

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



**Aplicación móvil basada en redes neuronales convolucionales para apoyar
la identificación de melanoma en pescadores de Pimentel**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

Jairo Salome Sandoval Elias

ASESOR

Hector Miguel Zelada Valdivieso

<https://orcid.org/0000-0002-2311-4284>

Chiclayo, 2025

**Aplicación móvil basada en redes neuronales convolucionales
para apoyar la identificación de melanoma en pescadores de
Pimentel**

PRESENTADA POR
Jairo Salome Sandoval Elias

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR

Miguel Angel Diaz Espino
PRESIDENTE

Segundo Jose Castillo Zumaran
SECRETARIO

Hector Miguel Zelada Valdivieso
VOCAL

Dedicatoria

A Dios, principalmente, por ser mi guía y fortaleza en todo momento, por permitirme llegar hasta este punto de mi carrera profesional.

A mi madre, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido la base de este logro.

A mi familia, por su comprensión y ánimo inagotable.

Agradecimientos

Agradezco al Ing. Héctor Miguel Zelada Valdivieso por su asesoramiento a lo largo de todo este proceso y por el tiempo invertido para que este proyecto se pudiera concluir de manera exitosa.

A la Asociación PECT y a los integrantes que forman parte de ella, por el tiempo brindado, así como su apoyo en el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, agradezco a mis amigos por su apoyo incondicional durante este largo camino.

ARTÍCULO.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

23% INDICE DE SIMILITUD	21% FUENTES DE INTERNET	10% PUBLICACIONES	11% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------	---------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	asesoresvirtualesalala.revistaespacios.com Fuente de Internet	1%
4	www.grafiati.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Carlos III de Madrid Trabajo del estudiante	<1%
8	publishing-widyagama.ac.id Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Colegio Salcantay Trabajo del estudiante	<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Revisión de literatura	11
Bases Teóricas.....	14
Materiales y métodos	18
Resultados y discusión	21
Conclusiones	36
Recomendaciones.....	37
Referencias	38
Anexos.....	43

Resumen

En el presente estudio se desarrolló una aplicación móvil basada en redes neuronales convolucionales para el apoyo en la identificación de melanoma en pescadores de la Asociación Pimenteleña en Caballito de Totorá. Para el logro del objetivo principal, se realizó la evaluación de 3 arquitecturas de redes neuronales convolucionales basándose en sus principales métricas de rendimiento en el conjunto de datos de imágenes de ISIC 2019 Challenge, contando al final con 27,132 imágenes, que fueron debidamente distribuidas durante el proceso de entrenamiento, siendo Resnet152V2, el modelo óptimo obteniendo un 92.3% de exactitud. En cuanto a la validación del modelo generado, se obtuvieron los resultados de 88.8%, 95.48% y 89.53% en las métricas de precisión, sensibilidad y especificidad respectivamente. Para el proceso de validación de la aplicación móvil se utilizó el modelo de aceptación tecnológica TAM, en la que se encuestaron a 35 personas de la asociación, obteniendo una valoración promedio de 87.25% de facilidad de uso, y un 94.75% de utilidad percibida, también se realizó una validación mediante un cuestionario de juicio de expertos, en la que se encuestó a 3 dermatólogos especialistas, de los cuales el 33.33% consideró estar de acuerdo y el 66.67% completamente de acuerdo en que la aplicación apoyaría eficazmente la identificación de posibles casos de melanoma. Asimismo, para el despliegue del modelo se utilizó Python y TensorFlow Lite y para la integración de toda la aplicación se utilizó Scrum con una duración de 3 sprints, utilizando el lenguaje de programación Kotlin.

Palabras clave: melanoma, redes neuronales convolucionales, procesamiento de imágenes, aplicación móvil, ResNet152V2.

Abstract

In the present study, a mobile application based on convolutional neural networks was developed to support the identification of melanoma in fishermen from the Pimenteleña Association in Caballito de Totorá. To achieve the main objective, 3 convolutional neural network architectures were evaluated based on their main performance metrics on the ISIC 2019 Challenge image dataset, with 27,132 images at the end, which were properly distributed during the training process, with Resnet152V2 being the optimal model, obtaining 92.3% accuracy. Regarding the validation of the generated model, the results of 88.8%, 95.48% and 89.53% were obtained in the precision, sensitivity and specificity metrics respectively. For the validation process of the mobile application, the technological acceptance model TAM was used, in which 35 people from the association were surveyed, obtaining an average rating of 87.25% for ease of use, and 94.75% for perceived usefulness. A validation was also carried out using an expert judgment questionnaire, in which 3 specialist dermatologists were surveyed, of which 33.33% considered themselves to be in agreement and 66.67% completely agreed that the application would effectively support the identification of possible cases of melanoma. Likewise, Python and TensorFlow Lite were used to deploy the model and Scrum was used to integrate the entire application with a duration of 3 sprints, using the Kotlin programming language.

Keywords: melanoma, convolutional neural networks, image recognition, mobile application, ResNet152V2.

Introducción

Según la Organización Mundial de Salud (OMS), el cáncer de piel es una enfermedad que afecta a un gran número de personas en todo el mundo [1], ya que al año se reportan en promedio más de 120,000 muertes [2]. En la actualidad, su incidencia sigue aumentando, especialmente el de tipo melanoma que es responsable de la mayoría de muertes por cáncer de piel [2]. De acuerdo, a la “American Cancer Society”, el melanoma es una forma de cáncer cutánea en la que los melanocitos, las células responsables de la pigmentación y coloración de la piel, experimentan un crecimiento descontrolado, originando lesiones o tumores en la piel [3]. Este tipo de lesiones cutáneas, según el “National Cancer Institute” (NIH) puede manifestarse tanto en lunares como en tejidos pigmentados [4]. Asimismo, debido a la constante radiación, la “Sociedad Española de Oncología Médica” (SEOM), señala que cuando los daños causados a estas células supera la capacidad de reparación de los melanocitos, se producen mutaciones que, si el sistema inmunológico no las detecta y destruye a tiempo, pueden dar lugar al desarrollo de melanoma [5]. Aunque existen tratamientos efectivos para esta enfermedad, el costo de poder tratar a todas las personas que lo padecen es demasiado elevado [6]. Es por ello que muchas de ellas siguen encontrándose expuestas a este tipo de problemas que pueden aparecer y evolucionar con la sola presencia de un lunar [7].

Según datos de la OMS, se estima que a nivel mundial aproximadamente entre 1 a 3 millones de personas presentan este tipo de casos [2]. Que generalmente suele afectar más a aquellos pacientes mayores de 50 años, pero en los últimos años ha habido un aumento en su incidencia en pacientes jóvenes [8]. En el caso de EE.UU., y según la “American Cancer Society” se esperó que para el año 2023, se reporten alrededor de 57,120 nuevos casos de melanoma en hombres, y 39,240 en mujeres, haciendo total de 97,610 casos [9]. Por otro lado, tenemos a Perú, que no es ajeno a dicha problemática, ya que según las estadísticas proporcionadas por el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades (CDC), a través del análisis del Sistema de Información de Cáncer (ASIS), se registraron aproximadamente un total de 4,440 casos de cáncer de piel entre los años 2014 y 2018 [10]. Esta cifra guarda relación con el reporte de la “Global Cancer Observatory (Globocan)” en el que indica que se presentan en promedio 1,300 nuevos casos de cáncer de piel, representando cerca del 2% de los casos totales de cáncer en el país [11]. Sin embargo, esta cifra ha ido en aumento ya que para el año 2022, se reportaron alrededor de 1,877 casos [12]. En Lambayeque, según la vigilancia epidemiológica de cáncer basada en registros hospitalarios, los registros alcanzaron porcentajes correspondientes a un poco más del 8% de los casos totales a nivel nacional en el periodo 2014-2018, lo que correspondería a un aproximado de 159 casos anuales [11], aumentando

significativamente para el año 2022, con un reporte de 313 casos nuevos según la Red Prestacional de Lambayeque [12]. La presente investigación, se enfoca en la ciudad de Pimentel en donde, según [13], se ha observado que, de cada 240 personas, 58 de ellas que corresponden a un 24,16%, presentan un elevado riesgo de desarrollar esta enfermedad, debido a que viven en una zona geográfica de sol muy intensa. La ciudad se caracteriza por presentar altas temperaturas que oscilan entre 29-32°C durante el día, que se atribuyen en gran medida a su gran cercanía al litoral costero [14]. Esta tendencia se confirma mediante los niveles actuales de radiación, los cuales registran valores entre 8-13, considerados altos y extremadamente altos, respectivamente [15]. En este escenario, se evidencia que los trabajadores del ámbito marítimo son los más vulnerables y afectados por las condiciones mencionadas, dado que se encuentran expuestos de manera continua a la radiación solar [16] [17]. En esta localidad encontramos a la “Asociación Pimenteña de Pescadores en Caballito de Totorá” que fue fundada en el año 1995, la cual cuenta con alrededor de 170 asociados que se dedican a labores de pesca. De los cuales 91 pescadores, que representa el 53.52% del total, mencionó presentar indicios de lesiones cutáneas anómalas en su piel, siendo un factor de riesgo potencial a considerar, ya que estos pueden desencadenar a problemas de mayor magnitud; 21 de ellos, correspondiente al 12.36% han recibido previamente un diagnóstico que evidencia la posible presencia de cáncer de piel de tipo melanoma; y los 58 restantes, correspondiente al 34.12% señalan no presentar ninguna lesión cutánea anómala en su piel [Anexo 02].

Uno de los factores relacionados a la presente problemática radica en la considerable exposición a los rayos solares ultravioletas que enfrentan los pescadores pertenecientes a dicha asociación. Esta sobreexposición se produce debido a que desempeñan sus labores, en el horario comprendido entre las 5:30 a.m. y las 2:00 p.m., ya que en esas horas se les hace más factible realizar sus actividades de pesca, lo que conlleva a que se encuentren más expuestos [Anexo 02], especialmente considerando que aproximadamente el 45% de los pescadores superan los 50 años de edad, grupo con mayor riesgo a desarrollar esta enfermedad [8][Anexo 02]. Además, la limitada disponibilidad de recursos económicos dificulta la búsqueda de atención médica especializada, lo que obstaculiza la adopción de medidas preventivas adecuadas [Anexo 02].

Una de las principales causas de esta problemática es la falta de conocimiento sobre los síntomas del melanoma, tanto en la población general [18], como en los pescadores de la asociación, lo que dificulta la detección temprana de la enfermedad [Anexo 02]. Además, la constante exposición a la radiación ultravioleta del sol aumenta el riesgo de desarrollar cáncer de piel, especialmente cuando no se toman medidas de protección adecuadas, como el uso de bloqueadores solares [19]. La presencia significativa de lunares en áreas corporales altamente

expuestas, como la cabeza, los brazos y las piernas, también aumenta la vulnerabilidad de los pescadores, ya que más del 50% de ellos presentan estas características, siendo estas áreas son más susceptibles a los efectos nocivos de la radiación solar y al desarrollo de lesiones cutáneas malignas [20].

Una de las principales consecuencias de esta problemática es el deterioro progresivo de la salud cutánea de los pescadores, que se evidencia en la aparición de lesiones y un envejecimiento prematuro de la piel, lo que podría indicar la presencia o desarrollo de esta enfermedad [Anexo 02]. Este impacto negativo en la salud se debe a que el melanoma implica un crecimiento descontrolado de las células de la piel, pudiendo formar tumores malignos que se propagan a otras partes del cuerpo [21]. Además, muchos casos se diagnostican en etapas avanzadas, dificultando su tratamiento y afectando la supervivencia del paciente, que está fuertemente influenciada por la etapa en la que se realiza el diagnóstico [22] [23]. Ante esta realidad, se formuló el siguiente problema de investigación: ¿En qué medida una aplicación móvil basada en redes neuronales convolucionales apoyará en la identificación de melanoma en pescadores de la “Asociación Pimenteleña en Caballito de Totorá”?

La justificación científica de esta investigación, radica en que se pretende establecer un precedente para futuras investigaciones, tanto en contextos similares como en otros entornos laborales del país, donde también se requieren recursos adecuados para mejorar el control y la prevención de este tipo de enfermedades. La importancia de estas tecnologías, hace que sea un campo interesante de estudiar e investigar. Es por ello, que se utilizó el método científico para poder expandir nuestro conocimiento y abordar de manera efectiva el problema planteado.

La justificación económica de esta investigación se sustenta en los beneficios directos que el desarrollo de la aplicación móvil aportará a los miembros de la asociación, ya que, al proporcionarles una herramienta tecnológica que permita la identificación de melanoma, se eliminó la necesidad de utilizar dispositivos especializados y costosos para su detección, que se encuentren fuera del alcance económico de los pescadores. Esto redujo los costos asociados al diagnóstico de la enfermedad, disminuyendo también los gastos y tratamientos médicos que se puedan requerirse en este tipo de cáncer de piel es detectado en etapas más avanzadas.

La justificación social se evidencia en los beneficios que brindaría a los pescadores de la asociación la puesta en marcha de este aplicativo, puesto que existen grupo de personas que son particularmente susceptibles a desarrollar este tipo de enfermedad debido a su exposición constante a los rayos solares. La implementación de esta aplicación móvil proporcionó a los miembros de la asociación una mayor tranquilidad y control sobre su salud, mejorando su calidad de vida y la de sus familias. Además, contribuyó a fomentar una mayor conciencia sobre

la importancia de la prevención y el cuidado de la piel, brindándoles la oportunidad de recibir un tratamiento oportuno en caso de detección de la enfermedad.

La justificación tecnológica radica en el desarrollo de una aplicación móvil basada en redes neuronales convolucionales que permita la identificación de melanoma en los pescadores de la asociación. Para ello, se requirió el uso de diversas tecnologías de Python y TensorFlow, que permitan obtener imágenes limpias de ruido, para realizar un procesamiento más preciso de las imágenes de lunares mediante redes neuronales de alta eficiencia. Esta combinación de tecnologías avanzadas permitirá identificar de manera más precisa las características que influyen en el diagnóstico del melanoma y realizar un control preciso de su evolución a lo largo del tiempo.

Con el fin de abordar la formulación del problema, se estableció como objetivo general desarrollar una aplicación móvil basada en redes neuronales convolucionales para apoyar a los pescadores de la Asociación Pimenteleña en Caballito de Totora en la identificación de melanoma. Además, se definieron los siguientes objetivos específicos: determinar la arquitectura de red neuronal convolucional más adecuada para la identificación de melanoma, generar el modelo para la identificación de melanoma en pescadores de la Asociación Pimenteleña en Caballito de Totora utilizando la arquitectura de red neuronal seleccionada, construir la aplicación móvil que integre el modelo de identificación de melanoma y como último objetivo se propuso validar la facilidad de uso y utilidad percibida utilizando el modelo de aceptación tecnológica (TAM) y la opinión de juicios de expertos.

