



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**“MÉTODO ALTERNATIVO BASADO EN UN SISTEMA
INTELIGENTE PARA IDENTIFICAR ENFERMEDADES
DE LA PIEL”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:

DOCTOR EN INGENIERÍA DE SISTEMAS

AUTOR:

REATEGUI PEZO, ALEJANDRO

ASESOR

DR. RODRIGUEZ RODRIGUEZ, CIRO

JURADO:

DR. FLORES VIDAL, HIGINIO EXEQUIEL

DR. VALES CARRILLO, JORGE ALBERTO

DR. FRANCO DEL CARPIO, CARLO S MIGUEL

LIMA-PERÚ

2020

Título

Método alternativo basado en un Sistema Inteligente para identificar enfermedades de la piel.

Autor

Alejandro Reátegui Pezo

Asesor

Ciro Rodríguez Rodríguez

Área de Investigación

38: Sistemas Inteligentes, Robótica, Domótica

DEDICATORIA

Al niño soñador

Que con sus sueños creo mundos, utopías,

Creo al hombre que es hoy

Soñador, Realista, Imaginativo, Amante

Buscando y luchando, para que este mundo sea mejor.

AGRADECIMIENTO

Al Doctor Heiter Valderrama Freyre, Rector de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP) desde el año 2016, quien me proporciono facilidades para poder seguir el doctorado y al Ingeniero Isaac Ocampo Yahuarcani por su valiosa colaboración en las ideas dadas y a los bachilleres, Angela Milagros Núñez Satalaya y Almendra Priscila Laureano Lumba por su apoyo en el desarrollo y culminación de esta mi tesis doctoral.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE.....	iv
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
CAPITULO I: INTRODUCCION	1
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Descripción del problema	4
1.3. Formulación del problema	5
1.4. Antecedentes	6
1.5. Justificación de la investigación	21
1.6. Limitaciones de la investigación.....	21
1.7. Objetivos de la investigación.....	22
1.8. Hipótesis	23
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	24
2.1. Marco conceptual.....	24
CAPITULO III: MÉTODO	36
3.1. Tipo de investigación.....	36
3.2. Población y Muestra	37
3.2.1. Universo.	37
3.2.2. Muestra.....	37
3.3. Operalización de las variables	37
3.3.1. Variables e Indicadores.....	37
3.3.2 Descripción de Indicadores.	37
3.3.3 Operacionalización de Indicadores	38
3.4. Instrumentos.....	40
3.5. Procedimientos.....	40
3.6. Análisis de datos	41

3.7. Consideraciones éticas	41
CAPITULO IV: RESULTADOS	43
4.1. Ejecución	43
4.1.1. Entrenamiento de la Red Neuronal	43
4.1.1.1. Entrenamiento con imágenes de la enfermedad Impétigo.....	43
4.1.1.2. Entrenamiento con imágenes de la enfermedad Psoriasis.....	46
4.1.2. Pruebas de uso de software	48
4.1.2.1. Pruebas de uso de software con imágenes del Impétigo	48
4.1.2.2. Pruebas de uso de software con imágenes de la Psoriasis.....	50
CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	57
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES.....	59
CAPITULO VIII: REFERENCIAS	60
CAPITULO IX: ANEXOS.....	66
9.1. Matriz de consistencia	66
9.2. Ficha de Observación Nro. 1	68
9.3. Ficha de Observación Nro. 2	73
9.4. Ficha de Observación Nro. 3	74
9.5. Carta de Presentación.....	77
9.6. Validez del Instrumento de Investigación	78
9.7. Validez del Instrumento de Investigación	79
9.8. Validez del Instrumento de Investigación	80
9.9. Resultados del Sistema Inteligente de diagnóstico de enfermedades de la piel	81
9.10. Código Fuente.....	82
9.11. Manual de Usuario.....	85
9.12. Explicación de algoritmo	93

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables e Indicadores	37
Tabla 2. Indicador que muestra Variable Independiente	38
Tabla 3. Descripción de Indicadores de la Variable Dependiente.....	38
Tabla 4. Indicador e Índice de la Variable Independiente	39
Tabla 5. Indicador e Índice de la Variable Dependiente	39
Tabla 6. Presentación desagregada del banco de imágenes.....	43
Tabla 7. Tabla de entrenamiento de la Red Neuronal para la enfermedad Impétigo	45
Tabla 8. Tabla de entrenamiento de la Red Neuronal para la enfermedad Psoriasis.....	47
Tabla 9. Tabla de Pruebas de Uso de Software para la enfermedad Impétigo.	49
Tabla 10. Tabla de Pruebas de Uso para la enfermedad Psoriasis.....	51
Tabla 11. Tabla de Resultado de diagnóstico por Método Tradicional vs Sistema Inteligente.	52
Tabla 12. Resumen del Cálculo del Índice de Sensibilidad y Especificidad para el Impétigo.....	53
Tabla 13. Resumen del Cálculo del Índice de Sensibilidad y Especificidad para la Psoriasis.....	53
Tabla 14. Resumen del Cálculo del Índice de Sensibilidad y Especificidad para las dos enfermedades de la piel	54

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Etapas de Procesamiento de la Imagen.....	25
--	----

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad la generación de una metodología alternativa de detección de enfermedades de la piel a partir del uso de una herramienta tecnológica basada en Inteligencia Artificial. En esta experiencia se han priorizado 2 enfermedades, las cuales son “Impétigo” y “Psoriasis”, además se han utilizado algoritmos de redes neuronales convolucionales, junto a técnicas de procesamiento de imágenes y computación de alto desempeño. Así mismo se ha utilizado un banco compuesto de 228 de imágenes (102 imágenes de “Impétigo” y 126 imágenes de “Psoriasis”). El tipo de investigación es Aplicada, con un nivel de investigación Explicativa, siendo el diseño de la investigación de tipo Experimental. Lográndose el índice de Sensibilidad del 93 % y de Especificidad del 93 % con esto se concluye que el software de reconocimiento o método alternativo es una herramienta efectiva a partir de los cuales se puede comentar que son resultados aceptables, en ambos casos son valores esperados en la presente tesis; de esta manera se acepta la Hipótesis de la Investigación: El uso de un método alternativo, basado en un sistema inteligente, permitirá la identificación efectiva de enfermedades de la piel para la población en la ciudad de Iquitos.

Palabras Clave: Sistema Inteligente, Inteligencia Artificial, Algoritmo de Procesamiento de Imágenes.

ABSTRACT

The purpose of this research work was to generate an alternative methodology for detecting skin diseases from the use of a technological tool based on Artificial Intelligence. In this experience, 2 diseases such as "Impetigo" and "Psoriasis" have been prioritized. In addition, convolutional neural network algorithms have been used, along with image processing techniques and high-performance computing. Likewise, an image bank consisting of 228 (102 images of "Impetigo" and 126 images of "Psoriasis") has been used. The type of research is Applied, with an Explanatory level of research. The design is Quasi-Experimental research. Achieving a Sensitivity index of 93% and Specificity index of 93%, to conclude that the recognition software or alternative method is an effective tool, taking us to comment that they are acceptable results, since in both cases they are expected values in this thesis. In this way the Research Hypothesis to be accepted is: The use of an alternative method, based on an intelligent system, will enable the effective identification of skin diseases for the population in the city of Iquitos.

Key Words: Intelligent System, Artificial Intelligence, Image Processing Algorithm.

CAPITULO I: INTRODUCCION

Las enfermedades dermatológicas en su gran mayoría no se atienden o diagnostican en su etapa temprana, y en ocasiones, rara vez se consultan ante un médico (por diversas causas entre ellas vergüenza, hasta negligencias de los propios pacientes), o se tratan con remedios caseros que suelen agravar la condición del paciente, lo que sugiere la necesidad de hábitos para la prevención y el cuidado de la piel, además de concientizar a la población sobre la importancia de asistir a centros de salud para consultas médicas relacionadas al descarte de enfermedades de la piel. Así mismo, este tipo de enfermedades se presentan de forma muy variada (2013), dependiendo de la zona del cuerpo, el tipo y color de la piel, por lo que también su reconocimiento requiere un nivel de experiencia para los médicos, que generalmente se apoyan de instrumentos y exámenes de laboratorio, que según el Manual MSD (2020), pueden ser: raspado, biopsia, cultivo, entre otros, que involucran el contacto directo con la zona afectada (piel), lo que puede ser un factor de la baja asistencia al médico.

Es importante recordar que la piel es el órgano del cuerpo más extenso y expuesto (2020), por lo que necesita especial cuidado, considerando que se vuelve más vulnerable con el pasar de los años al estar en constante interacción con el exterior (insectos, bacterias, sustancias tóxicas, temperaturas extremas de calor y frío, u otros agentes). Cuando no existe una adecuada atención a la piel, aumenta el riesgo de contraer alguna afección y/o enfermedad dermatológica, que suele ser evidente en las fases más críticas con la presencia de ronchas, erupciones, picazón u otros signos visibles, que en la mayoría de los casos requieren atención clínica y cosmética, y de no ser tratadas a tiempo pueden ocasionar en casos extremos, la muerte.

Considerando que existe una lista muy variada de enfermedades dermatológicas, cuya aparición depende principalmente de las condiciones del medioambiente, cabe destacar que las regiones tropicales de la Amazonía peruana, entre ellas la región Loreto, representan el hábitat de miles de insectos, hongos, parásitos, bacterias y virus, que son fuente de infección y fomentan la difusión de este tipo de enfermedades (2008), que sumado a la dificultad del acceso a los servicios de salud y la escasez de centros médicos y profesionales, contribuyen a la persistencia de las mismas y reduce las posibilidades de controlarlas y erradicarlas.

Así mismo, las empresas vienen innovando en nuevos productos que contienen ingredientes naturales (2019), principalmente para proteger la piel de la sobre exposición al sol y rayos UV, ello considerando que el cambio climático es un factor externo que tiene como consecuencia más afectados por Cáncer de piel y otras lesiones dermatológicas. Actualmente, con el auge de la tecnología en diversos campos como la medicina, se impulsa nuevas soluciones tecnológicas para atender esta problemática en la salud pública, el presente trabajo presenta una alternativa tecnológica para apoyar al personal médico y brindar a la población en general un medio de consulta alternativo para el descarte de enfermedades de la piel.

1.1. Planteamiento del problema

En el ámbito mundial, según una investigación del proyecto Global de Carga Mundial de la enfermedad (2017), se señala que las enfermedades de la piel ocupan el cuarto lugar como causa de discapacidad que se desarrolla a lo largo de la vida de una persona.

Existe una variada lista de enfermedades que afectan la piel, como la Dermatitis atópica, Sarampión, infecciones, Urticaria, y la más conocida en estado crónico es el

Cáncer de piel, la gran mayoría de estas enfermedades se desarrollan debido a factores climatológicos extremos como el cambio climático, que actualmente está directamente asociado como la principal causa de propagación de las enfermedades de la piel.

Así mismo para el caso del Perú, según datos del Ministerio de Salud al menos 1200 nuevos casos de Cáncer de la piel son detectadas a nivel nacional, ello sin contar el número de casos de otras enfermedades de la piel que afectan tanto a niños como adultos. Dentro del grupo de enfermedades que se destacan principalmente en la población infantil y adulta del Perú, se tiene al Impétigo, Varicela y Psoriasis, sin embargo, existen otras como la Sarna, Urticarias, entre otros.

Según un reportaje realizado por el Instituto Nacional de Radio y Televisión (2019), se tiene una gran cifra de 400,000 personas padeciendo de Psoriasis en el Perú, considerando que a nivel mundial afecta a más de 125 millones de personas. Cabe decir, que la Psoriasis es considerada por la Organización mundial de la Salud (2015) como una enfermedad muy dolorosa, desfigurante e incapacitante. Por otro lado, según el boletín epidemiológico del Ministerio de Salud (2018).

En Loreto, se tienen reportes alarmantes desde hace varios años de casos de enfermedades o lesiones a la piel, cómo lo indica el portal del Diario La Región (2012), a su vez que se ha promovido campañas de salud para la atención del cuidado de la piel por parte de EsSalud (2015), principalmente en la ciudad de Iquitos.

Un factor importante en el incremento de las enfermedades de la piel en las regiones del Perú, está relacionado a las limitaciones de equipamiento y personal médico del sector salud (2019), sumado al reducido número de atenciones que se da a los males de la piel y la escasa cultura que posee la población respecto a visitar a los médicos en los centros de salud. Algunas personas no asisten a los centros de salud por temor a los

costos e incluso por temor a las interacciones por el personal médico en el proceso de diagnóstico, donde realizan procedimientos invasivos y que pueden ocasionar cierto grado de dolor e incomodidad al paciente afectado por una enfermedad o lesión dermatológica.

1.2. Descripción del problema

Las regiones de la Amazonía peruana poseen una serie de problemas relacionados al acceso al servicio de salud de calidad. Según el Instituto Peruano de Economía, en los resultados del Índice de Competitividad Regional – INCORE (2019), la región Loreto desde hace más de una década se encuentra en los últimos lugares respecto al índice de competitividad sobre sus servicios de salud, lo cual afecta considerablemente la calidad de vida de la población.

Entre los problemas más complejos asociados a la calidad del servicio de salud se tiene lo siguiente:

- Tiempos prolongados en los procesos tradicionales de atención médica para el diagnóstico de enfermedades de piel en la ciudad de Iquitos.
- Ausencia de alternativas metodológicas confiables para diagnósticos de enfermedades de piel.
- Dificultades de las poblaciones para acceder a servicios de atención en el sector salud.
- Escaso número de pacientes diagnosticados por falta de centros de salud y médicos.

Por otro lado, existen una serie de limitaciones propias del sector salud en la Amazonía, que no podrán ser abordados por la presente tesis, sin embargo, son importante para entender el contexto, los que son los siguientes:

- La Amazonía peruana tiene altos índices de enfermedades de piel, ocasionado por diversos factores como bacterias e insectos expuestos en el ambiente, uso de agua contaminada (ríos contaminados).
- Insuficiente número de médicos en los hospitales y centros de salud accesibles en las ciudades y comunidades rurales.
- Insuficiente número de hospitales y centros de salud en las ciudades amazónicas y comunidades rurales de Loreto.
- Hospitales y centros de salud escasamente equipados.
- Costos relativamente altos para acceso a salud en la Amazonía.
- Centros de salud de la zona rural, no poseen condiciones básicas para atención (falta de electricidad, agua, saneamiento, telecomunicaciones).
- Factores como la intensidad de las ondas solares, junto a la humedad de la Amazonía peruana, incrementan los problemas de las enfermedades de la piel.
- En todo el Perú, por temas del cambio climático vienen incrementándose casos de cáncer y otras enfermedades a la piel.

1.3. Formulación del problema

- **Problema General**
 - ¿De qué manera, mediante un método alternativo, es posible mejorar los procedimientos de identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos?
- **Problemas Específicos**

- ¿El uso de un método alternativo permitirá alcanzar apropiados Índices de Efectividad para la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos?
- ¿El uso de un método alternativo permitirá alcanzar apropiados Índices de Especificidad para la identificación de enfermedades de la piel, en la población de la ciudad de Iquitos?
- ¿El uso de un método alternativo permitirá alcanzar apropiados Índices de Sensibilidad para la identificación de enfermedades de la piel, en la población de la ciudad de Iquitos?

1.4. Antecedentes

- Venegas (2019), en la tesis titulada “Sistema de prediagnóstico de Cáncer de Melanomas usando Redes Neuronales Artificiales”, menciona que:

Se propuso el desarrollo de un sistema de prediagnóstico para cáncer de piel, que se delimitó específicamente en lunares (médicamente conocido como melanomas). El sistema se formó con un algoritmo de Redes neuronales artificiales, obteniendo una respuesta elevada en la predicción, en base a la colección de imágenes almacenadas, donde fueron clasificadas según su carácter (como benigno o maligno). Ya que, las redes neuronales seleccionan y otorgan el prediagnóstico resultando como positivo o negativo. Teniendo como resultado que los médicos de las clínicas, sin la necesidad de ser un especialista en el área dermatológica u oncología, pre-diagnosticará al paciente. Otorgando una gran oportunidad a las poblaciones con recursos bajos a mantener un cierto cuidado en la piel y prevenir futuras enfermedades.

Contribución: Desarrollo de un sistema de prediagnóstico para cáncer de piel, que se delimitara específicamente en lunares (médicamente conocido como melanomas).

Componentes de la Contribución: Redes neuronales artificiales, Imágenes obtenidas de Archivo ISIC.

Ideas reusables en mi proyecto: Redes neuronales artificiales

- Galarza y Romero (2019), en la tesis titulada “Reconocimiento de imágenes para detección temprana de alteraciones posturales”, refiere que:

El presente trabajo de titulación desarrolla un sistema el cual permite detectar la desviación de la columna vertebral de forma automática en pacientes que se realicen radiografías lumbares; el sistema es desarrollado en software libre por lo tanto el costo de instalación se reduce considerablemente. El objetivo del desarrollo fue determinar mediante una radiografía el ángulo de desviación de la columna, con el uso de una red Convolutiva la cual se encarga de detectar la sección o máscara con la cual se va a trabajar, para ello se entrenó previamente a la red con radiografías que presenten escoliosis, las mismas que se compararon con las Radiografías ingresadas por el sistema, para determinar la sección de estudio de esta, seguidamente se obtenía el centro longitudinal de la columna según sea su forma y ajustar mediante regresión polinomial de octavo grado la forma de la desviación. Obteniendo la función propia de la columna de cada paciente, se compara con la función de una columna ideal y realizando un análisis tangencial de los puntos de intersección de la columna con referencia al punto inicial y final donde se genera la desviación, por lo tanto, se obtiene de forma automática el ángulo de desviación de la columna

del paciente; este sistema al no ser manual evita la subjetividad de localizar la vértebra en la cual inicia y termina la deformidad de la columna.

Contribución: Sistema el cual permite detectar la desviación de la columna vertebral de forma automática en pacientes que se realicen radiografías lumbares; el sistema es desarrollado en software libre por lo tanto el costo de instalación se reduce considerablemente.

Componentes de la Contribución: Técnicas de procesamiento de imágenes, Imágenes obtenidas en: Zhou Medical College Aff N° 2 Hospital de China.

