

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA CALIDAD DE IMAGEN EN RADIODIAGNÓSTICO MEDIANTE MANIQUÍES FÍSICOS

Ignacio Javier de Arespachaga Barea¹, Nicholas Xavier Chérrez Nadau du Treil¹,
Paula García Castañón¹ y Nieves Gómez León¹

¹Hospital Universitario de La Princesa, Madrid

INTRODUCCIÓN

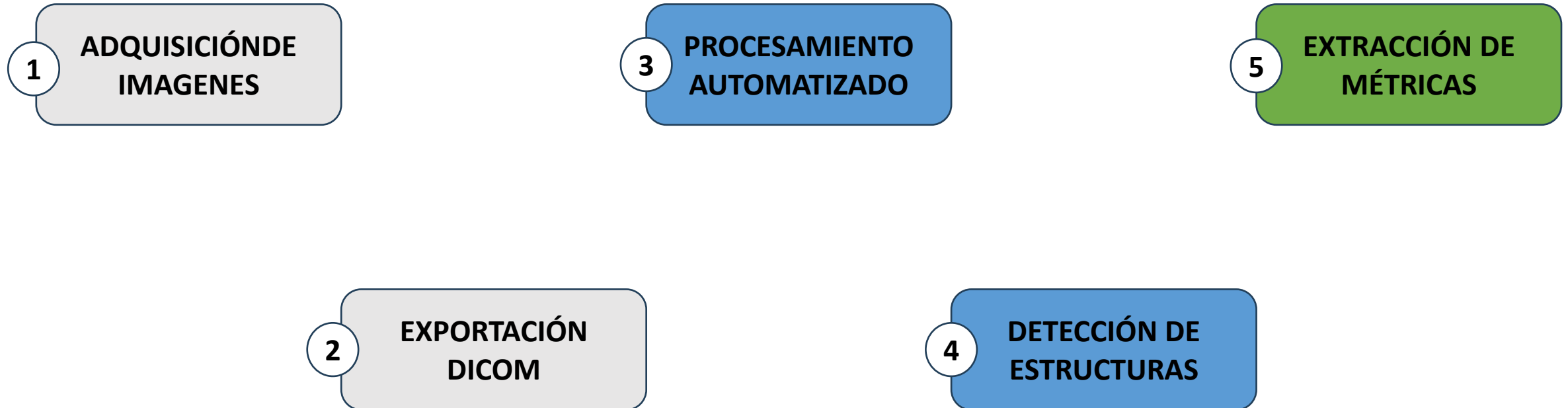
- La evaluación de la calidad de imagen es un componente fundamental de los programas de control de calidad en radiodiagnóstico, permitiendo mantener el equilibrio entre calidad diagnóstica y dosis de radiación
 - Tradicionalmente, esta evaluación se ha basado en métodos visuales subjetivos mediante maniquíes físicos (phantoms), lo que puede introducir variabilidad interobservador
 - El desarrollo reciente de herramientas de procesamiento digital de imagen permite aplicar métodos cuantitativos automatizados, capaces de generar métricas objetivas y reproducibles de calidad de imagen
-

OBJETIVO

Aplicar herramientas de procesamiento digital de imagen al análisis automatizado de imágenes DICOM obtenidas con phantoms de control de calidad para obtener métricas cuantitativas de resolución espacial y contraste que complementen la evaluación visual convencional

MATERIAL Y METODOS

FLUJO DE ANÁLISIS CUANTITATIVO DE CALIDAD DE IMAGEN



MATERIAL Y METODOS

1

ADQUISICIÓN DE IMAGENES

Adquisición de imágenes mediante fluoroscopia y mamografía utilizando phantoms de control de calidad TOR TVF y TOR MAX



Sistema de fluoroscopia y sistema de mamografía del Hospital Universitario de La Princesa



Test Object Radiography (TOR) para Televisión Fluoroscópica (TVF):

- 14 discos de bajo contraste
- Patrón de líneas de resolución
- Evaluación de resolución espacial y de contraste

MATERIAL Y METODOS

1

ADQUISICIÓN DE IMAGENES

Las imágenes se adquirieron en equipos de fluoroscopia y mamografía del Hospital Universitario de La Princesa utilizando phantoms de control de calidad:

- TOR-TVF (Test Object Radiography para Televisión Fluoroscópica)
- TOR-MAX para mamografía



Sistema de fluoroscopia y sistema de mamografía del Hospital Universitario de La Princesa

2

EXPORTACIÓN DICOM

Exportación de imágenes en formato DICOM para su análisis computacional

MATERIAL Y METODOS

2

EXPORTACIÓN DICOM

Se empleo software de código abierto (Python e ImageJ) para el análisis cuantitativo de los ficheros DICOM
(El uso de este software se encuentra recomendado por organismos como la IAEA para garantizar reproducibilidad y trazabilidad en los programas de control de calidad)



Validación y control de calidad de datos

- Confirmar calidad técnica de archivos
- Conversión a formatos compatibles con Python
- Comprobación de análisis ROI, extracción de perfiles de intensidad y validación de las métricas obtenidas mediante los algoritmos de Python

MATERIAL Y METODOS

3

PROCESAMIENTO AUTOMATIZADO

Se empleo software de **código abierto** (Python e ImageJ) para el análisis cuantitativo de los ficheros DICOM



- Preprocesamiento de imágenes DICOM (normalización y filtrado gaussiano)
- Detección de bordes mediante el algoritmo Canny
- Detección de estructuras geométricas mediante transformadora de Hough
- Definición automática de regiones de interés (ROI)
- Extracción de perfiles de intensidad para evaluar la resolución espacial y evaluación automática de resolución de contraste



4

DETECCIÓN DE ESTRUCTURAS

MATERIAL Y METODOS

3

PROCESAMIENTO AUTOMATIZADO

Se empleo software de **código abierto** (Python e ImageJ) para el análisis cuantitativo de los ficheros DICOM



- Preprocesamiento de imágenes DICOM (normalización y filtrado gaussiano)
- Detección automática del patrón de barras del phantom
- Extracción de perfiles de intensidad y cálculo de resolución espacial (frecuencia de Nysquist)
- Evaluación de contraste mediante detección automática de discos de bajo contraste
- Realce de contraste (CLAHE) y detección de estructuras mediante umbralización adaptativa y transformadora de Hough



4

DETECCIÓN DE ESTRUCTURAS

MATERIAL Y METODOS

3

**PROCESAMIENTO
AUTOMATIZADO**

4

**DETECCIÓN DE
ESTRUCTURAS**

Análisis automatizado basado en procesamiento de imagen para la evaluación objetiva y reproducible de la calidad de imagen en radiodiagnostico

MATERIAL Y METODOS

5

EXTRACCIÓN DE MÉTRICAS

La combinación de ImageJ y Python permite obtener métricas objetivas para la evaluación de la calidad de imagen

- Resolución espacial
 - Capacidad para distinguir dos objetos adyacentes separados
- Contraste
 - Capacidad para diferenciar estructuras con distinta atenuación
- Ruido
 - Enmascaramiento de hallazgos por alteraciones aleatorias de intensidad

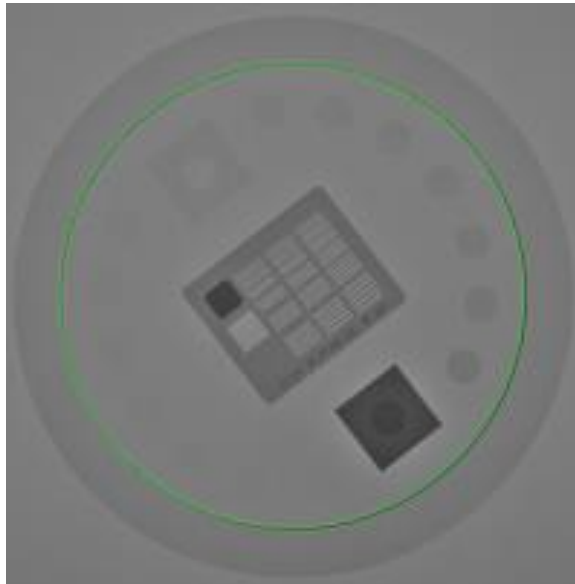
CALIDAD

MATERIAL Y METODOS

5

EXTRACCIÓN DE MÉTRICAS

Contraste = Diferenciar tejidos de distinta atenuación



*Test Object Radiography
(TOR) para Televisión
Fluoroscópica (TVF):*

El algoritmo identifica automáticamente el contorno circular del maniquí, definiendo la **región de interés (ROI)**