Revisión de literatura

Para llevar a cabo esta investigación, se realizó una revisión minuciosa de diversas fuentes que respaldan y fortalecen la solución propuesta.

Antecedentes

Sánchez [24], realizó una investigación donde su problemática se centraba en que a veces muchas enfermedades de la piel no se detectaban a tiempo, y lo que buscaba era que los trabajadores de la salud mejoren sus capacidades al detectar esta enfermedad. Para ello, desarrolló un sistema basado en IA que detecta lesiones en la piel. Utilizó Java y TensorFlowLite, Firebase Storage para almacenar nuevas imágenes cargadas por los médicos, y Firebase Authentication para la seguridad de los datos. La metodología de desarrollo utilizada fue SCRUM. Aunque no se detallaron indicadores específicos ni algoritmos para evaluar la eficacia del sistema, se recopilieron datos estadísticos durante todo el proceso. La relación que

existe entre la presente investigación y este primer antecedente es que se también aborda temas sobre la detección de lesiones cutáneas, así como la consideración de una metodología de desarrollo robusta como lo es SCRUM, que es la que fue aplicada en el presente proyecto para el desarrollo de la aplicación móvil.

Márquez [25], se enfrentó a la problemática de reducir los altos costos operativos que conllevan en el tratamiento de enfermedades la piel, pero sin comprometer la calidad del servicio. Propuso un sistema de procesamiento de imágenes digitales basado en técnicas avanzadas de Deep Learning para analizar queratosis actínica, utilizando el método estándar ABCDE y el software Matlab. Los resultados mostraron que la detección de la enfermedad mejora al combinar distintos algoritmos, destacando la necesidad de profundizar en estas tecnologías para mejorar la precisión final. La relación que existe entre la presente investigación y este segundo antecedente, es la importancia del uso de la regla ABCDE para la identificación y extracción de las características más relevantes que puedan indicar la presencia de enfermedades en una mancha o lunar, así como la aplicación de tecnologías avanzadas como las redes neuronales que permitan fortalecer la precisión y eficacia de los sistemas de detección.

Quintero y González [26], abordaron la dificultad de detectar enfermedades de la piel a tiempo, mencionando la importancia de una detección temprana para un tratamiento adecuado. Desarrollaron un prototipo de sistema para la detección en tiempo real de lesiones cutáneas usando redes neuronales para clasificar distintas lesiones. Utilizaron la librería TensorFlow y el modelo Mobilenet V2, entrenado con un conjunto limitado de imágenes de fuentes en línea. Los resultados mostraron una precisión superior al 75% en la detección de psoriasis en placa y dermatitis atópica, aunque menor en enfermedades similares al sarcoma de Kaposi. La relación que existe entre la presente investigación y este tercer antecedente es que también se centra en la detección de enfermedades dermatológicas, haciendo uso de redes neuronales que permitan proporcionar de manera más eficiente respuestas en tiempo real, resultando importante tanto para los usuarios como para los dermatólogos encargados de su tratamiento.

Campos y De la Cruz [27] abordaron la problemática de la detección ineficiente de lesiones cutáneas en 60 pacientes de una red de clínicas, desarrollando un modelo tecnológico de apoyo diagnóstico usando técnicas de reconocimiento de imágenes. Utilizaron Watson IBM para el procesamiento en la nube, seleccionando IBM Cloud, lo cual aceleró el desarrollo, pero implicó costos mensuales. Implementaron una combinación de SCRUM y la metodología de Jeffrey Whitten para asegurar la participación de los usuarios y definir los requisitos del proyecto. Los resultados mostraron una precisión del 97% en la detección de lesiones y del 90% en pacientes sanos. La relación que existe entre la presente investigación y este cuarto antecedente es que se

enfoca en el reconocimiento de imágenes para un posterior procesamiento, técnica ampliamente utilizada en el ámbito del Deep learning, así como el uso de la metodología SCRUM, que también será considerada en el desarrollo de esta investigación.

En la presente investigación [28], se abordó el problema de la detección tardía de enfermedades de la piel, proponiendo el desarrollo de un algoritmo basado en redes neuronales, Naive Bayes y árboles de decisiones para un diagnóstico preliminar. Utilizando Python y un conjunto de 3000 imágenes, el algoritmo combinado logró extraer eficientemente características relevantes. Los resultados mostraron que este algoritmo tenía una precisión mayor que el basado solo en redes neuronales y Naive Bayes, pero no superó al algoritmo de árboles de decisiones, obteniendo un 93.44% de precisión frente al 94.61% de este último. Aunque no superó al algoritmo basado en redes bayesianas, fue altamente eficaz. La relación que existe entre la presente investigación y este quinto antecedente es que también se hará uso de redes neuronales, optando por emplear redes neuronales mucho más profundas, que permitan mejorar la capacidad de detección de la enfermedad, así como la consideración de métricas de evaluación para el algoritmo propuesto, lo cual resulta crucial para medir su desempeño.

Canchachí y Mendoza [29], se enfocaron en la falta de detección temprana de lesiones cutáneas malignas en un Centro de Fototerapia de la Piel, lo que motivó su objetivo de proporcionar una herramienta tecnológica para mejorar esta detección de manera eficaz y brindar apoyo al personal de salud. Utilizaron la biblioteca OpenCV para aplicar algoritmos de visión por computadora en el reconocimiento de patrones y segmentación de imágenes. Para el desarrollo de la aplicación, emplearon la metodología Mobile-D. Los resultados mostraron una mejora significativa en la detección de asimetría, bordes, color y diámetro de las lesiones. La relación que existe entre la presente investigación y este antecedente radica en el desarrollo de una aplicación móvil que permita un manejo más ágil y rápido para los usuarios, utilizando esta vez técnicas más avanzadas para su posterior clasificación, realizando la integración de RNC, para poder potenciar significativamente los niveles de detección de la enfermedad.

Ramón [30], abordó la falta de detección temprana de tumores de mama en un hospital, proponiendo una herramienta de apoyo para el análisis y diagnóstico precoz de esta enfermedad, con el objetivo de reducir las muertes por cáncer de mama. El estudio, realizado en Chiclayo, se basó en bases de datos públicas de imágenes para crear un dataset robusto. Se fusionaron etapas del modelo de machine learning (ML) y la metodología RUP. Los resultados mostraron un alto rendimiento, con un 88.5% de exactitud y un 93.35% de precisión. La relación que existe entre la presente investigación y este primer antecedente local es que se también se

abordan temas sobre el procesamiento de imágenes, el uso de CNN, y como estas pueden apoyar en la detección temprana de una enfermedad.

Reaño [31], se enfrentó a la problemática de identificar dermatofitosis de manera eficiente en un centro dermatológico, proponiendo la creación de un sistema inteligente basado en machine learning. El estudio se llevó a cabo en Chiclayo y se recolectaron 1430 imágenes para entrenar el modelo, ya que con menos imágenes los resultados no eran óptimos. Utilizando las etapas del modelo de ML y la metodología XP, el sistema se desarrolló con PHP y Python. Los resultados mostraron que la red neuronal alcanzó una especificidad del 83.33% y una sensibilidad del 88.89%. La relación que existe entre la presente investigación y este último antecedente local es que se también se aborda el uso de inteligencia artificial y de redes neuronales convolucionales para el procesamiento de imágenes, y como estas pueden apoyar de manera significativa la identificación de una determinada enfermedad.

Bases Teóricas

Melanoma

Es una lesión causada por células de melanocitos, responsables de la pigmentación de la piel. Esta enfermedad representa una amenaza significativa para la salud debido a su alta tasa de mortalidad y su capacidad para aparecer en cualquier parte del cuerpo [25], manifiestan típicamente como manchas o lunares sin síntomas aparentes. Para el trabajo de tesis se tomó como objeto de estudio a los pescadores de la APECT, debido a que son una población muy vulnerable, ya que se encuentran continuamente expuestos a la radiación solar [25].

Factores de Riesgo

La radiación solar es el factor más predominante en las alteraciones del melanoma, y otro factor importante es el fenotipo cutáneo, que depende de la nacionalidad y raza, ya que las personas de tez blanca tienen mayor probabilidad de desarrollar lesiones cutáneas en comparación con las personas de tez negra [31]. Además, la ubicación geográfica influye, con un aumento significativo de casos en regiones cercanas a la línea ecuatorial. La edad y el sexo también son factores, ya que la mayoría de los casos ocurren entre los 30 y 60 años, con mayor prevalencia en mujeres [31]. En esta investigación, se consideraron estos factores debido a que los pescadores trabajan cerca del litoral y la mayoría de ellos son mayores de 30 años, lo que los hace aún más vulnerables.

Manifestaciones (Regla ABCDE)

Entre las manifestaciones características de esta enfermedad se encuentran la asimetría, donde se evalúan el color, la forma y la estructura de cada mitad del lunar tras dividirlo en dos partes; el borde, que implica dividir el contorno del lunar en 8 secciones para detectar deformaciones [32]; y el color, que busca múltiples tonalidades en la lesión, como blanco, rojo, negro, marrón oscuro y claro. También se considera el diámetro, determinando si el lunar supera los 6 mm, y la evolución, evaluando los cambios del lunar a lo largo del tiempo para identificar su naturaleza maligna [32] [33]. Para el presente trabajo se tuvieron en cuenta estas características, ya que son las más importantes, y las que determinan si un posible lunar, puede llegar a ser melanoma o no melanoma, y que permiten una mejor identificación de la misma.

Diagnóstico

El melanoma se diagnostica en cualquier fase mediante una biopsia cutánea. Si un especialista sospecha de melanoma, se realiza una biopsia para extraer el área sospechosa de la piel y enviarla a un laboratorio [34]. Allí, se examina la muestra bajo un microscopio para detectar células cancerosas. La biopsia se realiza con anestesia local, y el método utilizado depende del tamaño y ubicación de la lesión. La precisión en la biopsia es crucial para un diagnóstico exacto del melanoma [34] [35] [36]. En este trabajo de investigación, se pudo obtener información por especialistas dermatólogos para determinar cómo es que se realiza el proceso de identificación de esta enfermedad, en la que incluyen las características ABCDE ya mencionadas.

Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial (IA) es un campo extenso de la informática que se dedica a la creación de máquinas inteligentes capaces de llevar a cabo tareas que habitualmente requerían de habilidades propias de los seres humanos. Estas tecnologías se han desarrollado para llevar a cabo una variedad de tareas en diferentes industrias y sectores mediante la automatización de máquinas autónomas [37]. Para este trabajo se abarcó este campo, debido a que se ha demostrado que el uso de la IA para la categorización de imágenes de lesiones cutáneas pigmentadas ha sido capaz de una detección y clasificación de enfermedades en un nivel de competencia equiparable al de un dermatólogo [38] [39] [40].

Redes Neuronales Convolucionales

Es un tipo de modelo de aprendizaje profundo utilizado para procesar datos que presentan un patrón en forma de cuadrícula, como imágenes. [41] [42] [43]. Una CNN es una construcción matemática compuesta típicamente por tres tipos de capas: capas de convolución, de agrupación y completamente conectadas [43] [44]. En la presente tesis, se utilizaron redes neuronales convolucionales, debido a que se ha demostrado que tienen un potencial muy elevado cuando de realizar clasificación de imágenes se trata.

Matriz de Confusión

Es una representación en forma de matriz que describe el rendimiento de un modelo de clasificación en un conjunto de datos de prueba. Esta matriz muestra los resultados de clasificación y resalta las discrepancias o errores cometidos por el modelo al predecir las etiquetas de clase correctas de las instancias de prueba [45] [46]. Para el trabajo de investigación se hizo uso de una matriz para poder visualizar de manera gráfica los resultados que se obtenían en la evaluación de la parte inteligente.

		Actual Class	
		1	0
Predicted Class	1	True Positive	False Positive
	0	False Negative	True Negative

Fig. 1. Matriz de Confusión [46]

- Verdadero positivo (VP): La observación es predicha como positiva y es realmente positiva.
- Falso positivo (FP): La observación es predicha como positiva, pero es realmente negativa.
- Verdadero negativo (VN): La observación es predicha como negativa y es realmente negativa.
- Falso negativo (FN): La observación es predicha como negativa, pero es realmente positiva.

Exactitud

Es aquella que muestra la proporción o cantidad del número total de predicciones que fueron correctas [46].

$$Accuracy = \frac{VP + VN}{VP + FP + VN + FN}$$

Precisión

Es la fracción de valores positivos dentro del total de casos predichas como positivas [46].

$$Precision = \frac{VP}{VP + FP}$$

Sensibilidad

Es la fracción de valores positivos dentro del total de casos positivos reales [46].

$$Sensitivity = \frac{VP}{VP + FN}$$

Especificidad

Proporciona la fracción de valores negativos dentro del total de casos negativos reales [46].

$$Specificity = \frac{VN}{VN + FP}$$

Curva AUC-ROC:

Es un gráfico que muestra la relación entre la sensibilidad y especificidad para diferentes valores de umbral. El área bajo la curva (AUC) representa la medida de calidad de un modelo de clasificación. Cuanto mayor sea el área, mejor será el rendimiento del modelo [46].

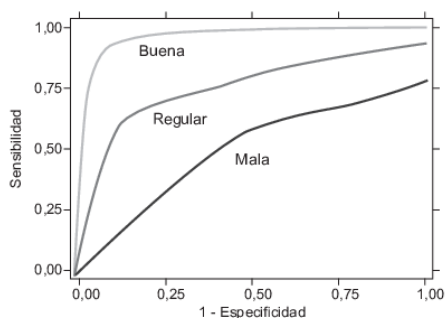


Fig. 2. Curvas ROC [47]

Aplicación móvil

Es un conjunto de software que permite aumentar la productividad de los usuarios mediante el uso de sus smartphones. Estas aplicaciones son fáciles de usar, amigables, económicas, descargables y pueden ejecutarse en la mayoría de los teléfonos móviles, incluso en aquellos de bajo costo y nivel de rendimiento, constituyendo un segmento de rápido desarrollo en el ámbito global de las TIC [48]. Para esta investigación, se consideró ideal desarrollar un aplicativo móvil debido a su accesibilidad directa para los pescadores, permitiéndoles usar la aplicación sin necesidad de acceder constantemente a un navegador, ya que estaría instalada en su propio dispositivo.

