propósito de investigación	Objetivos	Categorías de análisis	Metodología
Propósito general: Analizar las ventajas de la inteligencia artificial en la evaluación de las mamografías.	Objetivo general: Analizar las ventajas de la inteligencia artificial en la evaluación de las mamografías.	Inteligencia artificial aplicada a mamografía	Tipo de estudio: revisión narrativa de la literatura.
¿Cuál es el desempeño de la inteligencia artificial para la detección y clasificación de lesiones mamarias?	Objetivo específico 1: Comparar la precisión de la inteligencia artificial para la detección y clasificación de lesiones mamarias.	Precisión diagnóstica; sensibilidad; especificidad; detección y clasificación de lesiones mamarias.	Población: artículos científicos relacionados con inteligencia artificial aplicada a la evaluación de mamografías, indexados en PubMed y publicados entre 2021–2025.
¿Cómo se compara el tiempo empleado para la lectura de una mamografía entre el médico radiólogo y la inteligencia artificial?	Objetivo específico 2: Comparar el tiempo empleado para la lectura de una mamografía de un médico radiólogo y de la inteligencia artificial.	Tiempo de lectura; priorización de casos; filtrado de mamografías normales.	Muestra: 10 artículos científicos seleccionados de manera intencional según pertinencia temática y criterios de inclusión y exclusión.
¿Cuál es el efecto de la inteligencia artificial en la carga laboral del médico radiólogo durante el diagnóstico mamográfico?	Objetivo específico 3: Comparar las evidencias del efecto de la inteligencia artificial en la carga laboral de un médico radiólogo en el diagnóstico de una mamografía.	Carga laboral; número de lecturas; reducción del volumen de estudios; reorganización del flujo de trabajo.	Técnica: análisis documental. Instrumento: Ficha de Extracción y Análisis Documental *ad hoc*.

Anexo 3. Formato del instrumento utilizado

N.°	Autor	Año	DOI	Título de investigación	Población	Precisión	Tiempo de lectura	Carga laboral	Tipo de mamografía	Conclusión
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										