



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SISTEMA PARA CLASIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE NÓDULOS EN IMÁGENES MAMOGRÁFICAS UTILIZANDO PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES Y REDES NEURONALES.

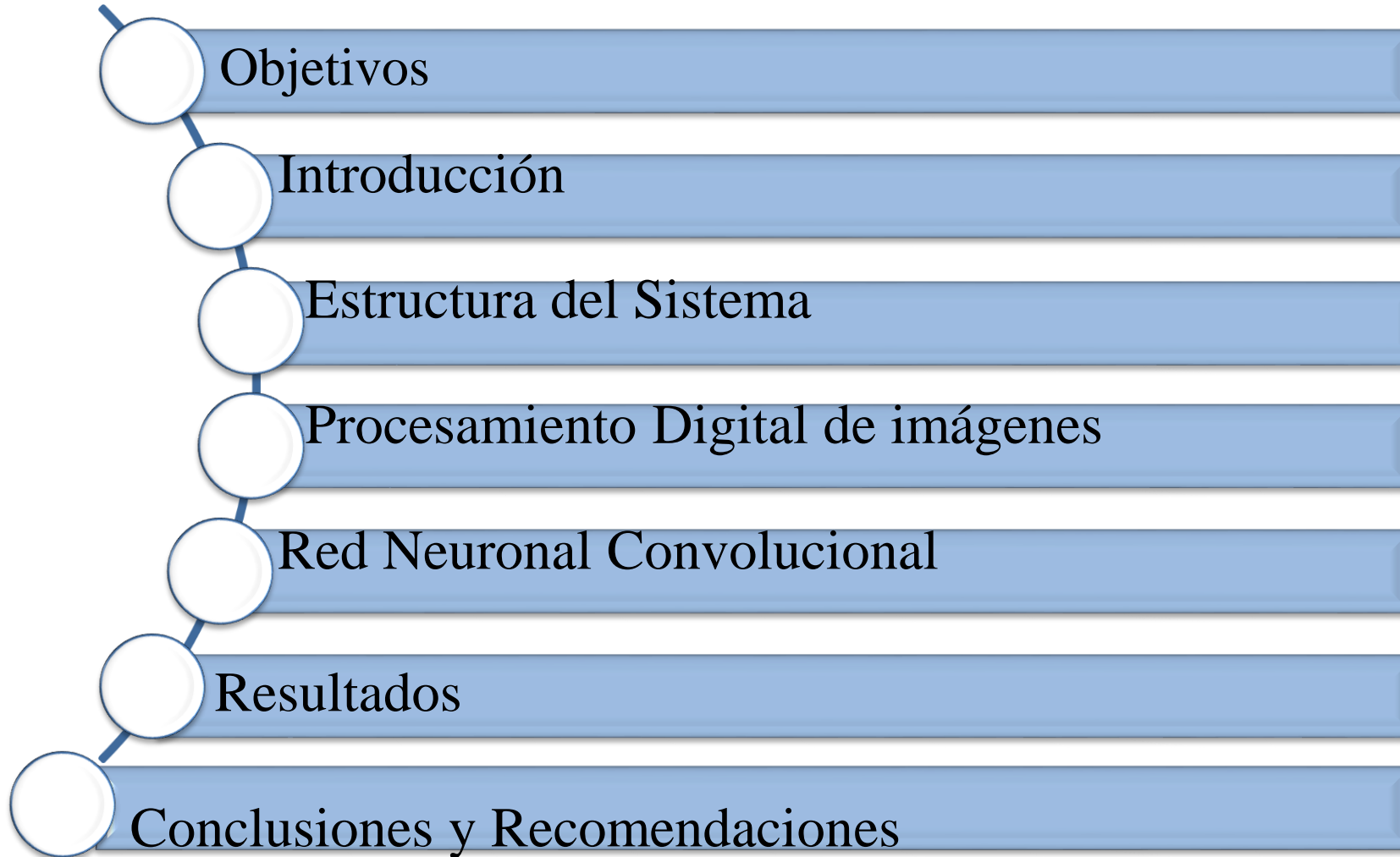
*Autores: Bermeo Calle, Ivonne Alexandra
Chicaiza Sangurima, Jairo Alejandro*

Director: Ing. Galarza Zambrano, Eddie Egberto

Departamento de Eléctrica y Electrónica, Carrera de Ingeniería Electrónica e Instrumentación.



Agenda



Objetivo General:

Desarrollar un sistema para la clasificación y reconocimiento de nódulos en imágenes mamográficas utilizando procesamiento digital de imágenes y redes neuronales.



Objetivos Específicos:

- Identificar los tipos habituales de nódulos que se pueden encontrar en imágenes mamográficas.
- Crear una base de datos con imágenes mamográficas proporcionadas por el centro médico Láser, que presenten nódulos de diferentes tipos.
- Realizar el procesamiento de imagen para extraer las características esenciales de los nódulos en mamografías.
- Desarrollar un método de aprendizaje basado en redes neuronales artificiales para la detección de nódulos en imágenes mamográficas.
- Evaluar los resultados de detección de nódulos en mamografías mediante pruebas que validen el sistema implementado.

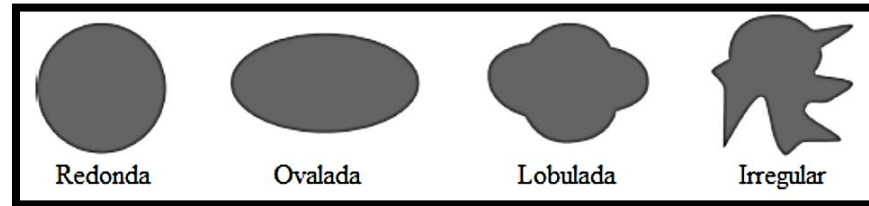


INTRODUCCIÓN

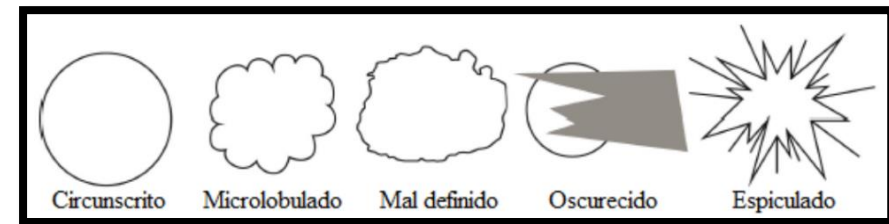
Nódulo

Un nódulo, también conocido como masa, es una protuberancia o un bulto que tiene forma y márgenes.

Formas








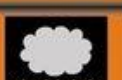






Márgenes



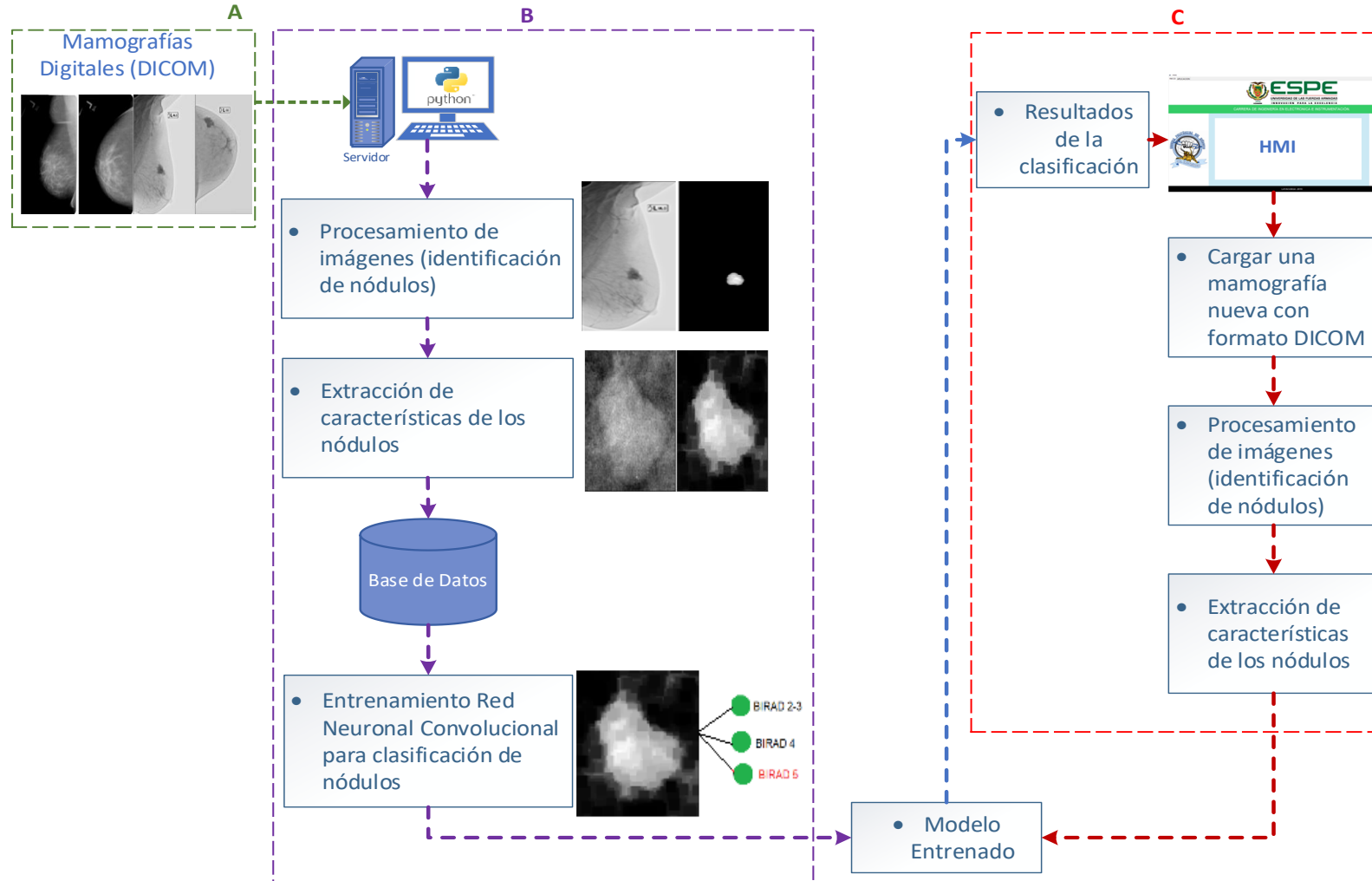
Clasificación BIRADS de nódulos

- BI-RADS significa: Sistema de informes y datos de imágenes mamarias.
- Es un sistema para clasificar los hallazgos mamográficos, y estandariza el informe radiológico.
- Cada una de estas categorías se utiliza para el seguimiento, control y evaluación del caso de estudio.

Categorías BI-RADS 2004. Masas				Román Rostagno y col.
BI-RADS	DESCRIPCIÓN	VPP <small>Value Predictive Positive</small>	HALLAZGOS	SUGERENCIA
BR1	mama normal			control habitual
BR2	patología benigna		 oval con calcificaciones  oval con grasa	control habitual
BR3	sugestiva de benignidad	< 2%	 redondo u oval  lobulada  densidad focal asimétrica	control 6 meses
BR4A	baja a moderada sospecha	~5% 2 al 10%	 redondo u oval palpables  lobulada palpable	punción cito/histológica
BR4B	moderada sospecha	~25% 11 al 40%	 microlobulada metos  parcialmente definidos	estudio histológico
BR4C	moderada a alta sospecha	~70% 41 al 94%	 irregular  totalmente indefinidos	estudio histológico
BR5	alta sospecha (clásica)	~95%	 estelar	estudio histológico
BR6	malignidad confirmada	~100%	anatomía patológica positiva	no hay sugerencias
BR0	estudio insuficiente		opacidades, asimetrías formaciones palpables	estudios complementarios