Metodologías de Desarrollo de Software

Son enfoques estructurados y organizados que permiten a los ingenieros desarrollar software de manera eficiente y de calidad. Se centran en el diseño y desarrollo de un sistema de manera

que sea propicio para prácticas de ingeniería eficientes [49]. Estas metodologías son una combinación de prácticas y valores. Para este informe de tesis, se optó por utilizar dos metodologías, ya que permitieron llevar un mejor control sobre el desarrollo de la inteligencia artificial, y posteriormente para el desarrollo del aplicativo móvil.

SCRUM

Es un marco de desarrollo iterativo e incremental que se centra en la flexibilidad en el desarrollo, en el que varios equipos trabajan de manera colaborativa para desarrollar un producto o proyecto de manera eficiente [49] [50]. Esta metodología se basa en la realización de ciclos de trabajo llamados sprints, los cuales se llevan a cabo de forma secuencial, uno después del otro, sin pausas entre ellos [51] [52] [53]. Para la presente investigación se optó por seleccionar este marco de desarrollo ya que promueve la transparencia, adaptabilidad y la colaboración entre los miembros del equipo, permitiendo una respuesta ágil a los cambios y una mejora continua en el desarrollo del producto.

Machine Learning LifeCycle

Es un proceso iterativo y cíclico que proporciona instrucciones y mejores prácticas a seguir en las distintas fases del desarrollo de una carga de trabajo de aprendizaje automático, proporcionando claridad y estructura para garantizar el éxito de un proyecto [50]. A través de este ciclo, se establecen etapas definidas que guían el desarrollo del proyecto, desde la recopilación de datos hasta la evaluación y mejora del modelo, brindando un marco de trabajo consistente y eficiente [50].

Materiales y métodos

Tipo de investigación

Para el presente estudio se desarrolló una investigación de tipo aplicada, que según [54] implica aprovechar el conocimiento existente de manera profunda para abordar problemas concretos. Es por ello, que se justificó el desarrollo de una solución tecnológica móvil que permita el apoyo en la identificación de posibles indicios de melanoma a los pescadores, que contribuya a una mejor prevención y control oportuno de esta enfermedad.

Método de investigación

Los métodos en el informe son cuatro y se describen en la Tabla I.

TABLA I.
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Método	Sustento por el cual será empleado en la investigación
Analítico	Se realizó un estudio y análisis de la situación problemática existente en el contexto de la asociación de pescadores.
Deductivo	Se realizó una estrategia de la propuesta utilizada para abordar la solución del problema de identificación de melanoma
Estudio de caso	Solo se trabajó en el entorno de la Asociación Pimenteleña en Caballito de Totora
Implementación	Se implementó la propuesta de solución planteada.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TABLA II.
TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Técnicas	Instrumentos
Entrevista	Guía de Entrevista (Presidente de la asociación)
Encuesta	Cuestionario (Pescador)
Encuesta	Cuestionario (Dermatólogo)

Población y Muestra

En la presente investigación se tomó en consideración a los miembros de la Asociación Pimenteleña en Caballito de Totora, la cual está conformada por 170 asociados. La población incluye una variedad de edades y características lo que proporciona una amplia base para comprender los factores que contribuyen a la incidencia de melanoma en esta comunidad particular. La muestra quedó conformada por 35 asociados, los cuales después de utilizar la aplicación fueron encuestados para validar el aplicativo móvil mediante el modelo de aceptación tecnológica (TAM).

Metodología de desarrollo

En el presente trabajo, se evaluaron arquitecturas de RNC en el desarrollo de una aplicación móvil, lo cual requirió la adopción de dos metodologías para una adecuada gestión y control de ambos aspectos. Para la implementación del modelo de redes neuronales, se empleó la metodología del Ciclo de Vida del Aprendizaje Automático (Machine Learning Lifecycle), que proporciona una estructura para el desarrollo y despliegue efectivo de modelos de aprendizaje automático [50]. Por otro lado, para el desarrollo del aplicativo móvil, se siguió el marco de trabajo SCRUM, que se centra en la entrega de valor de manera constante, permitiendo responder rápidamente a los cambios en función de los resultados y retroalimentación obtenidos

[51] A continuación, se describirán las actividades que se llevaron a cabo en cada una de las fases de las metodologías mencionadas.

PARTE 1: “Machine Learning Lifecycle” [50]

- ✓ **Fase 1:**
Definir el objetivo del negocio.
- ✓ **Fase 2:**
Definir un problema de Machine Learning.
- ✓ **Fase 3:**
Procesamiento de datos.
- ✓ **Fase 4:**
Desarrollo de modelos.
- ✓ **Fase 5:**
Usar el modelo para hacer predicciones.

Considerando lo propuesto por [55], se seguirán las siguientes actividades para el marco de trabajo SCRUM.

PARTE 2: “SCRUM”

Las actividades desarrolladas fueron las siguientes:

Inicio

- Establecer el alcance del proyecto
- Definir los roles de trabajo
- Definir el producto backlog

Sprint “1-3”

- Sprint planning
- Sprint backlog
- Historias de usuario
- Taskboard
- Daily scrum
- Sprint review
- Criterios de aceptación
- Resultado del sprint

– Sprint retrospectiv

Consideraciones Éticas

Para garantizar la protección y seguridad de los datos de los miembros de la asociación, se implementaron diversas medidas clave. Durante la recolección de datos, se aplicaron técnicas que garantizan el anonimato y se informó a todos los participantes sobre el propósito de la investigación, obteniendo su consentimiento. En cuanto a la seguridad de la información, se establecieron procedimientos que aseguran la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos, incluyendo el cifrado y la capacitación del personal. La protección de los datos se llevó a cabo en la plataforma Firebase, y el acceso a la información se restringió mediante un sistema de login en la aplicación móvil. Finalmente, se garantizó la privacidad y el consentimiento informado de todos los participantes, asegurando su derecho a la privacidad y la confidencialidad de los datos durante toda la investigación.

Resultados y discusión

En este apartado, se presentan los resultados obtenidos a lo largo del proyecto de tesis, los cuales se centran en el desarrollo de 2 metodologías que abarcan el entrenamiento/validación de 3 modelos de redes neuronales convolucionales y la implementación de una aplicación móvil para apoyar la identificación de melanoma en pescadores de la APECT.

En base a los objetivos de la investigación

1. Determinar la arquitectura de red neuronal convolucional más adecuada para la identificación de melanoma.

En este primer objetivo se determinó la arquitectura de red neuronal convolucional que sirvió como base para poder generar nuestro modelo de identificación de melanoma. Para lograr ello fue necesario evaluar 3 arquitecturas de RNC optimizándolas para el conjunto de datos de imágenes definido con anterioridad.

EfficientNetB7

Esta arquitectura fue elegida porque sus resultados de rendimiento en ImageNet, superó a sus predecesores en “Top-1 Accuracy” y “Top-5 Accuracy”, que son métricas que se utilizan para evaluar la exactitud de un modelo de clasificación de imágenes al considerar solo la categoría principal o

más probable para cada imagen, los cuales de 84.3% y 97% respectivamente [58].

Xception

Esta arquitectura fue elegida porque superó en términos de rendimiento de “Top-1 Accuracy” y “Top-5 Accuracy” a su predecesora, “Inception V3”, alcanzando valores de 0.790% y 0.945% respectivamente [59].

ResNet152V2

Esta arquitectura fue elegida porque superó en métricas de rendimiento de “Top-1 Accuracy” y “Top-5 Accuracy” a sus predecesoras en el conjunto de datos de ImageNet, obteniendo valores de 78.0% y 94.2% respectivamente [60] [61].

Después de realizar el entrenamiento fue necesario evaluar las arquitecturas ya mencionadas, EfficientNetB7, Xception y ResNet152V2, para determinar la más adecuada para la clasificación de melanoma. Para ello, se contó con un conjunto de datos de validación, el cual nos permitió validar el rendimiento de estas arquitecturas en sus principales métricas de precisión, exactitud, sensibilidad y especificidad. Los resultados que se obtuvieron se muestran en la Tabla III.

Métricas de rendimiento: Exactitud, Precisión, Sensibilidad, Especificidad [46]

✦ Exactitud:

$$Exactitud = \frac{VP + VN}{VP + FP + VN + FN}$$

- ARQUITECTURA "EFFICIENTNETB7"

$$Exactitud = \frac{1171 + 1276}{1171 + 187 + 82 + 1276} \times 100\%$$

$$Exactitud = 90.0957\%$$

- ARQUITECTURA "XCEPTION"

$$Exactitud = \frac{1193 + 1234}{1193 + 165 + 124 + 1234} \times 100\%$$

$$Exactitud = 89.3593\%$$

- ARQUITECTURA "RESNET152V2"

$$Exactitud = \frac{1206 + 1301}{1206 + 152 + 57 + 1301} \times 100\%$$

$$Exactitud = 92.3048\%$$

✦ Precisión:

$$Precisión = \frac{VP}{VP + FP}$$

- ARQUITECTURA "EFFICIENTNETB7"

$$Precisión = \frac{1171}{1171 + 187} \times 100\%$$

$$Precisión = 86.2297\%$$

- ARQUITECTURA "XCEPTION"

$$Precisión = \frac{1193}{1193 + 165} \times 100\%$$

$$Precisión = 87.8497\%$$

- ARQUITECTURA "RESNET152V2"

$$Precisión = \frac{1206}{1206 + 152} \times 100\%$$

$$Precisión = 88.8070\%$$

✦ Sensibilidad:

$$Sensibilidad = \frac{VP}{VP + FN}$$

- ARQUITECTURA "EFFICIENTNETB7"

$$Sensibilidad = \frac{1171}{1171 + 82} \times 100\%$$

$$Sensibilidad = 93.4557\%$$

- ARQUITECTURA "XCEPTION"

$$\text{Sensibilidad} = \frac{1193}{1193 + 124} \times 100\%$$

$$\text{Sensibilidad} = 90.5846\%$$

- ARQUITECTURA "RESNET152V2"

$$\text{Sensibilidad} = \frac{1206}{1206 + 57} \times 100\%$$

$$\text{Sensibilidad} = 95.4869\%$$

✦ **Especificidad:**

$$\text{Especificidad} = \frac{VN}{VN + FP}$$

- ARQUITECTURA "EFFICIENTNETB7"

$$\text{Especificidad} = \frac{1276}{1276 + 187} \times 100\%$$

$$\text{Especificidad} = 87.2180\%$$

- ARQUITECTURA "XCEPTION"

$$\text{Especificidad} = \frac{1234}{1234 + 165} \times 100\%$$

$$\text{Especificidad} = 88.2058\%$$

- ARQUITECTURA "RESNET152V2"

$$\text{Especificidad} = \frac{1301}{1301 + 152} \times 100\%$$

$$\text{Especificidad} = 89.5388\%$$

Luego de realizarse el cálculo de las principales métricas para cada una de las arquitecturas de las RNC, se muestra una tabla resumen con los datos obtenidos durante el análisis.

TABLA III
RESUMEN DE MÉTRICAS DE RENDIMIENTO

Arquitectura de RNC	Exactitud	Precisión	Sensibilidad	Especificidad
EfficientNetB7	90.0957%	86.2297%	93.4557%	87.2180%
Xception	89.3593%	87.8497%	90.5846%	88.2058%
ResNet152V2	92.3048%	88.8070%	95.4869%	89.5388%

Considerando los resultados, la arquitectura de RNC que obtuvo mayor desempeño en las métricas establecidas y en el conjunto de datos establecido fue “ResNet152V2”, es por ello que esta arquitectura fue escogida para el desarrollo de nuestro modelo, alcanzando valores muy elevados y cercanos al 100%, con una exactitud del 92.3048%, precisión del 88.8070%, sensibilidad del 95.4869% y una especificidad del 89.5388%, concluyendo, que de acuerdo lo establecido, sí se obtuvieron resultados mayores a un 70% en cada una de ellas.

2. Generar el modelo para la identificación de melanoma en pescadores de la Asociación Pimenteleña en Caballito de Totorá utilizando la arquitectura de red neuronal seleccionada.

En este segundo objetivo se generó el modelo para la identificación de melanoma, teniendo como base la arquitectura de RNC elegida anteriormente. El modelo resultante de la arquitectura ganadora “ResNet152V2” (Modelo 3), siguiendo una estructura interna específica. El diseño incluye capas de reescalado, normalización y convoluciones profundas, seguido por capas densas y de dropout para la adaptabilidad y regularización del modelo. La salida final consta de dos unidades con función de activación softmax (calcula la probabilidad de que cada valor pertenezca a una clase específica), indicativo de una tarea de clasificación binaria para la identificación de melanoma. Además de ello, de manera adicional y complementaria se generó un modelo de validación que sirvió como modelo filtro para realizar validaciones de las imágenes seleccionadas por el usuario al momento de realizar las evaluaciones, indicando si está es apta o no según sus características para que sea evaluado por el modelo de clasificación, ya que este solo se encuentra optimizado para evaluar imágenes relaciones con piel de personas. Para corroborar el desarrollo de este objetivo se tuvo en consideración el nivel de profundidad, número de épocas de entrenamiento, lotes procesados, tiempo promedio de inferencia y el accuracy del modelo generado para la identificación de melanoma. Todos estos resultados se presentan en la TABLA IV.

TABLA IV
CONSTRATACIÓN DEL OBJETIVO EN BASE A INDICADORES

Modelo	Número de capas	Nivel de profundidad	Nº de épocas de entrenamiento	Lotes total procesados	Tiempo promedio de inferencia (Conjunto de pruebas)	Accuracy
ResNet152V2	152	307	30	20 370	27.21 seg	92.3048%

En cuanto a los valores del área bajo la curva ROC y PRC, se obtuvieron los resultados de 0.923 y 0.9705 respectivamente, concluyendo, que de acuerdo lo establecido, sí se obtuvieron resultados mayores a 0.7 en cada una de ellas. Lo que garantiza que el modelo de identificación de melanoma, está clasificando eficazmente en el conjunto de datos de imágenes, ya que mientras más cerca se encuentre este valor de 1, mejor será el rendimiento y lo resultados predichos por el modelo de clasificación.