Ideas Reusables en mi Proyecto: Técnicas de procesamiento de imágenes.

- Cabezas (2019), en la tesis titulada “Reconocimiento de patrones de imágenes médicas para establecer diagnósticos previos en trastornos pulmonares”, indica que:

En este trabajo se explica el desarrollo de un sistema para diagnosticar previamente problemas pulmonares. El método empleado se basa en la adquisición de imágenes de rayos x de tórax con alto kilo voltaje, las mismas que se almacenaron en un computador de preferencia en formato JPG, las cuales al ser ingresadas al sistema desarrollado son preprocesadas estandarizándolas para su manejo, procesadas y segmentadas mediante técnicas de visión artificial y programación. Se empleó software libre con librerías especializadas en visión artificial y manejo de imágenes. Se han realizado pruebas en una placa de RX de tórax en un paciente, que se contrastó con el criterio médico de un especialista, demostrándose la validez, funcionalidad y asertividad en la visualización del sistema.

Contribución: Se desarrolla un sistema que permite efectuar diagnóstico previo en problemas pulmonares.

Componentes de la Contribución: Software libre con librerías especializadas en visión artificial y manejo de imágenes.

Ideas Reusables en mi Proyecto: Visión artificial, Procesamiento de imágenes, Segmentación de imágenes, Software libre.

- Kaplan, Güldogan, Colap & Arslan “Prediction of Melanoma from Dermoscopic Images Using Deep Learning-Based Artificial Intelligence Techniques” (2019), indican que:

Este estudio, consistió en crear un modelo que pueda proporcionar apoyo a la decisión clínica a los médicos con la ayuda de un sistema apoyado en la red neuronal convolucional VGG-16 basada en el aprendizaje profundo que puede predecir el melanoma con éxito.

Contribución: Se desarrolla un sistema que permite efectuar diagnóstico de melanoma a partir de imágenes dermatoscópicas.

Componentes de la Contribución: Sistema desarrollado, basado en un modelo de clasificación de cáncer de piel melanoma tipo cáncer más mortal, usando la red neuronal VGG-16.

Ideas Reusables en mi Proyecto: Software libre, Redes Neuronales Convolucionales (CNNs), Aprendizaje profundo.

- Maldonado & Beltrán (2019), en la tesis titulada “Modelo convolucional para la detección de nódulos pulmonares a partir de tomografías 3D”. refieren que:

En este trabajo, se propone una aplicación y configuración de un modelo U-net, con bloques residuales y con regiones más rápidas para la detección de nódulos en tomografías computarizadas 3D. Los resultados obtenidos arrojan

un FROC del 78 %, lo cual muestra que nuestra propuesta está en el camino correcto, considerando las limitaciones de hardware en la que se ejecutó.

Contribución: Se propone una aplicación y configuración de un modelo Unet, con bloques residuales y con regiones más rápidas para la detección de nódulos en tomografías computarizadas 3D.

Componentes de la Contribución: Redes neuronales convolucionales en 3D.

Ideas Reusables en mi Proyecto: Redes neuronales convolucionales en 3D.

- Haddad & Hameed (2018), en el artículo titulado “Image Analysis Model For Skin Disease Detection: Framework”, indican que:

Este trabajo, se desarrolló un sistema asistido por computadora, con interfaces fáciles de usar y pasos claros, para la detección de enfermedades de la piel (como Acné, Psoriasis, Melanoma, Sarpullido por calor). Esta investigación puede ser utilizada como una solución efectiva y de bajo costo.

Contribución: Se propone una aplicación móvil, usando algoritmos K-means y Fuzzy C-means, se utiliza el clasificador de máquina de vectores de soporte (SVM) para mejorar la detección de las imágenes de enfermedades de la piel

Componentes de la Contribución: Algoritmos K-means y Fuzzy C-means, Clasificador SVM.

Ideas Reusables en mi Proyecto: Algoritmos de procesamiento de imágenes (K-means, Fuzzy C-means), Visión Artificial.

- Suárez et al. (2018), en el artículo titulado “Una aproximación al diagnóstico de enfermedades de la piel por medio de aprendizaje profundo”, refieren que:

En este trabajo, se muestra la aplicación de Tensorflow en el diagnóstico de enfermedades en la piel como: vitíligo, acné y Psoriasis; a partir del entrenamiento con un banco de imágenes tipo jpg. Los primeros resultados muestran una precisión del 72.2%.

Contribución: Aplicación de Tensorflow en el diagnóstico de enfermedades en la piel como: vitíligo, acné y Psoriasis; a partir del entrenamiento con un banco de imágenes tipo jpg.

Componentes de la Contribución: El deep learning: Tensorflow, Banco de imágenes obtenido de los sitios electrónicos, así como instagram.

Ideas Reusables en mi Proyecto: El deep learning: Tensorflow.

- Ayala, Blanco, Jasso y Mendizábal (2018), en su artículo titulado “Método Computacional para la Clasificación Automática de Nevus Cancerosos”, dice que:

Actualmente en el campo de la dermatología, uno de los principales problemas es la detección temprana de cáncer de piel, la cual requiere la identificación a tiempo de los lunares que podrían potencialmente desarrollarse en melanomas. Mediante la utilización de métodos de visión computacional es posible hacer una clasificación de imágenes de lunares para hacer una evaluación temprana del riesgo que uno de ellos representa. En este trabajo se presenta un método computacional basado en redes neuronales computacionales para la clasificación de imágenes de lunares.

Contribución: Método computacional basado en redes neuronales computacionales para la clasificación de imágenes de lunares.

Componentes de la Contribución: Redes neuronales computacionales.

Ideas Reusables en mi Proyecto: Redes neuronales computacionales.

- Coronado (2018), en la tesis titulada “Reconocimiento de patrones en imágenes no dermatoscópicas para la detección de enfermedades malignas en la piel, utilizando redes neuronales convolutivas y autocodificadores”, menciona que:

Esta investigación, buscó desarrollar y proponer un método para el reconocimiento de lesiones en la piel y así lograr identificar lesiones malignas en imágenes no dermatoscópicas. Para el método propuesto, se utilizó Redes Neuronales Convolutivas y se puso a prueba la eficiencia de los autocodificadores como método de clasificación. En los experimentos realizados, se logró replicar los resultados obtenidos con procedimientos convencionales, y se demuestra que el método propuesto cumple su función como método alternativo de clasificación, además de alcanzar un alto desempeño en el reconocimiento de enfermedades malignas con clases desbalanceadas. Adicionalmente, se recolectaron imágenes de enfermedades en la piel debidamente etiquetadas y se desarrolló un nuevo conjunto de datos para demostrar las ventajas del método propuesto.

Contribución: Desarrollo de un método para el reconocimiento de lesiones en la piel para así lograr identificar lesiones malignas en imágenes no- dermatoscópicas

Componentes de la Contribución: Red neuronal convolucional, Autocodificadores como método de clasificación.

Ideas Reusables en mi Proyecto: Red neuronal convolucional multicapa.

- Codella et al (2018), en el artículo titulado “Skin Lesion Analysis Toward Melanoma Detection: A Challenge At The2017 International Symposium On Biomedical Imaging (Isbi), Hosted Bythe International Skin Imaging Collaboration (Isic)”, señalan que:

Este artículo describe el diseño, la implementación y los resultados de la última entrega del desafío de referencia de análisis de imágenes dermatoscópicas. El objetivo fue apoyar la investigación y el desarrollo de algoritmos para el diagnóstico automatizado de melanoma, el cáncer de piel más letal. El desafío se dividió en 3 tareas: segmentación de la lesión, detección de características y clasificación de la enfermedad. La participación involucró 593 registros, 81 pre-presentaciones, 46 presentaciones finalizadas (incluyendo un manuscrito de 4 páginas) y aproximadamente 50 asistentes, lo que hace que este sea el estudio estandarizado y comparativo más grande en este campo hasta la fecha. Si bien la duración del desafío oficial y la clasificación de los participantes han concluido, las instantáneas del conjunto de datos permanecen disponibles para futuras investigaciones y desarrollos.

Contribución: El objetivo es apoyar la investigación y el desarrollo de algoritmos para el diagnóstico automatizado de melanoma, el cáncer de piel más letal.

Componentes de la Contribución: Aprendizaje profundo, Conjunto de datos, Algoritmo.

Ideas Reusables en mi Proyecto: Aprendizaje profundo, Conjunto de datos, Algoritmo.

- Gavrilov, Schelkunov, Melerzanov & Gorodilov (2018), en el artículo titulado “Artificial intelligence image recognition in healthcare”, mencionan que:

En esta investigación, se propone un nuevo algoritmo basado en redes neuronales convolucionales para la identificación de enfermedades de la piel. El modelo propuesto permitió alcanzar un 91% de reconocimiento de enfermedades de la piel. Se desarrolló un sistema web en modo prueba, que

está disponible en skincheckup online, en el que los usuarios pueden verificar sus lunares en busca de riesgo de melanoma en línea.

Contribución: Proporcionar un método de reconocimiento con un conjunto limitado de datos, que alcance una precisión de clasificación aceptable para el reconocimiento de melanoma, que permita a pacientes realizarse un autodiagnóstico.

Componentes de la Contribución: Redes neuronales convolucionales (CNNs), Conjunto de datos.

Ideas Reusables en mi Proyecto: Redes neuronales convolucionales (CNNs), Conjunto de datos.

- Pérez (2017), en la tesis titulada “Diseño de una metodología para el procesamiento de imágenes mamográficas basada en técnicas de Aprendizaje Profundo”, menciona que:

En el presente trabajo se estudiaron los conceptos teóricos del Aprendizaje profundo, y se centró en el análisis de imágenes médicas, y se concertó el estudio de algoritmos aplicados al análisis de imágenes mamográficas, encontrándose diversos estudios, que permitieron visibilizar los avances en esa línea de investigación. Finalmente, se diseñó a partir de la revisión bibliográfica, un esquema de un nuevo método de TFG, para el análisis de ese tipo de imágenes, proponiéndose que se puede implementar si trabajos futuros deciden probar el funcionamiento de la red.

Contribución: Se llevó a cabo un amplio estudio del estado del arte de los Diversos algoritmos de Aprendizaje Profundo y de sus usos en el análisis de imagen médica.

Componentes de la Contribución: Redes neuronales profundas (DNNs), Redes neuronales convolucionales (CNNs), Algoritmos, autocodificadores, Redes recurrentes (RNNs).

Ideas Reusables en mi Proyecto: Redes neuronales profundas (DNNs), Redes neuronales convolucionales (CNNs).

- Liao & Luo (2016), en el artículo titulado “Skin Disease Classification versus Skin Lesion Characterization: Achieving Robust Diagnosis using Multi-label Deep Neural Networks”, manifiestan que:

En este estudio, se ha demostrado que, para la clasificación de enfermedades de la piel utilizando CNN, las etiquetas de lesión en lugar de las etiquetas de diagnóstico deben considerarse como el objetivo para el análisis automatizado. Se descubrió que, para las imágenes de enfermedades de la piel, los CNN ajustados a partir de modelos previamente entrenados funcionan mejor que los entrenados desde cero.

Contribución: Creación de un conjunto de datos de dermatología a gran escala a partir de seis atlas profesionales de dermatología de fotosharing. Detección de enfermedades de la piel, usando un sistema basado en redes neuronales convolucionales (CNNs).

Componentes de la Contribución: Redes neuronales convolucionales (CNNs), Librería Caffe, Algoritmo AlexNet.

Ideas Reusables en mi Proyecto: Redes neuronales convolucionales (CNNs).

- Alam et al. (2016), en el artículo titulado “Automatic detection and severity measurement of eczema using image processing”, refieren que:

En este documento, se presenta un modelo automático de detección de eccema y medición de la severidad utilizando un moderno procesamiento de imágenes y un algoritmo informático. El sistema puede detectar con éxito regiones de eccema y clasificar la región identificada como leve o severa en función del color de la imagen y la característica de textura. Luego, el modelo mide automáticamente los parámetros de la piel utilizados en la herramienta de evaluación más común llamada "Índice de área y gravedad del eccema (EASI)", calculando el puntaje del área afectada por el eccema, el puntaje de intensidad del eccema y el puntaje de eccema en la región del cuerpo, lo que permite que tanto pacientes como médicos tengan precisión al evaluar la piel afectada.

Contribución: Proponen una metodología automática de detección, monitoreo y medición de la gravedad del eccema, en la que los pacientes solo pueden tomar una imagen de su área afectada e identificar y determinar la gravedad del eccema.

Componentes de la Contribución: Moderno procesamiento de imágenes, Algoritmo informático.

Ideas Reusables en mi Proyecto: Moderno procesamiento de imágenes, Algoritmo informático.

- Sharma y Srivastava (2016), en el artículo titulado "Automatically Detection of Skin Cancer by Classification of Neural Network", refieren que:

Se ha desarrollado automáticamente un sistema de clasificación de cáncer de piel y se estudia la relación de la imagen del cáncer de piel a través de diferentes tipos de redes neuronales con diferentes tipos de preprocesamiento. Las imágenes recopiladas se introducen en el sistema y en diferentes

procedimientos de procesamiento de imágenes para mejorar las propiedades de la imagen. El algoritmo de fusión de regiones estadísticas (SRM) se basa en el crecimiento y la fusión de regiones. Luego, la piel normal se retira del área afectada de la piel y la célula cancerosa se queda en la imagen. Se puede extraer información útil de estas imágenes y pasar al sistema de clasificación para entrenamiento y pruebas. Se utilizan dos redes neuronales como clasificador, red neuronal de propagación hacia atrás (BNN) y red neuronal autoasociativa (AANN). La precisión del reconocimiento del clasificador de red neuronal de 3 capas de propagación hacia atrás es del 91% y la red neuronal autoasociativa es del 82,6% en la base de datos de imágenes que incluye foto de dermatoscopia y foto digital. El análisis del trabajo está basado en MATLAB.

Contribución: Desarrollo automático de un sistema de clasificación de cáncer de piel y se estudia la relación de la imagen del cáncer de piel a través de diferentes tipos de redes neuronales con diferentes tipos de Preprocesamiento.

Componentes de la Contribución: Red neuronal de propagación hacia atrás (BNN), Red neuronal autoasociativa (AANN).

Ideas Reusables en mi Proyecto: Red neuronal de propagación hacia atrás (BNN), Red neuronal autoasociativa (AANN).

- Zaqout (2016), en el artículo titulado “Diagnosis of Skin Lesions Based on Dermoscopic Images Using Image Processing Techniques”, se indica que:

En esta investigación, se explica el desarrollo de un prototipo de segmentación y clasificación de lesiones cutáneas en imágenes de dermatoscopia basadas en la regla ABCD. El prototipo fue implementado en MATLAB y el conjunto de datos utilizado consta de 200 imágenes dermatoscópicas del Hospital Pedro

Hispano, Matosinhos. Los resultados obtenidos muestran tasas de rendimiento aceptables, una precisión del 90%, sensibilidad del 85% y especificidad del 92.22%.

Contribución: Tiene como objetivo desarrollar un prototipo capaz de segmentar y clasificar las lesiones cutáneas en imágenes de dermatoscopia basadas en la regla ABCD. El prototipo se implementa en MATLAB.

Componentes de la Contribución: Algoritmo de segmentación de lesión de distinción de textura (M-TDLS).

Ideas Reusables en mi Proyecto: Algoritmo de segmentación de lesión de distinción de textura (M-TDLS)

- Jafari et al. (2016), en el artículo “Extraction of Skin Lesions from Non-Dermoscopic Images Using Deep Learning”, mencionan que:

En este artículo, se propone un método basado en redes neuronales profundas para la extracción precisa de una región de lesión. La imagen de entrada se procesa previamente y luego sus parches se envían a una red neuronal convolucional (CNN). La textura local y la estructura global de los parches se procesan para asignar píxeles a la lesión o a las clases normales. Se utiliza un método para la selección efectiva de parches de entrenamiento para una detección más precisa de un borde de lesión. La máscara de segmentación de salida se refina mediante algunas operaciones de procesamiento posterior. Los resultados experimentales de las evaluaciones cualitativas y cuantitativas demuestran que nuestro método puede superar a otros algoritmos de vanguardia que existen en la literatura.

Contribución: En este artículo, se propone un método basado en redes neuronales profundas para la extracción precisa de una región de lesión.

Componentes de la Contribución: Visión por computadora, Reconocimiento de patrones, Redes neuronales profundas, Redes neuronales convolucionales.

Ideas Reusables en mi Proyecto: Redes neuronales profundas, Redes neuronales convolucionales.

- Shawkat, Al-Din & Abdulrasoul (2017), en el artículo titulado “Eczema Disease Detection and Recognition in Cloud Computing”, indican que:

En este trabajo se propone tener un estudio sobre el diagnóstico de la enfermedad del eczema, utilizando BpNN (red neuronal de retropropagación) en el enfoque de computación en la nube debido a que BpNN es actualmente un área de investigación generalizada en medicina y juega un papel importante en un sistema de apoyo a la decisión. En este documento, se ha intentado utilizar BpNN en el campo médico junto con la computación en la nube para detectar la enfermedad del eczema.

Contribución: Se propone tener un estudio sobre el diagnóstico de la enfermedad de eczema utilizando BpNN (red neuronal de retropropagación) en el enfoque de computación en la nube debido a que BpNN es actualmente un área de investigación generalizada en medicina y juega un papel importante en un sistema de apoyo a la decisión. En este documento, se ha intentado utilizar BpNN en el campo médico junto con la computación en la nube para detectar la disfunción eréctil.

Componentes de la Contribución: Redes neuronales artificiales (RNA), Red neuronal de retropropagación (BpNN), Computación en la nube, Detección de la enfermedad del eccema (EDD), Inflamación de la piel, Algoritmo genético (GA),

Ideas Reusables en mi Proyecto: Redes neuronales artificiales (RNA).

- Castillo y Díaz (2016), en la tesis titulada “Procesamiento de imágenes dermatológicas para asistencia al diagnóstico médico”, señalan que:

En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema de asistencia al diagnóstico que incluye un conjunto de métodos, procedimientos y algoritmos de procesamiento digital de imágenes, para su utilización en la segmentación y caracterización de lesiones dermatológicas en base al método DBCD. Este sistema presenta, además, una interfaz de conversión de fotografías digitales dermatológicas al estándar DICOM con posibilidad de almacenamiento en PACS y comunicación con un sistema de registros médicos (EMR) para la obtención de información relacionada al paciente. De esta manera, se brinda al profesional médico más información para el diagnóstico, además de un método de seguimiento y localización de lesiones de la piel utilizando modelos en 3D.