Estructura del Sistema



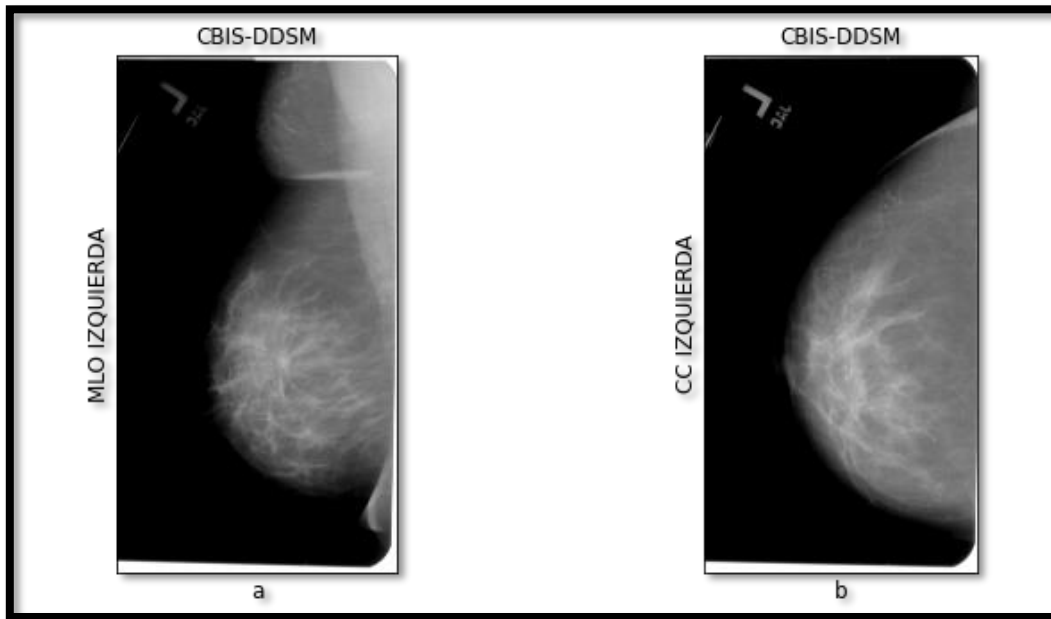
Etapas del Sistema



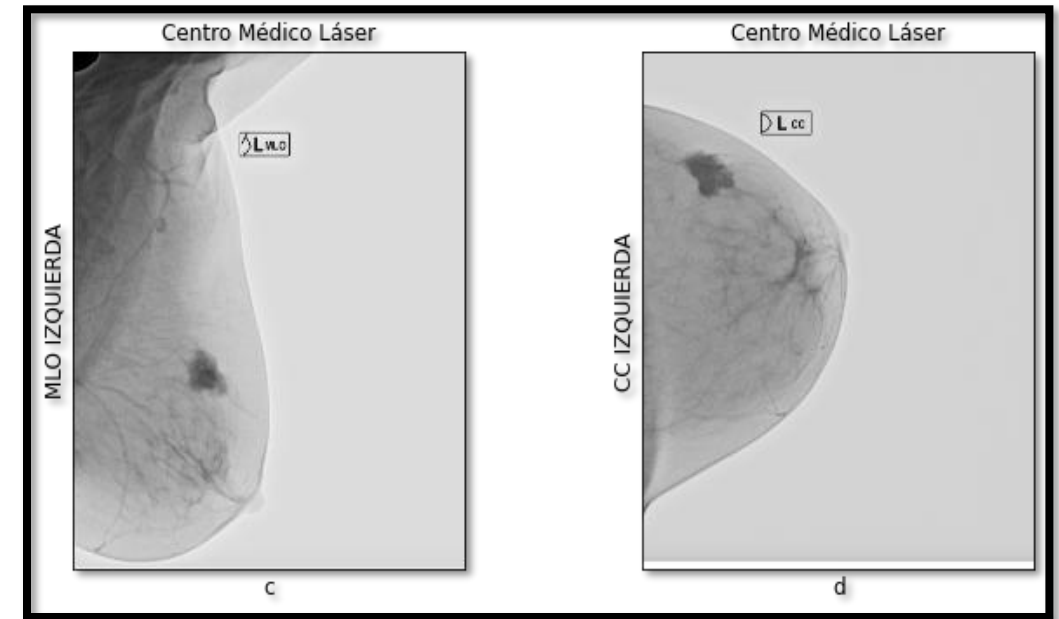
Imágenes mamográficas

Recolección de mamografías

Base de datos mamográfico TCIA CBIS-DDSM



Base de datos mamográfico Centro Médico Láser



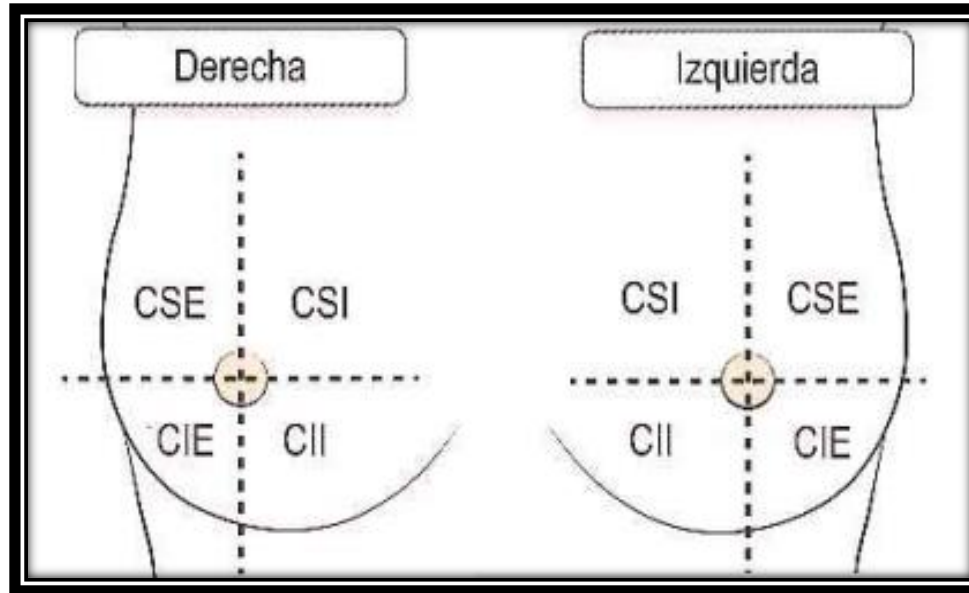
- Las imágenes son de formato DICOM.
- Tipo uint 16, el valor de sus píxeles está en el rango de 0 a 65535.
- Presentan dos proyecciones: MLO (Media-Lateral-Oblicua) (a, c) y Cráneo-Caudal (CC) (b, d).



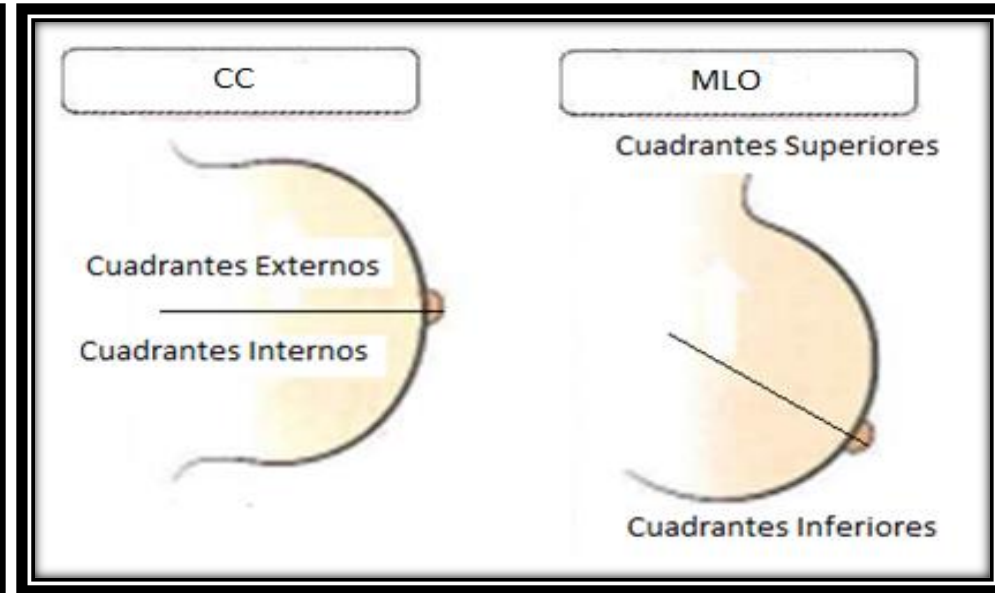
Imágenes mamográficas

Cuadrantes de la mama

La mama se divide en los siguientes cuadrantes: cuadrante superior externo (CSE), cuadrante superior interno (CSI), cuadrante inferior externo (CIE), cuadrante inferior interno (CII)



Ubicación de los cuadrantes en la mama derecha e izquierda

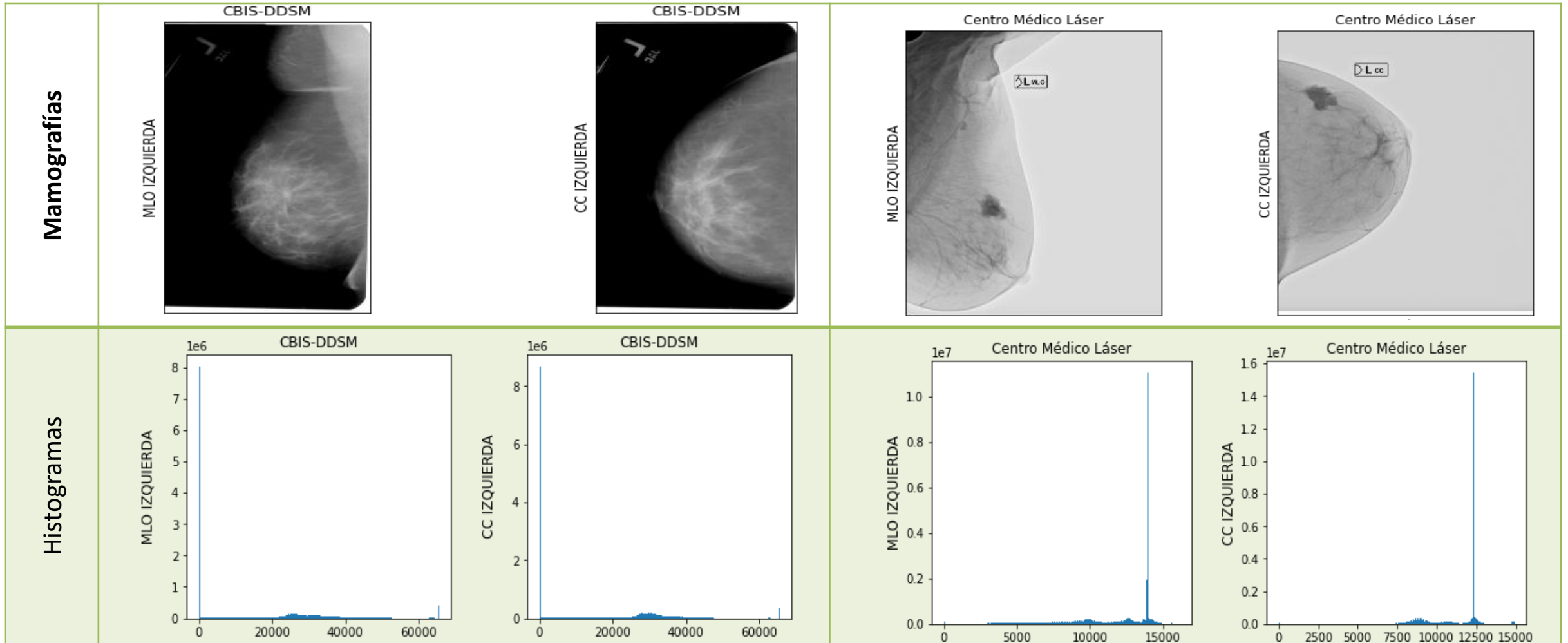


Ubicación de los cuadrantes en la mama de acuerdo a la proyección de la mamografía

Se utilizan para describir la ubicación de las lesiones mamarias encontradas.