3. Construir la aplicación móvil que integre el modelo de identificación de melanoma.

En este tercer objetivo se realizó la construcción del aplicativo móvil que integre las funcionalidades previstas para su desarrollo según las historias de usuarios acordadas en la metodología SCRUM. También se consideró que el aplicativo haga uso del modelo de identificación de melanoma y el de validación. Lo que se consideró para la construcción del mismo fue dividir las historias de usuarios a lo largo de 3 sprints de la metodología ya mencionada. Cada sprint contó con una serie de historias a realizar, y que permitieron un correcto desarrollo de la misma. Para corroborar el desarrollo de este objetivo se tuvo en consideración el número de clases de Kotlin utilizadas para la construcción del aplicativo, el número de sprints utilizados y el tiempo de respuesta para el procesamiento de una imagen. Todos estos resultados se presentan en la TABLA V.

TABLA V
CONSTRATACIÓN DEL OBJETIVO EN BASE A INDICADORES

Aplicativo Móvil	Nº de clases Kotlin utilizadas	Nº de sprints utilizados	Tiempo promedio para el procesamiento de una imagen
App JM	45	3	4.95 seg

SPRINT 1:

En este sprint se desarrollaron las funcionalidades iniciales de la aplicación móvil, que incluían el diseño de todas las interfaces de usuario que se iban a requerir, el

apartado del registro del usuario, que iba a ser necesario para un posterior inicio de sesión que también era otra de las funcionalidades requeridas, y, por último, poder seleccionar y mostrar una imagen desde la galería del dispositivo, o tomar la fotografía en el momento de acceder a la cámara desde el dispositivo móvil (Ver Tabla VI).

TABLA VI
SPRINT BACKLOG - SPRINT 1

ID	Individuo	Enunciado	Sprint	Prioridad	Esfuerzo	Dimensión (días)
HU-01	Usuario	Como usuario del aplicativo móvil, deseo la presencia de interfaces visuales que sean amigables y presenten una mezcla de colores atractiva	1	Alta	Medio	1
HU-02	Usuario	Como usuario del aplicativo móvil, deseo poder registrar los datos personales de un nuevo usuario	1	Alta	Medio	1
HU-03	Usuario	Como usuario del aplicativo móvil, deseo poder realizar un login mediante correo y contraseña	1	Alta	Medio	1
HU-04	Usuario	Como usuario del aplicativo móvil, deseo agregar nuevas imágenes ya sea desde la galería o desde la cámara del dispositivo	1	Alta	Alto	4

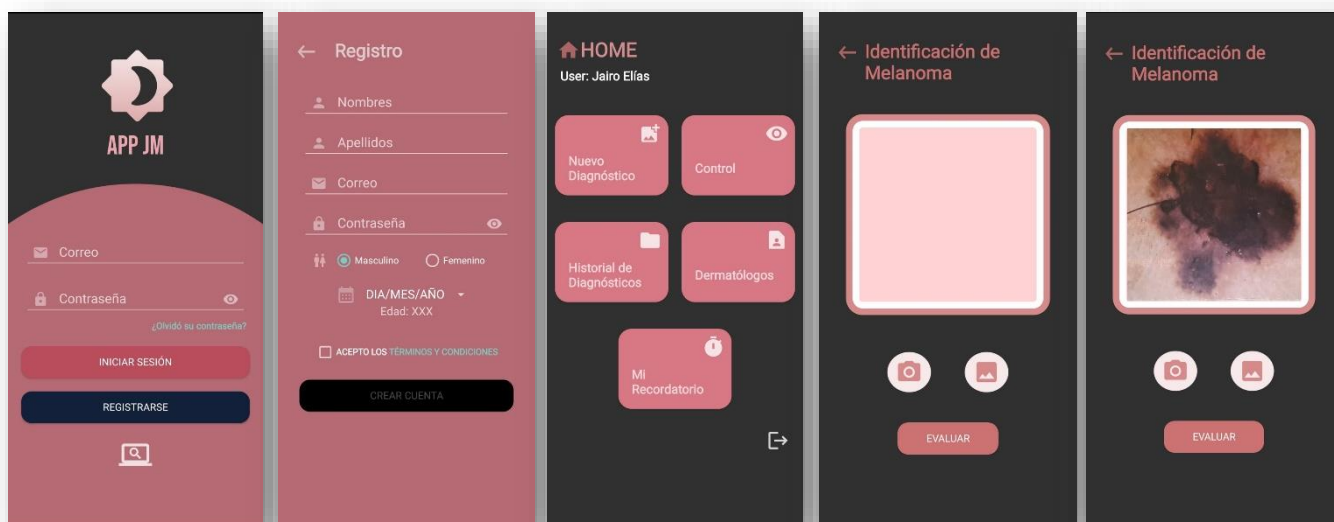


Fig. 3 Resultados del Sprint 1

SPRINT 2:

En este sprint se desarrollaron las siguientes funcionalidades de la aplicación móvil, destacando la capacidad de evaluar imágenes seleccionadas por el usuario y clasificarlas como melanoma, no melanoma o inválidas. Se implementó la funcionalidad de recortar imágenes para centrarse solo en la lesión cutánea, evitando elementos distractores que podrían ocasionar conflictos al momento de la evaluación, interfiriendo en el resultado final que se mostraría. Además, se incluyeron gráficos de líneas, de barras y circulares para mostrar la cantidad y porcentaje de imágenes analizadas. Se añadió la función de visualizar un historial de imágenes evaluadas, con la opción de eliminarlas individualmente o ver una vista previa en pantalla completa. Finalmente, se incorporó un listado de dermatólogos para que los usuarios puedan acceder a sus datos cuando lo necesiten.

TABLA VII
SPRINT BACKLOG - SPRINT 2

ID	Individuo	Enunciado	Sprint	Prioridad	Esfuerzo	Dimensión (días)
HU-05	Usuario	Como usuario del aplicativo móvil, deseo poder realizar la carga y evaluación de una imagen para su clasificación en melanoma o no melanoma	2	Alta	Alto	6
HU-06	Usuario	Como usuario del aplicativo móvil, deseo poder tener un control a través de gráficos estadísticos sobre las imágenes analizadas	2	Media	Alto	2
HU-07	Usuario	Como usuario del aplicativo móvil, deseo poder consultar un historial de las imágenes analizadas	2	Alta	Medio	1
HU-08	Usuario	Como usuario del aplicativo móvil, deseo poder consultar un listado de dermatólogos	2	Media	Bajo	1



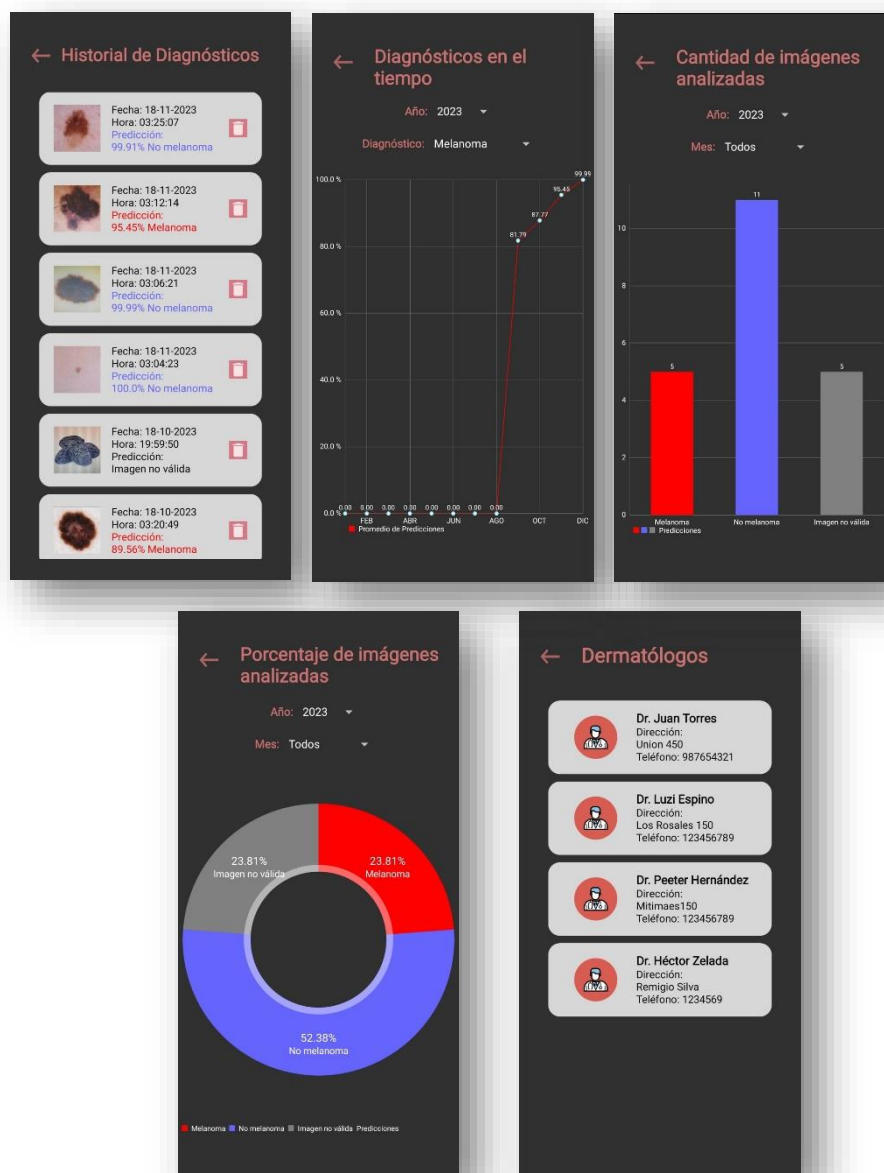


Fig. 4 Resultados del Sprint 2

SPRINT 3:

En este último sprint se desarrollaron las funcionalidades finales de la aplicación móvil, que incluían un recordatorio de diagnóstico que notifica al usuario en una fecha y hora específicas, asegurando un seguimiento regular de las revisiones de la piel. Además, se agregó la capacidad de restablecer contraseñas en caso de olvido, garantizando el acceso continuo del usuario a su cuenta. Se desarrollaron las funciones de administrador, que incluyen un inicio de sesión similar al del usuario y la capacidad de gestionar dermatólogos a través de un mantenimiento tipo CRUD, lo que permite al administrador registrar, modificar o eliminar dermatólogos según sea necesario para una mejor gestión y control.

TABLA VIII
SPRINT BACKLOG - SPRINT 3

ID	Individuo	Enunciado	Sprint	Prioridad	Esfuerzo	Dimensión (días)
HU-09	Usuario	Como usuario del aplicativo móvil, deseo poder establecer un recordatorio y ver consejos	3	Alta	Alto	4
HU-10	Usuario	Como usuario del aplicativo móvil, deseo poder restablecer la contraseña de mi cuenta en caso de olvido	3	Baja	Bajo	1
HU-11	Administrador	Como administrador del aplicativo móvil, deseo poder realizar un login mediante correo y contraseña	3	Alta	Medio	1
HU-12	Administrador	Como administrador del aplicativo móvil, deseo poder realizar el mantenimiento de dermatólogos	3	Media	Medio	1

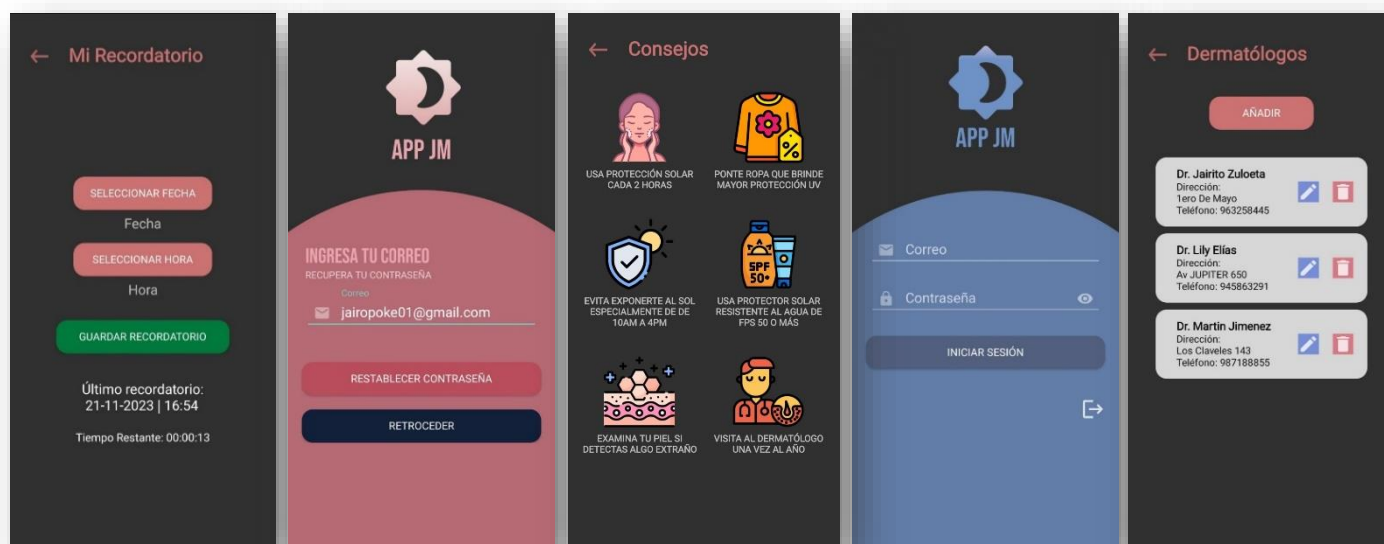


Fig. 5 Resultados del Sprint 3

4. Validar la facilidad de uso y utilidad percibida utilizando el modelo TAM y la opinión de juicios de expertos.

Para realizar la validación del aplicativo móvil, se tomó como referencia el cuestionario del Anexo N°03 que es el modelo de aceptación tecnológica (TAM), y el cuestionario del Anexo N°04, para la validación de juicio de expertos. En el caso de la Asociación Pimenteleña en Caballito de Totorá, se creyó conveniente el uso de un muestreo no probabilístico por juicio debido a la cantidad de personas que habían, por lo que fueron 35 personas las que se consideraron representativas para la población evaluada. Esto permitió obtener información relevante sobre la percepción

que tienen los pescadores con respecto al uso de la aplicación móvil y la aceptación de la tecnología. La escala de valoración que se utilizó fue la escala de Likert, y los resultados obtenidos se muestran en la tabla IX.