MATERIAL Y METODOS

Contraste = Diferenciar tejidos de distinta atenuación

5

EXTRACCIÓN DE
MÉTRICAS

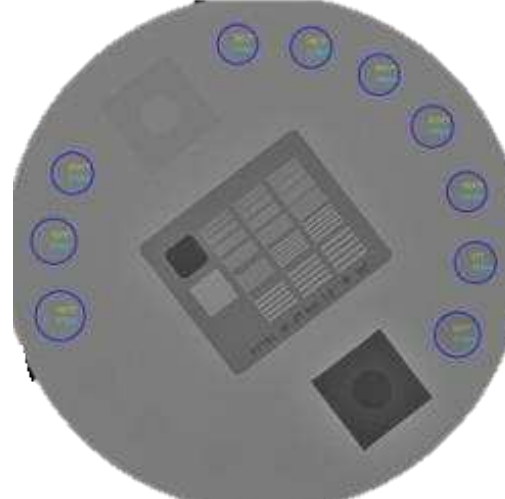
3

PROCESAMIENTO
AUTOMATIZADO



4

DETECCIÓN DE
ESTRUCTURAS



Binarización de la imagen para facilitar la detección automática de bordes

Detección automática de **discos de distinta densidad** para cuantificar la resolución de contraste (establecido por el círculo de menor densidad identificado)

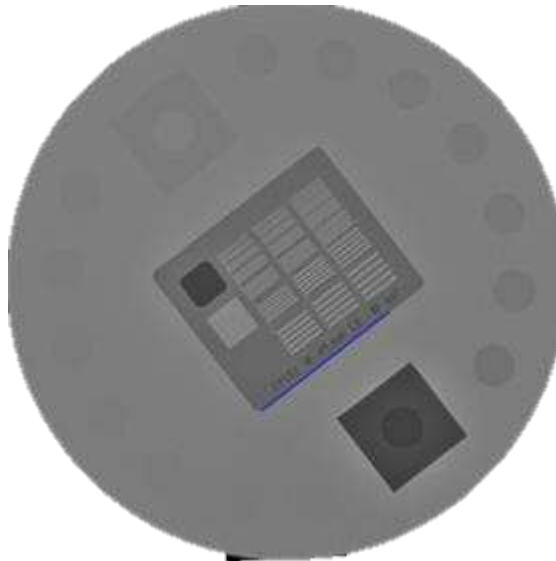


MATERIAL Y METODOS

5

EXTRACCIÓN DE MÉTRICAS

Resolución espacial = Distinguir dos objetos adyacentes separados



*Test Object Radiography
(TOR-TV):*

- El algoritmo analiza el patrón de barras del phantom mediante perfiles de intensidad extraídos perpendicularmente a **línea de mayor contraste**
- La detección de picos y separaciones regulares permite estimar la resolución espacial de la imagen



MATERIAL Y METODOS

5

EXTRACCIÓN DE MÉTRICAS

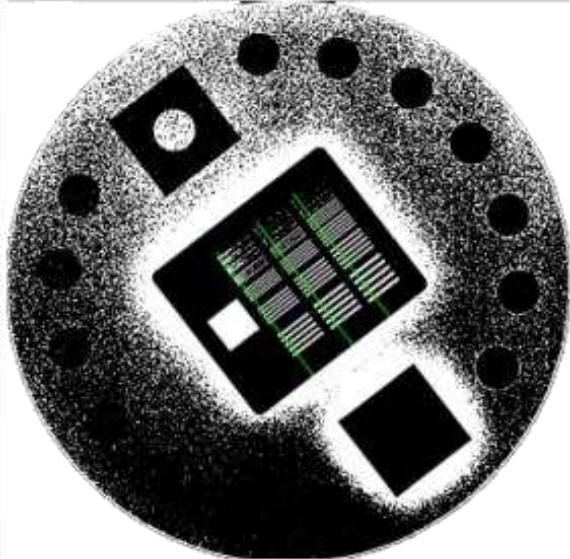
Resolución espacial = Distinguir dos objetos adyacentes separados

3

PROCESAMIENTO
AUTOMATIZADO

4

DETECCIÓN DE
ESTRUCTURAS



- Se extraen perfiles de intensidad y sus picos correspondientes a las barras del phantom
- La separación regular entre picos permite estimar la resolución espacial detectable en la imagen