Procesamiento digital de imágenes

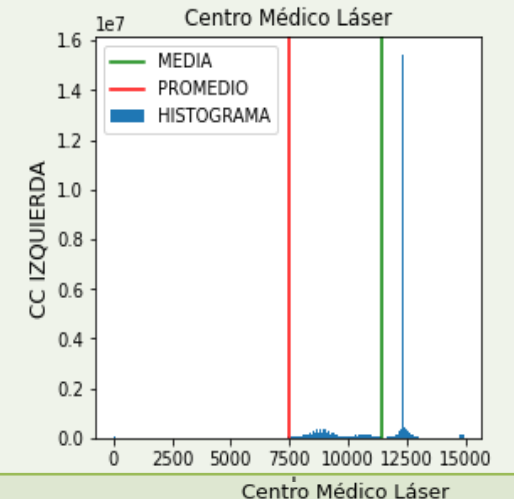
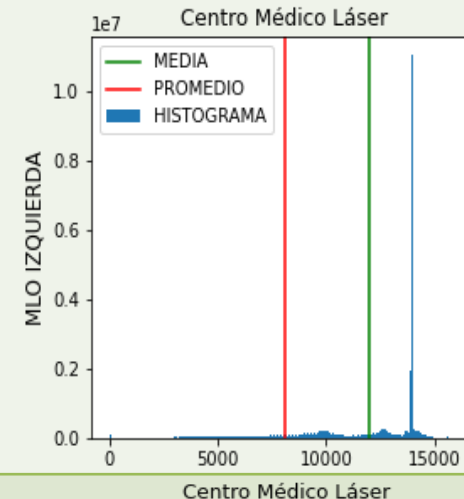
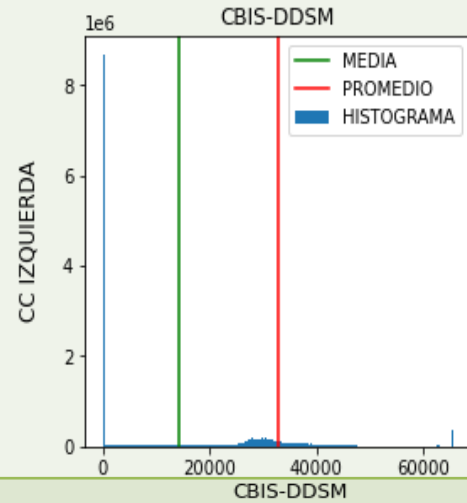
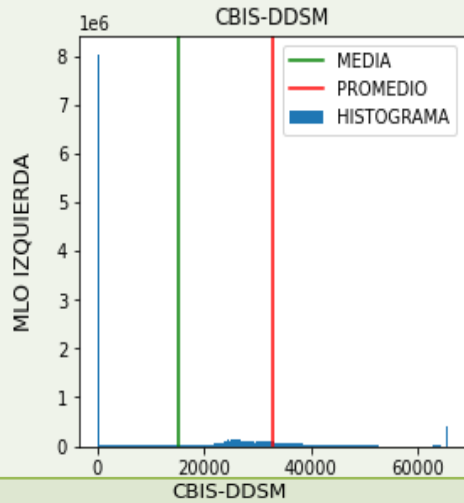
Estandarización de mamografías



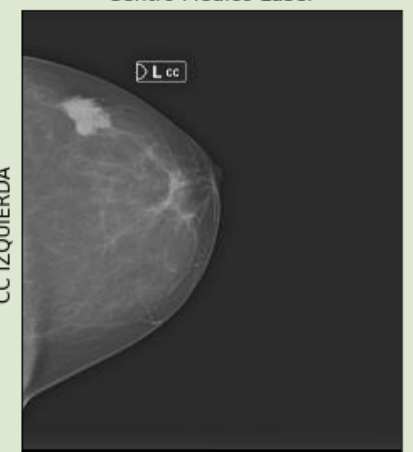
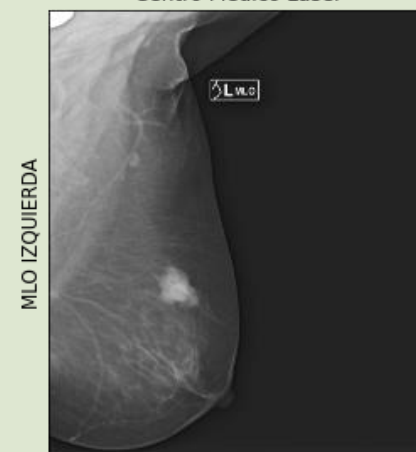
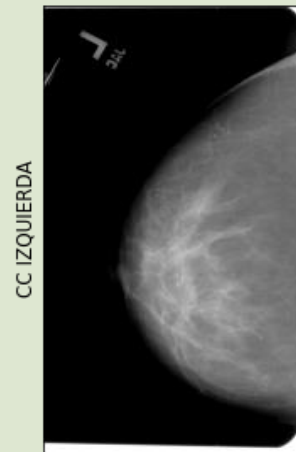
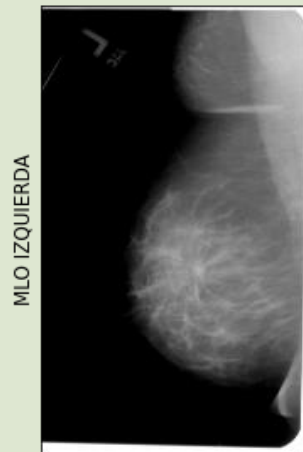
Procesamiento digital de imágenes

Estandarización de mamografías

Histogramas para estandarización



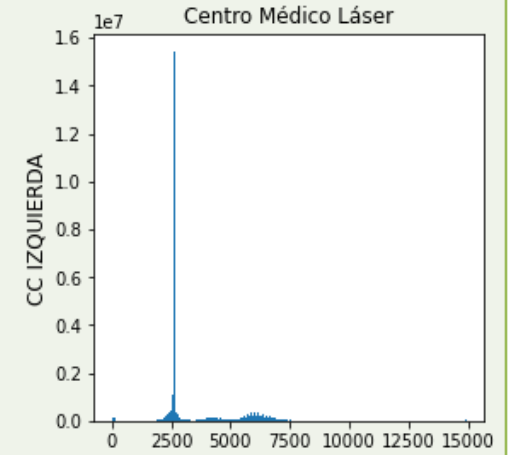
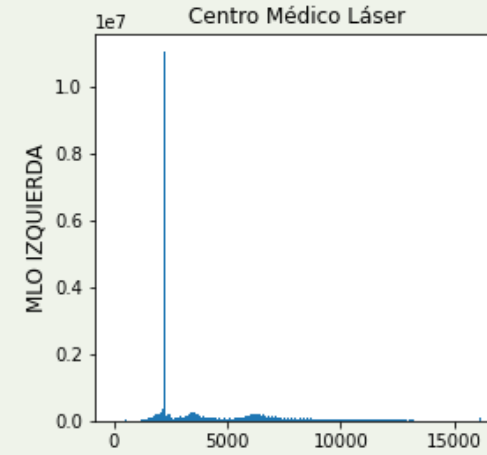
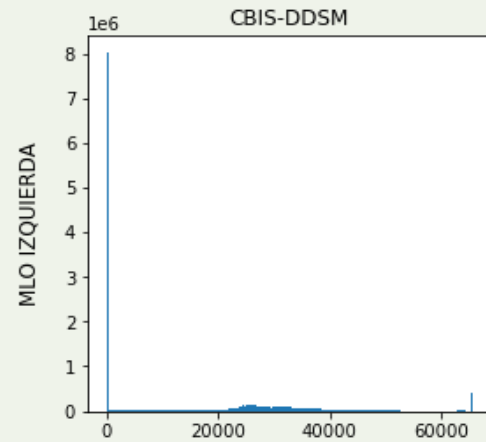
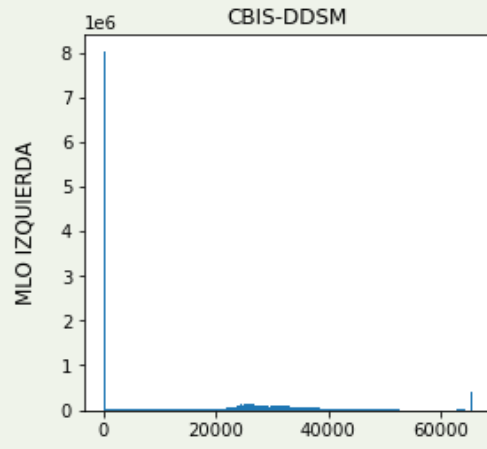
Mamografías



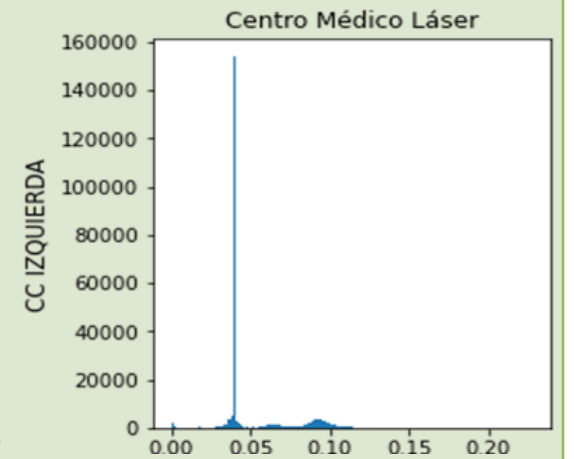
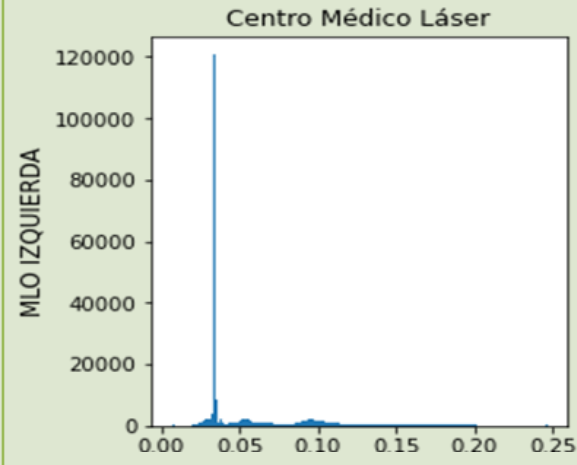
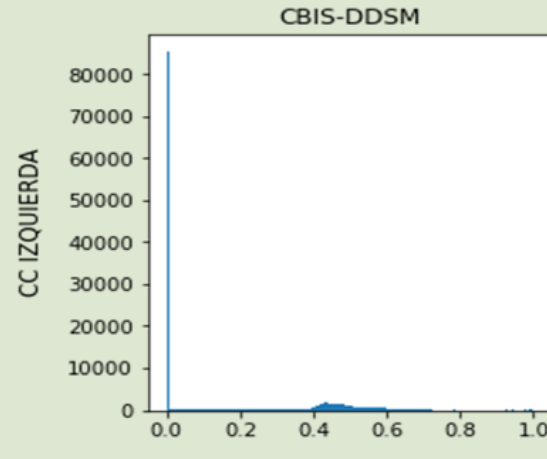
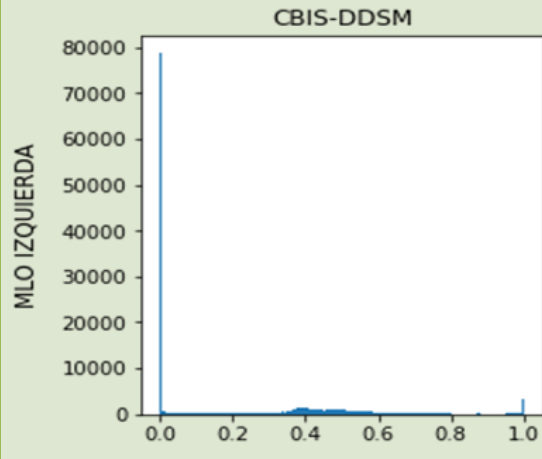
Procesamiento digital de imágenes

Reducción de dimensiones de la mamografías

Histograma de
mamografías con tamaño
real



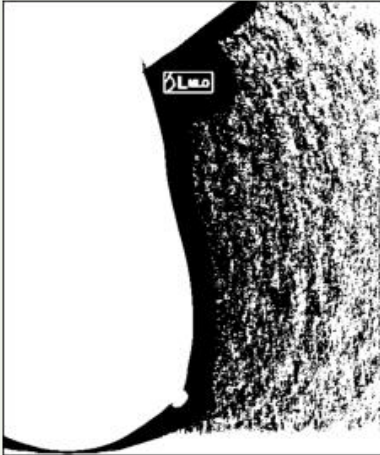
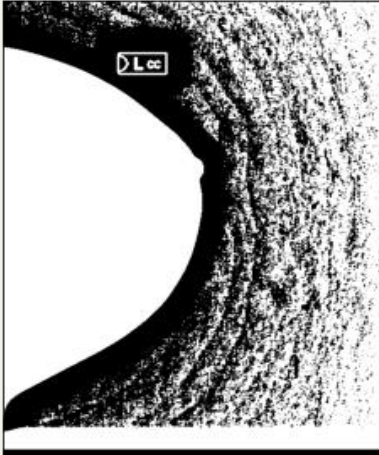


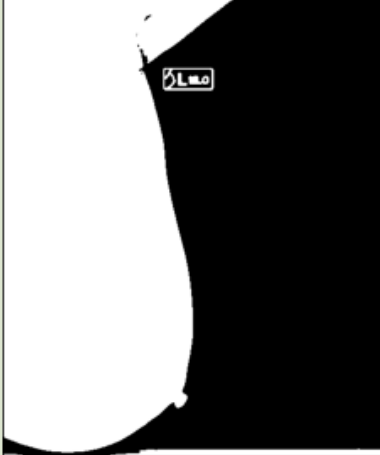
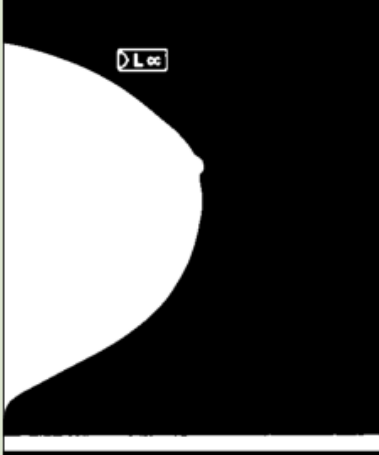