TABLA IX
RESULTADOS DEL CUESTIONARIO DE ACEPTACIÓN TECNOLÓGICA

Facilidad de uso percibida (FUP)	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indeciso (ni de acuerdo, ni en desacuerdo)	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
FUP1	-	-	-	37.14%	62.86%
FUP2	-	-	-	48.57%	51.43%
FUP3	-	-	5.71%	45.71%	48.57%
FUP4	-	-	11.43%	51.43%	37.14%
FUP5	-	-	-	34.29%	65.71%
FUP6	-	-	-	54.29%	45.71%
Utilidad percibida (UP)	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indeciso (ni de acuerdo, ni en desacuerdo)	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
UP1	-	-	-	17.14%	82.86%
UP2	-	-	-	25.71%	74.29%
UP3	-	-	-	-	100.00%
UP4	-	-	-	14.29%	85.71%
UP5	-	-	-	28.57%	71.43%
UP6	-	-	-	40%	60%

De acuerdo a la facilidad de uso percibida (FUP) por los encuestados, el resultado del análisis fue el siguiente:

En cuanto a la facilidad de aprender a utilizar la aplicación móvil (FUP1), el 37.14% de los encuestados expresó estar "de acuerdo", mientras que el 62.86% restante manifestó estar totalmente de acuerdo. En relación a que si fue fácil hacer que el aplicativo haga lo que querían que haga (FUP2), el 48.57% consideró estar de acuerdo y el 51.43%, consideró estar totalmente de acuerdo.

Con respecto a que, si la interacción con el aplicativo fue clara y entendible (FUP3), el 5.71% de los encuestados se encontraba indeciso, es decir, que no estaban de acuerdo ni en desacuerdo, el 45.71% menciona estar de acuerdo, y el 48.57% restante está totalmente de acuerdo. En relación a que, si se consideraban que el aplicativo ofrecía flexibilidad en su interacción (FUP4), un 11.43% afirmó estar indeciso, es decir, que no estaban de acuerdo ni en desacuerdo, el 51.43% señaló estar de acuerdo, y el 37.14% totalmente de acuerdo.

Sobre si la aplicación móvil fue fácil de usar (FUP5), el 34.29% consideró estar de acuerdo, y el 65.71%, consideró estar totalmente de acuerdo. Por último, sobre si consideraban que sería fácil llegar a ser un experto en el uso del aplicativo (FUP6), el 54.29% de los encuestados señaló estar de acuerdo y el 45.71% totalmente de acuerdo.

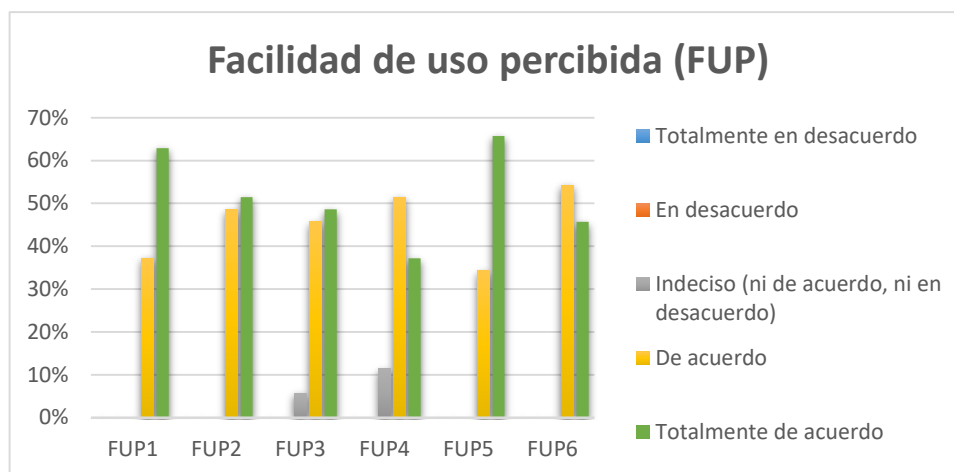


Fig.6. Facilidad de uso percibida (FUP) del cuestionario de aceptación tecnológica

Por otra parte, de acuerdo a la utilidad de uso percibida (UP) por los encuestados, el resultado del análisis fue el siguiente:

En cuanto a si consideraban que el uso del aplicativo podría mejorar la identificación de melanoma en la asociación (UP1), el 17.14% estuvo de acuerdo, y una gran cantidad de los encuestados, correspondiente al 82.86%, señaló estar totalmente de acuerdo. En relación a que, si sentían que usar el aplicativo les ayudaría a identificar posibles casos de melanoma de manera más efectiva (UP2), el 25.71% consideró estar de acuerdo y el 74.29%, consideró estar totalmente de acuerdo.

Con respecto a que, si el uso del aplicativo móvil les permitió tener al alcance un historial de diagnósticos de las imágenes analizadas (UP3), el 100.00% de los encuestados señaló estar totalmente de acuerdo. Sobre si el uso del aplicativo les permitió visualizar un control de evolución a posible melanoma (UP4), un 14.29% estuvo de acuerdo, y el 85.71% restante totalmente de acuerdo.

En relación a que, si consideran que el uso del aplicativo les brindaría beneficios en su trabajo (UP5), el 28.57% señaló estar de acuerdo y el 71.43% totalmente de acuerdo. Por último, sobre si encontrarían a la aplicación móvil útil para su uso en su trabajo, el 40% de los encuestados afirmó estar de acuerdo y el 60% totalmente de acuerdo.

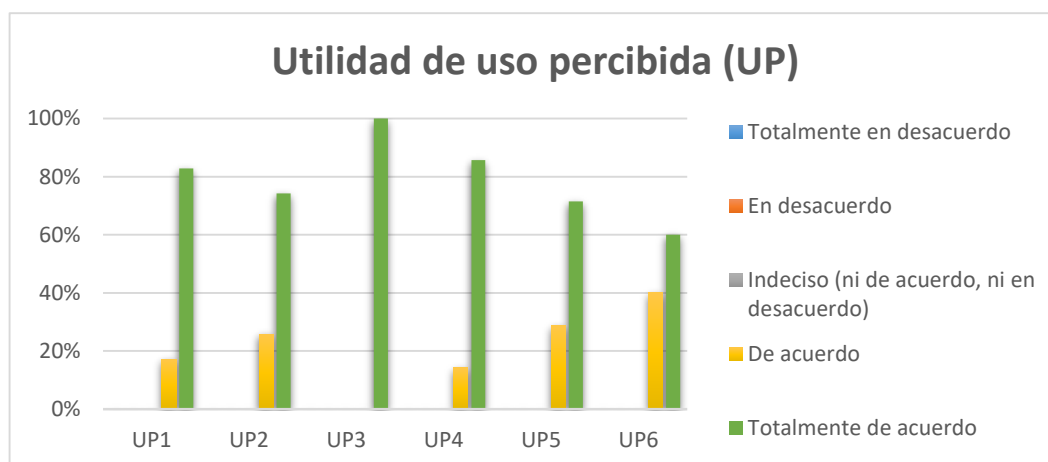


Fig.7. Utilidad de uso percibida (UP) del cuestionario de aceptación tecnológica

Con respecto a la segunda validación se utilizó un cuestionario de juicios de expertos, para poder determinar el grado de aceptación de la aplicación móvil por parte de 3 especialistas dermatólogos. Es esencial destacar que, para obtener el respaldo de los expertos, se buscaba alcanzar un resultado de aprobación alto en la escala de valoración de acuerdo y totalmente de acuerdo en la sección correspondiente a la confiabilidad de los resultados proporcionados por la aplicación, para que esta se dé como validada por los especialistas. La escala de valoración que se utilizó fue la escala de Likert, y los resultados obtenidos se muestran en la tabla XVIII.

TABLA X
RESULTADOS DEL CUESTIONARIO DE JUICIO DE EXPERTOS

PREGUNTAS	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indeciso (ni de acuerdo, ni en desacuerdo)	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
P1	-	-	-	-	100.00%
P2	-	-	-	33.33%	66.67%
P3	-	-	-	33.33%	66.67%
P4	-	-	-	66.67%	33.33%
P5	-	-	-	-	100.00%
P6	-	-	-	-	100.00%

De acuerdo a la encuesta de validación de la aplicación móvil mediante juicio de expertos dermatólogos, el resultado fue el siguiente:

En cuanto a que la interfaz de la aplicación es intuitiva y fácil de usar (P1), el 100.00% de los dermatólogos encuestados consideró estar totalmente de acuerdo. En relación a que, si consideraban que la aplicación apoyaría eficazmente en la identificación de

posibles casos de melanoma (P2), el 33.33% consideró estar de acuerdo y el 66.67%, consideró estar totalmente de acuerdo.

Con respecto a que, si consideran que la aplicación podría mejorar el proceso de diagnóstico de posibles casos de melanoma en comparación con métodos tradicionales (P3), el 33.33% señaló estar de acuerdo y el 66.67% estar totalmente de acuerdo. Sobre si consideraban que los resultados proporcionados por la aplicación son confiables (P4), el 66.67% señaló estar de acuerdo y el 33.33% estar totalmente de acuerdo.

Con respecto a que, si como especialista dermatólogo consideraba que la aplicación tiene el potencial de ser una herramienta complementaria para la identificación de posible melanoma (P5), el 100.00% de los dermatólogos encuestados estuvo totalmente de acuerdo. Por último, sobre si consideraban que la aplicación podría ser beneficiosa para las personas al proporcionarles información valiosa sobre posibles casos de melanoma, sin desestimar la opinión de un experto dermatólogo (P6), el 100.00% de los encuestados estuvo totalmente de acuerdo.

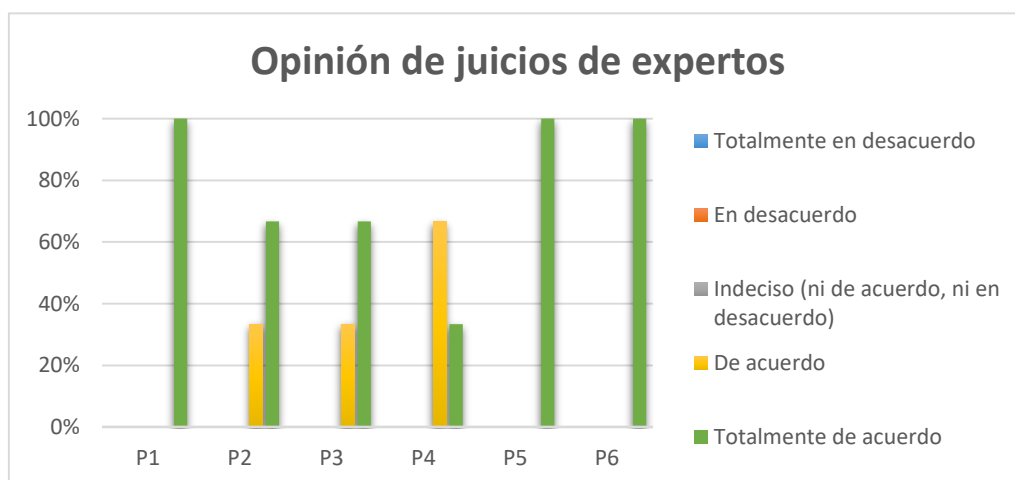


Fig.8. Opinión de juicios de expertos para la validación de la aplicación móvil

En base a las Fig. 6 y Fig. 7 se evidenció que respecto a facilidad de uso percibida y utilidad de uso, los encuestados se inclinaron más por la categoría “totalmente de acuerdo”, equivalente a una puntuación de 4 en escala de Likert, obteniendo una valoración promedio de 87.25% de facilidad de uso, y un 94.75% de utilidad percibida. Finalmente, en base a la Fig. 8, respecto a la opinión de juicio de expertos, se evidenció que también se inclinaban por la categoría de “totalmente de acuerdo”, de los cuales el 33.33% consideró estar de acuerdo y el 66.67% completamente de acuerdo en que la aplicación apoyaría eficazmente la identificación de posibles casos

de melanoma. En ambos casos los resultados obtenidos se consideran adecuados para el trabajo de investigación.

Discusión

En la presente investigación se determinó que la arquitectura de RCN más adecuada para la identificación de melanoma fue ResNet152V2, ya que obtuvo valores de exactitud, precisión, sensibilidad y especificidad superiores al 70%, con 92.3%, 88.8%, 95.48% y 89.53% respectivamente. Estos resultados comparados con los de [26], que obtuvo una precisión cercana al 75% usando Mobilenet V2 para la detección de psoriasis en placa y dermatitis atópica, demuestran una mejora significativa en la precisión y sensibilidad. Asimismo, los resultados son similares a los de [31], quien alcanzó una sensibilidad del 88.89% para identificar dermatofitosis. Sin embargo, el presente estudio aporta un mayor nivel de exactitud y especificidad, lo cual es crucial para el diagnóstico preciso de esta enfermedad.

El modelo desarrollado en esta investigación, consta de 152 capas y una profundidad de 307, procesó un total de 20,370 lotes de imágenes en 30 épocas, con un tiempo promedio de inferencia de 27.21 segundos. Comparando estos resultados con los de [24], quien utilizó Java y TensorFlowLite para un sistema de detección de lesiones cutáneas, se observa una mejora considerable en la profundidad y capacidad de procesamiento de nuestro modelo, lo que se traduce en una mayor eficiencia y rapidez en la inferencia. Mientras Sánchez no especificó los tiempos de procesamiento ni el número de capas utilizadas, nuestros resultados proporcionan una clara ventaja en términos de velocidad y profundidad del análisis de imágenes. De manera similar, los resultados coinciden con los de [25], que utilizó técnicas avanzadas de Deep Learning, pero para analizar queratosis actínica. No solo se confirma la importancia de estas técnicas, sino que también se demuestra una superioridad en términos de precisión y velocidad de procesamiento.

Para la construcción del aplicativo móvil, se utilizó Android Studio y el lenguaje de programación Kotlin, con un desarrollo ágil a través de tres sprints. El tiempo promedio de procesamiento de una imagen en el aplicativo fue de 4.93 segundos, lo que se considera óptimo. Al comparar estos resultados con los de [29], quienes emplearon la metodología Mobile-D y la biblioteca OpenCV para la detección de

lesiones cutáneas, nuestro uso de Scrum y Tensorflow permitieron un desarrollo más rápido y un procesamiento más eficiente de las imágenes. Si bien [29], logró una mejora en la detección de patrones y segmentación de imágenes, el enfoque de la investigación ha demostrado ser igualmente eficaz, con la ventaja de tener una mayor agilidad en el desarrollo y procesamiento. Asimismo, los resultados son consistentes con [27], que utilizaron IBM Cloud para acelerar el desarrollo, ya que el enfoque usado no solo mantiene una alta eficiencia, sino que también optimiza el tiempo de procesamiento, lo que es crucial para aplicaciones móviles.

Finalmente, la validación del aplicativo móvil según los criterios de usabilidad y utilidad percibida alcanzó una valoración promedio de 87.25% de facilidad de uso y 94.75% de utilidad percibida, mientras que la validación por juicio de expertos determinó que el 66.67% de los dermatólogos están completamente de acuerdo en la eficacia del aplicativo. Comparando estos resultados con los obtenidos por [30], que también desarrolló una herramienta de apoyo alcanzando una alta precisión y exactitud, esta investigación no solo se alinea con estos estándares de rendimiento, sino que también destaca por su alta valoración en términos de usabilidad y aceptación por parte de los usuarios y expertos. De igual manera, los resultados son similares a los de [24], quien destacó la importancia de la seguridad de los datos y la participación del usuario en el desarrollo de su sistema. El presente estudio no solo confirma la relevancia de estos factores, sino que también demuestra una notable aceptación y utilidad percibida, destacando el impacto positivo de la aplicación.

Conclusiones

1. Para determinar la arquitectura de red neuronal convolucional más adecuada para la identificación de melanoma se hizo una evaluación de 3 arquitecturas de RNC, y en base a los resultados, se concluye que ResNet152V2 fue la arquitectura más óptima para la tarea de clasificación alcanzando en su exactitud, precisión, sensibilidad y especificidad valores de 92.3%, 88.8%, 95.48% y 89.53% respectivamente, demostrando que los resultados superaban el 70%.
2. El modelo que se generó para la identificación de melanoma utilizando la arquitectura de RNC seleccionada, cuenta con un total de 152 capas, alcanzando un nivel de profundidad de 307, el cual fue entrenado durante 30 épocas, durante las cuales procesó

un total de 20 370 lotes de imágenes, obteniendo un tiempo promedio de inferencia en el conjunto de datos de prueba de 27.21 seg.

3. Para la construcción del aplicativo móvil se utilizó Android Studio con el lenguaje de programación Kotlin, siendo 45 el número de clases de este lenguaje utilizadas. El número de sprints que se utilizó para el desarrollo total del aplicativo fue de 3, en la que cada uno de estos contenía 4 historias de usuario. Además, el tiempo promedio para el procesamiento de una imagen en el aplicativo fue de 4.93 seg, lo que se considera óptimo.
4. Para la validación del aplicativo móvil según los criterios de usabilidad y utilidad percibida por los miembros de la Asociación Pimenteleña en Caballito de Totorá, se realizó un cuestionario de aceptación tecnológica, alcanzando una valoración promedio de 87.25% de facilidad de uso, y un 94.75% de utilidad percibida. Para la validación por juicio de expertos también se elaboró un cuestionario para los dermatólogos especialistas, evidenciando que el 33.33% consideró estar de acuerdo y el 66.67% completamente de acuerdo en que la aplicación apoyaría eficazmente la identificación de posibles casos de melanoma. Ambas validaciones son consideradas aceptables debido a los altos porcentajes de aceptación que se obtuvieron.

Recomendaciones

1. Se recomienda que la aplicación no haga solo el reconocimiento de la enfermedad a través de imágenes, sino que también realice una identificación en tiempo real con la cámara del dispositivo móvil para una mejor experiencia de usuario.
2. Se recomienda que en un futuro se puedan integrar las nuevas imágenes capturadas, como parte del conjunto de datos del modelo y se siga un reentrenamiento constante, para ello sería necesario usar modelos de RNC que tengan como parte de su arquitectura el reentrenamiento en tiempo real, puesto que está demostrado que mientras mayor sea el número de imágenes de entrenamiento para las RNC, mejores serán los resultados que se obtengan.
3. Finalmente se recomienda una evaluación y validación continua de la aplicación móvil por parte de dermatólogos y otros profesionales de la salud, incluyendo revisiones periódicas de la precisión del diagnóstico y la actualización del modelo basado en los comentarios y la retroalimentación de los especialistas.

Referencias

- [1] Organización Mundial de la Salud, “Cáncer,” *World Health Organization (WHO)*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer> (accessed Apr. 21, 2023).
- [2] Organización Mundial de la Salud, “Radiación ultravioleta,” *World Health Organization (WHO)*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ultraviolet-radiation> (accessed Apr. 21, 2023).
- [3] American Cancer Society, “¿Qué es el cáncer de piel tipo melanoma?” <https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-piel-tipo-melanoma/acerca/que-es-melanoma.html> (accessed Jun. 04, 2023).
- [4] National Cancer Institute, “Definición de melanoma - Diccionario de cáncer del NCI - NCI,” Feb. 02, 2011. <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/melanoma> (accessed Jun. 04, 2023).
- [5] Sociedad Española de Oncología Médica, “¿Qué es un melanoma? Definición y causas.” <https://seom.org/info-sobre-el-cancer/melanoma?start=1> (accessed Jun. 04, 2023).
- [6] M. Watson, D. M. Holman, and M. Maguire-Eisen, “Ultraviolet Radiation Exposure and Its Impact on Skin Cancer Risk,” *Semin. Oncol. Nurs.*, vol. 32, no. 3, pp. 241–254, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.soncn.2016.05.005.
- [7] P. C. Gameros and J. E. Téllez, “El cáncer de piel, un problema actual,” *Rev. Fac. Med. México*, vol. 59, no. 2, 2016.
- [8] D. E. C. Chimarro and A. M. A. Genkuong, “Prevalencia de cáncer de piel en pacientes de 18 a 50 años en el Hospital Teodoro Maldonado Carbo durante el periodo 2014 -2019.: Artículo Original,” *Oncol. Ecuad.*, vol. 30, no. 1, Art. no. 1, Apr. 2020, doi: 10.33821/474.
- [9] American Cancer Society, “Estadísticas importantes sobre el cáncer de piel tipo melanoma.” <https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-piel-tipo-melanoma/acerca/estadisticas-clave.html> (accessed Apr. 21, 2023).
- [10] MINSA, “Día del lunar: Cada año en el Perú, se diagnostican 1300 nuevos casos de cáncer de piel tipo melanoma.” <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/581732-dia-del-lunar-cada-ano-en-el-peru-se-diagnostican-1300-nuevos-casos-de-cancer-de-piel-tipo-melanoma> (accessed Apr. 21, 2023).
- [11] Centro Nacional de Epidemiología Prevención y Control de Enfermedades Ministerio de Salud, “Análisis de la situación del Cáncer en el Perú,” p. 163, 2018.

- [12] MINSA, “EsSalud reporta 1,877 casos de melanoma y otros tumores de piel durante el 2022,” *El Peruano*, 2023. <https://elperuano.pe/noticia/203327-essalud-reporta-1877-casos-de-melanoma-y-otros-tumores-de-piel-durante-el-2022> (accessed Apr. 28, 2023).
- [13] Y. J. Salazar-Vallejos, V. Gonzáles-Sabogal, and C. Díaz-Vélez, “Riesgo de cáncer de piel en pobladores de Olmos y Pimentel durante el 2016,” *Rev. Venez. Oncol.*, vol. 30, no. 3, pp. 168–174, 2018.
- [14] Servicio Nacional de Meteorología e. Hidrología del Perú, “Temperaturas cálidas continuarán en la costa norte y central del país.” <https://www.gob.pe/institucion/senamhi/noticias/743442-temperaturas-calidas-continuaran-en-la-costa-norte-y-central-del-pais> (accessed Apr. 25, 2023).
- [15] Servicio Nacional de Meteorología e. Hidrología del Perú, “SENAMHI: se incrementan niveles de radiación ultravioleta.” <https://www.senamhi.gob.pe/?p=prensa&n=783> (accessed Apr. 25, 2023).
- [16] K. U. Petersen *et al.*, “Cancer incidence among seafarers and fishermen in the Nordic countries,” *Scand. J. Work. Environ. Health*, vol. 46, no. 5, pp. 461–468, Sep. 2020, doi: 10.5271/sjweh.3879.
- [17] A. Takiddin, J. Schneider, Y. Yang, A. Abd-Alrazaq, and M. Househ, “Artificial Intelligence for Skin Cancer Detection: Scoping Review,” *J. Med. Internet Res.*, vol. 23, no. 11, p. e22934, Nov. 2021, doi: 10.2196/22934.
- [18] “Concientizan sobre melanoma y prevención,” *SAVALnet*. <https://www.savallnet.cl/mundo-medico/noticias/concientizan-sobre-melanoma-y-prevencion.html> (accessed Jun. 04, 2023).
- [19] American Cancer Society, “Does UV Radiation Cause Cancer? | American Cancer Society.” <https://www.cancer.org/cancer/risk-prevention/sun-and-uv/uv-radiation.html> (accessed Apr. 21, 2023).
- [20] American Cancer Society, “Factores de riesgo para el cáncer de piel tipo melanoma.” <https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-piel-tipo-melanoma/causas-riesgos-prevencion/factores-de-riesgo.html> (accessed Apr. 21, 2023).
- [21] American Cancer Society, “¿Se puede prevenir el cáncer de piel tipo melanoma?” <https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-piel-tipo-melanoma/causas-riesgos-prevencion/prevencion.html> (accessed Apr. 27, 2023).
- [22] C. A. Q. Erazo, K. S. I. Betancourt, P. V. O. Quiroz, and L. F. Batista, “Diagnóstico y tratamiento de melanoma cutáneo,” *RECIAMUC*, vol. 4, no. 1, Art. no. 1, Feb. 2020, doi: 10.26820/reciamuc/4.(1).enero.2020.169-178.

- [23] U. D. of H. and H. Services, “Skin Cancer as a Major Public Health Problem,” in *The Surgeon General’s Call to Action to Prevent Skin Cancer*, Office of the Surgeon General (US), 2014. Accessed: May 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK247164/>
- [24] A. B. Sánchez-Lidón, “Aplicación para la detección temprana de lesiones de piel mediante Inteligencia Artificial,” Murcia-España, 2021.
- [25] J. E. Márquez, “Deep Artificial Vision Applied to the Early Identification of Non-Melanoma Cancer and Actinic Keratosis,” *Comput. Sist.*, vol. 24, no. 2, Jun. 2020, doi: 10.13053/cys-24-2-2901.
- [26] J. Quintero and J. González, “Uso de redes neuronales convolucionales en teléfonos inteligentes para la identificación de enfermedades cutáneas,” Venezuela, 2020.
- [27] J. M. Campos Poma and E. Y. De La Cruz Dominguez, “Modelo tecnológico para el soporte al diagnóstico de lesiones cutáneas del tipo melanoma usando reconocimiento de imágenes,” Lima, 2021. [Online]. Available: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/656672/CamposP_J.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- [28] V. M. Alarcon and D. M. Murga, “Algoritmo para el diagnóstico preliminar de melanoma cutáneo basado en redes neuronales, Naive Bayes y árboles de decisión,” Lima, 2020.
- [29] D. F. Canchachí and J. T. Mendoza, “Aplicación móvil inteligente para mejorar la eficacia de la detección de melanoma en pacientes del Centro de Fototerapia de la Piel en Trujillo, 2020,” Trujillo, 2020.
- [30] E. Ticse-Villanueva *et al.*, “Importancia de la Industria Pesquera en el Perú, un enfoque hacia el desarrollo sostenible de la misma,” in *The 1st LACCEI International Multi-Conference on Entrepreneurship, Innovation, and Regional Development: “Ideas to Overcome and Emerge from the Pandemic Crisis,”* Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2021. doi: 10.18687/LEIRD2021.1.1.24.
- [31] A. Armas, “MELANOMA: EPIDEMIOLOGÍA Y PREVENCIÓN DESDE LA OFICINA DE FARMACIA,” España, 2020.
- [32] P. C. Moreno, “Detección automática de melanoma aplicando métodos de aprendizaje profundo para el procesamiento y análisis de imágenes dermatológicas,” Colombia, 2021.
- [33] Irish Cancer Society, “Understanding Melanoma Caring for people with cancer,” Australia, 2019.

- [34] American Cancer Society, “Melanoma Skin Cancer Early Detection, Diagnosis, and Staging,” 2023. Accessed: May 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.cancer.org/content/dam/CRC/PDF/Public/8825.00.pdf>
- [35] S. Riaño, “DETECCIÓN DE MELANOMAS DE PIEL MALIGNOS MEDIANTE PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES USANDO REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES,” Bogotá, 2022.
- [36] American Cancer Society, “Vida después del tratamiento de cáncer de piel tipo melanoma.” <https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-piel-tipo-melanoma/despues-del-tratamiento/cuidado-de-seguimiento.html> (accessed May 15, 2023).
- [37] K. Basu, R. Sinha, A. Ong, and T. Basu, “Artificial Intelligence: How is It Changing Medical Sciences and Its Future?,” *Indian J. Dermatol.*, vol. 65, no. 5, pp. 365–370, 2020, doi: 10.4103/ijid.IJD_421_20.
- [38] A. Esteva *et al.*, “Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks,” *Nature*, vol. 542, no. 7639, pp. 115–118, Feb. 2017, doi: 10.1038/nature21056.
- [39] F. Chollet, *Deep Learning with Python*. 2017.
- [40] S. Xin, “Application of Deep learning in computer vision,” vol. 16, 2022.
- [41] P. Erbao and Z. Guotong, “Image Processing Technology Research of On-Line Thread Processing,” *Energy Procedia*, vol. 17, pp. 1408–1415, 2012, doi: 10.1016/j.egypro.2012.02.260.
- [42] R. Dastres and M. Soori, “Artificial Neural Network Systems”.
- [43] R. Yamashita, M. Nishio, R. K. G. Do, and K. Togashi, “Convolutional neural networks: an overview and application in radiology,” *Insights Imaging*, vol. 9, no. 4, pp. 611–629, Aug. 2018, doi: 10.1007/s13244-018-0639-9.
- [44] K. Salman, R. Hossein, A. S. Syed, and B. Mohammed, *A Guide to Convolutional Neural Networks for Computer Vision*. Series Editors.
- [45] A. Dinamarca, “Aprendizaje y Análisis de Redes Neuronales Artificiales Profundas,” 2018, Accessed: May 26, 2023. [Online]. Available: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/13989/dinamarca-agustina-tesina.pdf
- [46] D. K. Sharma, M. Chatterjee, G. Kaur, and S. Vavilala, “3 - Deep learning applications for disease diagnosis,” in *Deep Learning for Medical Applications with Unique Data*, D. Gupta, U. Kose, A. Khanna, and V. E. Balas, Eds., Academic Press, 2022, pp. 31–51. doi: 10.1016/B978-0-12-824145-5.00005-8.
- [47] B. Me and C. Manterola, “Cómo interpretar un artículo sobre pruebas diagnósticas,” *Rev. Chil. Cirugia*, vol. 62, pp. 301–308, Jun. 2010, doi: 10.4067/S0718-40262010000300018.