Contribución: Se presenta el desarrollo de un sistema de asistencia al diagnóstico, que incluye un conjunto de métodos, procedimientos y algoritmos de procesamiento digital de imágenes, para su utilización en la segmentación y caracterización de lesiones dermatológicas en base al método ABC.

Componentes de la Contribución: Algoritmos de procesamiento digital de imágenes.

Ideas Reusables en mi Proyecto: Algoritmos de procesamiento digital de imágenes.

1.5. Justificación de la investigación

El artefacto principal de este trabajo servirá para apoyar los procesos de identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos. Estos procesos también podrían realizarse por los ciudadanos en sus hogares a través de los teléfonos celulares. Es importante comentar que la población amazónica es vulnerable a enfermedades de la piel, teniendo como factores o causas principales la alta presencia de bacterias, insectos, falta de acceso a agua potable, uso de agua contaminada en ríos, incluso los rayos solares (rayos ultravioletas). Entre las enfermedades más comunes registradas tenemos a la Dermatitis, Cancha, Acné, Caracha, Impétigo, Varicela y Psoriasis entre otros.

Esta solución podría ser utilizada sobre todo en la detección temprana de enfermedades de la piel en la población de ambos sexos y de diversas edades. El alcance social de este proyecto lo constituyen aproximadamente 550 mil personas que comprende la población de Iquitos.

1.6. Limitaciones de la investigación

Este trabajo de investigación tiene las siguientes limitaciones:

- El artefacto principal de este trabajo no intenta reemplazar el trabajo o los resultados que se podrían generar en un diagnóstico médico convencional. Se intenta dar como resultados una aproximación del estado de enfermedades de piel, que siempre debe ser complementado por otras pruebas utilizadas comúnmente por el sector médico.
- El artefacto principal de este trabajo funcionará de forma online (conectada a un servidor web que contendrá el aplicativo, el algoritmo y los Datasets).

- En este trabajo no se intenta crear o modificar algún algoritmo, pero si experimentar con un grupo de algoritmos de reconocimiento de imágenes que se usan comúnmente para aplicaciones de reconocimiento con Inteligencia Artificial.
- Debido a la complejidad de la construcción de los Dataset se han definido apenas 2 enfermedades, así mismo, la herramienta es escalable para otras enfermedades.
- Se ha determinado como alcance de este trabajo a las poblaciones en general debido a las limitaciones logísticas y económicas.

1.7. Objetivos de la investigación

- **Objetivo General:** Generar un método alternativo basado en un sistema inteligente para identificar enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.
- **Objetivos Específicos:**
 - I. Alcanzar apropiados índices de Efectividad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.
 - II. Alcanzar apropiados índices de Sensibilidad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.
 - III. Alcanzar apropiados índices de Especificidad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.

1.8. Hipótesis

- **Hipótesis General:**

El uso de un método alternativo, basado en un sistema inteligente, permitirá la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.

- **Hipótesis Específicas:**

HE1: El uso de un método alternativo, basado en un sistema inteligente, alcanzará apropiados Índices de Efectividad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.

HE2: El uso de un método alternativo, basado en un sistema inteligente, alcanzará apropiados índices de Sensibilidad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.

HE3: El uso de un método alternativo, basado en un sistema inteligente, alcanzará apropiados índices de Especificidad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

a. Aplicación móvil inteligente

“Las aplicaciones (apps) móviles a menudo se escriben específicamente para aprovechar las características únicas que ofrece un dispositivo móvil en particular. Por ejemplo, una aplicación para juegos podría escribirse para aprovechar el acelerómetro del iPhone” (Tech Target S.A, 2018).

Cuello & Vittone (2017) señalan que:

Las aplicaciones —también llamadas apps— están presentes en los teléfonos desde hace tiempo; de hecho, ya estaban incluidas en los sistemas operativos de Nokia o BlackBerry años atrás. Los móviles de esa época contaban con pantallas reducidas y muchas veces no táctiles, y son los que ahora llamamos *feature phones*, en contraposición a los *smartphones*, más actuales. En esencia, una aplicación no deja de ser un software.

Taipe y Sánchez (2018), señalan que:

La aplicación móvil se compone de un paquete de instalación que se ejecuta en los diversos dispositivos móviles (teléfonos inteligente y Tablet) administrando las características del equipo como la cámara, la pantalla y el audio ejecutando ciertas tareas para el usuario. Son los elementos fundamentales en la mayoría de los teléfonos inteligentes o Smartphone y también en los modelos básicos (donde muestran interfaces para él envió de servicios de voz y mensajería).

b. Procesamiento de imágenes

Biblioteca Digital (s.f.) afirma que:

El Procesamiento de imágenes tiene como objetivo mejorar el aspecto de las imágenes y hacer más evidentes en ellas ciertos detalles que se desean hacer notar. La imagen puede haber sido generada de muchas maneras, por ejemplo, fotográficamente, o electrónicamente, por medio de monitores de televisión. El procesamiento de las imágenes se puede en general hacer por medio de métodos ópticos, o bien por medio de métodos digitales, en una computadora.

c. Sistemas de visión artificial

Sánchez y Núñez (2016), refiere que:

La visión artificial es una rama de la inteligencia artificial cuyo propósito es diseñar sistemas informáticos capaces de entender los elementos y características de una escena o imagen real. Estos sistemas permiten extraer información-numérica y simbólica – a partir del reconocimiento de objetos y estructuras presentes en la imagen. Para hacerlo llevan a cabo cuatro actividades principales:

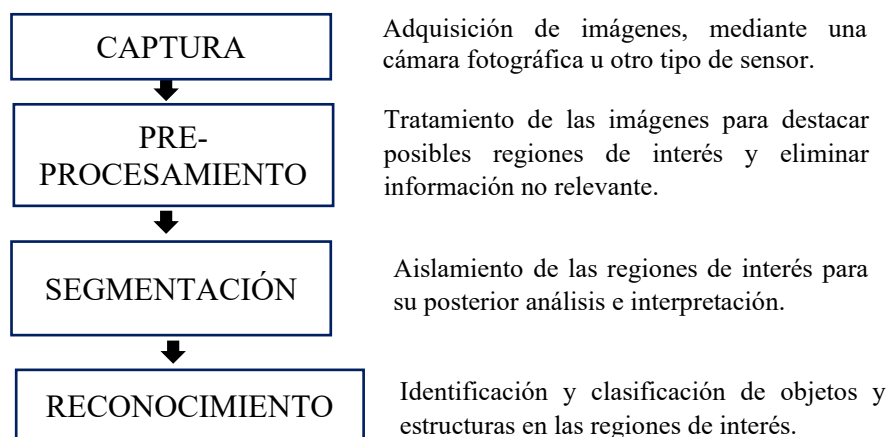


FIGURA 1. Etapas de Procesamiento de la Imagen

d. Reconocimiento

Sánchez y Núñez (2016), indican que:

El reconocimiento o clasificación de imágenes consiste en asignar a una imagen una etiqueta de un conjunto definido de categorías en función de sus características. Pese a parecer un problema relativamente trivial desde nuestra perspectiva, se trata de uno de los desafíos más importantes a los que se enfrentan los sistemas de visión artificial. Factores como la escala, las condiciones de iluminación, deformaciones o el ocultamiento parcial de los objetos hacen de la clasificación de imágenes una tarea compleja, a la que se ha dedicado un gran esfuerzo para desarrollar sofisticadas técnicas de reconocimiento de patrones, que no siempre producen los resultados esperados.

e. Neurocomputación

Polo (2015), indica que:

Es una aportación más al viejo objetivo de crear sistemas inteligentes, considerando como tales a máquinas capaces de llevar a cabo tareas que exhiben alguna de las características asociadas a la inteligencia humana. En las dos últimas décadas, los avances en este campo han sido espectaculares; en particular el desarrollo de las redes neuronales artificiales (RNA). Originalmente, los trabajos en RNA surgen de la idea de que para que las máquinas puedan llevar a cabo dichas tareas inteligentes, sería conveniente que el modelo de computación se asemejara más a la fisiología del cerebro humano que al modelo computacional vigente por aquellas fechas: modelo Von Neumann. Sin embargo, el auge en estos sistemas se debe más al éxito

obtenido en aplicaciones reales (reconocimiento de patrones, optimización, etc.) que a la semejanza con el modelo biológico. Por ejemplo, el perceptrón multicapa, que es una de las neuronas dentro del cerebro humano, especialmente en todo lo referente a su algoritmo de aprendizaje.

f. Neurona Biológica

Vega et al. (2009), refieren que:

La neurona consta de tres partes:

- **Dendritas:** Es un árbol de fibras de entrada que lleva los potenciales de acción de las neuronas transmisoras en la neurona.
- **Soma:** El cuerpo principal de la célula con un núcleo. Es en este lugar donde los potenciales de acción son construidos antes que la neurona se active.
- **Axón:** Es una fibra de salida simple que bifurca a otras neuronas y transmite los potenciales de acción generados por la neurona.

Las dendritas y los axones pueden ser vistos como cadenas de comunicación entre las neuronas, y no se conocen los detalles exactos acerca de cómo funcionan actualmente.

Larranaga, Inza & Moujaleid (2015) refieren que:

Una neurona contiene un potencial interno continuo denominado potencial de membrana. Cuando este accede a un cierto valor umbral, la neurona puede transmitir todo su potencial por medio del axón. Se estima que el cerebro humano contiene más de cien mil millones de neuronas y que hay más de 1000 sinapsis a la entrada y a la salida de cada neurona.

g. Neurona Artificial

McCulloch & Pitts (1943) proponen:

El primer modelo computacional de un sistema neuronal basado en circuitos electrónicos. El modelo estaba conformado por simples unidades binarias que podrían recibir dos tipos de estímulos de otras unidades o del exterior. Con este modelo, se inició la idea de una nueva forma de evaluar funciones computables.,

Esta neurona computa una suma ponderada de entrada X_j ; $j = 1, 2, 3, \dots, n$, y genera un resultado de “1” si esta suma supera un cierto umbral μ y “0” en otro caso, fórmula (1) se muestra:

$$y = \theta \sum_{j=1}^n (w_j x_j - \mu) \quad (1)$$

Donde

θ (es una función de paso de unidad en 0), y w_j es el peso de la sinapsis asociado con la j -ésima entrada. Por simplicidad podemos considerar el umbral μ como otro peso $w_\theta = -\mu$ asociado a la neurona con una entrada constante $x_\theta = 1$. Pesos positivos corresponden a sinapsis excitadoras, mientras que los negativos a inhibitoras.

“Una Red Neuronal Artificial se

puede considerar como un grafo dirigido ponderado en el que neuronas artificiales son nodos y las hojas dirigidas y ponderadas son conexiones entre las salidas y entradas de neuronas”. Muñoz (s.f.)

h. Redes Neuronales Convolucionales

Robles (2018), indica que:

Una red neuronal Convolutiva o CNN está formada por colecciones de neuronas organizadas estructuralmente mediante capas. La entrada a la red neuronal Convolutiva es una imagen y a su salida se obtiene la puntuación de cada una de las clases sobre cada uno de los píxeles de la imagen de entrada.

Stanford University (s.f.), señala que:

Una ConvNet organiza sus neuronas en tres dimensiones (ancho, alto, profundidad), como se visualiza en una de las capas. Cada capa de una ConvNet transforma el volumen de entrada 3D a un volumen de salida 3D de activaciones neuronales. En este ejemplo, la capa de entrada roja contiene la imagen, por lo que su ancho y alto serían las dimensiones de la imagen, y la profundidad sería 3 (canales rojo, verde, azul).

i. Inception v3

Barker (Barker, 2019), indica que:

Google es la tercera versión de una serie de arquitecturas convolucionales de aprendizaje profundo. Inception V3 fue entrenado usando un conjunto de datos de 1,000 clases (Vea la lista de clases aquí) del conjunto de datos original de ImageNet que fue entrenado con más de 1 millón de imágenes de entrenamiento, la versión de Tensorflow tiene 1,001 clases que se debe a una clase adicional de "fondo" no utilizado en el ImageNet original. Inception V3 fue entrenado para el Desafío de Reconocimiento Visual Grande ImageNet donde fue el primer finalista.

Szegedy, Ioffe, Shlens (2016), señalan que:

El trabajo de la construcción del algoritmo llamado Inception V3, exploró formas de ampliar las redes neuronales de manera que apunten a utilizar el cálculo agregado de la manera más eficiente posible las convoluciones factorizadas y regularización agresiva. Se comparó el método propuesto con los métodos de la clasificación del ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge (ILSVRC) en el año 2012, y el conjunto de validación del desafío demostró ganancias sustanciales sobre el estado del arte: 21.2% de top-1 y 5.6% de error de top-5 para evaluación de un solo cuadro utilizando una red con un costo computacional de 5 mil millones de sumas múltiples por inferencia y utilizando menos de 25 millones de parámetros. Con un conjunto de 4 modelos y evaluación de cultivos múltiples, informamos 3.5% top-5 error y 17.3% error top-1 en el conjunto de validación y 3.6% Error de top 5 en el conjunto de prueba oficial.

j. Imagen

Querejeta (2015) afirma que:

Una imagen puede considerarse como el conjunto de puntos de colores, es decir, una sucesión coherente de puntos que conforman una matriz de información para el uso digital. Estos puntos se denominan 'píxeles' (picture element). Un píxel es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital.

Educación Plástica y Visual (s.f.)

El término imagen proviene del latín imago que a su vez nos remite a imitari (retrato o reproducción). El diccionario la define como” figura o

representación de una cosa” y por extensión como “representación mental de alguna cosa percibida por los sentidos”. Frente a la palabra y la razón que han sido consideradas históricamente la fuente del conocimiento del mundo, la imagen ha quedado relegada a un segundo plano y ha sido considerada como una forma de conocimiento menor puesto que sólo alcanzaba la apariencia exterior de las cosas mediante la mimesis (copia o imitación).

k. Patrón

Smartick (2020):

Es una sucesión de elementos (auditivos, gestuales, gráficos...) que se construye siguiendo una regla, esa regla puede ser de repetición o de recurrencia.

l. Diagnóstico

Instituto Nacional del cáncer (s.f.) señala que:

Proceso en el que se identifica una enfermedad, afección o lesión por sus signos y síntomas. Para ayudar a hacer un diagnóstico, se pueden utilizar los antecedentes de salud o realizar un examen físico y pruebas, como análisis de sangre, pruebas con imágenes y biopsias.

EcuRed (s.f.), refiere que:

Diagnóstico médico. Procedimiento por el cual se identifica una enfermedad. En términos de la práctica médica, el diagnóstico es un juicio clínico sobre el estado psicofísico de una persona; representa una manifestación en respuesta a una demanda para determinar tal estado.

Coronado (2016), indican que:

El diagnóstico es el objetivo central del acto médico, entendido este como relación médico-paciente. “Llamamos diagnóstico al arte de identificar una enfermedad a través de los signos y síntomas que el paciente presenta”. De esta forma el artículo intenta una reflexión sobre la importancia de llegar a él a través de una praxis clínica con soporte documental en la adecuada elaboración de una historia clínica; previa a la utilización del recurso paraclínico.

m. Enfermedades de la piel

Ministerio de Salud y Protección Social – Republica de Colombia (s.f.), menciona que:

Son las enfermedades que irritan, obstruyen o inflaman la piel y que pueden causar síntomas como enrojecimiento, inflamación, ardor y picazón. Las enfermedades de la piel son diversas y variadas, así que su sintomatología también lo es. Se puede establecer un parámetro común donde la mayoría de las enfermedades de la piel producen trastornos en la dermis, como cambios en su apariencia, temperatura, color o textura, las cuales se manifiestan a través de manchas, pequeños bultos del tamaño de un grano, a veces con pus, urticaria, descamación, úlceras, etc. A veces estas señales de la piel refieren picor, quemazón o dolor.

n. Piel

EcuRed (s.f.) señala que:

La piel es el órgano más grande del cuerpo. Lo es en términos de peso, entre 6 y 9 libras (2.5 y 4 kg) y de superficie, aproximadamente 2 yardas cuadradas (1.67 metros cuadrados). La piel separa el interior de su cuerpo del mundo

externo. La piel: Lo protege contra las bacterias y virus que pueden causar infecciones. Lo ayuda a percibir el mundo externo, si hace frío o calor, si está húmedo o seco. Regula la temperatura del cuerpo.

Definición.DE (2012) señala que:

La piel, del latín *pellis*, es señalado como el órgano más grande en los animales y en los seres humanos. Se trata de un tegumento que, en el caso de los organismos con vértebras, se compone de una capa exterior (denominada epidermis) y de otra interior (que recibe el nombre de dermis).

Tesis de Investigadores (2011) afirma que:

La piel se define, no sin razón, como el mayor órgano funcional del cuerpo humano; cubre un área de 1,5 a 2 metros cuadrados en un adulto medio. A lo largo de la vida, las tareas que tiene que realizar son enormemente variadas, entre ellas, proteger el medio interno de los efectos destructivos del medio exterior y establecer la comunicación entre ambos.

o. Población

“Son las estimaciones del volumen de población de un área geográfica o país, para los años quinquenios de un período.” (Instituto Nacional de Estadística, 2008)

Definición de (2012), señala que:

“El concepto de población proviene del término latino *populatio*. En su uso más habitual, la palabra hace referencia al grupo formado por las personas que viven en un determinado lugar o incluso en el planeta en general. También permite referirse a los espacios y edificaciones de una localidad u otra división política, y a la acción y las consecuencias de poblar”.