Histograma de
mamografías con tamaño
reducido



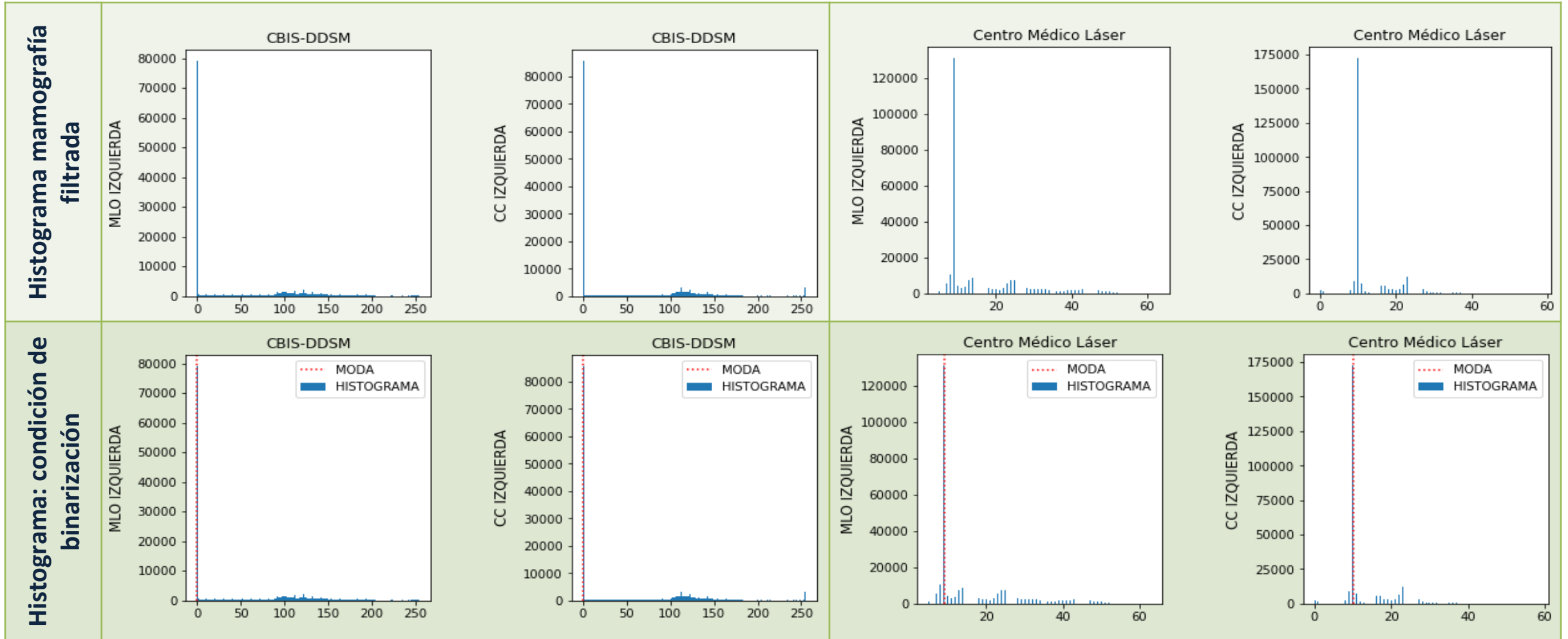
Procesamiento digital de imágenes

Filtro de mediana aplicado a la mamografías

Ruido presente en las mamografías	<p>CBIS-DDSM</p> <p>MLO IZQUIERDA</p> 	<p>CBIS-DDSM</p> <p>CC IZQUIERDA</p> 	<p>Centro Médico Láser</p> <p>MLO IZQUIERDA</p> 	<p>Centro Médico Láser</p> <p>CC IZQUIERDA</p> 
Mamografías después de aplicar el filtro de mediana	<p>CBIS-DDSM</p> <p>MLO IZQUIERDA</p> 	<p>CBIS-DDSM</p> <p>CC IZQUIERDA</p> 	<p>Centro Médico Láser</p> <p>MLO IZQUIERDA</p> 	<p>Centro Médico Láser</p> <p>CC IZQUIERDA</p> 



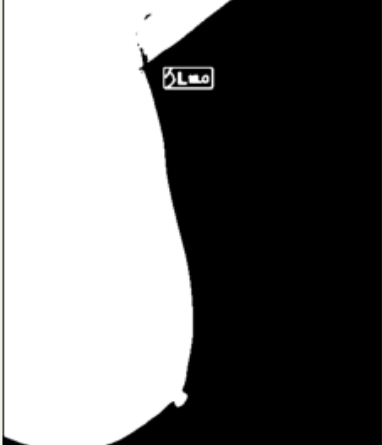
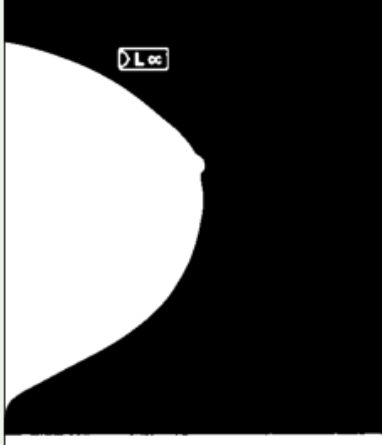

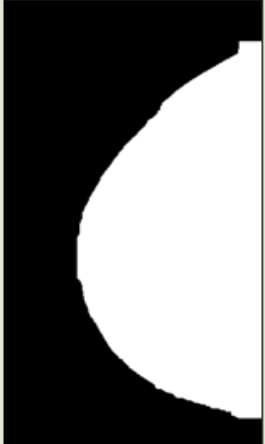
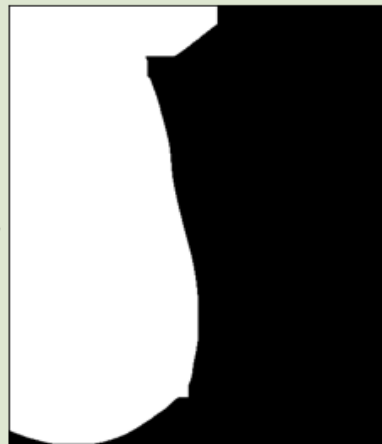
Procesamiento digital de imágenes

Binarización de las mamografías



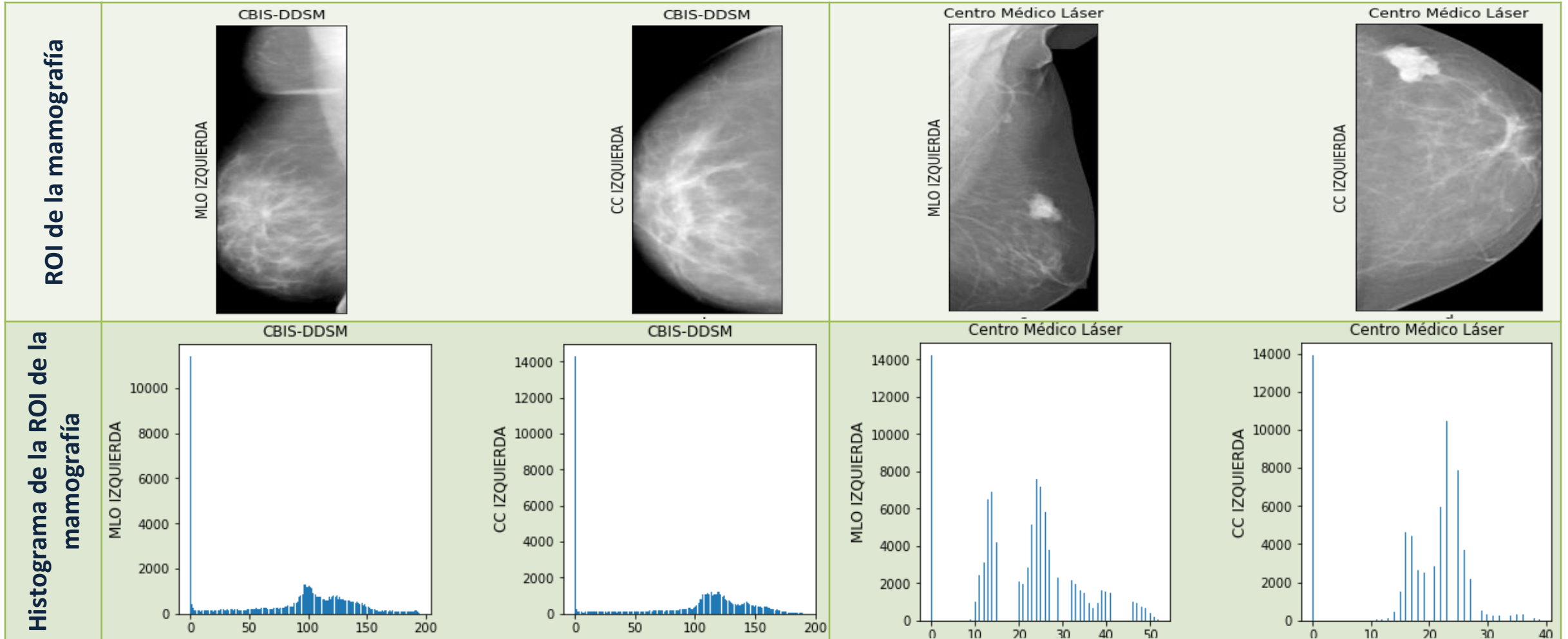
Procesamiento digital de imágenes

Operaciones morfológicas

Mamografía binarizada	<p>CBIS-DDSM</p> <p>MLO IZQUIERDA</p> 	<p>CBIS-DDSM</p> <p>CC IZQUIERDA</p> 	<p>Centro Médico Láser</p> <p>MLO IZQUIERDA</p> 	<p>Centro Médico Láser</p> <p>CC IZQUIERDA</p> 
	Operaciones morfológicas de cierre y apertura	<p>CBIS-DDSM</p> <p>MLO IZQUIERDA</p> 	<p>CBIS-DDSM</p> <p>CC IZQUIERDA</p> 	<p>Centro Médico Láser</p> <p>MLO IZQUIERDA</p> 

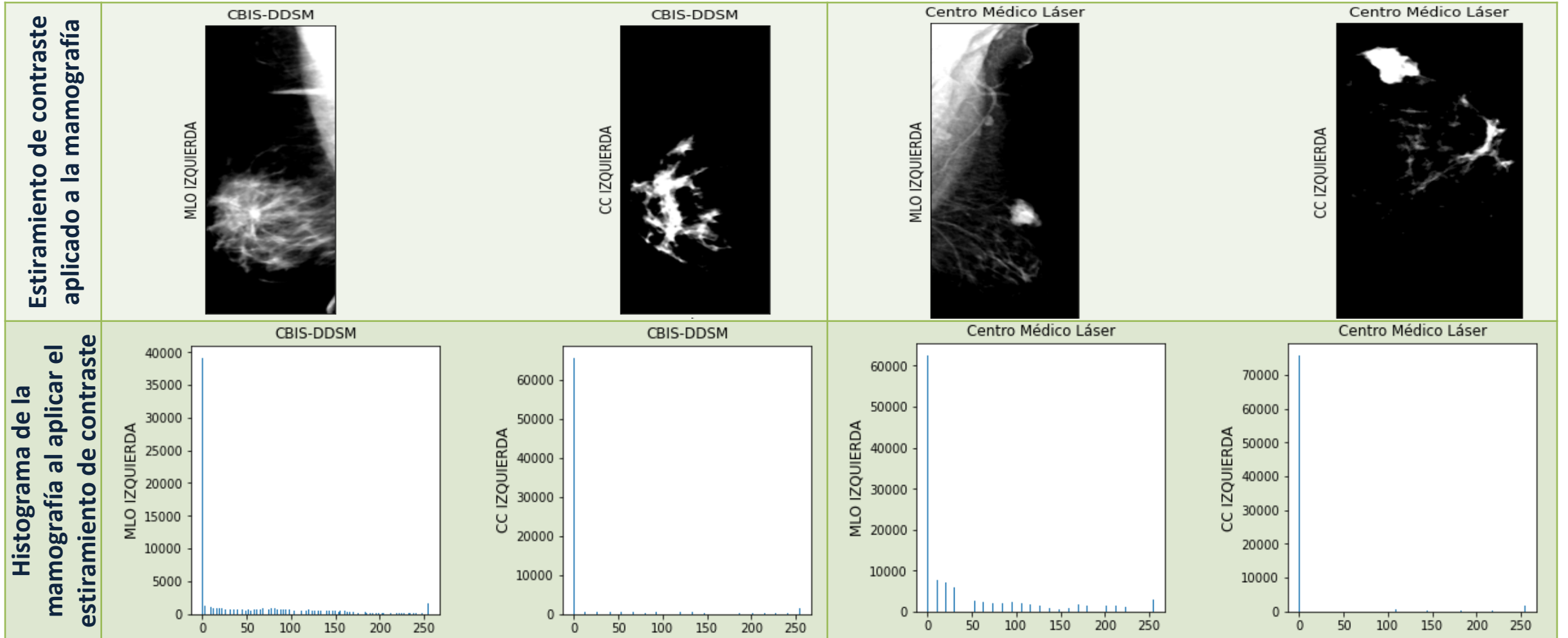
Procesamiento digital de imágenes

Región de interés (ROI)