- [48] R. Islam, R. Islam, and T. A. Mazumder, "Mobile Application and Its Global Impact," *Int. J. Eng.*, vol. 10, no. 06, 2010.
- [49] K. Risener, "A Study of Software Development Methodologies," 2022.
- [50] "Machine Learning Lens - AWS Well-Architected Framework," 2023.
- [51] P. Deemer, G. Benefield, C. Larman, and B. Vodde, "A Lightweight Guide to the Theory and Practice of Scrum".
- [52] J. F. Huambachano, "¿Qué es Scrum?," *Scrum.org*, 2017. <https://www.scrum.org/resources/blog/que-es-scrum> (accessed May 27, 2023).
- [53] A. Arrarte, "Las 5 fases de la metodología Scrum para tus proyectos," Nov. 28, 2021. <https://alvaroarrarte.com/fases-de-la-metodologia-scrum/> (accessed May 27, 2023).
- [54] OECD, *Manual de Frascati 2015: Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental*. OECD, 2018. doi: 10.1787/9789264310681-es.
- [55] L. A. Aguilar, "Desarrollo e implementación de un sistema web basado en la metodología scrum, para mejorar el proceso de autorizaciones e infracciones en la dirección regional de transportes y comunicaciones de Ayacucho," Lima, 2021.
- [56] M. Hussain, J. Bird, and D. Faria, "A Study on CNN Transfer Learning for Image Classification," Jun. 2018.
- [57] "Papers with Code - ImageNet Dataset." Accessed: Oct. 03, 2023. [Online]. Available: <https://paperswithcode.com/dataset/imagenet>
- [58] M. Tan and Q. V. Le, "EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks." arXiv, Sep. 11, 2020. Accessed: Sep. 24, 2023. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1905.11946>
- [59] F. Chollet, "Xception: Deep Learning with Depthwise Separable Convolutions." arXiv, Apr. 04, 2017. Accessed: Sep. 24, 2023. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1610.02357>
- [60] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Deep Residual Learning for Image Recognition." arXiv, Dec. 10, 2015. Accessed: Sep. 25, 2023. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1512.03385>
- [61] K. Team, "Keras documentation: Keras Applications." Accessed: Sep. 25, 2023. [Online]. Available: <https://keras.io/api/applications/>

Anexos

**ANEXO N° 01. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO
ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS**



**ASOCIACIÓN PIMENTELEÑA DE PESCADORES EN
CABALLITO DE TOTORA
A.P.P.C.T. FUNDADO EL 27 DE NOVIEMBRE DE 1995**

**“AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA
INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS
BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO”**

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO ACREDITABLE

CARTA N°001 – 2024

Estimado:

ING. MERA MONTENEGRO HUILDER JUANITO

Por medio de la presente certifico la aprobación de la tesis titulada “APLICACIÓN MÓVIL BASADA EN REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES PARA APOYAR LA IDENTIFICACIÓN DE MELANOMA EN PESCADORES DE PIMENTEL” del estudiante JAIRO SALOMÉ SANDOVAL ELÍAS, perteneciente a la escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, como producto acreditable de su trabajo de investigación de fin de grado, cumpliendo con los requisitos y objetivos establecidos. El producto acreditable ha sido ejecutado y evaluado de acuerdo a los lineamientos y criterios definidos por la asociación. Asimismo, el estudiante ha demostrado una capacidad y compromiso excepcional para llevar a cabo una investigación de calidad. Se expide la presente constancia para los fines que estime conveniente.

Atentamente, Sr. José Elmer Carranza Panta.

Pimentel, 10 de mayo del 2024

José Elmer Carranza Panta
DNI N°16789658

DIRECCIÓN: Calle Miguel Grau N°752. Pimentel

Presidente

ANEXO N° 02. ENTREVISTA AL PRESIDENTE DE LA “ASOCIACIÓN PIMENTELEÑA DE PESCADORES EN CABALLITO DE TOTORA”



ENTREVISTA N°01 AL PRESIDENTE DE LA “ASOCIACIÓN PIMENTELEÑA DE PESCADORES EN CABALLITO DE TOTORA”

Fecha: [4-06-2023]

Presidente de la Asociación: [José Elmer Carranza Panta]

Entrevistado por: [Jairo Sandoval Elías]

❖ SECCIÓN 1: PREGUNTAS GENERALES

1. ¿Cuántos son los miembros que conforman la “Asociación Pimenteleña de Pescadores en Caballito de Totorá”?
2. ¿Cuál es el horario en el que realizan sus labores de pesca los asociados?
4. ¿Considera que los recursos económicos de los asociados son limitados?
5. ¿Existe alguna normativa en la asociación relacionada con la protección del cuidado de la piel de sus asociados?
6. ¿Cuál es el nivel de conciencia de los pescadores sobre la importancia de cuidar su piel?
7. ¿Cuántos de los asociados presentan anomalías en su piel que podría dar indicio o sospechas de la presencia de melanoma?
8. ¿Qué considera como una limitante que tienen los asociados para acudir a servicios de salud que les permitan realizar un control y diagnóstico oportuno de cáncer de piel de tipo melanoma?
9. ¿Ha escuchado hablar de aplicaciones tecnológicas que permiten detectar anomalías en la piel ayudando a una mejor prevención de cáncer de piel de tipo melanoma?
10. ¿Le gustaría que en la asociación se implemente una solución tecnológica que permita apoyar la detección temprana y seguimiento de cáncer de piel de tipo melanoma entre los pescadores de la asociación?
11. ¿Cuál cree que podría ser el impacto de implementar esta solución tecnológica en la asociación?

Gracias por tu participación. ¡Sus respuestas son valiosas para mi investigación!

ANEXO N° 03. MODELO DE ACEPTACIÓN TECNOLÓGICA

TABLA 1
Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM)

ÍTEM	PREGUNTAS	Criterios				
		Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indeciso (Ni de acuerdo ni en desacuerdo)	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
FACILIDAD DE USO PERCIBIDA	FUP1: ¿Aprender a utilizar el aplicativo fue fácil?	0	1	2	3	4
	FUP2: ¿Fue fácil hacer que el aplicativo haga lo que quería que haga?	0	1	2	3	4
	FUP3: ¿Su interacción con el aplicativo fue clara y entendible?	0	1	2	3	4
	FUP4: ¿Considera que el aplicativo ofrece flexibilidad en su interacción?	0	1	2	3	4
	FUP5: ¿Encuentra a la aplicación móvil fácil de usar?	0	1	2	3	4
	FUP6: ¿Considera que sería fácil llegar a ser un experto en el uso del aplicativo?	0	1	2	3	4
UTILIDAD DE USO PERCIBIDA	UP1: ¿Considera que el uso del aplicativo podría mejorar la identificación de melanoma en la asociación?	0	1	2	3	4
	UP2: ¿Siente que usar el aplicativo le ayudará a identificar posibles casos de melanoma de manera más efectiva?	0	1	2	3	4
	UP3: ¿El uso del aplicativo le permitió tener al alcance un historial de diagnósticos de las imágenes analizadas?	0	1	2	3	4
	UP4: ¿El uso del aplicativo le permitió visualizar un control de evolución a posible melanoma?	0	1	2	3	4
	UP5: ¿Considera que el uso del aplicativo le brindaría beneficios en su trabajo?	0	1	2	3	4
	UP6: ¿Encontraría a la aplicación móvil útil para su uso en su trabajo?	0	1	2	3	4

ANEXO 04. CUESTIONARIO DE JUICIOS DE EXPERTOS

CUESTIONARIO – JUICIO DE EXPERTOS

Datos Personales (Dermatólogo):

Nombres y apellidos: _____

Fecha: _____

Introducción:

El objetivo de este cuestionario es obtener su opinión como experto dermatólogo sobre la aplicación móvil AppJM, diseñada para la identificación de posibles casos de cáncer de piel de tipo melanoma entre los pescadores de la Asociación Pimenteleña Caballito de Totorá. Queremos conocer su percepción acerca de la eficacia de la aplicación desde el punto de vista de un experto y cómo podría integrarse como una herramienta útil. Tu experiencia y conocimientos son fundamentales para mejorar la calidad y utilidad de esta aplicación. Agradecemos tu participación.

Indica con una marca (x) en la casilla apropiada según tu calificación.

ESCALA DE VALORACIÓN:

0: Totalmente en desacuerdo **1:** En desacuerdo **2:** Indeciso (Ni de acuerdo ni en desacuerdo)

3: De acuerdo **4:** Totalmente de acuerdo

TABLA 2
Cuestionario para Juicio de Expertos

ÍTEM	PREGUNTAS	Criterios				
		0	1	2	3	4
APLICACIÓN MÓVIL	P1: ¿Considera que la interfaz de la aplicación es intuitiva y fácil de navegar?					
	P2: ¿Considera que la aplicación apoyaría eficazmente en la identificación de posibles casos de melanoma?					
	P3: ¿Considera que la aplicación podría mejorar el proceso de diagnóstico de posibles casos de melanoma en comparación con métodos tradicionales?					
	P4: ¿Considera que los resultados proporcionados por la aplicación son confiables?					
	P5: ¿Como especialista dermatólogo considera que la aplicación tiene el potencial de ser una herramienta complementaria para la identificación de posible melanoma?					
	P6: ¿Considera que la aplicación podría ser beneficiosa para las personas al proporcionarles información valiosa sobre posibles casos de melanoma, sin desestimar la opinión de un experto dermatólogo?					

Firma del especialista dermatólogo

ANEXO N° 05. MACHINE LEARNING LIFECYCLE

Fase 3: Procesamiento de datos

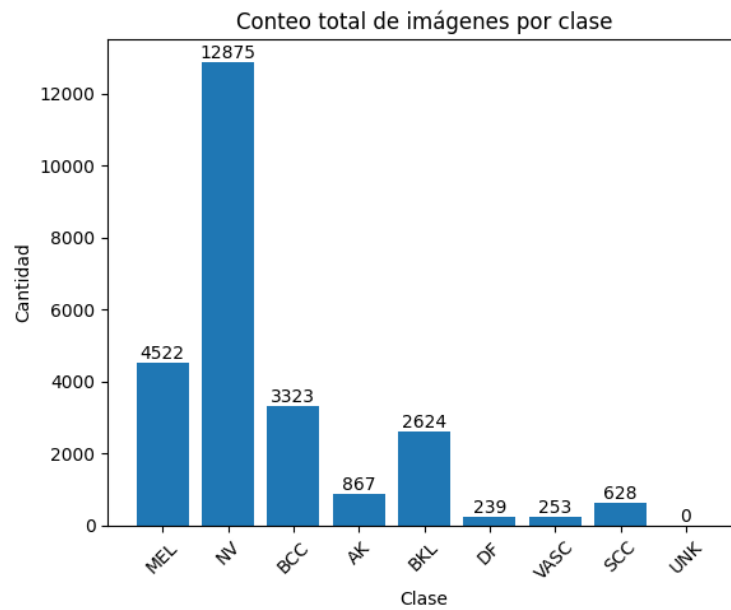


Ilustración 1. Cantidad de imágenes dentro de cada subdirectorio de "Dataset"

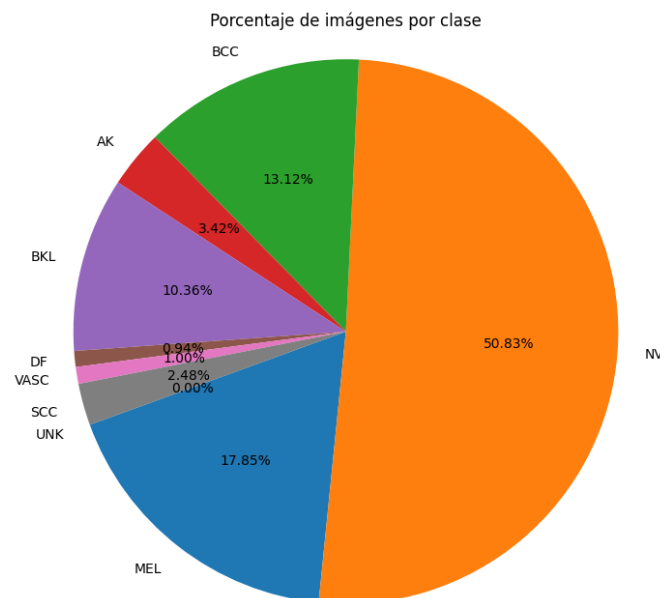


Ilustración 2. Gráfico circular de distribución de porcentajes por clase

```
def data_augmentation_layers(flip, factor):
    return tf.keras.Sequential([
        tf.keras.layers.RandomFlip(flip),
        tf.keras.layers.RandomRotation(
            factor, fill_mode="constant",
            fill_value= 8
        )
    ])

data_augmentation_1 = data_augmentation_layers(flip= 'horizontal', factor= 0.069)
data_augmentation_2 = data_augmentation_layers(flip= 'vertical', factor= 0.069)
```

Ilustración 3. Lógica de Data Augmentation

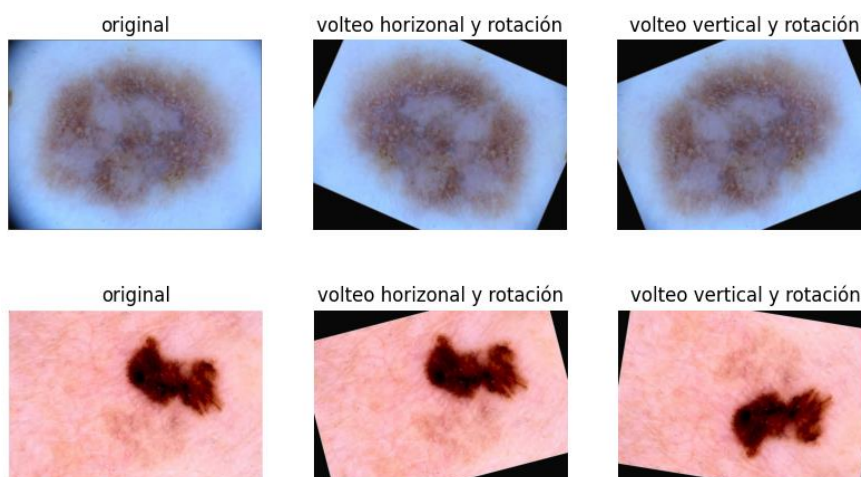


Ilustración 4. Imágenes generadas a partir de la original aplicando Data Augmentation

Fase 4: Desarrollo de modelos

```
class Metrics:
    def __init__(self, confusion):
        self.VP = confusion[0][0]
        self.FP = confusion[0][1]
        self.FN = confusion[1][0]
        self.VN = confusion[1][1]

    def accuracy(self):
        return (self.VP + self.VN)/(self.VP + self.FP + self.VN + self.FN)
    def precision(self):
        return self.VP/(self.VP + self.FP)
    def sensitivity(self):
        return self.VP/(self.VP + self.FN)
    def specificity(self):
        return self.VN/(self.VN + self.FP)
```

Ilustración 5. Lógica de la matriz de confusión

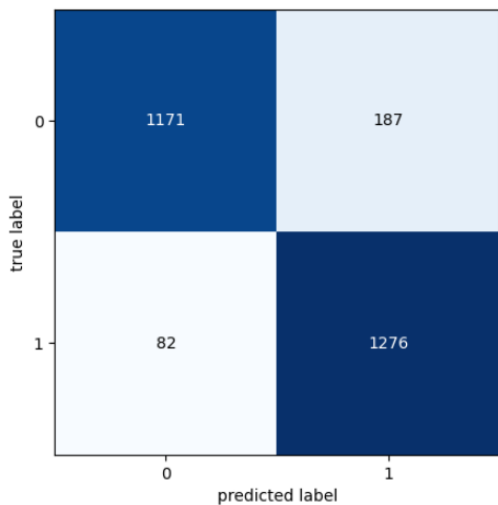


Ilustración 7. Matriz de Confusión de EfficientNetB7

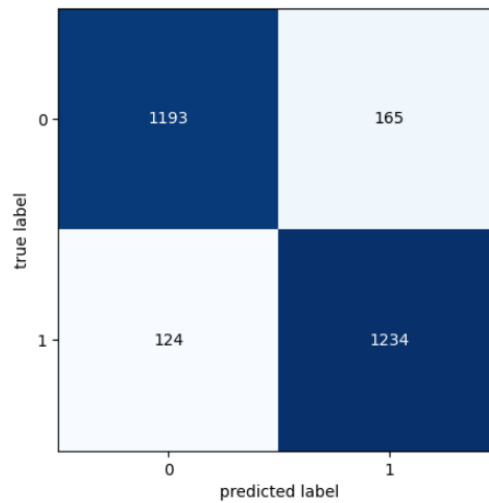


Ilustración 6. Matriz de Confusión de Xception

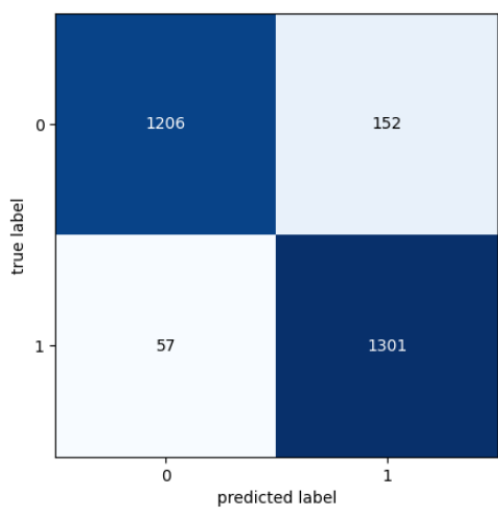


Ilustración 9. Matriz de Confusión de ResNet152V2

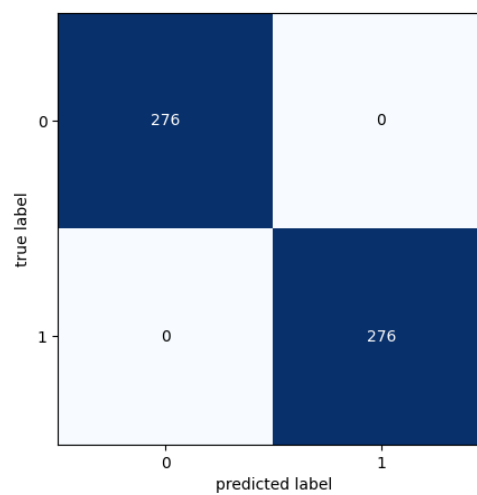


Ilustración 8. Matriz de Confusión del Modelo Validador

Fase 5: Usar el modelo para hacer predicciones

```

predicted_probs = best_custom_ResNet152V2.predict(test_ds)
predicted_labels = np.argmax(predicted_probs, axis=1)
predicted_scores = [pred[np.argmax(pred)] for pred in predicted_probs]
# formar lotes
batch_size = 32
pred_labels = [predicted_labels[i:i+batch_size] for i in range(0, len(predicted_labels), batch_size)]
pred_scores = [predicted_scores[i:i+batch_size] for i in range(0, len(predicted_scores), batch_size)]

85/85 [=====] - 26s 283ms/step

```

Ilustración 10. . Lógica del funcionamiento de la inferencia

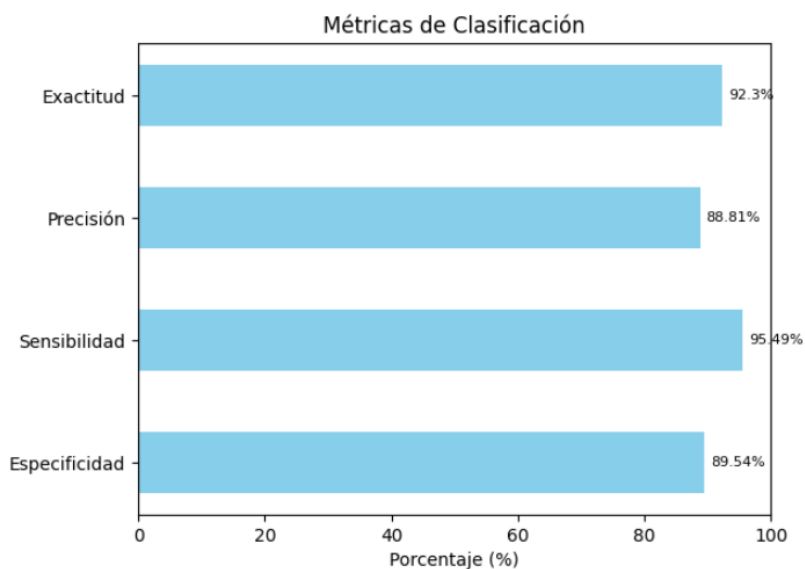


Ilustración 11. Gráfico de barras de las métricas de rendimiento de ResNet152V2

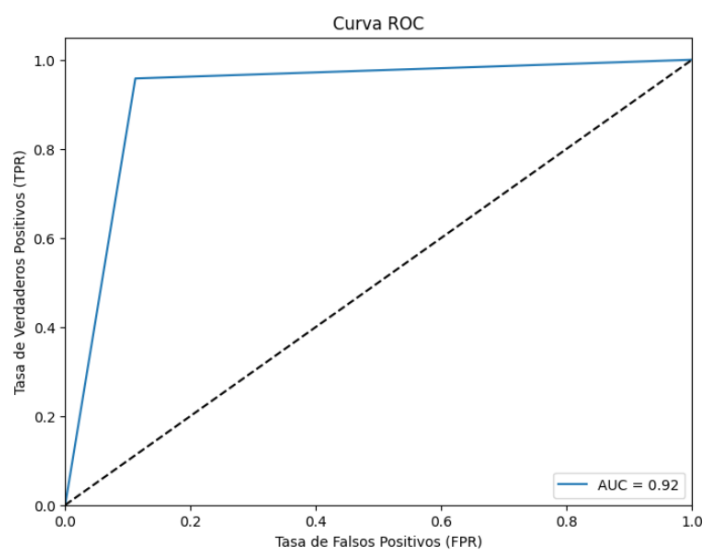


Ilustración 12. Gráfico de Curvas ROC de ResNet152V2

ANEXO N° 09. CUESTIONARIO JUICIO DE EXPERTOS RESULTADOS

CUESTIONARIO – JUICIO DE EXPERTOS

Datos Personales (Dermatólogo):

Nombres y apellidos:

Fecha:

Julio Zavalista Vertiz
24. Nov. 2023Introducción:

El objetivo de este cuestionario es obtener su opinión como experto dermatólogo sobre la aplicación móvil AppJM, diseñada para la identificación de posibles casos de cáncer de piel de tipo melanoma entre los pescadores de la Asociación Pimenteleña Caballito de Totorá. Queremos conocer su percepción acerca de la eficacia de la aplicación desde el punto de vista de un experto y cómo podría integrarse como una herramienta útil. Tu experiencia y conocimientos son fundamentales para mejorar la calidad y utilidad de esta aplicación. Agradecemos tu participación.

Indica con una marca (x) en la casilla apropiada según tu calificación.

ESCALA DE VALORACIÓN:

0: Totalmente en desacuerdo 1: En desacuerdo 2: Indeciso (Ni de acuerdo ni en desacuerdo)

3: De acuerdo 4: Totalmente de acuerdo

ÍTEM	PREGUNTAS	Criterios				
		0	1	2	3	4
APLICACIÓN MÓVIL	P1: ¿Considera que la interfaz de la aplicación es intuitiva y fácil de navegar?					X
	P2: ¿Considera que la aplicación apoyaría eficazmente en la identificación de posibles casos de melanoma?					X
	P3: ¿Considera que la aplicación podría mejorar el proceso de diagnóstico de posibles casos de melanoma en comparación con métodos tradicionales?				X	
	P4: ¿Considera que los resultados proporcionados por la aplicación son confiables?					X
	P5: ¿Como especialista dermatólogo considera que la aplicación tiene el potencial de ser una herramienta complementaria para la identificación de posible melanoma?					X
	P6: ¿Considera que la aplicación podría ser beneficiosa para las personas al proporcionarles información valiosa sobre posibles casos de melanoma, sin desestimar la opinión de un experto dermatólogo?					X

Firma del especialista dermatólogo

Julio Zavalista Vertiz
Dermatología
CMP: 21973 RNE: 12892

CUESTIONARIO – JUICIO DE EXPERTOS

Datos Personales (Dermatólogo):

Nombres y apellidos: Elizabeth Guevara Sánchez.

Fecha: 27/11/23.

Introducción:

El objetivo de este cuestionario es obtener su opinión como experto dermatólogo sobre la aplicación móvil AppJM, diseñada para la identificación de posibles casos de cáncer de piel de tipo melanoma entre los pescadores de la Asociación Pimenteleña Caballito de Totora. Queremos conocer su percepción acerca de la eficacia de la aplicación desde el punto de vista de un experto y cómo podría integrarse como una herramienta útil. Tu experiencia y conocimientos son fundamentales para mejorar la calidad y utilidad de esta aplicación. Agradecemos tu participación.

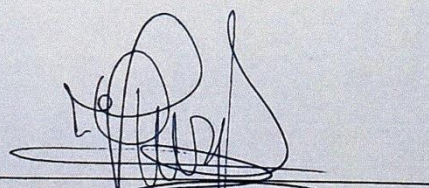
Indica con una marca (x) en la casilla apropiada según tu calificación.

ESCALA DE VALORACIÓN:

0: Totalmente en desacuerdo **1:** En desacuerdo **2:** Indeciso (Ni de acuerdo ni en desacuerdo)

3: De acuerdo **4:** Totalmente de acuerdo

ÍTEM	PREGUNTAS	Criterios				
		0	1	2	3	4
APLICACIÓN MÓVIL	P1: ¿Considera que la interfaz de la aplicación es intuitiva y fácil de navegar?					X
	P2: ¿Considera que la aplicación apoyaría eficazmente en la identificación de posibles casos de melanoma?				X	
	P3: ¿Considera que la aplicación podría mejorar el proceso de diagnóstico de posibles casos de melanoma en comparación con métodos tradicionales?					X
	P4: ¿Considera que los resultados proporcionados por la aplicación son confiables?				X	
	P5: ¿Como especialista dermatólogo considera que la aplicación tiene el potencial de ser una herramienta complementaria para la identificación de posible melanoma?					X
	P6: ¿Considera que la aplicación podría ser beneficiosa para las personas al proporcionarles información valiosa sobre posibles casos de melanoma, sin desestimar la opinión de un experto dermatólogo?					X



Firma del especialista dermatólogo

 Dra. Elizabeth Guevara Sánchez
 DERMATÓLOGA
 CMP 58911 RNE 29735

CUESTIONARIO – JUICIO DE EXPERTOS

Datos Personales (Dermatólogo):

Nombres y apellidos: Walter Maldonado Gómez

Fecha: 24/11/22

Introducción:

El objetivo de este cuestionario es obtener su opinión como experto dermatólogo sobre la aplicación móvil AppJM, diseñada para la identificación de posibles casos de cáncer de piel de tipo melanoma entre los pescadores de la Asociación Pimenteleña Caballito de Totorá. Queremos conocer su percepción acerca de la eficacia de la aplicación desde el punto de vista de un experto y cómo podría integrarse como una herramienta útil. Tu experiencia y conocimientos son fundamentales para mejorar la calidad y utilidad de esta aplicación. Agradecemos tu participación.

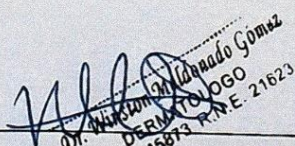
Indica con una marca (x) en la casilla apropiada según tu calificación.

ESCALA DE VALORACIÓN:

0: Totalmente en desacuerdo 1: En desacuerdo 2: Indeciso (Ni de acuerdo ni en desacuerdo)

3: De acuerdo 4: Totalmente de acuerdo

ÍTEM	PREGUNTAS	Criterios				
		0	1	2	3	4
APLICACIÓN MÓVIL	P1: ¿Considera que la interfaz de la aplicación es intuitiva y fácil de navegar?					X
	P2: ¿Considera que la aplicación apoyaría eficazmente en la identificación de posibles casos de melanoma?					X
	P3: ¿Considera que la aplicación podría mejorar el proceso de diagnóstico de posibles casos de melanoma en comparación con métodos tradicionales?					X
	P4: ¿Considera que los resultados proporcionados por la aplicación son confiables?				X	
	P5: ¿Como especialista dermatólogo considera que la aplicación tiene el potencial de ser una herramienta complementaria para la identificación de posible melanoma?					X
	P6: ¿Considera que la aplicación podría ser beneficiosa para las personas al proporcionarles información valiosa sobre posibles casos de melanoma, sin desestimar la opinión de un experto dermatólogo?					X


 Dr. Walter Maldonado Gómez
 DERMATÓLOGO
 P. 45873 R.E. 21823
 Firma del especialista dermatólogo