DeConceptos.com (DeConceptos.com, s.f.), indica que:

“Se habla de población como el número de habitantes que integran un estado ya sea el mundo en su totalidad, o cada uno de los continentes, países, provincias o municipios que lo conforman; y puede referirse también a aquel acto poblacional que significa dotar de personas a un lugar. Cada país o región tiene una población característica que aumenta por los nacimientos y las inmigraciones y decrece por las defunciones y la emigración, lo que es objeto de estudio por parte de la dinámica poblacional o demográfica, que usa como un instrumento primordial la pirámide de población, para reflejar esos ritmos de crecimiento. Para saber el número de personas que viven en determinado lugar y sus características, se emplean los censos”.

p. Psoriasis

Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú (2019), indica que:

La Psoriasis es una enfermedad cutánea crónica que puede causar enrojecimiento, descamación, dolor, picor e hinchazón en la piel. Esta enfermedad está relacionada con la renovación celular, que consiste en el reemplazo constante de las células muertas que se encuentran en la superficie de la piel por otras que crecen en las capas más profundas de la dermis, y el tiempo que este proceso tarda en llevarse a cabo. Mientras que en circunstancias normales este proceso tarda alrededor de unos 30 días, en el caso de pacientes con Psoriasis se produce cada menos tiempo, aproximadamente cada 3 a 6 días, lo que favorece la presencia de placas gruesas de piel enrojecida, escamosa y de color entre plateado y blanco.

q. Impétigo

Sánchez (2015), dice que:

El Impétigo es una infección bacteriana superficial de la piel, causada por bacterias Gram positivas, generalmente estreptococo betahemolítico del grupo A (GABHS) y el estafilococo aureus, caracterizada clínicamente por la aparición de pequeñas pústulas, ampolla o vesícula subcórnea. Constituye parte de un espectro clínico de varias enfermedades infecciosas cutáneas diferentes.

CAPITULO III: MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Aplicada: Se generará un sistema inteligente aplicando los conceptos y fundamentos sobre las técnicas de procesamiento de imágenes, orientado al reconocimiento de imágenes para el diagnóstico médico de enfermedades de la piel en la población, usando dispositivos móviles como método alternativo. Ello comprende principalmente: Generación de Datasets, Experimentación de algoritmos y pruebas experimentales con pacientes (para validar el funcionamiento correcto de la aplicación).

Explicativa: Los resultados del estudio serán analizados y explicados a partir del efecto del uso del sistema inteligente, como un método alternativo eficiente para el apoyo de diagnóstico de enfermedades de la piel, considerando que según investigaciones anteriores el uso de este tipo de tecnología tiene excelentes resultados.

Experimental: Comprende un conjunto de experimentos orientados a estudiar y a medir los efectos del sistema inteligente, basada en procesamiento de imágenes (variable independiente), sobre los procesos de identificación de enfermedades de la piel.

Para el desarrollo de la presente tesis, inicialmente se tenía previsto la generación de un banco de imágenes de las enfermedades priorizadas (Impétigo y Psoriasis), que requerían asistir a hospitales y centros de salud, sin embargo, a consecuencia de las estrictas medidas de seguridad en el contexto de la pandemia del COVID-19, se ha optado por la búsqueda de imágenes en diversos medios digitales, como Enciclopedias Médicas.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Universo.

El universo está compuesto por los 550 mil habitantes de la ciudad de Iquitos, según datos del INEI del año 2017.

3.2.2. Muestra.

Se han establecido por muestra intencionada 20 pacientes, considerando que para validar un software existe bibliografía que indica como número mínimo a 5, según Jakob Nielsen (2000).

3.3. Operalización de las variables

3.3.1. Variables e Indicadores

Tabla 1

Variables e Indicadores

VARIABLES	INDICADORES
1. Independiente: Método alternativo basado en sistema inteligente.	<ul style="list-style-type: none">• Presencia-Ausencia
2. Dependiente: Identificación de enfermedades de la piel de la población en la ciudad de Iquitos.	<ul style="list-style-type: none">• Índice de Efectividad• Coeficiente de Especificidad.• Coeficiente de Sensibilidad.

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2 Descripción de Indicadores.

Conceptualización:

- a. Variable Independiente:** Método alternativo basado en sistema inteligente.

Tabla 2
Indicador que muestra Variable Independiente

Indicador	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> • Presencia-Ausencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando es No, es porque no existe Método alternativo basado en sistema inteligente en la ciudad de Iquitos, y aún nos encontramos en la situación actual del problema. • Cuando es Sí, es cuando se aplicó la solución (Método alternativo basado en sistema inteligente) y se espera obtener mejores resultados.

Fuente: Elaboración Propia

b. Variable Dependiente: Identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.

Tabla 3
Descripción de Indicadores de la Variable Dependiente

Indicador	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> • Índice de Efectividad 	<ul style="list-style-type: none"> • Índice que comprende a los casos de pacientes que cuya presencia o ausencia fue correctamente identificada por el método alternativo.
<ul style="list-style-type: none"> • Índice de Sensibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprende el cálculo de un coeficiente orientado a diagnosticar como enfermos a pacientes que efectivamente están enfermos.
<ul style="list-style-type: none"> • Índice de Especificidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprende el cálculo de un coeficiente orientado a diagnosticar como sanos a pacientes que efectivamente están sanos.

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3 Operacionalización de Indicadores

a. Variable Independiente: Método alternativo basado en sistema inteligente.

Tabla 4
Indicador e Índice de la Variable Independiente

Indicador	Índice
• Presencia-Ausencia	• No, Sí.

Fuente: Elaboración Propia

b. Variable Dependiente: Identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.

Tabla 5
Indicador e Índice de la Variable Dependiente

Indicador	Índice	Unidad de Medida	Unidad de Observación	Formula
• Índice de Efectividad	de [0..100%]	Porcentaje.	Registro Manual.	$\text{Efectividad} = \text{EISI} / \text{EDMT} * 100\%$ <p>Donde: EISI es Enfermedad Identificada por Sistema Inteligente y EDMT es Enfermedad Detectada por el Método Tradicional.</p>
• Índice de Especificidad	de [0..100%]	Porcentaje.	Registro Manual.	$\text{Especificidad} = \text{VN} / \text{VN} + \text{FP}$ <p>Donde: VN es verdaderos negativos y FP falsos positivos.</p>
• Índice de Sensibilidad	de [0..100%]	Porcentaje.	Registro Manual.	$\text{Sensibilidad} = \text{VP} / \text{VP} + \text{FN}$ <p>Donde: VP es verdaderos positivos y FN falsos negativos.</p>

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Instrumentos

a. Instrumentos para investigación en campo

- Fotografías
- Cuestionarios
- Entrevistas
- Filmaciones

b. Instrumentos para investigación experimental

- Formatos de Observación
- Dataset de imágenes de piel

c. Instrumentos para investigación descriptiva

- Fotografías
- Libreta de apuntes
- Encuestas a pacientes

3.5. Procedimientos

Para realizar la recolección de datos, se tendrá en cuenta los siguientes procedimientos:

- Diseño y elaboración del instrumento de recolección de datos
- Validación y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos
- Aplicación de los instrumentos de la recolección de datos
- Procesamiento de la información

- Análisis e interpretación de la información
- Elaboración de discusión, conclusiones y recomendaciones
- Redacción del informe final
- Presentación, revisión, reajuste y aprobación del informe de tesis
- Sustentación de la tesis.

3.6. Análisis de datos

Se aplicará el análisis de información de modo descriptivo en campo, con formatos de observación aplicados a centros de salud en la ciudad de Iquitos, con información de promedio de personas que acuden a los centros de salud y promedio de diagnósticos de enfermedades de la piel en ellos. Con el fin de reducir el tiempo en el diagnóstico de enfermedades de piel en la población, el seguimiento apropiado de dichas enfermedades y concientizar a los afectados y de ser el caso a los padres de familia sobre la importancia del tratamiento de dichas enfermedades Y también con el fin de mejorar el servicio de salud en las poblaciones más vulnerables. Al finalizar, los datos se procesarán en la herramienta software SPSS versión español 22.0.

Se aplicará el análisis de datos de modo experimental, en el desarrollo del software. Se realizarán experimentos, orientados a estudiar y medir los efectos de la aplicación móvil, sobre los procesos de diagnóstico de enfermedades de la piel.

3.7. Consideraciones éticas

Para este trabajo se involucrarán temas de investigación científica de salud de seres humanos, por lo que es pertinente considerar los siguientes códigos de ética:

- **Código de Ética y Deontología** (2019), planteada por el Colegio Médico del Perú, que sugiere ciertas consideraciones relacionadas a la realización de

investigaciones o acciones que involucren trabajos relacionados a la salud de los seres humanos.

- **Certificación de Conducta Responsable en Investigación (2019)**, propuesto por el CONCYTEC, exige una serie de requisitos y condiciones para la realización de investigaciones científicas en el Perú, principalmente si los objetos de estudios son seres humanos.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Ejecución

El cálculo de los Índices de Efectividad, Especificidad y Sensibilidad, con la red neuronal convolucional comprendió los procesos de entrenamiento y pruebas de uso. Teniendo en cuenta que el banco de imágenes estuvo compuesto por 228 imágenes, clasificadas de la siguiente manera:

Tabla 6

Presentación desagregada del banco de imágenes

Total Imágenes de la enfermedad Impétigo	Imágenes de Impétigo para entrenamiento	Imágenes de Impétigo para pruebas de uso	Total de Imágenes de la enfermedad Psoriasis	Imágenes de Psoriasis para entrenamiento	Imágenes de Psoriasis para pruebas de uso	Total banco de imágenes
102	78	24	126	93	33	228

Fuente: Elaboración Propia

4.1.1. Entrenamiento de la Red Neuronal

El entrenamiento de una red neuronal es un proceso cuyo objetivo es el aprendizaje del software a partir de muestras o ejemplos (en este caso a partir de las imágenes). Según lo expuesto en las Tablas N°06 son dos enfermedades de la piel que trata la presente tesis doctoral, la cual se pasará a presentar los resultados obtenidos.

4.1.1.1. Entrenamiento con imágenes de la enfermedad Impétigo.

Según lo expuesto en la Tabla N° 07, en el entrenamiento de la red neuronal de esta tesis se han utilizado 171 imágenes, de este conjunto, se han dividido en: 78 imágenes de la enfermedad de la piel “Impétigo y 93 imágenes de enfermedades “Psoriasis”, en ambos casos un médico

con especialidad en Dermatología realizó la validación visual. El resultado del entrenamiento consistió en que 73 imágenes del Impétigo fueron reconocidas como tal, por lo que el Índice de Sensibilidad alcanza el 94%, valor denominado como Aceptable para este Índice. En el caso de las 93 imágenes diferentes al Impétigo, sólo 87 fueron reconocidas como imágenes de enfermedades diferentes al Impétigo, por lo que el Índice de Especificidad alcanza el 94%, valor denominado como Aceptable.

Tabla 7*Tabla de entrenamiento de la Red Neuronal para la enfermedad Impétigo*

Imágenes	Pre-Test Validadas por medico dermatólogo				Post-Test Reconocidas por el Software				
	Total	Reconocidas como imágenes del Impétigo	No Reconocidas como imágenes del Impétigo	Índice de Sensibilidad	Índice de Especificidad	Reconocidas como imágenes del Impétigo	No Reconocidas como imágenes del Impétigo	Índice de Sensibilidad	Índice de Especificidad
Imágenes de Impétigo	78	78	0	100 %	Sin Datos	73	5	94%	Sin Datos
Imágenes diferentes del Impétigo	93	0	93	Sin Datos	100 %	6	87	Sin Datos	94%
Total	171								

Fuente: Elaboración Propia

Índice de Sensibilidad

- Excelente = 100% (78)
- Aceptable= Entre 80%-99% (Entre 62 - 77)
- No Aceptable= Menor de 80% (Menor de 62)

Índice de Especificidad

- Excelente = 100% (93)
- Aceptable= Entre 80%-99% (Entre 74 - 92)
- No Aceptable= Menor de 80% (Menor de 74)

4.1.1.2. Entrenamiento con imágenes de la enfermedad Psoriasis.

Según lo expuesto en la Tabla N° 08, en el entrenamiento de la red neuronal de esta tesis, se han utilizado 171 imágenes, 93 imágenes de la enfermedad de la piel Psoriasis y 78 imágenes de enfermedades de la piel diferente a la Psoriasis (enfermedades como Impétigo), en ambos casos un médico con especialidad en Dermatología realizó la validación visual. El resultado del entrenamiento consistió en que 87 imágenes de la Psoriasis fueron reconocidas como tal, por lo que el Índice de Sensibilidad alcanza el 94%, valor denominado como Excelente para este Índice. En el caso de las 78 imágenes diferentes de Psoriasis, sólo 73 fueron reconocidas como imágenes de enfermedades diferentes a la Psoriasis, por lo que el Índice de Especificidad alcanza el 94%, valor denominado como Aceptable. Por lo cual el proceso de entrenamiento de la red neuronal fue realizado con éxito.

Tabla 8.*Tabla de entrenamiento de la Red Neuronal para la enfermedad Psoriasis*

Imágenes	Pre-Test Validadas por medico dermatólogo				Post-Test Reconocidas por el Software				
	Total	Reconocidas como imágenes de Psoriasis	No Reconocidas como imágenes de Psoriasis	Índice de Sensibilidad	Índice de Especificidad	Reconocidas como imágenes de Psoriasis	No Reconocidas como imágenes de Psoriasis	Índice de Sensibilidad	Índice de Especificidad
Imágenes de Psoriasis	93	93	0	100 %	-----	87	6	94%	-----
Imágenes diferentes de la Psoriasis	78	0	78	-----	100 %	5	73	-----	94%
Total	171								

Fuente: Elaboración Propia

Índice de Sensibilidad

- Excelente = 100% (93)
- Aceptable= Entre 80%-99% (74-92)
- No Aceptable= Menor de 80% (Menor de 74)

Índice de Especificidad

- Excelente = 100% (78)
- Aceptable= Entre 80%-99% (Entre 62 - 77)
- No Aceptable= Menor de 80% (Menor de 62)

4.1.2. Pruebas de uso de software

Las pruebas de uso del software de la red neuronal, es un proceso cuyo objetivo es validar las pruebas de entrenamiento del software a partir de muestras o ejemplos (en este caso a partir de las imágenes). Según lo expuesto en la Tabla 6 son dos enfermedades de la piel, los resultados de las pruebas de uso de software se explican a continuación.

4.1.2.1. Pruebas de uso de software con imágenes del Impétigo

Para el caso de las pruebas de uso del software, según lo expuesto en la Tabla N° 9, se han utilizado 57 imágenes, 24 imágenes de la enfermedad Impétigo y 33 imágenes de enfermedades de la piel diferentes al Impétigo, en ambos casos el médico especialista en dermatología realizó la validación visual. El resultado consistió en que sólo 21 imágenes del Impétigo fueron reconocidas como tal, por lo que el Índice de Sensibilidad alcanza el 88%, valor denominado como Aceptable. En el caso de las imágenes diferentes al Impétigo, sólo 31 fueron reconocidas como imágenes de enfermedades diferente del Impétigo, por lo cual el Índice de Especificidad es de 94%, valor denominado como Aceptable. Por lo cual el proceso de validación de la red neuronal fue realizado con éxito.

Tabla 9.*Tabla de Pruebas de Uso de Software para la enfermedad Impétigo.*

Imágenes	Pre-Test Validadas por médico dermatólogo				Post-Test reconocidas por el software				
	Total	Reconocidas como imágenes de Impétigo	No Reconocidas como imágenes de Impétigo	Índice de Sensibilidad	Índice de Especificidad	Reconocidas como imágenes de Impétigo	No Reconocidas como imágenes de Impétigo	Índice de Sensibilidad	Índice de Especificidad
Imágenes de Impétigo	24	24	0	100 %	Sin Datos	21	3	88%	-----
Imágenes de enfermedades diferentes al Impétigo	33	0	33	Sin Datos	100 %	2	31	-----	94%
Total	57								

Fuente: Elaboración Propia

Índice de Sensibilidad

- Excelente = 100% (24)
- Aceptable= Entre 80%-99% (Entre 19-23)
- No Aceptable= Menor de 80% (Menor de 19)

Índice de Especificidad

- Excelente = 100% (33)
- Aceptable= Entre 80%-99% (Entre 26-32)
- No Aceptable= Menor de 80% (Menor de 26)

4.1.2.2. Pruebas de uso de software con imágenes de la Psoriasis

Para el caso de las pruebas de uso del software, según lo expuesto en la Tabla N° 10, se han utilizado 57 imágenes, 33 imágenes de la enfermedad Psoriasis y 24 imágenes de enfermedades de la piel diferentes a la Psoriasis, en ambos casos el médico especialista en dermatología realizó la validación visual. El resultado consistió en que sólo 31 imágenes de la Psoriasis fueron reconocidas como tal, por lo que el Índice de Sensibilidad alcanza el 94%, valor denominado como Aceptable. En el caso de las imágenes diferentes a la Psoriasis, sólo 21 fueron reconocidas como imágenes de enfermedades diferente de la Psoriasis, por lo cual el Índice de Especificidad es de 88%, valor denominado como Aceptable. Por lo cual el proceso de validación de la red neuronal fue realizado con éxito.

Tabla 10.*Tabla de Pruebas de Uso para la enfermedad Psoriasis.*

Imágenes	Pre-Test Validadas por médico dermatólogo				Pre-Test reconocidas por el software				
	Total	Reconocidas como imágenes de Psoriasis	No Reconocidas como imágenes de Psoriasis	Índice de Sensibilidad	Índice de Especificidad	Reconocidas como imágenes de Psoriasis	No Reconocidas como imágenes de Psoriasis	Índice de Sensibilidad	Índice de Especificidad
Imágenes de Psoriasis	33	33	0	100 %	Sin Datos	31	2	94%	-----
Imágenes de enfermedades diferentes de la Psoriasis	24	0	24	Sin Datos	100 %	3	21	-----	88%
Total	57								

Fuente: Elaboración Propia

Índice de Sensibilidad

- Excelente = 100% (33)
- Aceptable= Entre 80%-99% (Entre 26-32)
- No Aceptable= Menor de 80% (Menor de 26)

Índice de Especificidad

- Excelente = 100% (24)
- Aceptable= Entre 80%-99% (Entre 19-23)
- No Aceptable= Menor de 80% (Menor de 19)

Tabla 11.

Tabla de Resultado de diagnóstico por Método Tradicional vs Sistema Inteligente.