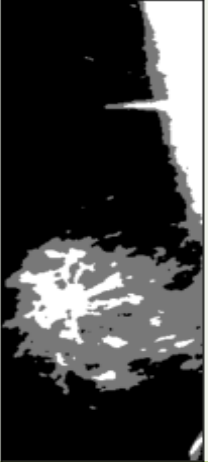

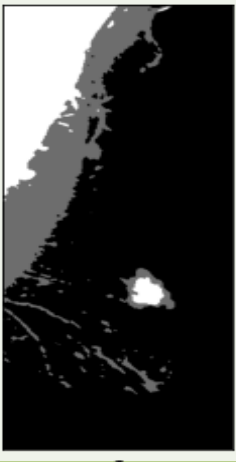




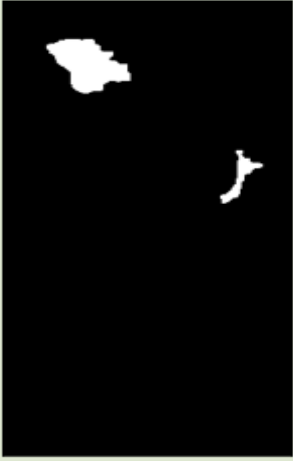
Procesamiento digital de imágenes

Estiramiento de contraste





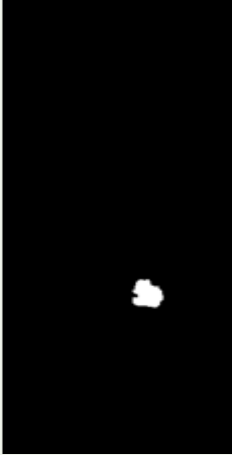




Procesamiento digital de imágenes

Segmentación utilizando el algoritmo de clasificación no supervisado k-means

Algoritmo k-means	CBIS-DDSM MLO IZQUIERDA 	CBIS-DDSM CC IZQUIERDA 	Centro Médico Láser MLO IZQUIERDA 	Centro Médico Láser CC IZQUIERDA 
Segmentación de la mamografía	CBIS-DDSM MLO IZQUIERDA 	CBIS-DDSM CC IZQUIERDA 	Centro Médico Láser MLO IZQUIERDA 	Centro Médico Láser CC IZQUIERDA 

Procesamiento digital de imágenes

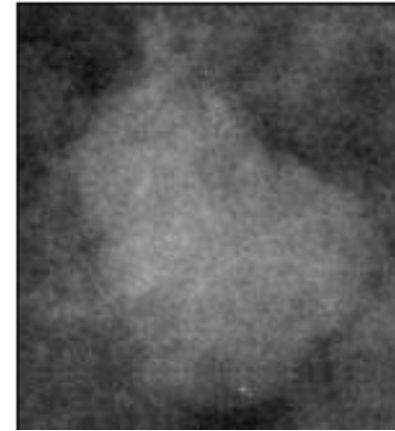
Extracción de los nódulos presentes

Exclusión del musculo en mamografías de proyección MLO	CBIS-DDSM MLO IZQUIERDA 	CBIS-DDSM CC IZQUIERDA 	Centro Médico Láser MLO IZQUIERDA 	Centro Médico Láser CC IZQUIERDA 
	Extracción de nódulos mamarios	CBIS-DDSM MLO IZQUIERDA 	CBIS-DDSM CC IZQUIERDA 	Centro Médico Láser MLO IZQUIERDA 

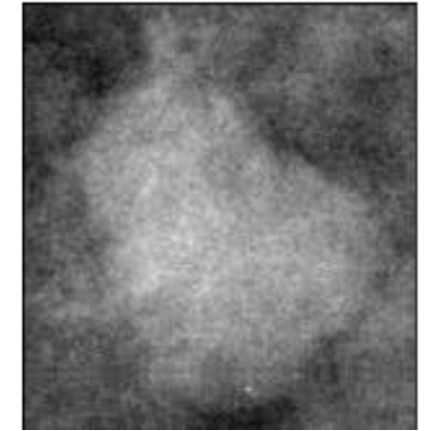
Extracción de características

- Conversión de formato DICOM a JPG
- Se elimina información innecesaria
- Se resalta características importantes
- Se utilizan técnicas de ecualización del histograma, operaciones morfológicas de apertura y erosión.

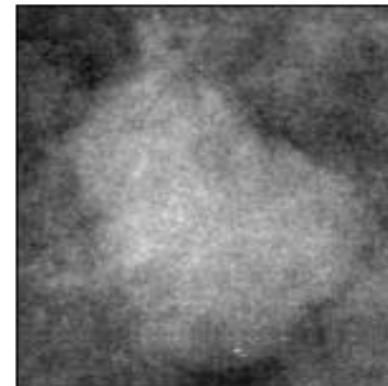
DICOM



JPG



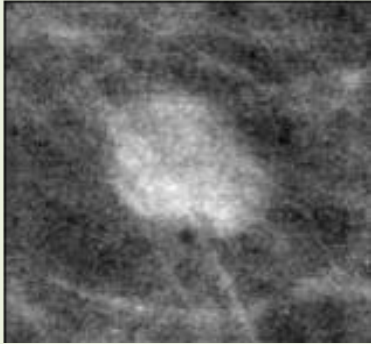
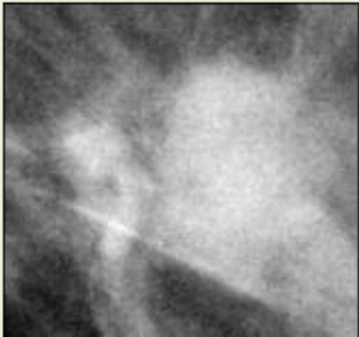


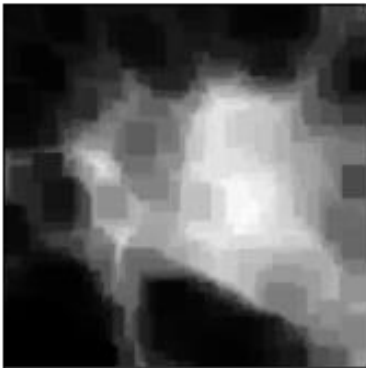
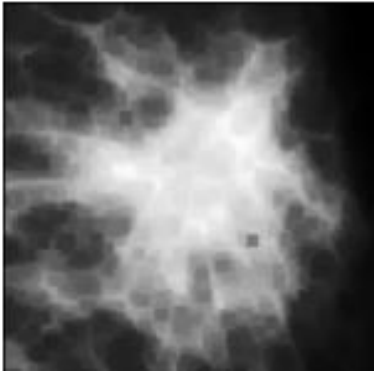
NÓDULO JPG



EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

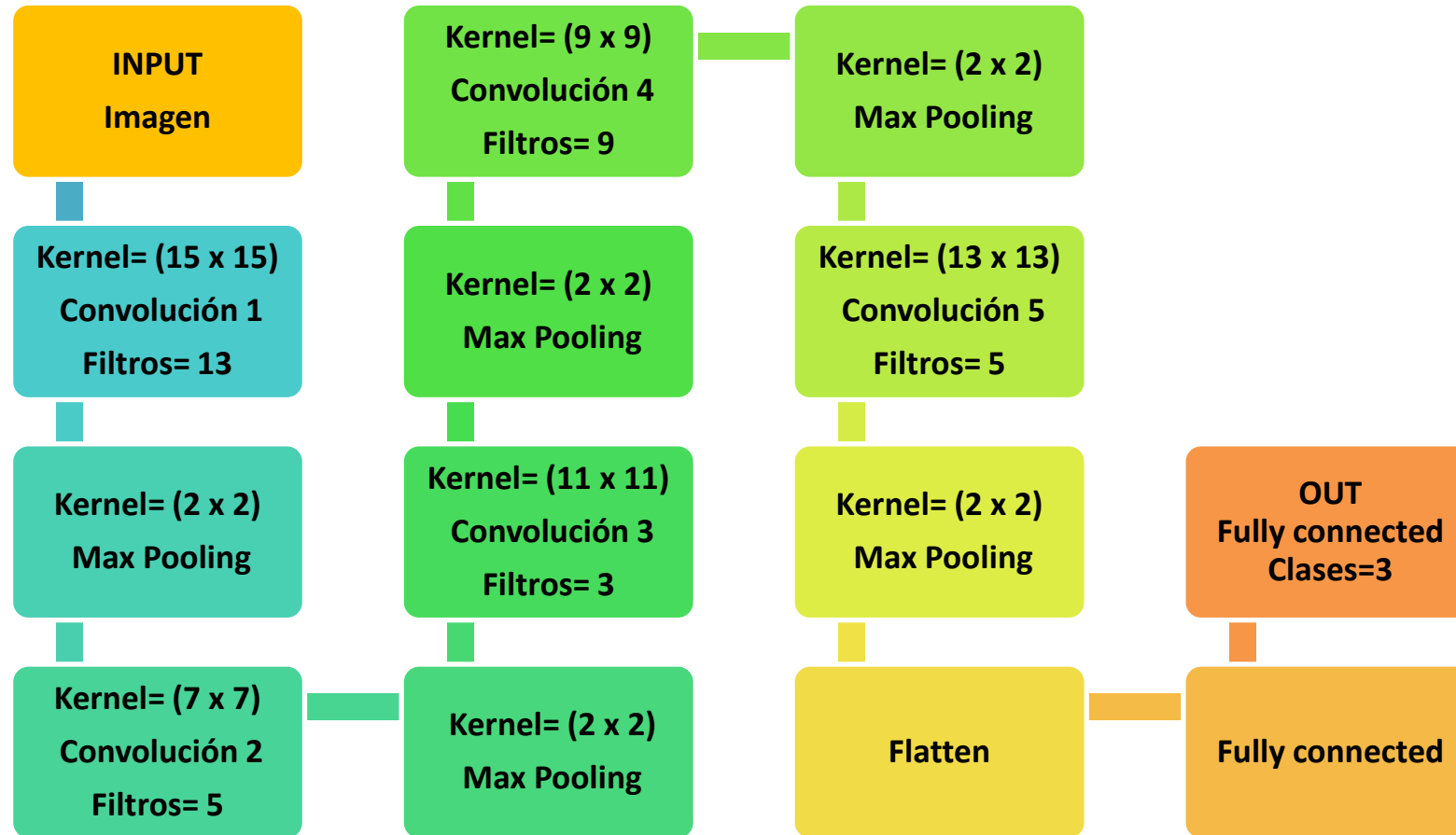


Extracción de características

	BIRADS 2-3	BIRADS 4	BIRADS 5
Nódulos en formato JPG	<p>JPG</p> 	<p>JPG</p> 	<p>JPG</p> 
Extracción de características, formato PNG			

Red neuronal convolucional (CNN)