MATERIAL Y METODOS

5

EXTRACCIÓN DE MÉTRICAS



*Test Object Radiography
(TOR) específico de
mamografía*

Phantom específico para mamografía que simula el espesor y atenuación del tejido mamario mediante bloques de polimetilmetacrilato (PMMA) con disposición semicircular que incluyen elementos de prueba para evaluación de calidad de imagen



MATERIAL Y METODOS

5

EXTRACCIÓN DE MÉTRICAS



*Test Object Radiography
(TOR) específico de
mamografía*

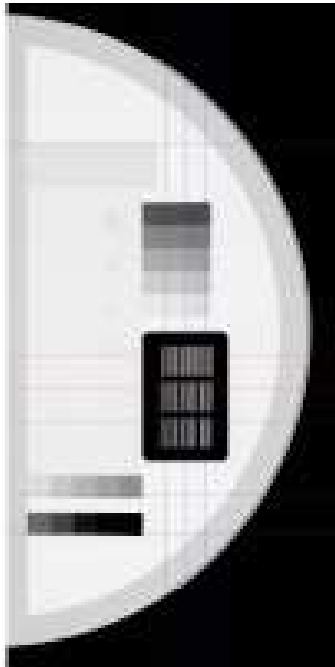
Elementos del phantom utilizados para el análisis automatizado:

- Escalones de PMMA → Escala de grises y relación contraste/ruido
- Patrones de líneas de alta frecuencia → Resolución espacial
- Discos de bajo contraste → Análisis de detectabilidad
- Estructuras filiformes → Simulan ductos/lesiones
- Partículas metálicas → Simulan microcalcificaciones

MATERIAL Y METODOS

5

EXTRACCIÓN DE MÉTRICAS



PROCESAMIENTO AUTOMATIZADO

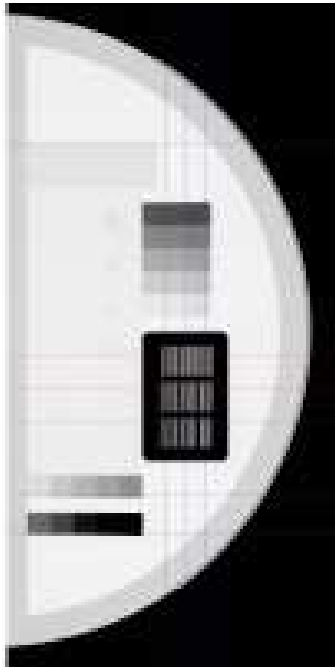
- Algoritmo identifica automáticamente la región correspondiente al phantom dentro de la imagen
- Se delimitan regiones de interés (ROI) asociados a los elementos evaluables
- Se extraen perfiles de intensidad de estas regiones



MATERIAL Y METODOS

5

EXTRACCIÓN DE MÉTRICAS



DETECCIÓN DE ESTRUCTURAS

- Algoritmo analiza las variaciones de intensidad presentes en los elementos phantom
- Se identifican automáticamente patrones estructurados asociados a los insertos
- La detección de los insertos permite evaluar visibilidad y detectabilidad de las estructuras simuladas

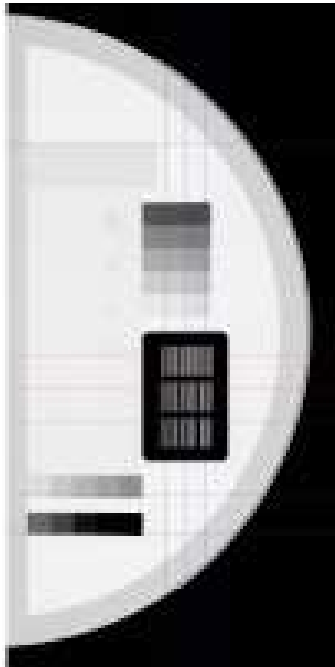


MATERIAL Y METODOS

5

EXTRACCIÓN DE MÉTRICAS

Extracción de métrica cuantitativas asociadas a los elementos del phantom



- El análisis de los perfiles de intensidad permite identificar variaciones de señal y patrones periódicos presentes en la imagen
- Permitiendo evaluar de forma objetiva y reproducible su resolución espacial, resolución de contraste y detectabilidad de estructuras de bajo contraste



Evaluación de calidad de imagen en fluoroscopia



- El análisis automatizado permitió identificar correctamente el patrón de barras del phantom TOR-TVF
- La extracción de perfiles de intensidad permitió estimar la resolución espacial del sistema
- El algoritmo fue capaz de evaluar la resolución de contraste, espacio y fueron coherentes con la inspección visual convencional
- Se obtuvieron métricas objetivas de calidad de imagen a través del procesamiento automatizado

Evaluación de calidad de imagen en mamografía



- El algoritmo identificó correctamente las estructuras evaluables del phantom TOR-MAX
- El análisis de los perfiles de intensidad permitió evaluar la resolución espacial del sistema
- Se evaluó la detectabilidad identificando las estructuras de bajo contraste
- El algoritmo identificó las microestructuras simuladas tipo microcalcificación
- El proceso automatizado permitió obtener parámetros cuantitativos de calidad de imagen

LIMITACIONES

- El análisis se realizó utilizando phantoms de control de calidad, por lo que los resultados reflejan el rendimiento técnico del sistema y no se extrapolan directamente a imágenes clínicas
 - El enfoque presentado se orienta a automatizar el análisis del control de calidad, no es sustituir la evaluación visual realizada por el especialista
 - La implementación se basa en herramientas de procesamiento de imagen de código abierto, cuya configuración puede variar según entorno de análisis
-

CONCLUSIONES

- El uso de herramientas de procesamiento de imagen de código abierto podría automatizar el análisis de imágenes de control de calidad en radiodiagnóstico
 - El procesamiento automatizado facilita la obtención de métricas objetivas, reproducibles y comparables de calidad de imagen.
 - El método permitió evaluar resolución espacial y resolución de contraste en sistemas de fluoroscopia y mamografía
 - Este enfoque puede contribuir a estandarizar el análisis de phantoms en los programas de control de calidad
 - Serán necesarios estudios futuros para extender su aplicación a otros sistemas de radiodiagnóstico e integrarlo en protocolos rutinarios de control de calidad
-

LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

- Optimización y robustez: mejorar la robustez de los algoritmos frente a variaciones en los parámetros técnicos de adquisición (ruido, exposición, artefactos) y desarrollar métodos de calibración automática para minimizar la intervención del usuario
 - Desarrollo de interfaz gráfica (GUI): implementar una interfaz de usuario amigable que permita a profesionales sin conocimientos de programación utilizar la herramienta de forma intuitiva, facilitando su integración en el flujo de trabajo diario
 - Integración con sistemas hospitalarios: explorar la integración con sistemas PACS/RIS y protocolos DICOM, de forma que los análisis puedan ejecutarse de forma automatizada y almacenar los resultados junto a los estudios radiológicos
 - Aplicación en inteligencia artificial: usar los datos y métricas generados para entrenar o validar modelos de inteligencia artificial enfocados a la detección automática de fallos de calidad o la optimización de protocolos de adquisición
-

BIBLIOGRAFÍA

International Electrotechnical Commission, “Medical electrical equipment – characteristics of digital x-ray imaging devices – part 1-1: Determination of the detective quantum efficiency (dqe),” 2015.

M. Walsh, J. Wagner, and K. Jones, “Comparacion de medidas fisicas con apreciacion clinica en fluoroscopia con fantomas leeds,” Radiat. Prot. Dosim., 2005.

A. Tsalaftoutas, P. Dimopoulos, K. Theodorou, and J. Kalef-Ezra, “Evaluation of image quality and patient exposure in fluoroscopy using a phantom: Is there any clinical relevance?,” Eur. J. Radiol., 2021.

A. Cruz, M. Sanchez, and P. Reyes, “Implementacion de software de analisis multicentrico de fantomas acr en mamografia,” JACMP, 2020.

S. Papathanasiou, A. Martinez, and J. Sanchez, “The impact of technical and environmental conditions on the quality assessment in mammography,” Radiography, 2025.

D. R. Dance and K. C. Young, “Investigacion sobre perdida de detalles en mamografia digitalizada,” Phys. Med. Biol., 2011.

Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students. International Atomic Energy Agency (IAEA), 2021. IAEA Human Health Series.