	Método Tradicional (Diagnóstico por médico dermatólogo)	Sistema Inteligente	Efectividad (%)
Imágenes de “Impétigo”	102	94	93 %
Imágenes de “Psoriasis”	126	118	
Total	228	212	

Fuente: Elaboración Propia

Índice de Efectividad

- **Excelente = 100% (228)**
- **Aceptable= Entre 80%-99% (Entre 182-227)**
- **No Aceptable= Menor de 80% (Menor de 182)**

En conclusión, al evaluar la Efectividad del software para identificar correctamente una enfermedad de la piel, sea Impétigo o Psoriasis, de acuerdo a la Tabla N°11, se observa que se diagnosticaron correctamente 212 imágenes (94 imágenes de “Impétigo” y 118 imágenes de “Psoriasis”), de un total de 228 imágenes, lo que indica un 93% de Efectividad alcanzado por el Sistema Inteligente, que corresponde a un porcentaje Aceptable según los índices establecidos en la presente tesis, con lo cual se da respuesta al objetivo específico N°1:

“Alcanzar apropiados índices de efectividad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.”

Al evaluar la Sensibilidad en el uso de del software o método alternativo para la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos, se encuentra que el índice en promedio es de 91 % para las dos enfermedades tratadas en la presente tesis con lo cual se da respuesta al objetivo específico N°2:

“Alcanzar apropiados índices de Sensibilidad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.”

Así mismo, con los resultados obtenidos al evaluar el índice de Especificidad en el uso del software o método alternativo para la identificación de enfermedades de la piel en la población de Iquitos, se tiene como promedio de las dos enfermedades investigadas 91 %, con lo cual se da respuesta al objetivo específico N°3, la cual es:

“Alcanzar apropiados índices de Especificidad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.”

4.2. Contrastación de Hipótesis

Finalmente, en las tablas siguientes 12, 13 y 14 se presenta los resúmenes de los índices de sensibilidad y Especificidad de las dos enfermedades de la piel estudiadas en esta tesis, el Impétigo y la Psoriasis, respectivamente, en la cual se presenta los promedios obtenidos de cada una de ellas y los valores totales

Tabla 12.

Resumen del Cálculo del Índice de Sensibilidad y Especificidad para el Impétigo.

Índices	Entrenamiento	Prueba de Uso	Total
Sensibilidad	94	88	91%
Especificidad	94	94	94%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13.

Resumen del Cálculo del Índice de Sensibilidad y Especificidad para la Psoriasis.

Índices	Entrenamiento	Prueba de Uso	Total
Sensibilidad	94	94	94 %
Especificidad (%)	94	88	91 %

Fuente: Elaboración Propia

Si los resultados de las dos enfermedades lo resumimos en un solo cuadro, podremos ver en ella, en la Tabla N°14, que el índice promedio de sensibilidad es el 93 % y para Especificidad es del 93 %, con esto se concluye que el software de reconocimiento o método alternativo es una herramienta efectiva a partir de los cuales se puede comentar que en ambos casos es Aceptable, y son valores esperados en la presente tesis; de esta manera se acepta la Hipótesis de la Investigación:

“El uso de un método alternativo, basado en un sistema inteligente, permitirá la identificación efectiva de enfermedades de la piel para la población en la ciudad de Iquitos.”

Tabla 14.

Resumen del Cálculo del Índice de Sensibilidad y Especificidad para las dos enfermedades de la piel

Índices	Impétigo	Psoriasis	Promedio
Sensibilidad (%)	91%	94%	93%
Especificidad (%)	94%	91%	93%

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A través de los resultados obtenidos en el proceso de ejecución, que comprendió la experimentación de algoritmos de redes neuronales en 2 etapas: entrenamiento y pruebas de uso, podemos afirmar favorablemente la hipótesis que señala que el uso de un método alternativo, basado en un sistema inteligente, permite la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.

A partir de los resultados, se puede evidenciar la complejidad y el tiempo que requiere la obtención de las imágenes, y en el caso de la presente tesis, ha requerido generación propia y apoyo en fuentes secundarias como internet, debido a las dificultades de tiempo, costo, logística y contexto; es importante recalcar que las imágenes son el insumo base de este trabajo, basados en la revisión bibliográfica de investigaciones anteriores, lo ideal es tener un conjunto mayor de imágenes del que se dispone actualmente (en promedio 1000 imágenes), para mejorar los Índices de Efectividad, Sensibilidad y Especificidad del Sistema Inteligente.

Este trabajo presenta estrecha relación con la metodología de redes neuronales convolucionales y el procesamiento de imágenes, con respecto a las experiencias de Venegas (2019), Suárez et al. (2018), Coronado (2018) y Alam et al. (2016), investigaciones que también tuvieron como finalidad la detección de enfermedades de la piel, e incluso fueron sometidas a pruebas de uso en usuarios finales (médicos y pacientes) para ofrecer un instrumento de fácil uso y rápido en el diagnóstico de este tipo de enfermedades. La diferencia relacionada con este trabajo, se muestra en el tipo de enfermedades que se identificaron; en el caso de Venegas (2019), desarrolló un sistema para prediagnosticar cáncer de piel; en el caso de Coronado (2018), reconocía lesiones malignas; en el caso de Suárez et al. (2018), utilizó imágenes recopiladas de sitios de

internet y redes sociales como Instagram; y en el caso de Alam et al. (2016), detectaban eccemas por nivel de severidad, basados en color y textura.

Este trabajo tiene índices estadísticos bastante aceptables, que superan en promedio el 92 %, en comparación con otros trabajos como el de Sharma y Srivastava (2016), que sólo alcanzaron porcentajes entre 82% y 91%, en cuyo caso se puede diferenciar, por el tipo de imagen, el tamaño del conjunto de datos, la programación de la red neuronal, el equipo computacional y el software (utilizaron MATLAB), en este trabajo el procesamiento se realizó en equipos con mayor capacidad computacional de procesamiento como Workstation y Computadoras de alto rendimiento.

Con respecto a los índices de Sensibilidad y Especificidad, el trabajo más relacionado es la experiencia de Zaout (2016), que también determinó cálculos de Sensibilidad y Especificidad en su trabajo, donde finalmente obtuvo el 85% en Sensibilidad y el 92.22% en Especificidad. Según los resultados obtenidos y procesados de esta investigación, en promedio entre las 2 enfermedades investigadas, se obtuvo un 93 % en términos de Sensibilidad, mientras que en la Especificidad se observó el 93 %.

Así mismo, es importante señalar, que este trabajo tuvo en cuenta los criterios y sugerencias de diversas investigaciones, sin embargo, se encuentran escasamente vinculadas, por utilizar otros métodos de reconocimiento diferentes a los algoritmos de redes neuronales convoluciones, como es el caso de Galarza y Romero (2019), Cabezas (2019), Codella et al (2018), Sharma y Srivastava (2016), Shawkat, Al-Din & Abdulasoul (2017), Castillo y Díaz (2016); y el tipo de imágenes (en algunos casos se utilizaron imágenes de Rayos X o 3D), como los trabajos de Maldonado & Beltrán (2019) y Cabezas (2019), sin embargo, se consideraron como parte de la revisión bibliográfica por estar dentro del campo de reconocimiento aplicada a la Medicina, en la subrama de la Dermatología.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Finalmente, a partir de los resultados del trabajo realizado podemos indicar lo siguiente:

a. Respecto al Objetivo General

Se ha logrado diseñar, desarrollar y validar un método alternativo basado en una plataforma tecnológica inteligente que permite identificar dos tipos de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos, que son el Impétigo y la Psoriasis, a partir del reconocimiento de imágenes de la piel tomadas por un dispositivo móvil (smartphone), este método utiliza algoritmos de procesamiento de imágenes y redes neuronales convolucionales. Este sistema inteligente tiene la capacidad de identificar efectivamente al 93% imágenes que corresponden a Impétigo y Psoriasis, respectivamente.

b. Respecto a la Hipótesis

Con los resultados obtenidos de los Índices de Efectividad, Sensibilidad y Especificidad, se ha comprobado la Hipótesis de investigación, que señala que “el uso de un método alternativo, basado en un sistema inteligente, permitirá la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos”.

c. Respecto a los Objetivos Específicos

Objetivo Específico I: Se ha logrado alcanzar apropiados índices de Efectividad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos. Con resultado de 93% como índice de Efectividad, que indica un resultado Aceptable para el sistema inteligente.

Objetivo Específico II: Se ha logrado alcanzar apropiados índices de Sensibilidad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos. Con resultado de 93% como índice de Sensibilidad, que indica un resultado Aceptable para el sistema inteligente

Objetivo Específico III: Se ha logrado alcanzar apropiados índices de Especificidad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos. Con resultado de 93% como índice de Especificidad, que indica un resultado Aceptable para el sistema inteligente.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

- A partir de esta experiencia, es importante realizar convenios con instituciones públicas y privadas con la finalidad de realizar tomas fotográficas de la mayor cantidad de enfermedades (no sólo dermatológicas), que afectan al ciudadano peruano, con el objetivo de crear un banco de imágenes de todas las enfermedades del Perú, y a partir de ello crear sistemas inteligentes que ayuden en el diagnóstico de enfermedades.
- Un posterior trabajo que podría complementar a esta tesis sugeriría la comparación del uso de redes neuronales convolucionales con las otras técnicas o métodos de procesamiento de imágenes.
- Independiente a los procesos académicos, en el futuro sería importante para la EUPG de la Villarreal, la creación de un repositorio de Dataset, que permita acceder a bancos de imágenes de diversa naturaleza que promueva el desarrollo de trabajos orientados a soluciones tecnológicas. Así mismo, es importante la incorporación dentro de las sumillas, en los procesos de investigación, como línea de investigación las temáticas de procesamiento de imágenes y el uso de redes neuronales para el reconocimiento de diversas formas de objetos, incluso ajenas a las relacionadas a las enfermedades (como por ejemplo imágenes de rostros, imágenes de la biodiversidad, imágenes satelitales, imágenes de drones, placas de vehículos, etc.).

CAPITULO VIII: REFERENCIAS

- Alam, M., Munia, K., Tavakolian, K., Vasefi, F., MacKinnon, N., & Fazel, R. (2016). Automatic detection and severity measurement of eczema using image processing. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 1365-1368. doi:10.1109/EMBC.2016.7590961
- Ayala, V., Blanco, C., Jasso, A., & Mendizabal, G. (2018). Método Computacional para la Clasificación Automática de Nevus Cancerosos. *Memorias del XLI Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica* 184.
- Barker, A. (17 de Febrero de 2019). *AI Developer Program*. Obtenido de <https://software.intel.com/content/www/us/en/develop/articles/inception-v3-deep-convolutional-architecture-for-classifying-acute-myeloidlymphoblastic.html>
- Barreras para una atención eficaz en los hospitales de referencia del Ministerio de Salud del Perú: atendiendo pacientes en el siglo XXI con recursos del siglo XX. (2019). *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 36(2). doi:10.17843/rpmesp.2019.362.4425
- Biblioteca Digital . (s.f.). <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx>. Obtenido de <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx>: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/084/htm/sec_9.htm
- Cabezas, E. (2019). *Reconocimiento de patrones de imágenes médicas para establecer diagnósticos previos en trastornos pulmonares*. Ambato. Obtenido de http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29180/1/Tesis_t1533masc.pdf
- Cabezas, E., & Galarza, E. (2019). *Reconocimiento de patrones de imágenes médicas para establecer diagnósticos previos en trastornos pulmonares*. Ambato.
- Castillo, H., & Diaz, M. (2016). *Procesamiento de imágenes dermatológicas para asistencia al diagnóstico médico*. Buenos aires.
- Codella1, N. C., Gutman, D., Celebi, M. E., Helba, B., Marchetti, M. A., Dusza, S. W., . . . Halper, A. (2018). Skin Lesion Analysis Toward Melanoma Detection: A Challenge At The2017 International Symposium On Biomedical Imaging (Isbi), Hosted Bythe International Skin Imaging Collaboration (Isic). *IEEE 15th International Symposium on Biomedical Imaging* , 168-172.
- Colegio Médico del Perú. (2019). *Código de Ética y Deontología*. Obtenido de <https://www.cmp.org.pe/wp-content/uploads/2019/01/CODIGO-DE-ETICA-Y-DEONTOLOG%C3%8DA.pdf>

- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. (2019). *Certificación de Conducta Responsable en Investigación* . Lima.
- Coronado , T. (2016). Diagnóstico médico . *Biociencias* .
- Coronado, R. (2018). *Reconocimiento de patrones en imágenes no dermatoscópicas para la detección de enfermedades malignas en la piel, utilizando redes neuronales convolutivas y autocodificadores.*
- Cuello, J., & Vittone, J. (2017). *Diseñando apps para móviles*. Obtenido de appdesignbook.
- DeConceptos.com.* (s.f.). Obtenido de <https://deconceptos.com/ciencias-naturales/poblacion>
- Definición.DE.* (2012). Obtenido de <https://definicion.de/poblacion/>
- Definición.DE.* (2012). *Definición.DE.* Obtenido de *Definición.DE:* <https://definicion.de/piel/>
- Diario La Región. (26 de Noviembre de 2012). <https://diariolaregion.com/>. Obtenido de La Región: <https://diariolaregion.com/web/enfermedades-a-la-piel-en-loreto-cada-ano-aumentan/>
- EcuRed. (s.f.). *EcuRed.* Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/index.php/Enfermedades_de_la_piel
- EcuRed. (s.f.). <https://www.ecured.cu>. Obtenido de <https://www.ecured.cu>: https://www.ecured.cu/Diagn%C3%B3stico_m%C3%A9dico
- EsSalud. (30 de Enero de 2015). <http://www.essalud.gob.pe/>. Obtenido de EsSalud: <http://www.essalud.gob.pe/essalud-promueve-campana-de-prevencion-de-lesiones-en-la-piel-en-la-ciudad-de-iquitos/>
- Facultad de Medicina. (2008). *Geografía de las enfermedades en el Perú en relación*. Obtenido de https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/anales/v69_sup2/pdf/a06v69sup2.pdf
- Gavrilov, D., Schelkunov, N., Melerzanov, A., & Gorodilov, A. (2018). Artificial intelligence image recognition inhealthcare. *IEEE Xplore*, 24-26.
- Haddad, A., & A. Hameed, S. (2018). Image Analysis Model For Skin Disease Detection: Framework. *IEEE Xplore*, 281-283.
- IES Cangas del Narcea . (s.f.). <http://narceaeduplastica.weebly.com>. Obtenido de <http://narceaeduplastica.weebly.com>: <http://narceaeduplastica.weebly.com/iquestqueacute-es-una-imagen.html>

- Instituto Nacional de Estadística. (2008). *Síntesis Estadística Estatal 2008*. Obtenido de <http://www.ine.gov.pe/documentos/see/SintesisEstadistica2009/estados/lara/documentos/ Metodologia.pdf>
- Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú. (6 de Mayo de 2019). <https://www.tvperu.gob.pe/>. Obtenido de <https://www.tvperu.gob.pe/novedades/junta-medica/psoriasis-una-enfermedad-que-debes-conocer-a-profundidad>
- Instituto Nacional del Cáncer . (s.f.). <https://www.cancer.gov>. Obtenido de <https://www.cancer.gov>: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/diagnostico>
- Instituto Peruano de Economía. (2019). *INCORE Perú*. Obtenido de <https://incoreperu.pe/>: <https://incoreperu.pe/portal/index.php/ranking-regional>
- Jafari, M. H., Nasr-Esfahani, E., Karimi, N., Soroushmehr, S. R., Samavi, S., & Najarian, K. (2016). Extraction of Skin Lesions from Non-Dermoscopic Images Using Deep Learning. *Computer Vision and Pattern Recognition*. Obtenido de <https://arxiv.org/abs/1609.02374>
- Kaplan, A., GÜldoğan, E., Çolak, C., & Arslan, A. (2019). Prediction of Melanoma from Dermoscopic Images Using Deep Learning-Based Artificial Intelligence Techniques. *IEEE Xplore*.
- Larranaga, P., Inza, I., & Moujahid, A. (2015). Redes Neuronales. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/268291232_Tema_8_Red_Neuronales
- Liao, H., & Lou, J. (2016). Skin Disease Classification versus Skin Lesion Characterization: Achieving Robust Diagnosis using Multi-label Deep Neural Networks.
- Maldonado, R., & Beltrán, C. (2019). *Modelo convolucional para la detección de nódulos pulmonares a partir de tomografías 3D*. Lima.
- McCulloch, W., & Pitts, W. (1943). A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity.
- Merck and Co. (2020). *Manual MSD*. Obtenido de <https://www.msdmanuals.com/>: <https://www.msdmanuals.com/es/professional/trastornos-dermatol%C3%B3gicos/abordaje-del-paciente-dermatol%C3%B3gico/pruebas-diagn%C3%B3sticas-para-trastornos-cut%C3%A1neos>
- Ministerio de Salud. (2018). *Boletín epidemiológico*.

- Minsalud. (s.f.). *Enfermedades que prevenimos con el lavado de manos*. Colombia. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/Enfermedades-de-la-piel.pdf>
- Muñoz Gutiérrez, C. (s.f.). *Redes Neurales*. Obtenido de <https://webs.ucm.es/info/pslogica/redesdoc.pdf>
- Nielsen, J. (18 de Marzo de 2000). *Nielsen Norman Group*. Obtenido de <https://www.nngroup.com/>: <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>
- Pérez, E. (2017). *Diseño de una metodología para el procesamiento de imágenes mamográficas basada en técnicas de Aprendizaje Profundo*. Madrid. Obtenido de http://oa.upm.es/47315/1/PFC_ELIA_PEREZ_PEREZ_2017.pdf
- Peru 21. (2013). *Peru 21*. Obtenido de <https://peru21.pe/>: <https://peru21.pe/vida/conoce-enfermedades-piel-122587-noticia/>
- PerúRetail. (2019). *PerúRetail*. Obtenido de <https://www.peru-retail.com/>: <https://www.peru-retail.com/especial/peru-retail-ventas-cosmetica-higiene/>
- Polo Castro , J. C. (2015). Sistema de visión artificial basado en la detección de los movimientos del ojo, para mejorar la atención de los pacientes con síndrome de Guillain Barré. Obtenido de http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/usat/524/1/TL_Polo_Castro_JulioCesar.pdf
- Querejeta , P. (2015). Procesamiento digital de imágenes. 5. Obtenido de <http://lcr.uns.edu.ar/fvc/NotasDeAplicacion/FVC-QuerejetaSimbeniPedro.pdf>
- Redacción RPP. (18 de Octubre de 2015). <https://rpp.pe/>. Obtenido de <https://rpp.pe/vida-y-estilo/salud/psoriasis-una-enfermedad-que-aqueja-a-cerca-de-medio-millon-de-peruanos-noticia-905958>
- Robles Ruiz, S. M. (2018). Reconocimiento automático de glifos mayas. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/24280>
- Sánchez , A., & Núñez, F. J. (2016). *Diseño de un sistema de reconocimiento automático de matrículas de vehículos mediante una red neuronal convolucional*. Obtenido de <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/handle/10609/52222>
- Sánchez Saldaña, L. (2015). Impétigo. *DERMATOL PERU*, 25(3).
- Seth, D., Cheldize, K., & Brown, D. (2017). Global Burden of Skin Disease: Inequities and Innovations. *Curr Dermatol Rep*, 6(3), 204-210. doi:10.1007/s13671-017-0192-7

- Sharma, D., & Srivastava, S. (2016). Automatically Detection of Skin Cancer by Classification of Neural Network. *International Journal of Engineering and Technical Research*, 4(1).
- Shawkat , A., Al-Din, S., & Abdulrasoul, S. (2017). Eczema Disease Detection and Recognition in Cloud Computing. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(24), 14396-1440.
- Smartick. (2020). *Smartick*. Obtenido de <https://www.smartick.es/https://www.smartick.es/blog/maticas/recursos-didacticos/series-y-patrones/>
- Standfor Children's Health. (2020). *Standfor Children's Health*. Obtenido de <https://www.stanfordchildrens.org/https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=anatomadelapiel-85-P04436>
- Stanford University. (s.f.). *cs231n*. Obtenido de Convolutional Neural Networks for Visual Recognition.: <http://cs231n.github.io/convolutional-networks/>
- Suárez, J., Colín, L., Mejía, A., Ambriz, J., & García, J. (2018). Una aproximación al diagnóstico de enfermedades de la piel por medio de aprendizaje profundo. *Número Especial de la Revista Aristas: Investigación Básica y Aplicada*, 6(12), 13-16.
- Szegedy, C., Ioffe, S., & Shlens , J. (2016). Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision. Obtenido de https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_cvpr_2016/papers/Szegedy_Rethinking_the_Inception_CVPR_2016_paper.pdf
- Taipe, R., & Sánchez , F. (2018). *Aplicativo móvil ALLYNAPAY para mejorar la administración de información en el servicio de cuidado diurno del programa nacional CUNA MÁS* . Lima .
- Tech Target S.A. (2018). *SearchDataCenter en Español*. Obtenido de SearchDataCenter en Español: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Desarrollo-de-aplicaciones-moviles>
- Tesis de Investigadores . (16 de Mayo de 2011). <http://tesisdeinvestigadores.blogspot.com>. Obtenido de <http://tesisdeinvestigadores.blogspot.com>: <http://tesisdeinvestigadores.blogspot.com/2011/05/la-piel.html>
- Vega, Cortéz, Huayna, Alarcón, & Romero. (2009). *Reconocimiento de patrones mediante redes neuronales artificiales*. Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/risi/2009_n2/v6n2/a03v6n2.pdf

Venegas, D. (2019). *Sistema de Pre-Diagnóstico de Cáncer de Melanomas usando Redes Neuronales Artificiales*. Texcoco.

Zaqout, I. (2016). Diagnosis of Skin Lesions Based on Dermoscopic Images Using Image Processing Techniques. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, 189-204. doi:<http://dx.doi.org/10.14257/ijcip.2016.9.9.18>

CAPITULO IX: ANEXOS

9.1. Matriz de consistencia

Título: “Método alternativo basado en un Sistema Inteligente para identificar enfermedades de la piel”

PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADOR	METODOLOGIA
<p>Problema General ¿De qué manera, mediante un método alternativo, es posible mejorar los procedimientos de identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>Problema específico 1: ¿El uso de un método alternativo permitirá alcanzar apropiados Índices de Efectividad para la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos?</p> <p>Problema específico 2: ¿El uso de un método alternativo permitirá alcanzar apropiados Índices de Especificidad en la identificación de enfermedades de la piel, en la población de la ciudad de Iquitos?</p> <p>Problema específico 3: ¿El uso de un método alternativo permitirá alcanzar apropiados Índices de Sensibilidad en la identificación de enfermedades de la piel, en la población de la ciudad de Iquitos?</p>	<p>Objetivo General Generar un método alternativo basado en un sistema inteligente para identificar enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Objetivo Especifico 1: Alcanzar apropiados índices de efectividad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.</p> <p>Objetivo Especifico 2: Alcanzar apropiados índices de Sensibilidad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.</p> <p>Objetivo Especifico 3: Alcanzar apropiados índices de Especificidad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.</p>	<p>Hipótesis General El uso de un método alternativo, basado en un sistema inteligente permitirá la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <p>Hipótesis Específica 1: El uso de un método alternativo, basado en un sistema inteligente, alcanzará apropiados índices de efectividad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.</p> <p>Hipótesis Específica 2: El uso de un método alternativo, basado en un sistema inteligente, alcanzará apropiados índices de Sensibilidad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.</p> <p>Hipótesis Específica 3: El uso de un método alternativo, basado en un sistema inteligente, alcanzará apropiados índices de Especificidad en la identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.</p>	<p>Variable Independiente: Método alternativo basado en sistema inteligente.</p>	<p>Presencia-Ausencia</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN Aplicada</p> <p>NIVEL DE LA INVEST. Explicativa</p> <p>DISEÑO DE LA INVEST. Experimental</p> <p>UNIVERSO: N = 550 mil Habitantes de Iquitos</p> <p>MUESTRA: N = 20 pacientes.</p>
			<p>Variable Dependiente: Identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de Efectividad. • Índice de Especificidad. • Índice de Sensibilidad. 	

...Continuación

VARIABLES	UNIDADES DE OBSERVACIÓN/ANÁLISIS	INDICADORES	ÍNDICES
Variable Independiente: Método alternativo basado en sistema inteligente.	Observación	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia-Ausencia 	No, Sí
Variable Dependiente: Identificación de enfermedades de la piel en la población de la ciudad de Iquitos	Registro Manual	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de Efectividad 	[0...100%]
	Registro Manual	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de Especificidad. 	[0...100%]
	Registro Manual	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de Sensibilidad. 	[0...100%]

9.2. Ficha de Observación Nro. 1

Evaluación del reconocimiento del diagnóstico de enfermedades de piel (Método Tradicional vs Sistema Inteligente)

Indicación: Marque con un aspa el casillero, en el ítem que corresponda, según indique la respuesta del experto o el software de reconocimiento.

Banco de imágenes de enfermedad de la piel “Impétigo”

Clasificación del Banco		Método Tradicional		Sistema Inteligente		Clasificación del Banco		Experto		Aplicación	
N°	Grupo	Si es	No es	Si es	No es	N°	Grupo	Si es	No es	Si es	No es
1	Train	X		X		52	Train	X		X	
2	Train	X		X		53	Train	X		X	
3	Train	X		X		54	Train	X		X	
4	Train	X		X		55	Train	X		X	
5	Train	X		X		56	Train	X		X	
6	Train	X			X	57	Train	X		X	
7	Train	X		X		58	Train	X		X	
8	Train	X		X		59	Train	X		X	
9	Train	X		X		60	Train	X			X
10	Train	X		X		61	Train	X		X	
11	Train	X		X		62	Train	X		X	
12	Train	X		X		63	Train	X		X	
13	Train	X		X		64	Train	X		X	
14	Train	X		X		65	Train	X		X	
15	Train	X		X		66	Train	X		X	
16	Train	X		X		67	Train	X			X
17	Train	X		X		68	Train	X		X	
18	Train	X		X		69	Train	X		X	

19	Train	X		X		70	Train	X		X	
20	Train	X		X		71	Train	X		X	
21	Train	X			X	72	Train	X		X	
22	Train	X		X		73	Train	X		X	
23	Train	X		X		74	Train	X		X	
24	Train	X		X		75	Train	X		X	
25	Train	X		X		76	Train	X			X
26	Train	X		X		77	Train	X		X	
27	Train	X		X		78	Train	X		X	
28	Train	X		X		79	Pruebas de Uso	X		X	
29	Train	X		X		80	Pruebas de Uso	X		X	
30	Train	X		X		81	Pruebas de Uso	X		X	
31	Train	X		X		82	Pruebas de Uso	X		X	
32	Train	X		X		83	Pruebas de Uso	X		X	
33	Train	X		X		84	Pruebas de Uso	X		X	
34	Train	X		X		85	Pruebas de Uso	X		X	
35	Train	X		X		86	Pruebas de Uso	X		X	
36	Train	X		X		87	Pruebas de Uso	X		X	
37	Train	X		X		88	Pruebas de Uso	X		X	
38	Train	X		X		89	Pruebas de Uso	X		X	
39	Train	X		X		90	Pruebas de Uso	X		X	
40	Train	X		X		91	Pruebas de Uso	X			X
41	Train	X		X		92	Pruebas de Uso	X		X	
42	Train	X		X		93	Pruebas de Uso	X		X	
43	Train	X		X		94	Pruebas de Uso	X		X	
44	Train	X		X		95	Pruebas de Uso	X			X
45	Train	X		X		96	Pruebas de Uso	X		X	
46	Train	X		X		97	Pruebas de Uso	X		X	
47	Train	X		X		98	Pruebas de Uso	X		X	
48	Train	X		X		99	Pruebas de Uso	X			X
49	Train	X		X		100	Pruebas de Uso	X		X	

50	Train	X		X		101	Pruebas de Uso	X		X	
51	Train	X		X		102	Pruebas de Uso	X		X	

Banco de imágenes de enfermedad de la piel “Psoriasis”

Clasificación del Banco		Método Tradicional		Sistema Inteligente		Clasificación del Banco		Experto		Aplicación	
N°	Grupo	Si es	No es	Si es	No es	N°	Grupo	Si es	No es	Si es	No es
1	Train	X		X		64	Train	X		X	
2	Train	X		X		65	Train	X		X	
3	Train	X		X		66	Train	X		X	
4	Train	X		X		67	Train	X		X	
5	Train	X		X		68	Train	X		X	
6	Train	X		X		69	Train	X			X
7	Train	X		X		70	Train	X		X	
8	Train	X		X		71	Train	X		X	
9	Train	X		X		72	Train	X		X	
10	Train	X		X		73	Train	X		X	
11	Train	X			X	74	Train	X			X
12	Train	X		X		75	Train	X		X	
13	Train	X		X		76	Train	X		X	
14	Train	X		X		77	Train	X		X	
15	Train	X		X		78	Train	X		X	
16	Train	X		X		79	Train	X		X	
17	Train	X		X		80	Train	X		X	
18	Train	X		X		81	Train	X		X	
19	Train	X		X		82	Train	X		X	
20	Train	X		X		83	Train	X		X	
21	Train	X		X		84	Train	X		X	
22	Train	X		X		85	Train	X		X	
23	Train	X		X		86	Train	X		X	

24	Train	X		X		87	Train	X		X	
25	Train	X		X		88	Train	X		X	
26	Train	X		X		89	Train	X		X	
27	Train	X		X		90	Train	X		X	
28	Train	X			X	91	Train	X		X	
29	Train	X		X		92	Train	X		X	
30	Train	X		X		93	Train	X		X	
31	Train	X		X		94	Pruebas de Uso	X		X	
32	Train	X		X		95	Pruebas de Uso	X		X	
33	Train	X			X	96	Pruebas de Uso	X		X	
34	Train	X		X		97	Pruebas de Uso	X		X	
35	Train	X		X		98	Pruebas de Uso	X		X	
36	Train	X		X		99	Pruebas de Uso	X		X	
37	Train	X		X		100	Pruebas de Uso	X		X	
38	Train	X			X	101	Pruebas de Uso	X		X	
39	Train	X		X		102	Pruebas de Uso	X		X	
40	Train	X		X		103	Pruebas de Uso	X		X	
41	Train	X		X		104	Pruebas de Uso	X		X	
42	Train	X		X		105	Pruebas de Uso	X		X	
43	Train	X		X		106	Pruebas de Uso	X		X	
44	Train	X		X		107	Pruebas de Uso	X			X
45	Train	X		X		108	Pruebas de Uso	X		X	
46	Train	X		X		109	Pruebas de Uso	X		X	
47	Train	X		X		110	Pruebas de Uso	X		X	
48	Train	X		X		111	Pruebas de Uso	X			X
49	Train	X		X		112	Pruebas de Uso	X		X	
50	Train	X		X		113	Pruebas de Uso	X		X	
51	Train	X		X		114	Pruebas de Uso	X		X	
52	Train	X		X		115	Pruebas de Uso	X		X	
53	Train	X		X		116	Pruebas de Uso	X		X	
54	Train	X		X		117	Pruebas de Uso	X		X	

55	Train	X		X		118	Pruebas de Uso	X		X	
56	Train	X		X		119	Pruebas de Uso	X		X	
57	Train	X		X		120	Pruebas de Uso	X		X	
58	Train	X		X		121	Pruebas de Uso	X		X	
59	Train	X		X		122	Pruebas de Uso	X		X	
60	Train	X		X		123	Pruebas de Uso	X		X	
61	Train	X		X		124	Pruebas de Uso	X		X	
62	Train	X		X		125	Pruebas de Uso	X		X	
63	Train	X		X		126	Pruebas de Uso	X		X	

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA “EVALUACIÓN DEL RECONOCIMIENTO DEL DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES DE PIEL (MÉTODO TRADICIONAL VS SISTEMA INTELIGENTE)”

Enfermedad de la Piel	Método Tradicional		Sistema Inteligente		TOTAL
	Nº de diagnósticos con la Enfermedad detectada	Nº de diagnósticos con la Enfermedad no Detectada	Nº de diagnósticos con la Enfermedad detectada	Nº de diagnósticos con la Enfermedad no Detectada	
“Impétigo”	102	--	94	8	102
“Psoriasis”	126	--	118	8	126
TOTAL	228	--	212	16	228

9.3. Ficha de Observación Nro. 2

EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL SISTEMA INTELIGENTE VS EL MÉTODO TRADICIONAL									
Observador:									
Fecha:/...../.....									
Indicación: Basado en los resultados de la Ficha de Observación N°1, indique el número de diagnósticos confirmados para cada enfermedad, según el método.									
<u>MÉTODO TRADICIONAL</u>					<u>MÉTODO ALTERNATIVO</u>				
	E-1	E-2	TOTAL	Índice de Efectividad (%)		E-1	E-2	TOTAL	Índice de Efectividad (%)
N° de diagnósticos confirmados					N° de diagnósticos confirmados				
Leyenda: E-1: Enfermedad de la piel “Impétigo” E-2: Enfermedad de la piel “Psoriasis” Índice de Efectividad: Deficiente: 0 -80% del Total Aceptable: > 80% – 90% del Total Excelente: > 90 % - 100 % del Total					Leyenda: E-1: Enfermedad de la piel “Impétigo” E-2: Enfermedad de la piel “Psoriasis” Índice de Efectividad: Deficiente: 0 -80% del Total Aceptable: > 80% – 90% del Total Excelente: > 90 % - 100 % del Total				

9.4. Ficha de Observación Nro. 3

Especificidad y Sensibilidad
Observador:
Indicación: Complete los siguientes cuadros, según los resultados obtenidos del Formato de Observación N°1.

Train

Imágenes	Total	Reconocidas como imágenes de “Impétigo”	No reconocidas como “Impétigo”	Índice de Sensibilidad Parcial	Índice de Especificidad Parcial
Imágenes de “Impétigo”					
Imágenes que no son “Impétigo”					
Total					

Imágenes	Total	Reconocidas como imágenes de “Psoriasis”	No reconocidas como “Psoriasis”	Índice de Sensibilidad Parcial	Índice de Especificidad Parcial
Imágenes de “Psoriasis”					
Imágenes que no son “Psoriasis”					
Total					

Legenda: Train

Índice de Sensibilidad Parcial

- **Excelente** = 100% del Total
- **Aceptable**= Entre 80%-99% del Total
- **No Aceptable**= Menor de 80% del Total

Índice de Especificidad Parcial

- **Excelente** = 100% del Total
- **Aceptable**= Entre 80%-99% del Total
- **No Aceptable**= Menor de 80% del Total

Test

Imágenes	Total	Reconocidas como imágenes de "Psoriasis"	No reconocidas como "Psoriasis"	Índice de Sensibilidad Parcial	Índice de Especificidad Parcial
Imágenes de "Psoriasis"					
Imágenes que no son "Psoriasis"					
Total					

Imágenes	Total	Reconocidas como imágenes de "Impetigo"	No reconocidas como "Impetigo"	Índice de Sensibilidad Parcial	Índice de Especificidad Parcial
Imágenes de "Impetigo"					
Imágenes que no son "Impetigo"					
Total					

Levenda: Test

Índice de Sensibilidad Parcial

- **Excelente = 100% del Total**
- **Aceptable= Entre 80%-99% del Total**
- **No Aceptable= Menor de 80%del Total**

Índice de Especificidad Parcial

- **Excelente = 100% del Total**
- **Aceptable= Entre 80%-99% del Total**
- **No Aceptable= Menor de 80% del Total**

Resumen Especificidad y Sensibilidad

- **Resumen de las imágenes reconocidas correctamente según la enfermedad que corresponde (según la Aplicación) – Sensibilidad Parcial**

	Si es “Impetigo”	Si es “Psoriasis”	Total imágenes	Sensibilidad (%)
Entrenamiento				
Validación				
Test				

- **Resumen imágenes reconocidas correctamente que no corresponden a la enfermedad (Según la Aplicación) – Especificidad Parcial**

	No es “Impetigo”	No es “Psoriasis”	Total imágenes	Especificidad (%)
Entrenamiento				
Validación				
Test				

General

Índices	Entrenamiento	Test	Total
Sensibilidad (%)			
Especificidad (%)			

9.5. Carta de Presentación

Señor(a)(ita):

.....

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Es muy grato para mi comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiantes de post grado (Doctorado), de la Universidad Nacional Federico Villareal, requiero validar los instrumentos con los cuales obtendré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optaremos el grado de Magister.

El título de mi investigación es: “APLICACIÓN MÓVIL INTELIGENTE, BASADA EN PROCESAMIENTO DE IMÁGENES, PARA EL DIAGNOSTICO DE ENFERMEDADES DE LA PIEL” y siendo imprescindible contar con la aprobación de expertos especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas relacionados a Enfermedades de la Piel.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

1. Carta de presentación
2. Certificado de validez de contenido de los instrumentos

Expresándole mi respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

.....

Firma

Alejandro Reategui Pezo

DNI: 06182363

9.6. Validez del Instrumento de Investigación

JUICIO DE EXPERTO

APLICACIÓN MÓVIL INTELIGENTE, BASADA EN PROCESAMIENTO DE IMÁGENES, PARA EL DIAGNOSTICO DE ENFERMEDADES DE LA PIEL

Responsable: **Ing. Alejandro Reátegui Pezo.**

Nota: Para cada criterio considere la escala del 1 al 5.

1. Muy poco | 2. Poco | 3. Regular | 4. Aceptable | 5. Muy Aceptable

Indicación: Luego de analizar el instrumento de investigación “ Formato de Observación N°1 ” con la matriz de consistencia de la presente, le solicitamos que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación			
Criterio de Validez	Puntuación	Argumento	Sugerencias/ Observaciones
Presentación y formalidad del instrumento			
Congruencia de ítem			
Intención y objetividad de medición y observación			
Contenido			
TOTAL			

Puntaje:

- De 18 a 20: **Válido, Aplicar**
- De 15 a 17: **Válido, Mejorar**
- De 12 a 14: **No válido, Modificar**
- De 4 a 11: **No válido, Reformular**

Apellidos y Nombres:		_____ Firma
Grado Académico:		

9.7. Validez del Instrumento de Investigación

JUICIO DE EXPERTO

APLICACIÓN MÓVIL INTELIGENTE, BASADA EN PROCESAMIENTO DE IMÁGENES, PARA EL DIAGNOSTICO DE ENFERMEDADES DE LA PIEL

Responsable: **Ing. Alejandro Reátegui Pezo.**

Nota: Para cada criterio considere la escala del 1 al 5.

1. Muy poco | 2. Poco | 3. Regular | 4. Aceptable | 5. Muy Aceptable

Indicación: Luego de analizar el instrumento de investigación “**Formato de observación N°2**” con la matriz de consistencia de la presente, le solicitamos que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación

Criterio de Validez	Puntuación	Argumento	Sugerencias/ Observaciones
Presentación y formalidad del instrumento			
Congruencia de ítem			
Intención y objetividad de medición y observación			
Contenido			
TOTAL			

Puntaje:

- De 18 a 20: **Válido, Aplicar**
- De 15 a 17: **Válido, Mejorar**
- De 12 a 14: **No válido, Modificar**
- De 4 a 11: **No válido, Reformular**

Apellidos y Nombres:		_____ Firma
Grado Académico:		

9.8. Validez del Instrumento de Investigación

JUICIO DE EXPERTO

APLICACIÓN MÓVIL INTELIGENTE, BASADA EN PROCESAMIENTO DE IMÁGENES, PARA EL DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES DE LA PIEL

Responsable: **Ing. Alejandro Reátegui Pezo.**

Nota: Para cada criterio considere la escala del 1 al 5.

1. Muy poco | 2. Poco | 3. Regular | 4. Aceptable | 5. Muy Aceptable

Indicación: Luego de analizar el instrumento de investigación “ Formato de Observación N°3 ” con la matriz de consistencia de la presente, le solicitamos que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación			
Criterio de Validez	Puntuación	Argumento	Sugerencias/ Observaciones
Presentación y formalidad del instrumento			
Congruencia de ítem			
Intención y objetividad de medición y observación			
Contenido			
TOTAL			

Puntaje:

- De 18 a 20: Válido, Aplicar
- De 15 a 17: Válido, Mejorar
- De 12 a 14: No válido, Modificar
- De 4 a 11: No válido, Reformular

Apellidos y Nombres:		_____ Firma
Grado Académico:		

9.9. Resultados del Sistema Inteligente de diagnóstico de enfermedades de la piel

a. Resultado de “Impétigo”

✕

INICIO ▾

Resumen

La Aplicación ML, es un software capaz de detectar 2 enfermedades de la piel, basado en Inteligencia Artificial, en la que se usa la CNN INCEPTION V3. Además se aplicó las técnicas de Transfer Learning y Data Augmentation, para el manejo y aumento de datos. Como resultado de la investigación, se obtuvo resultados alentadores al tener una precisión total del 84% al hacer inferencia de datos.

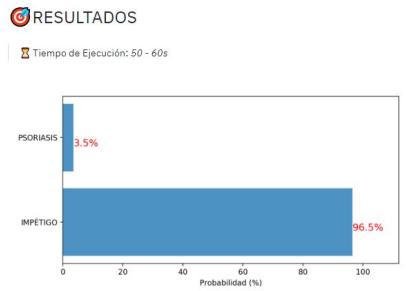
✕

INICIO ▾

Resumen

La Aplicación ML, es un software capaz de detectar 2 enfermedades de la piel, basado en Inteligencia Artificial, en la que se usa la CNN INCEPTION V3. Además se aplicó las técnicas de Transfer Learning y Data Augmentation, para el manejo y aumento de datos. Como resultado de la investigación, se obtuvo resultados alentadores al tener una precisión total del 84% al hacer inferencia de datos.

Investigador: Alejandra Redéguí Pezo

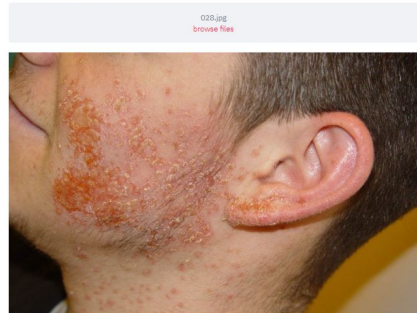


Recuerde que el médico será el encargado de determinar el diagnóstico con una mayor precisión.

EMPECEMOS

Si usted sospecha la presencia de una de estas enfermedades en su piel, elija la fotografía tomada desde su explorador de archivos o arrástrelo con el mouse y el Algoritmo se encargará de hacer la detección.

Formato de imagen: JPG



b. Resultado de “Psoriasis”

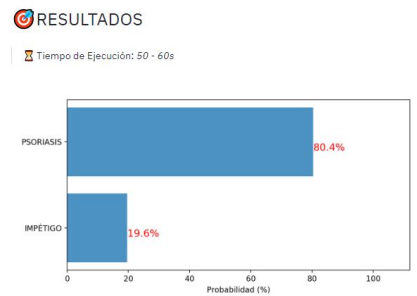
✕

APLICACIÓN ▾

Resumen

La Aplicación ML, es un software capaz de detectar 2 enfermedades de la piel, basado en Inteligencia Artificial, en la que se usa la CNN INCEPTION V3. Además se aplicó las técnicas de Transfer Learning y Data Augmentation, para el manejo y aumento de datos. Como resultado de la investigación, se obtuvo resultados alentadores al tener una precisión total del 84% al hacer inferencia de datos.

Investigador: Alejandra Redéguí Pezo

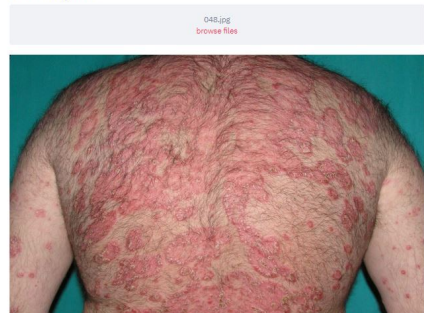


Recuerde que el médico será el encargado de determinar el diagnóstico con una mayor precisión.

EMPECEMOS

Si usted sospecha la presencia de una de estas enfermedades en su piel, elija la fotografía tomada desde su explorador de archivos o arrástrelo con el mouse y el Algoritmo se encargará de hacer la detección.

Formato de imagen: JPG



9.10. Código Fuente

A continuación, se describe el código del proceso de entrenamiento e identificación del algoritmo utilizado en la construcción de la aplicación móvil.

a. Código de Entrenamiento

Todo algoritmo de red neuronal requiere la importación de un conjunto determinado de librerías, que ayudarán a construir y configurar el entorno necesario para ejecutar el código de entrenamiento. Para este caso, se muestra la siguiente lista de librerías importadas:

```
from keras.models import Model
from keras.layers import Dense, GlobalAveragePooling2D, Dropout
from keras.applications.inception_v3 import InceptionV3, preprocess_input

import tensorflow as tf
import keras

import numpy as np
from PIL import Image
import matplotlib.pyplot as plt
```

A continuación se prepara el conjunto de datos a entrenar, para ello se trazan algunas imágenes del conjunto de datos a clasificar: Impétigo y Psoriasis:

```
cats = np.random.choice(cats_train, 13)
dogs = np.random.choice(dogs_train, 12)
data = np.concatenate((cats, dogs))
labels = 3 * ['/IMPETIGO'] + 2 * ['/PSORIASIS']

N, R, C = 25, 5, 5
plt.figure(figsize=(12, 9))
for k, (src, label) in enumerate(zip(data, labels)):
    im = Image.open(src).convert('RGB')
    plt.subplot(R, C, k+1)
    plt.title(label)
    plt.imshow(np.asarray(im))
    plt.axis('off')
```

Luego, se personaliza la configuración del algoritmo a nuestro caso de clasificación. Se considera el número de clases, que son 2: Impétigo (Clase 1) y Psoriasis (Clase 2). Se carga el modelo de la red neuronal Inceptionv3, con las capas necesarias para evitar el sobreajuste: “Average Pool”, “Dropout” y “Dense”, además se añade el optimizador “RMSProp” y se cargan las carpetas con las imágenes a entrenar:

```

CLASSES = 2

# setup model
base_model = InceptionV3(weights='imagenet', include_top=False)

x = base_model.output
x = GlobalAveragePooling2D(name='avg_pool')(x)
x = Dropout(0.4)(x)
predictions = Dense(CLASSES, activation='softmax')(x)
model = Model(inputs=base_model.input, outputs=predictions)

for layer in base_model.layers:
    layer.trainable = False

model.compile(optimizer='rmsprop',
              loss='categorical_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])

TRAIN_DIR = "D:\VISION ARTIFICIAL-DEEP LEARNING\Proyecto Piel\AplicacionWeb v1.4\Data\train"
TEST_DIR = "D:\VISION ARTIFICIAL-DEEP LEARNING\Proyecto Piel\AplicacionWeb v1.4\Data\test"

```

Se fijan las dimensiones de entrada de la imagen, antes del procesamiento de la red neuronal en el entrenamiento, que será de 299 px de alto x 299 px de ancho. Y se establece que para el conjunto total de datos se procesarán en lotes de 32 imágenes.

```

from keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator

WIDTH = 299
HEIGHT = 299
BATCH_SIZE = 32

```

Se designan los parámetros del preprocesamiento de cada imagen del conjunto total que se ha estandarizado anteriormente. Esta configuración comprende los cambios de tamaño y rotaciones de las imágenes durante el entrenamiento.

```

# data prep
train_datagen = ImageDataGenerator(
    preprocessing_function=preprocess_input,
    rotation_range=40,
    width_shift_range=0.2,
    height_shift_range=0.2,
    shear_range=0.2,
    zoom_range=0.2,
    horizontal_flip=True,
    fill_mode='nearest')

validation_datagen = ImageDataGenerator(
    preprocessing_function=preprocess_input,
    rotation_range=40,
    width_shift_range=0.2,
    height_shift_range=0.2,
    shear_range=0.2,
    zoom_range=0.2,
    horizontal_flip=True,
    fill_mode='nearest')

```

```

train_generator = train_datagen.flow_from_directory(
    TRAIN_DIR,
    target_size=(HEIGHT, WIDTH),
    batch_size=BATCH_SIZE,
    class_mode='categorical')

validation_generator = validation_datagen.flow_from_directory(
    TEST_DIR,
    target_size=(HEIGHT, WIDTH),
    batch_size=BATCH_SIZE,
    class_mode='categorical')

x_batch, y_batch = next(train_generator)
plt.figure(figsize=(12, 9))
for k, (img, lbl) in enumerate(zip(x_batch, y_batch)):
    plt.subplot(4, 8, k+1)
    plt.imshow((img + 1) / 2)
    plt.axis('off')

```

Se determina el número de épocas y lote en que se procesará el conjunto de datos:

```

EPOCHS = 1
BATCH_SIZE = 32
STEPS_PER_EPOCH = 300
VALIDATION_STEPS = 64

```

Se añade el archivo que guardará a nuestro modelo entrenado y se define la función que hará posible el entrenamiento.

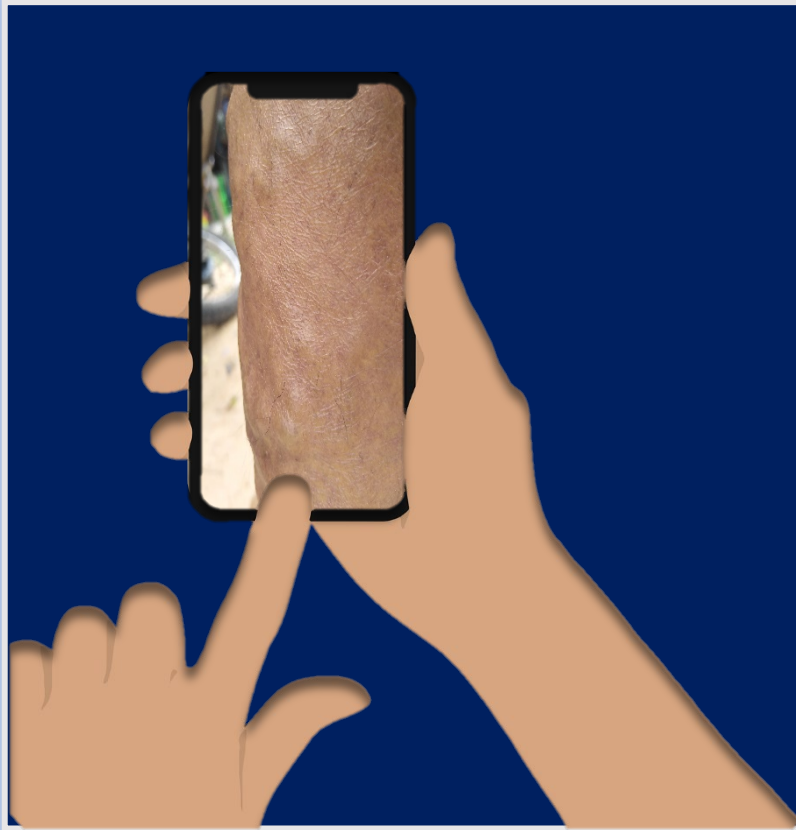
```

MODEL_FILE = 'filename.model'

history = model.fit_generator(
    train_generator,
    epochs=EPOCHS,
    steps_per_epoch=STEPS_PER_EPOCH,
    validation_data=validation_generator,
    validation_steps=VALIDATION_STEPS)

model.save(MODEL_FILE)

```



**MANUAL DE USO DEL SISTEMA
INTELIGENTE COMO MÉTODO
ALTERNATIVO PARA
IDENTIFICAR ENFERMEDADES
DE LA PIEL**

Autor: Alejandro Reategui Pezo

PRESENTACIÓN

El sistema propuesto ha sido elaborado en el contexto de la tesis “Método alternativo basado en un Sistema Inteligente para identificar enfermedades de la piel”, con la finalidad de proporcionar una solución alternativa tecnológica, que sea accesible y de bajo costo, que ayude a reducir las limitaciones del sector salud en los procesos de diagnóstico de enfermedades comunes como las afecciones a la piel en gran parte de la población.

El sistema se encuentra disponible en Internet, y ofrece un método alternativo de diagnóstico previo de enfermedades de la piel a partir de una fotografía tomada desde el celular. Se ha priorizado la identificación de dos tipos de enfermedades de la piel: Impétigo y Psoriasis.

Este sistema está basado en tecnología de Inteligencia artificial que permite el reconocimiento automático a partir de imágenes, que lo convierte en un método alternativo con potencial para apoyar al proceso de diagnóstico de enfermedades de la piel en la población.

En el presente manual se señalan las indicaciones sobre el adecuado procedimiento y consideraciones sobre el uso y manejo del sistema, así como de los diferentes contenidos informativos.

SISTEMA INTELIGENTE PARA IDENTIFICAR ENFERMEDADES DE LA PIEL

1. Acceso al Sistema Inteligente

En el navegador de tu preferencia (Chrome, Mozilla Firefox, Internet Explorer, otros), ingresar al siguiente enlace URL:
<http://35.185.74.202:8501/>

A continuación, se muestra la vista principal al acceder al enlace:



2. Sobre el entorno del Sistema Inteligente

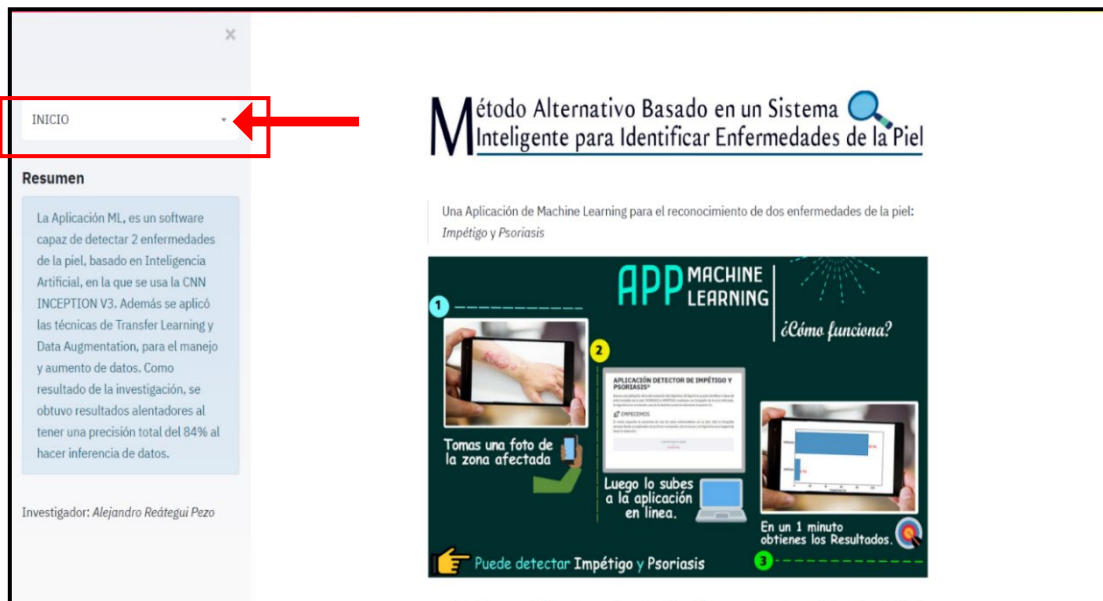
El Sistema se divide en dos secciones: “Menú lateral” y “Vista de Contenido”



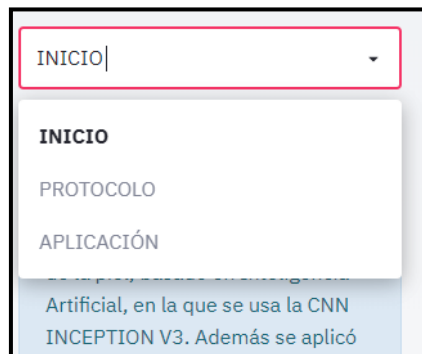
Menú Lateral

Vista de contenido

En el menú lateral izquierdo se visualiza el apartado con la opción “INICIO”.



Al hacer click en el recuadro, se muestra una lista de opciones:



Por defecto, al cargar por primera vez la página del sistema, se visualiza el contenido de la opción “INICIO”. El sistema permite interactuar con otros contenidos como “PROTOCOLO” y “APLICACIÓN”, los cuáles se describirán en el desarrollo del manual.

3. Sobre las opciones de contenido del Sistema Inteligente

a. Opción “Inicio”.

Esta opción se muestra por defecto como vista principal del Sistema Inteligente, y muestra contenido para que el usuario comprenda el contexto en que se enmarca la funcionalidad del sistema.

En el “Menú lateral” se describe brevemente detalles del sistema:

Resumen

La Aplicación ML, es un software capaz de detectar 2 enfermedades de la piel, basado en Inteligencia Artificial, en la que se usa la CNN INCEPTION V3. Además se aplicó las técnicas de Transfer Learning y Data Augmentation, para el manejo y aumento de datos. Como resultado de la investigación, se obtuvieron resultados alentadores al tener una precisión total del 84% al hacer inferencia de datos.

En la “Vista de contenido” se muestran datos informativos y cifras actuales acerca de las enfermedades de la piel y la problemática que busca resolver el sistema.

En el ámbito mundial, según una investigación del Centro del Cáncer de la Universidad de Colorado (2017), se señala que las enfermedades de la piel ocupan el cuarto lugar como causa de discapacidad que se desarrolla a lo largo de la vida de una persona. Dentro del grupo de enfermedades que se destacan principalmente en la población infantil y adulta del Perú, se tiene al impétigo y psoriasis, sin embargo, existen otras como la sarna, urticarias, entre otros.

Este proyecto pretende proporcionar una herramienta tecnológica orientada a la reducción de brechas relacionadas al diagnóstico médico de enfermedades de la piel de la población de la ciudad de Iquitos. En el contexto del problema se ha tomado en cuenta el alto número de pacientes con problemas o enfermedades de la piel, bajo número de personas que asisten a los centros de salud u hospitales, así como el reducido número de atenciones a los machos de la piel y la escasa cultura que posee la población respecto a visitar a los médicos en los centros de salud.

💡 ¿Sabías que ..?

Según un reportaje realizado por el Instituto Nacional de Radio y Televisión (2019), se tiene una gran cifra de 400, 000 personas padeciendo de psoriasis en el Perú, considerando que a nivel mundial afecta a más de 125 millones de personas. Cabe decir, que la psoriasis es considerada por la Organización mundial de la Salud (2015) como una enfermedad muy dolorosa, desfigurante e incapacitante.

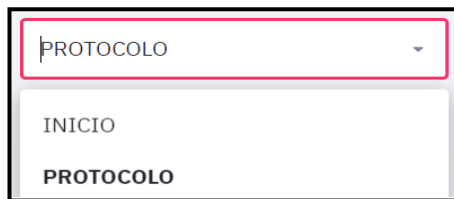
Además, se muestran breves definiciones sobre las enfermedades priorizadas en la identificación del sistema.



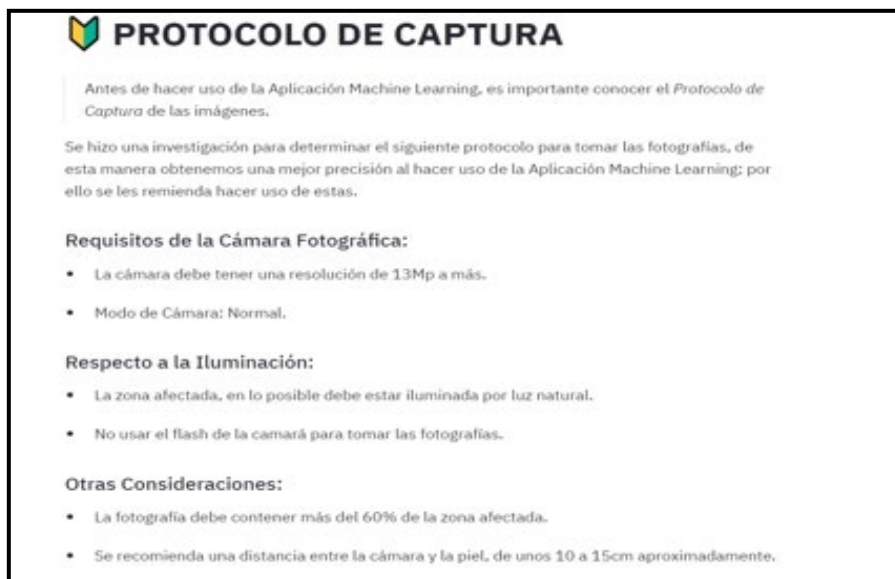
b. Opción “PROTOCOLO”

Esta opción señala un conjunto de aspectos y consideraciones que el usuario debe seguir para tomar una fotografía que cumpla con el estándar para realizar el reconocimiento automático de cualquiera de los 2 tipos de enfermedades de la piel (Impétigo y Psoriasis), en el sistema.

- Hacer clic en la opción “PROTOCOLO” del recuadro del “Menú lateral”:**



- El sistema mostrará la siguiente “Vista de contenido”:**



Además, se muestra ejemplos que señalan los errores que deben evitarse para tomar una foto que se utilizará para el reconocimiento.



IMPORTANTE: Se recomienda acceder primero a esta opción si se desea hacer uso del reconocimiento automático, que brinda la opción “**APLICACIÓN**”.

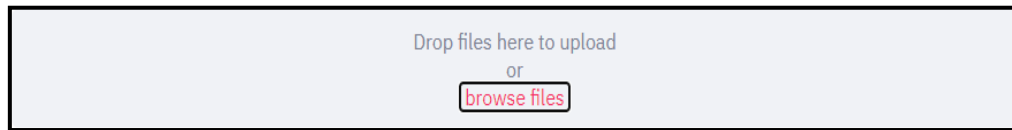
c. Opción “Aplicación”

Si se desea realizar el reconocimiento de enfermedades de la piel en el sistema, a partir de una imagen (que cumple con el protocolo indicado en el apartado anterior), el usuario debe realizar el siguiente procedimiento:

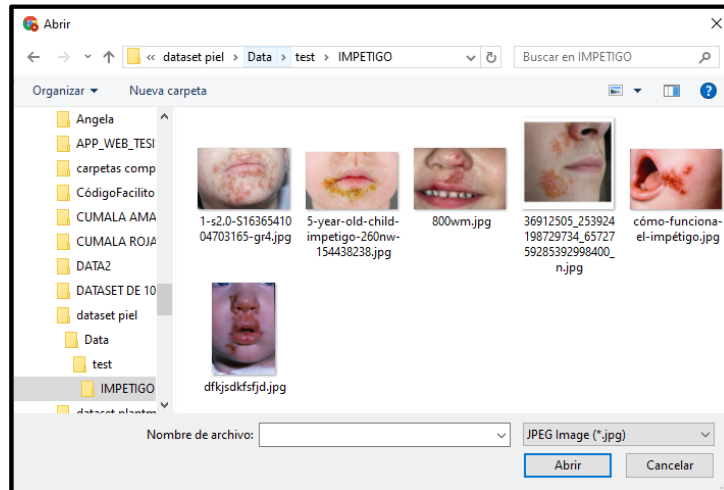
1. Hacer clic en la opción “Aplicación” del recuadro del “Menú lateral”.



2. Se carga en la “Vista de contenido” la opción para cargar una imagen. Se visualiza lo siguiente:



3. Hacer clic en “browse files”. Se mostrará una ventana para seleccionar la imagen deseada.

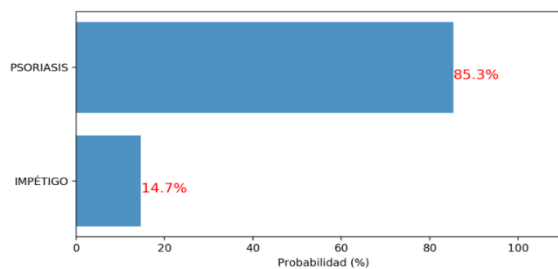


4. Seleccionar la imagen y hacer click en abrir. En breves segundos, se cargará la imagen y luego se mostrará el resultado del reconocimiento.



RESULTADOS

⌚ Tiempo de Ejecución: 50 - 60s



Recuerde que el médico será el encargado de determinar el diagnóstico con una mayor precisión.

9.12. Explicación de algoritmo

Para el desarrollo del Método alternativo que propone la presente tesis, se ha construido un sistema inteligente soportado por un algoritmo de visión artificial, llamado “Inception V3”, que es de tipo red neuronal convolucional.

Una red neuronal convolucional, se clasifica como un tipo de algoritmo de red neuronal artificial, inspirado en la biología de las neuronas del cerebro. Este tipo de redes se caracteriza por reconocer patrones en imágenes. Tienen la siguiente estructura:

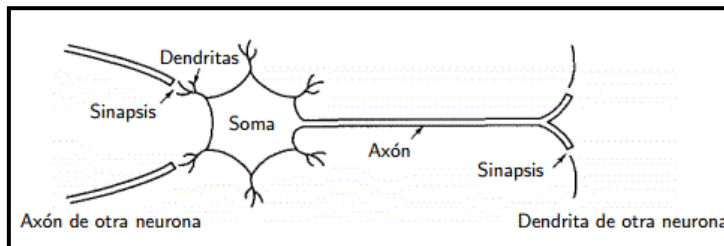


Figura 1. Representación de una red neuronal biológica

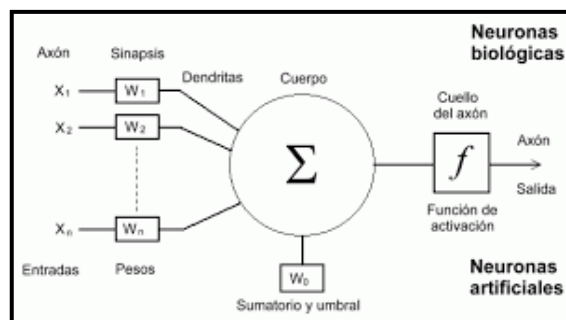


Figura 2. Representación de una red neuronal artificial

Los algoritmos de redes neuronales convolucionales, tienen básicamente la siguiente estructura:

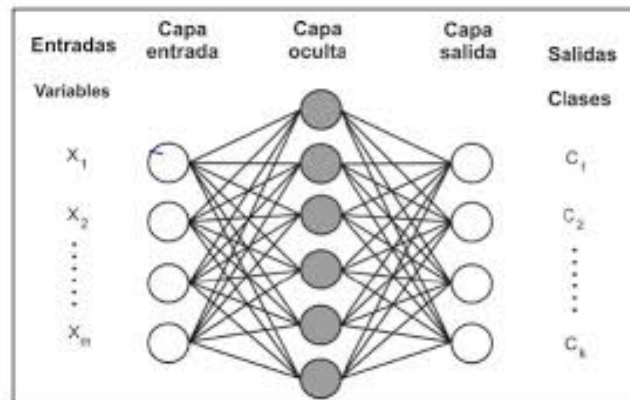


Figura 3. Representación básica de una red neuronal convolucional

A continuación, se explica la estructura de una red neuronal convolucional en base a la Figura 3.

- a. **Entrada:** Corresponde a los valores numéricos de las dimensiones de las imágenes en formato de matrices (filas y columnas). Donde cada fila corresponde al alto de la imagen y cada columna al ancho de la imagen.
- b. **Capa:** Comprende un conjunto de neuronas, cuyos valores generalmente corresponden a los datos de una capa anterior y su salida es la entrada de otra capa, a excepción de la capa de entrada.
- c. **Capa de entrada:** Es la capa que da inicio al proceso de la red neuronal, que recibe los datos de entrada de las imágenes que se procesarán en las capas ocultas.
- d. **Capa oculta:** Comprende a las neuronas que almacenan los valores numéricos de filtros, sesgo, funciones de agrupación y otras operaciones, que se encargan de realizar el procesamiento de las imágenes con la finalidad de obtener los patrones característicos según las clases a clasificar.
- e. **Capa de salida:** Comprende el resultado de la clasificación de la red neuronal, el número de neuronas es igual al número de clases entrenadas.
- f. **Clase:** Es el objeto al que se busca obtener sus patrones a partir del entrenamiento de la red neuronal, que se expresa en un valor numérico en la capa de salida. Ejemplo: Perro, Gato, Hoja. Una red neuronal como mínimo hace una clasificación entre dos clases.

Existe una gran variedad de redes neuronales convolucionales, entre las más conocidas están el “VGG-16”, “ResNet”, “Xception”, “AlexNet”. Para este trabajo de tesis, se ha definido el uso de otro algoritmo conocido, “Inception V3”, cuya estructura se indica a continuación:

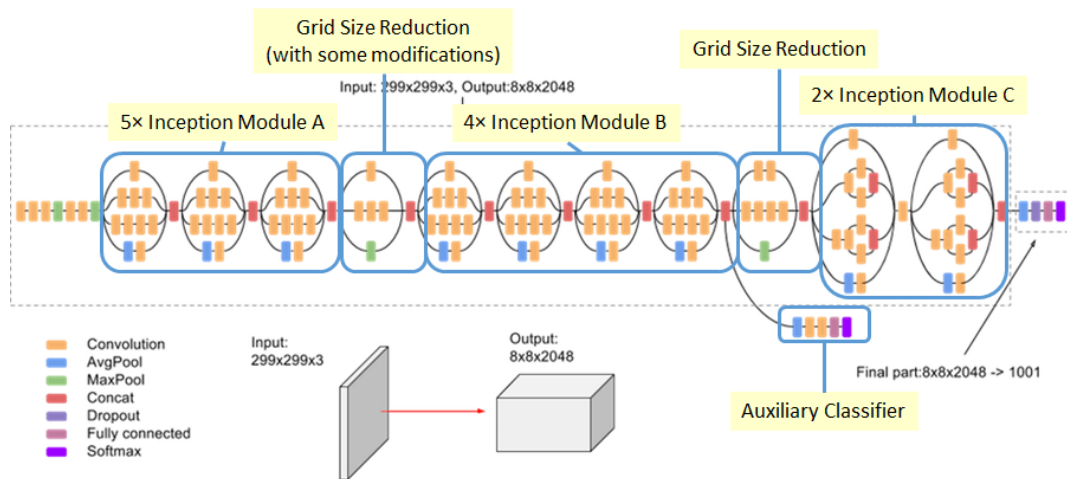


Figura 4. Arquitectura de la red neuronal convolucional “Inception V3”

Esta red neuronal trabaja con imágenes de dimensiones 299 x 299. Tiene 48 capas profundas. A diferencia de otras redes neuronales, en este caso como base se compone de 3 módulos (A, B y C), que comprenden un conjunto de capas, y se encuentran apilados uno detrás de otro, y permite que el procesamiento de las imágenes se realice a la vez en tres diferentes filtros.

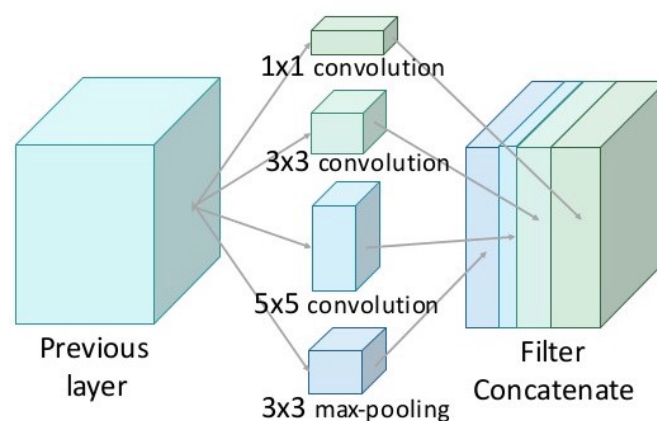


Figura 5. Estructura de los módulos A, B y C

Se tiene:

- **Capa de Convolución:** Comprende el conjunto de filtros que realizan el proceso de transformación (convolución) de la imagen de entrada.
- **Capa de Average Pooling:** Comprende el filtro que promedia el valor numérico entre los valores obtenidos de la capa de convolución.
- **Capa MaxPooling:** Comprende el filtro que toma el mayor valor numérico entre los valores obtenido de la capa de convolución.

- **Capa Dropout:** Comprende la técnica que desactiva algunas neuronas para disminuir algunos valores que puedan sobreajustar la red neuronal convolucional.
- **Capa Fully Connected:** Comprende al conjunto de valores resultantes del proceso de entrenamiento. Muestra un vector de valores, que servirán para la clasificación.
- **Capa Softmax:** Comprende la representación de probabilidades basado en la misma cantidad de neuronas de la “Capa Fully Connected”, los valores se mantienen entre 0 a 1, a cada probabilidad corresponde una clase.