Estructura de la CNN implementada

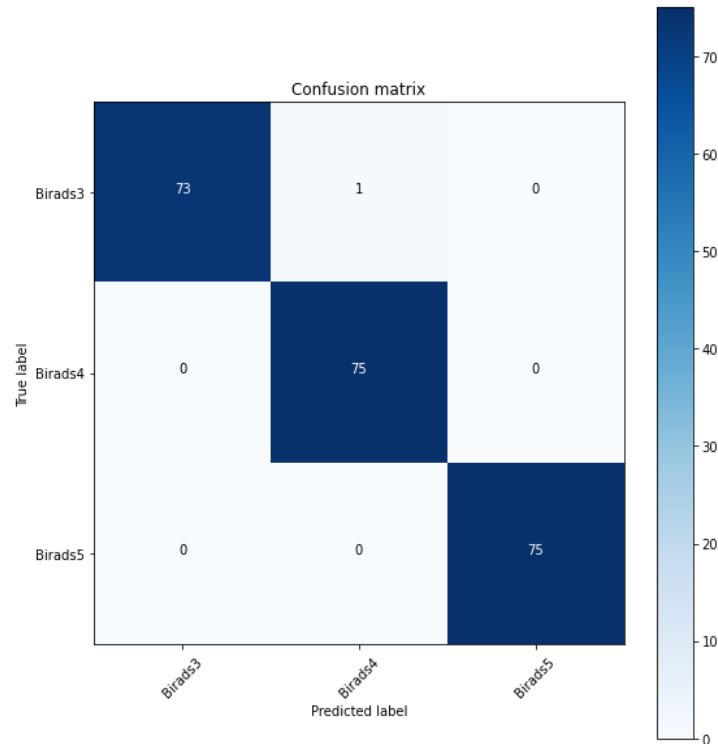


Interfaz gráfica



Resultados

Entrenamiento red neuronal convolucional

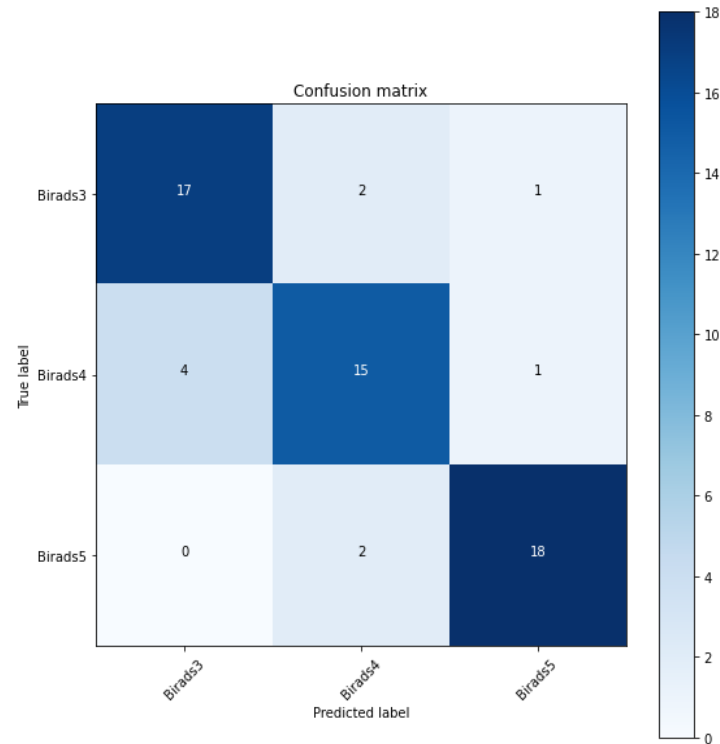


	Precisión	Recall	F1-score	Support
BIRAD 2-3	1.000	0.986	0.993	74
BIRAD 4	0.987	1.000	0.993	75
BIRAD 5	1.000	1.000	1.000	75
accuracy			0.996	224
Macro avg	0.996	0.995	0.996	224
Weighted avg	0.996	0.996	0.996	224



Resultados

Validación red neuronal convolucional



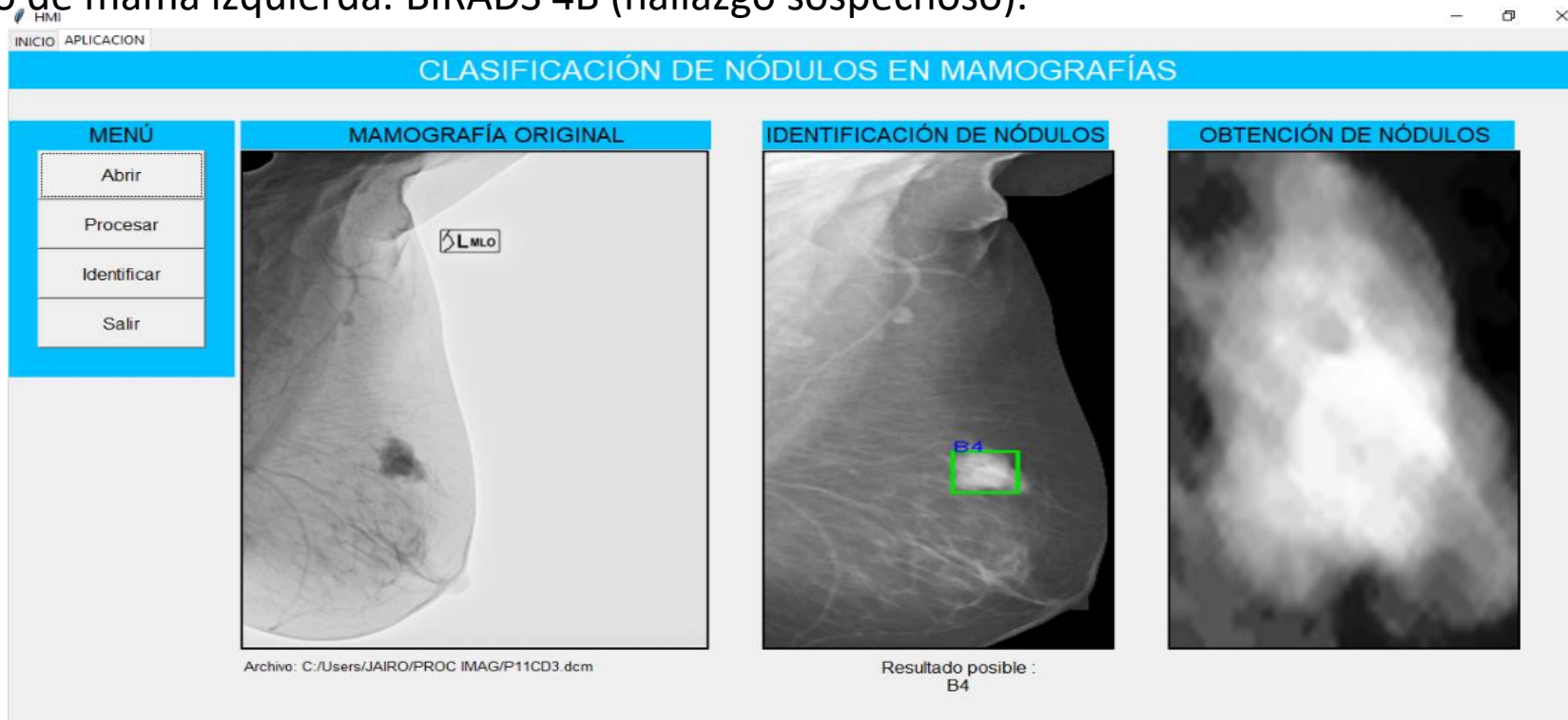
	Precisión	Recall	F1-score	Support
BIRAD 2-3	0.810	0.850	0.829	20
BIRAD 4	0.789	0.750	0.769	20
BIRAD 5	0.900	0.900	0.900	20
Accuracy			0.833	60
Macro avg	0.833	0.833	0.833	60
Weighted avg	0.833	0.833	0.833	60



Resultados

Sistema para clasificación y reconocimiento de nódulos mamarios

Paciente 1: Imagen nodular densa, irregular, con márgenes lobulados de 23 x 33 mm localizada en el cuadrante supero-externo de mama izquierda. BIRADS 4B (hallazgo sospechoso).



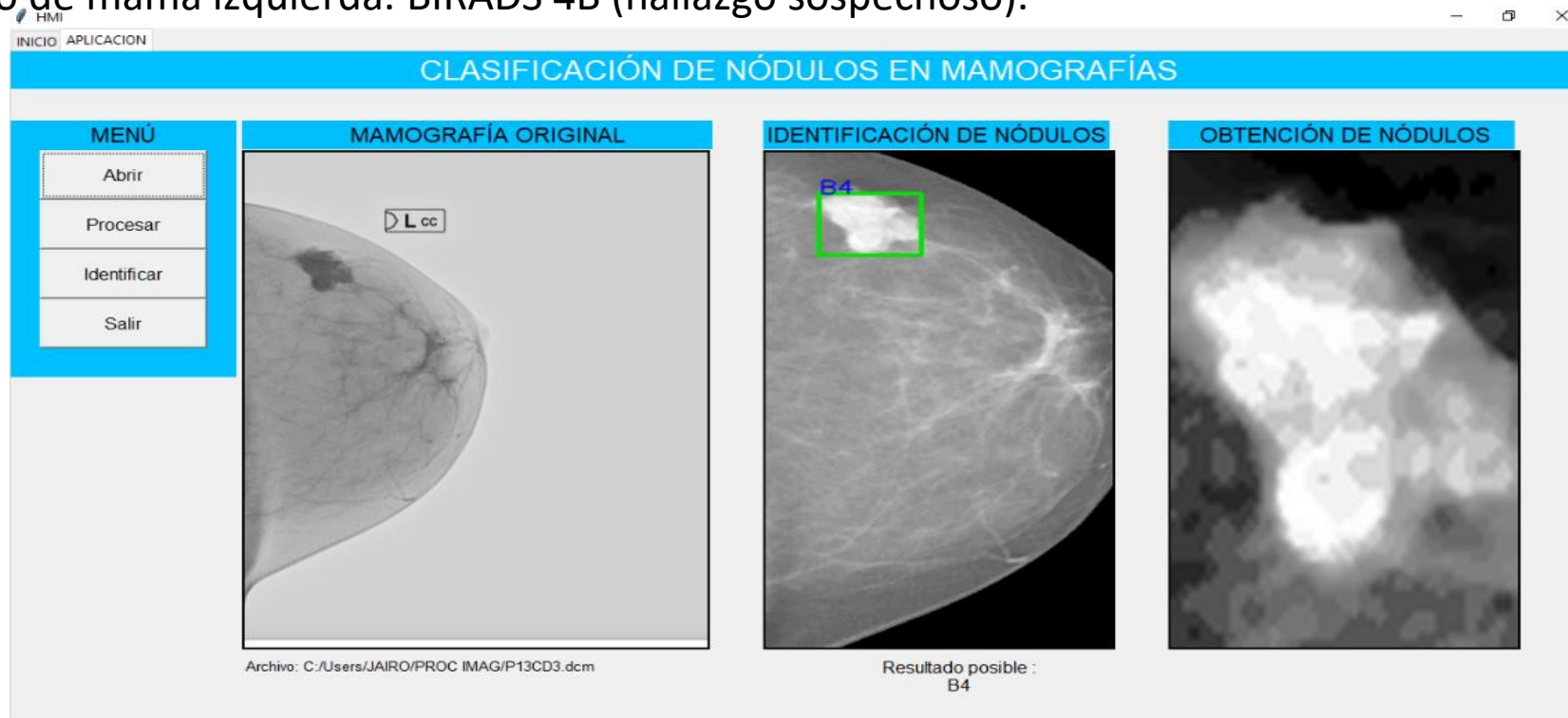
El sistema clasifica al nódulo detectado en la mamografía de proyección MLO como BIRADS 4



Resultados

Sistema para clasificación y reconocimiento de nódulos mamarios

Paciente 1: Imagen nodular densa, irregular, con márgenes lobulados de 23 x 33 mm localizada en el cuadrante supero-externo de mama izquierda. BIRADS 4B (hallazgo sospechoso).



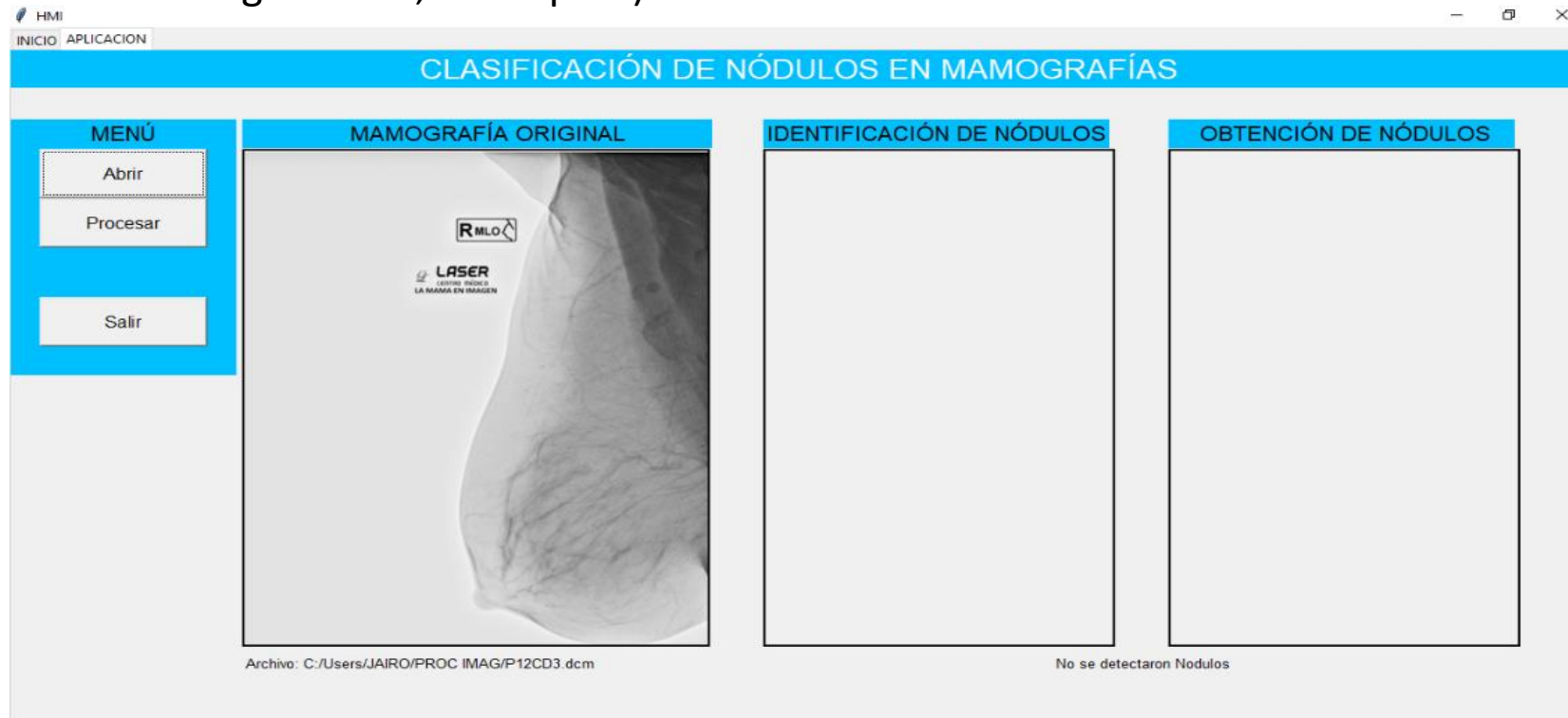
El sistema clasifica al nódulo detectado en la mamografía de proyección CC como BIRADS 4



Resultados

Entrenamiento red neuronal convolucional

Paciente 2: El diagnóstico médico proporcionado por el centro médico Láser es: BIRADS 1 (Se observan sectores dispersos de densidad fibroglandular, ACR tipo B).



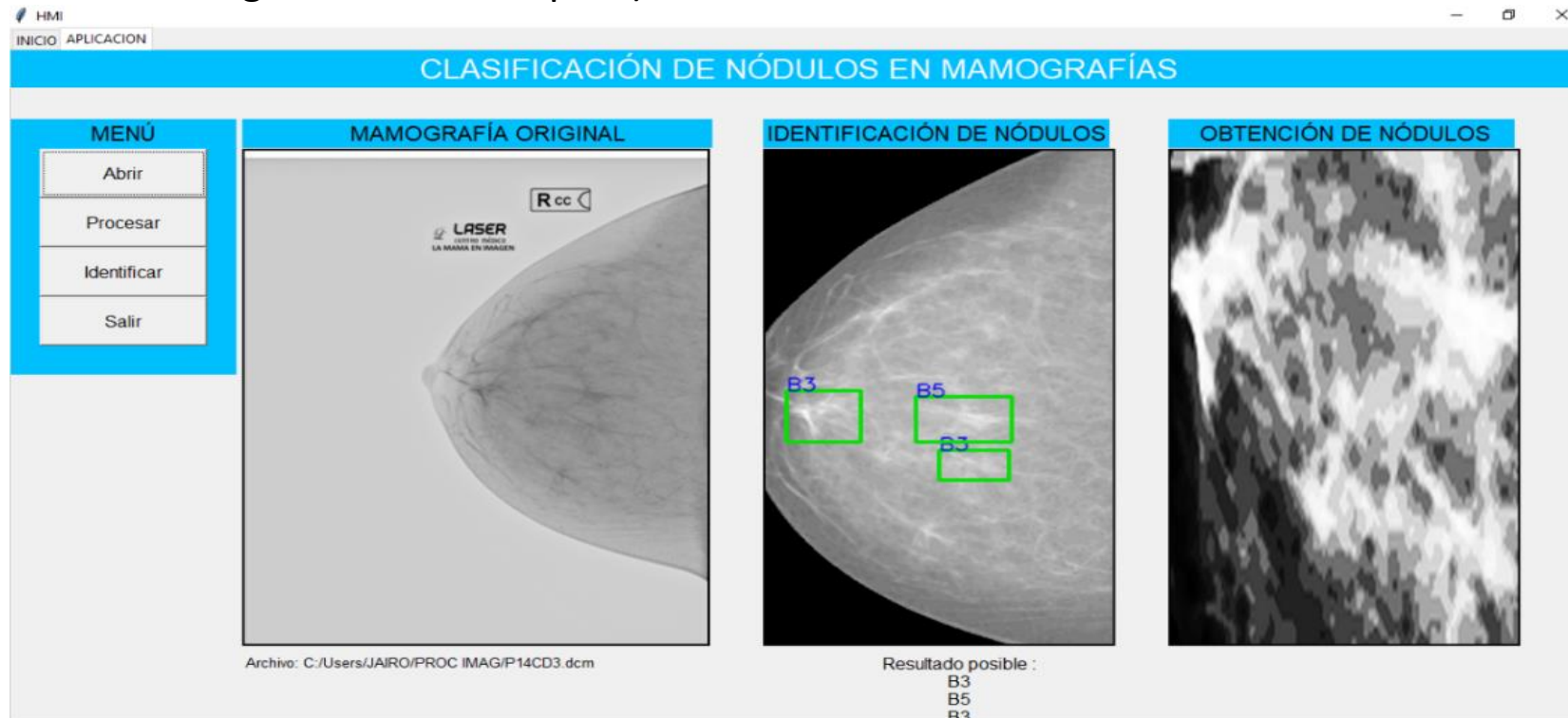
El sistema no detecta nódulos en la mamografía de proyección MLO.



Resultados

Entrenamiento red neuronal convolucional

Paciente 2: El diagnóstico médico proporcionado por el centro médico Láser es: BIRADS 1 (Se observan sectores dispersos de densidad fibroglandular, ACR tipo B).



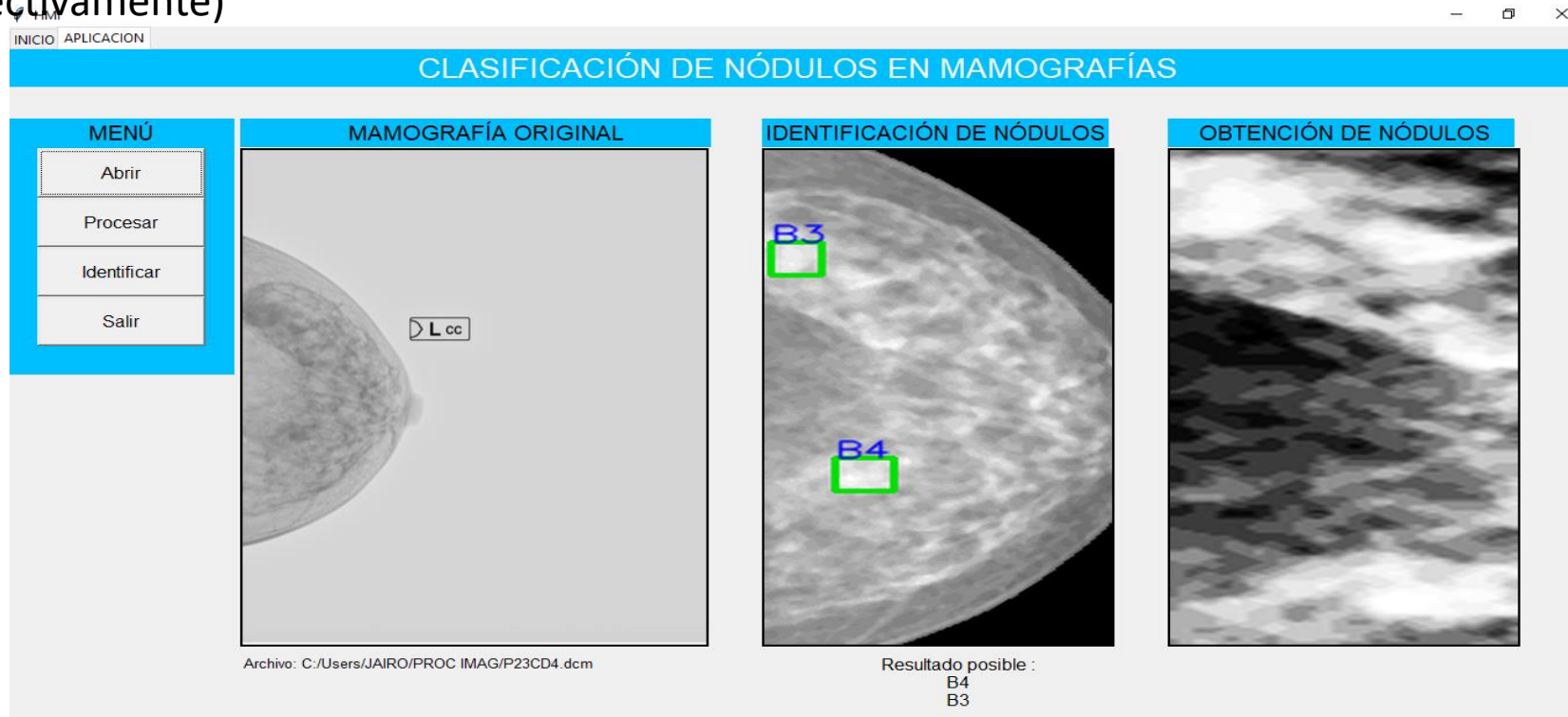
El sistema detecta tejido denso y los clasifica como nódulos en la mamografía de proyección CC.



Resultados

Entrenamiento red neuronal convolucional

Paciente 3: El diagnóstico médico es BIRADS 0 (Presencia de dos imágenes densas localizadas en el cuadrante superior externo y superior interno de la mama izquierda visualizado en la proyección cráneo caudal, que miden 15 y 10 mm respectivamente)



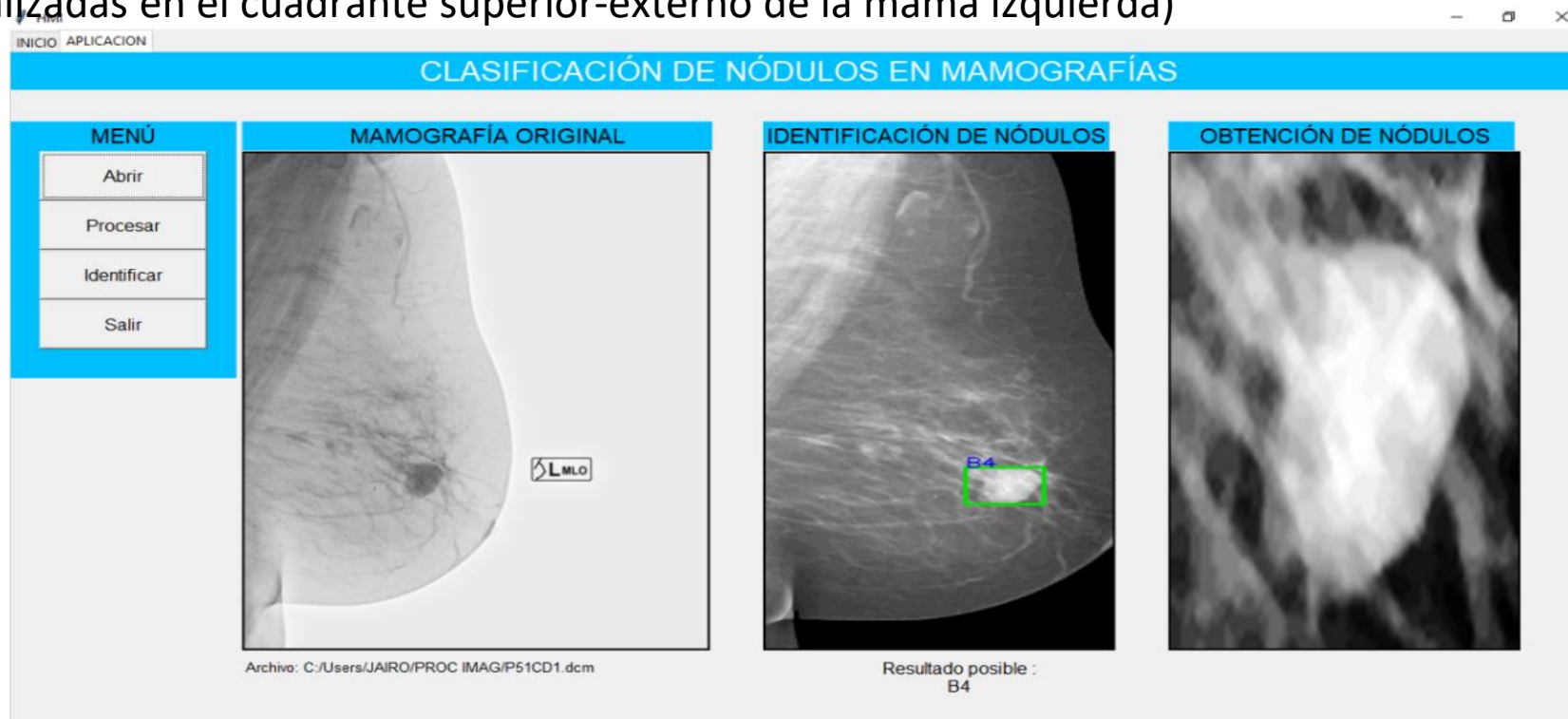
El sistema encuentra 2 masas con categorías BIRADS 3 y 4 en la proyección CC



Resultados

Entrenamiento red neuronal convolucional

Paciente 4: El diagnóstico médico para el paciente 4 es el siguiente: BIRADS 4A (Imagen nodular densa con márgenes circunscritos, de 20 mm, otra imagen de similares características con microcalcificaciones pleomórficas de 11 mm localizadas en el cuadrante superior-externo de la mama izquierda)



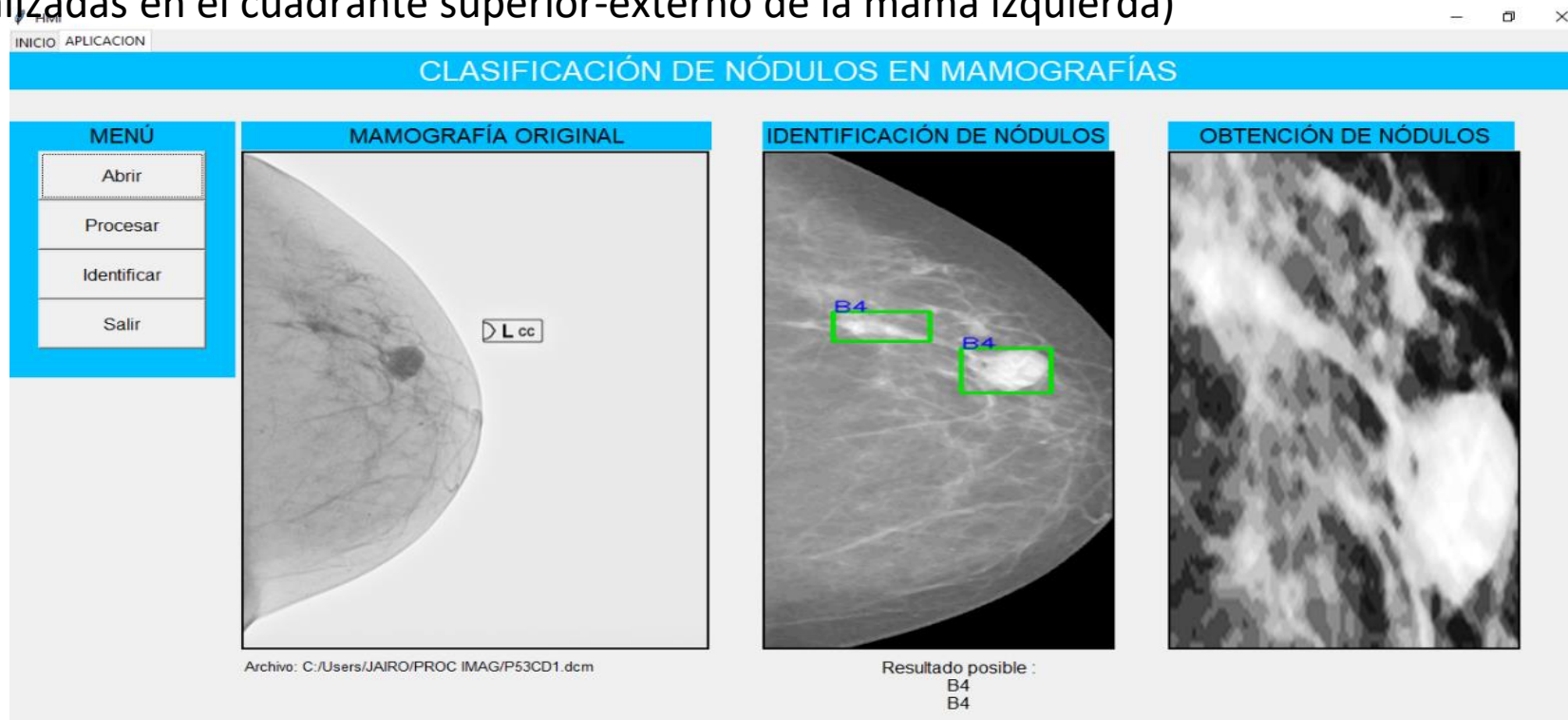
El sistema encuentra una masa y la categoriza como BIRADS 4 en la proyección MLO



Resultados

Entrenamiento red neuronal convolucional

Paciente 4: El diagnóstico médico para el paciente 4 es el siguiente: BIRADS 4A (Imagen nodular densa con márgenes circunscritos, de 20 mm, otra imagen de similares características con microcalcificaciones pleomórficas de 11 mm localizadas en el cuadrante superior-externo de la mama izquierda)



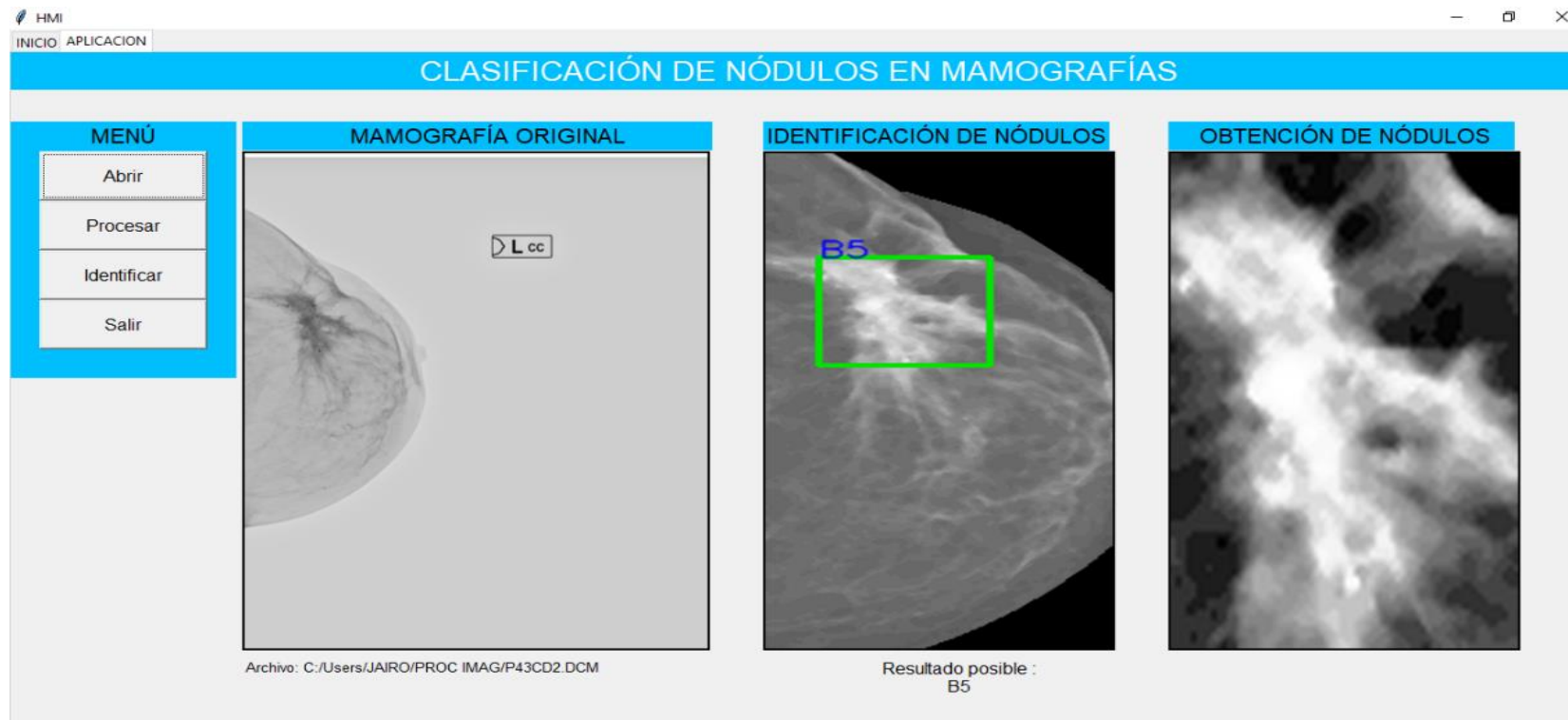
El sistema encuentra dos masas y la categoriza como BIRADS 4 en la proyección CC



Resultados

Entrenamiento red neuronal convolucional

Paciente 5: El diagnóstico médico para el paciente 5 es: BIRADS 5 (Imagen hiperdensa, espiculada de 45 x 40 mm más calcificaciones amorfas, localizada en el cuadrante superior externo de la mama izquierda.).



El sistema encuentra una masas y la categoriza como BIRADS 5 en la proyección CC



Conclusiones

- El sistema de clasificación y reconocimiento de nódulos en imágenes mamográficas utilizando procesamiento digital de imágenes y redes neuronales convolucionales, permite extraer y categorizar masas de acuerdo al método de estandarización BIRADS, para esto la mamografía debe estar en formato DICOM y poseer metadatos que permita conocer la proyección en la que fue realizada.
- El sistema se desarrolló totalmente en software libre, para esto se utilizó la plataforma Anaconda Navigator la cual administra aplicaciones, paquetes, entornos, dedicados al desarrollo de lenguaje Python. Como editor de código se utiliza Jupyter Notebook y sus diferentes librerías para realizar: análisis de datos, procesamiento digital de imágenes, redes neuronales, interfaces gráficas, etc.



Conclusiones

- La etapa de procesamiento digital de mamografías realiza el reconocimiento de nódulos mamarios, y extrae el área en la cual se encuentran las masas localizadas. La eficiencia de esta etapa está limitada por la cantidad de tejido y otras lesiones mamarias presentes en la mamografía. En esta etapa se detecta si una mama es densa o carece de nódulos, emitiendo el diagnóstico de BIRADS 0 Y BIRADS 1 respectivamente.
- A los nódulos mamarios se les otorga una categoría BIRADS en base a las características que presentan, siendo las más importantes: forma, márgenes, densidad. Acorde a la información y a la cantidad de imágenes recopiladas, se agrupó las categorías 2 y 3 del BIRADS obteniendo una base de datos con 3 categorías, BIRADS 2-3, BIRADS 4, BIRADS 5, la cual se utiliza para el entrenamiento de la red neuronal convolucional.



Conclusiones

- La red neuronal convolucional implementada consta de 5 capas de convolución, 5 capas de max pooling, dos totalmente conectadas, para la cual se ocupa el método de aprendizaje supervisado. Los resultados de esta red se evaluaron a través de su matriz de confusión, en la cual se obtiene un porcentaje de exactitud de 83% suficientemente bueno para realizar la clasificación de nódulos mamarios.
- La interfaz gráfica del sistema se desarrolló por medio de la librería Tkinter, muestra los resultados de identificación y categorización de nódulos mamarios, que se encuentren en una imagen mamográfica de formato DICOM. La interfaz gráfica es sencilla, proporciona y presenta solo información necesaria.



Recomendaciones

- Se requiere de una base de datos la cual contenga un gran número de imágenes y todos los casos de las diferentes categorías BIRADS. Además, debe ser confiable y estar avalada por médicos especialistas con el fin de evitar errores al momento de entrenar la red neuronal convolucional.
- Es necesario el uso de un equipo con una buena tarjeta gráfica, ya que la GPU aumenta la velocidad con la que se realiza el proceso de aprendizaje de la red neuronal.



Recomendaciones

- Para lograr un mejor entrenamiento de la red neuronal se recomienda descartar imágenes que presenten ruido y objetos ajenos al estudio, además se debe balancear el número de imágenes en cada categoría, de esta forma se evitará el sobreajuste del modelo.
- En caso de tener una base de datos con pocas imágenes, se debe aplicar operaciones de rotación, zoom, espejo a las imágenes de entrenamiento, con el fin de aumentar imágenes y mejorar el porcentaje de exactitud del modelo.



GRACIAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA