

Universidad Nacional Mayor de San Marcos



Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

**Diseño e implementación de un sistema de inteligencia artificial usando Deep Learning
para detectar la enfermedad del Alzheimer mediante imágenes médicas.**

TRABAJO DE TESIS (MET)

AUTORES

Kevin Renzo, Pantoja Pimentel

Sebastian, Quintanilla Jaimes

ASESOR

Dr. Hugo Vega Huerta

Lima, Perú

2023

Índice

	Pág.
1. Introducción	4
2. Capítulo I: Visión del Proyecto	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Problema	7
2.2.1. Realidad Problemática	7
2.2.2. Descripción del Problema	7
2.3. Objetivos de la investigación	8
2.3.1. Marco Lógico	8
2.3.1.1. Árbol del Problema	8
2.3.1.2. Árbol de Objetivos	9
2.3.2. Objetivo General	9
2.3.3. Objetivos Específicos	9
2.5. Importancia	11
2.6. Motivación	11
3. Capítulo II: Marco Teórico	12
3.1. Alzheimer	12
3.1.1. Definición	12
3.1.2. Síntomas	12
3.1.3. Tratamiento	13
3.2. Deep Learning	13
3.3. Resonancia Magnética	13
3.4. palabra 1	13
4. Capítulo III: Estado del arte	14
4.1. Artículos	14
4.1.1. Alzheimer's disease classification using pre-trained deep networks(Jayanthi Venkatraman Shanmugam, Baskar Duraisamy, Blessy Chittattukarakkaran Simon, Preethi Bhaskaran)()(Shanmugam et al., 2022 - Scopus)	14
4.1.2. An Alzheimer's disease classification method using fusion of features from brain Magnetic Resonance Image transforms and deep convolutional networks (Akbar Asgharzadeh-Bonab, Hashem Kalbkhani, Sina Azerbaiyán)()(Asgharzadeh-Bonab et al., 2023 - Scopus)	17
4.1.3. A systematic review on machine learning and deep learning techniques in the efective diagnosis of Alzheimer's disease (Akhilesh Deep Arya, Sourabh Singh Verma, Prasun Chakarabarti, Tulika Chakrabarti, Ahmed A. Elngar, Ali-Mohammad Kamali & Mohammad Nami) () (Arya et al., 2023 - Scopus)	18
4.1.4. An MRI-based deep learning approach for accurate detection of Alzheimer's disease (Marwa EL-Geneedy, Hossam El-Din Moustafa, Fahmi Khalifa, Hatem Khater, Eman AbdElhalim) (ISSN 1110-0168) (EL-Geneedy et al., 2023 - Web of Science)	21
4.1.5. Medical image classification for Alzheimer's using a deep learning approach(Sukhvinder Singh Bamber, Tanmya Vishvakarma)()(Bamber & Vishvakarma, 2023 - Scopus)	24

Acrónimos

- OMS: Organización Mundial de la Salud
- INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática
- Minsa: Ministerio de Salud del Perú

1. Introducción

2. Capítulo I: Visión del Proyecto

Con el propósito de enfocar adecuadamente el estudio abordado en esta tesis y tener una comprensión precisa para lograr los objetivos establecidos en la detección de la enfermedad del Alzheimer, es esencial familiarizarse con las investigaciones previas y sus conclusiones. Esto permitirá identificar y analizar los aspectos que resultarán beneficiosos y contribuirán significativamente a la ejecución de la investigación que se presenta a continuación.

2.1. Antecedentes

Las enfermedades neurológicas en todo el mundo están en aumento lo que conlleva a un aumento en costo en atención médica y también en una disminución en la calidad de vida de los pacientes (Dipietro et al., 2023). Huang et al. (2023) Son afecciones que afectan a las células del cerebro llamadas neuronas y uno de los tipos más comunes de las enfermedades o trastornos degenerativos es la enfermedad del Alzheimer.

Según (OPS) la enfermedad del Alzheimer es la forma más común de demencia y contribuye al 60-70% de los casos, no es parte normal del envejecimiento y no afecta exclusivamente a las personas mayores.

La detección del Alzheimer ha sido ampliamente estudiada, e implica varios problemas y desafíos.

Helaly et al. (2021) adopta un enfoque de aprendizaje profundo utilizando redes neuronales convolucionales (CNN) para abordar la detección de la enfermedad de Alzheimer (EA). Se realizan cuatro etapas de clasificación multiclase en el espectro de EA. Además, se llevan a cabo clasificaciones binarias de imágenes médicas entre las etapas de EA en pares separados. Dos métodos se utilizan para la clasificación de imágenes médicas y la detección de la EA.

Yiğit y Isik (2020) Se centró en utilizar biomarcadores de neuroimagen para diagnosticar la enfermedad de Alzheimer y la demencia de manera no invasiva. Se emplearon imágenes de resonancia magnética estructural (RM) del cerebro como entrada para un modelo de predicción. Se implementaron modelos de redes neuronales convolucionales (CNN) que utilizaron las imágenes cerebrales preprocesadas, y se realizó el entrenamiento y la evaluación de estos modelos CNN utilizando dos conjuntos de datos diferentes.

Jaiswal y Sadana (2022) Se enfocan en la aplicación de técnicas de aprendizaje profundo en imágenes de resonancia magnética estructural (RM) para el diagnóstico de enfermedades. Los autores proponen un nuevo enfoque que involucra el uso de transformadores de cuello de botella basados en autoatención, combinados con un minimizador consciente de la nitidez. El objetivo principal de este enfoque es la detección temprana de la enfermedad de Alzheimer.

Ma et al. (2023) Introduce un nuevo modelo de conjunto amplio y profundo basado en BLS para la detección temprana de la enfermedad de Alzheimer. Se emplea un conjunto de datos de imágenes de resonancia magnética de la Iniciativa de Neuroimagen de la Enfermedad de Alzheimer (ADNI) para entrenar el modelo, y posteriormente se compara el rendimiento del modelo propuesto con trabajos anteriores y diagnósticos médicos, el modelo propuesto no necesita el proceso de pre-entrenamiento de su módulo de profundidad, lo que reduce en gran medida el tiempo de entrenamiento y la dependencia del hardware.

2.2. Problema

2.2.1. Realidad Problemática

Enfrentar los considerables desafíos vinculados con la detección temprana y precisa de la enfermedad del Alzheimer en la población peruana es un proceso de gran complejidad. A pesar del incremento en la frecuencia de esta afección, más de 200 mil personas mayores de 60 años según una publicación del MINSA del año 2019, es común encontrar una limitada disponibilidad de recursos médicos altamente especializados y la experiencia necesaria para llevar a cabo el diagnóstico en diversas áreas del país, podemos evidenciar estas limitaciones ya que según una publicación del año 2017 el Ministerio de Salud brinda servicios especializados en salud mental a 3,309 adultos mayores que padecen de Alzheimer en el país. Esta situación conlleva a retrasos en la fase de diagnóstico y tratamiento, lo cual afecta negativamente la calidad de vida tanto de los pacientes como de sus seres queridos. Sumado a ello, las restricciones geográficas y económicas obstaculizan el acceso a evaluaciones médicas de expertise, llevando a una porción significativa de la población a carecer de opciones para una detección temprana.

2.2.2. Descripción del Problema

El problema de investigación se centra en la detección de la enfermedad del Alzheimer. Esta enfermedad afecta a millones de personas en el mundo y en el caso peruano hay cientos de miles de adultos mayores que padecen de esta forma de demencia. En este marco identificamos las limitaciones en la Detección Temprana de Alzheimer por Falta de Herramientas Especializadas. Además, una dificultad el seguimiento y la organización de la información médica relacionada con el Alzheimer. Al igual se observa que se tiene una

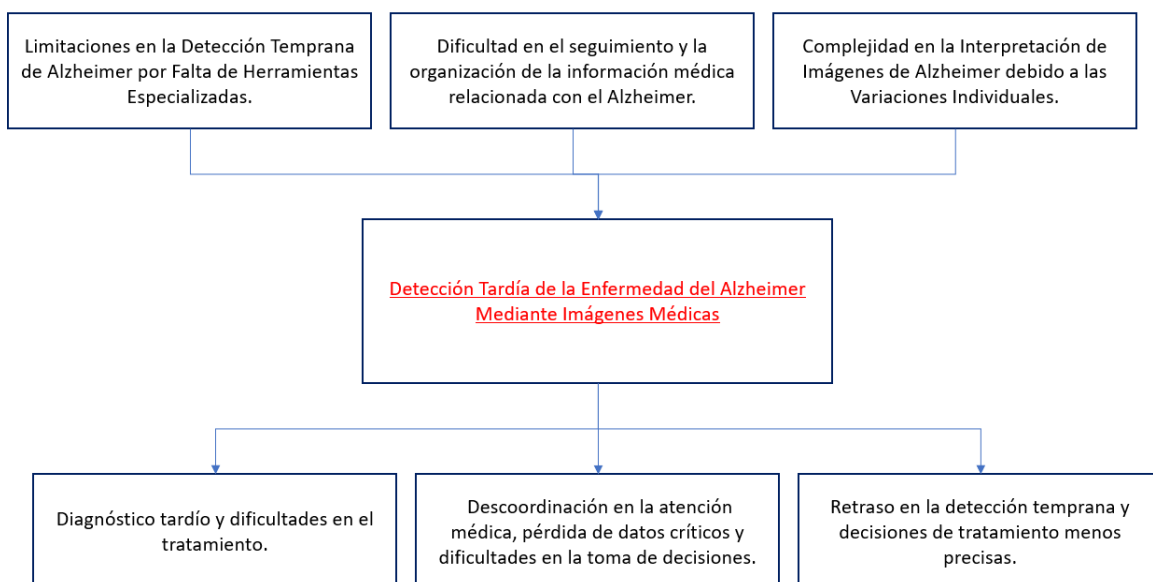
complejidad en la Interpretación de Imágenes de Alzheimer debido a las Variaciones Individuales por la cantidad de casos distintos que se tienen que atender.

La detección tardía o no detección de la enfermedad del Alzheimer conlleva a un diagnóstico tardío, dificultades en el tratamiento y retraso en la detección temprana y decisiones de tratamiento menos precisas, lo cual afecta negativamente la calidad de vida tanto de los pacientes como de sus seres queridos. Sumado a ello, se produce una descoordinación en la atención médica, pérdida de datos críticos y dificultades en la toma de decisiones.

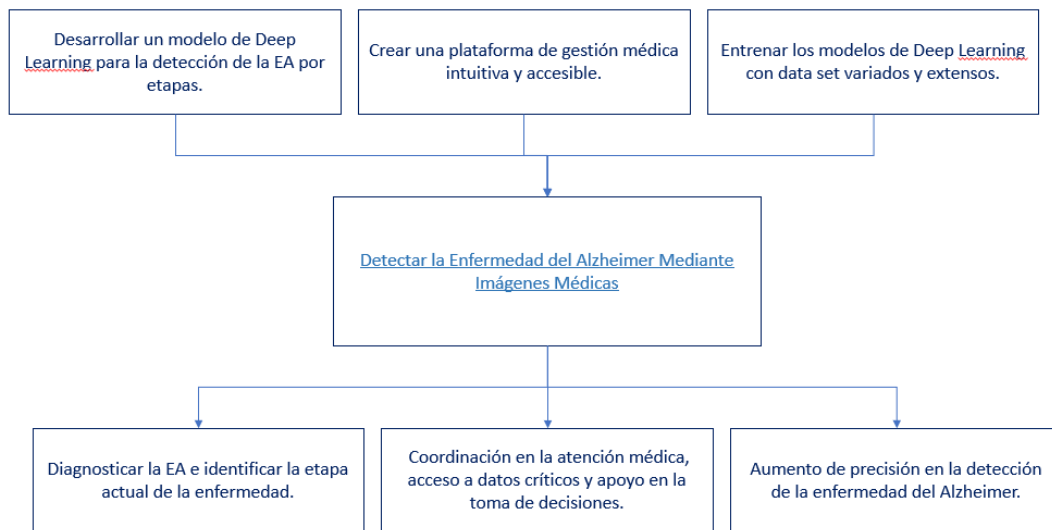
2.3. Objetivos de la investigación

2.3.1. Marco Lógico

2.3.1.1. Árbol del Problema



2.3.1.2. Árbol de Objetivos



2.3.2. Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de inteligencia artificial usando Deep Learning para detectar la enfermedad del Alzheimer mediante imágenes médicas con el fin de [Detectar la Enfermedad del Alzheimer Mediante Imágenes Médicas](#) y en consecuencia brindar al paciente la oportunidad de planificar el futuro y tomar decisiones informadas sobre su atención médica.

2.3.3. Objetivos Específicos

- Desarrollar un modelo de deep learning altamente preciso y robusto para la detección multietapa de la enfermedad del Alzheimer mediante imágenes médicas, abordando las características específicas y evolutivas de la enfermedad en diferentes etapas.
- Implementar una interfaz de usuario interactiva y personalizable que permita a los profesionales médicos analizar, interpretar y validar los resultados del modelo de detección de manera intuitiva.

- Investigar y evaluar rigurosamente diferentes modelos de aprendizaje profundo con el propósito de identificar aquellos que contribuyan de manera significativa a la mejora de la precisión del sistema de detección de la enfermedad del alzheimer en imágenes médicas.

2.4. Justificación

La presente investigación se sustenta en una sólida justificación que abarca aspectos teóricos, prácticos y metodológicos, respaldando la pertinencia y relevancia del desarrollo de un sistema de detección de la enfermedad del Alzheimer a través de la inteligencia artificial.

En el ámbito teórico, esta investigación se ancla en el marco conceptual de las neurociencias y la medicina, enriquecido por los avances de la inteligencia artificial y el aprendizaje profundo. Existe una base sólida de conocimiento que establece la relación entre las imágenes médicas y los patrones característicos de la enfermedad del Alzheimer en sus diferentes etapas. Además, el uso de modelos de aprendizaje profundo se alinea con los avances teóricos en la detección y análisis de patrones complejos en datos biomédicos. La justificación teórica radica en la capacidad de aprovechar esta intersección entre la medicina y la inteligencia artificial para desarrollar una herramienta precisa y confiable que permita la detección temprana y precisa de la enfermedad.

En términos prácticos, la detección temprana y precisa de la enfermedad del Alzheimer tiene implicaciones significativas para la atención médica y la calidad de vida de los pacientes. La carga económica y emocional de esta enfermedad es innegable, tanto para los pacientes como para sus familias y el sistema de salud en general. La falta de herramientas especializadas y de recursos médicos altamente capacitados en el país crea un escenario en el cual la detección temprana enfrenta

obstáculos considerables. La implementación de un sistema de detección basado en inteligencia artificial responde a esta problemática práctica al proporcionar una herramienta accesible y precisa que puede ser utilizada por profesionales médicos en diversas regiones del país.

2.5. Importancia

La utilización del deep learning en la detección de la enfermedad del Alzheimer tiene una importancia crucial en el ámbito médico y científico. Esta tecnología ofrece la capacidad de analizar con precisión y rapidez una amplia gama de datos biomédicos, como imágenes cerebrales permitiendo así una detección temprana y precisa de los signos incipientes de la enfermedad ya que su avance progresivo hace que la identificación temprana sea fundamental para ralentizar su avance y aplicar tratamientos eficaces en las primeras etapas. Además, la implementación de sistemas de detección automatizada basados en Deep Learning puede ayudar a los doctores especializados, sirviéndoles como una herramienta de apoyo más no de sustitución ya que les permite acelerar el proceso de diagnóstico, por lo que su aplicación del Deep Learning en la detección del Alzheimer ofrece un gran potencial para mejorar la atención médica y la salud mental de la población

2.6. Motivación

La detección precisa y temprana de la enfermedad del Alzheimer es un desafío crucial en la investigación médica, y el uso de técnicas de aprendizaje profundo, como el deep learning, ha suscitado un profundo interés y motivación en este campo. La motivación detrás de emplear el deep learning en la detección de esta enfermedad radica en su capacidad para procesar y analizar grandes cantidades de datos complejos, como imágenes médicas de una manera automática y eficiente, además

que ayuda a superar las limitaciones de recursos humanos y la carga de trabajo en los sistemas de atención médica mediante la proporción de herramientas eficaces y eficientes mejorando los resultados clínicos, reduciendo los costos de atención médica y mejorando la calidad de vida de los pacientes afectados por esta enfermedad

3. Capítulo II: Marco Teórico

3.1. Alzheimer

3.1.1. Definición

El alzheimer es un tipo de trastorno cerebral de tipo neurodegenerativo que se caracteriza por la pérdida progresiva e irreversible de las neuronas que es considerada también la causa más común de la demencia (Park et al., 2023).

También lo definen como un trastorno neurodegenerativo crónico que se llega a manifestar clínicamente con una disminución progresiva de las funciones cognitivas y la memoria (Rita et al., 2023), y se puede dividir en 3 etapas, entre ellas está la etapa cognitivamente no deteriorada, deterioro cognitivo leve y la demencia de Alzheimer (S. Park et al., 2023).

3.1.2. Síntomas

Se tiene como síntomas comenzando por la pérdida de memoria aparentemente leve y se va intensificando gradualmente a una pérdida de la capacidad de mantener conversaciones y de responder al entorno ya que afecta el pensamiento, lenguaje y memoria (Balasundaram et al., 2023).

3.1.3. Tratamiento

S. W. Park et al. (2023) Indica que actualmente no existe un tratamiento estándar para el Alzheimer por lo que la estrategia de tratamiento clínico es reducir la progresión de la enfermedad y establecer biomarcadores para el diagnóstico precoz y su intervención. Ningún medicamento que se ha aprobado puede prevenir o retrasar la progresión del Alzheimer a pesar de la variedad de objetivos potenciales que han sido identificados para el tratamiento (Alamro et al., 2023).

3.2. Deep Learning

3.3. Resonancia Magnética

La resonancia magnética se ha desarrollado como un método poderoso para cuantificar las alteraciones de la conectividad estructural del cerebro que están asociadas con el Alzheimer (Li et al., 2023).

3.4. palabra 1

4. Capítulo III: Estado del arte

4.1. Artículos

4.1.1. Alzheimer's disease classification using pre-trained deep networks(Jayanthi Venkatraman Shanmugam, Baskar Duraisamy, Blessy Chittattukarakkaran Simon, Preethi Bhaskaran)()(Shanmugam et al., 2022 - Scopus)

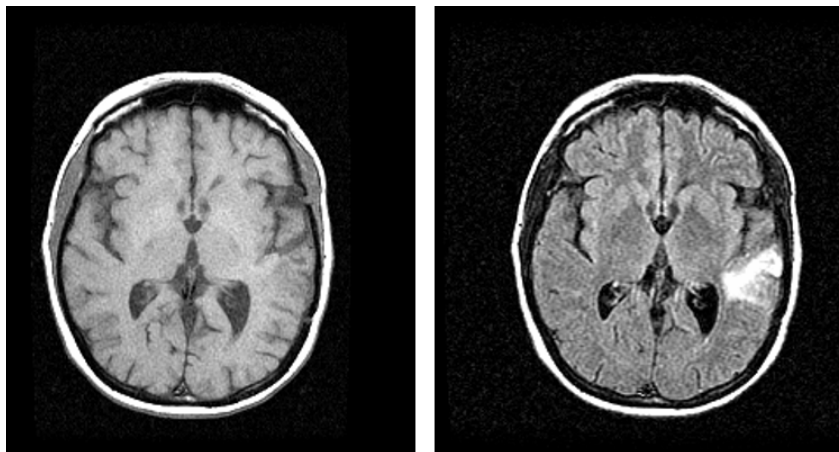
El presente artículo los autores centran su investigación en la detección temprana de varias etapas de deterioro cognitivo y Alzheimer mediante el uso de imágenes de resonancia magnéticas utilizando el enfoque de Aprendizaje por Transferencia (TL), las técnicas de imágenes tienen un papel importante en el diagnóstico y tratamiento de la EA ya que estas técnicas han revolucionado el proceso en el diagnóstico de enfermedades por lo no invasivo que resulta para el cuerpo, para ello se usó tres redes pre entrenadas GoogLeNet, AlexNet y ResNet-18 para la clasificación. Se tiene como resultado que para la detección de la enfermedad del alzheimer GoogleNet, AlexNet y ResNet-18 tiene como precisión 96.39%, 94.08% y 97.51% respectivamente.

Algunas técnicas de imágenes que son utilizadas para el diagnóstico del Alzheimer.

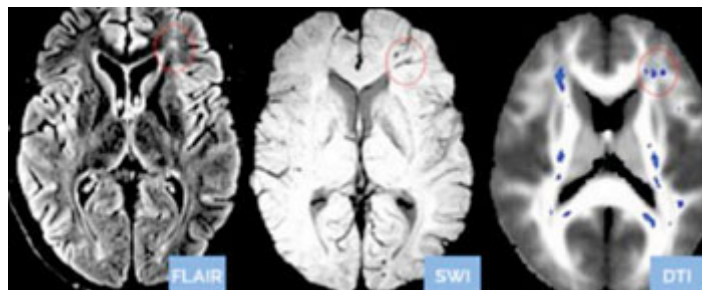
- Tomografía computarizada(TC) de rayos X



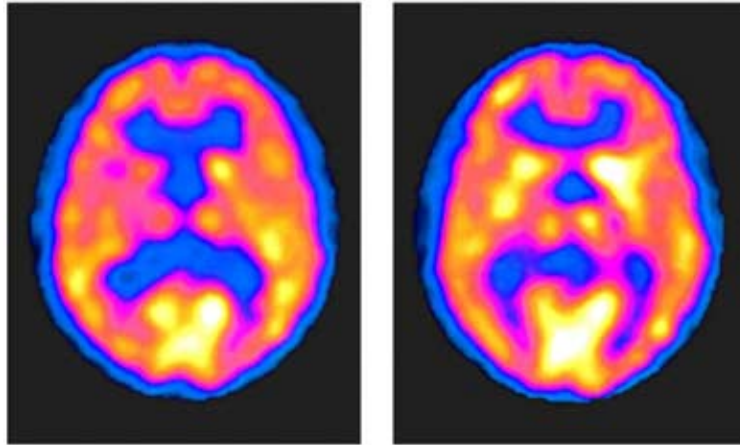
- Resonancia magnética(RM)



- Imagen de tensor de difusión(DTI)



- Tomografía por emisión de positrones(PET)

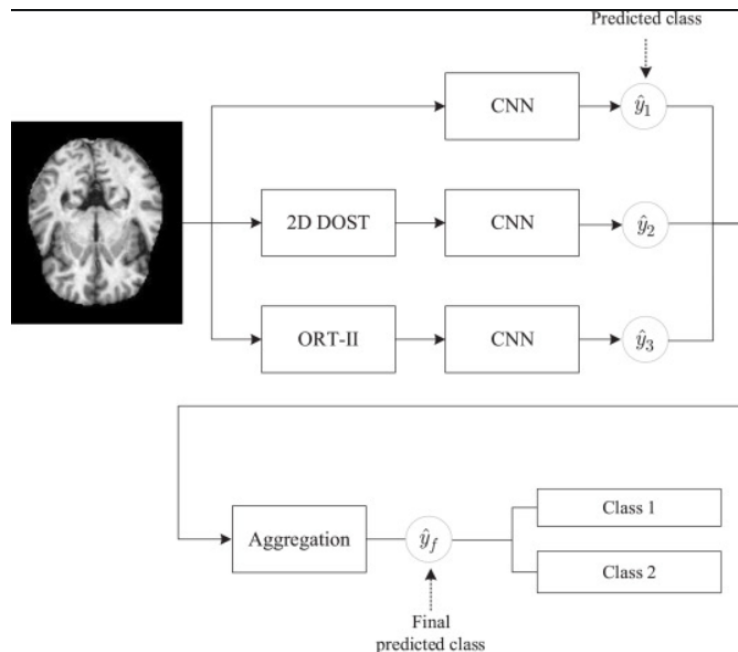


Utilidad del Artículo

Gracias a este artículo se deduce que la utilización de imágenes desempeña un papel fundamental en la detección temprana y precisa de la enfermedad del Alzheimer, estas técnicas permiten a los profesionales de la salud identificar patrones de atrofia cerebral ya que no solo facilitan un diagnóstico más temprano y preciso, sino que también son cruciales para monitorear la progresión de la enfermedad y evaluar la eficacia de posibles tratamientos. También se deduce que las imágenes brindan una visión detallada de la estructura cerebral y permiten identificar cambios sutiles en el tejido cerebral que son característicos de esta enfermedad neurodegenerativa. Debido a ello se usará las imágenes de resonancia magnéticas ya que son las modalidades de imagen más utilizadas y también aprovecha las capacidades de alta resolución y no invasivas, los médicos y los investigadores pueden obtener información esencial sobre la progresión y la extensión del Alzheimer en el cerebro, lo que a su vez facilita una detección temprana más precisa, un diagnóstico diferencial más confiable y una evaluación eficaz de las terapias en desarrollo.

4.1.2. An Alzheimer's disease classification method using fusion of features from brain Magnetic Resonance Image transforms and deep convolutional networks (Akbar Asgharzadeh-Bonab, Hashem Kalbkhani, Sina Azerbaiyán)(Asgharzadeh-Bonab et al., 2023 - Scopus)

El presente artículo presenta dos esquemas de fusión eficientes para combinar las características profundas obtenidas de la imagen de resonancia magnética cerebral y sus transformaciones, presenta los esquemas de fusión a nivel de decisión y característica para combinar la información de diferentes entradas ya que la combinación de fuentes con información diferente aumenta la cantidad de información y puede ayudar a la toma de decisiones confiables para la clasificación del Alzheimer. Considera los diferentes modelos y clasificadores de CNN para clasificar las imágenes de RM cerebral en tres escenarios de dos clases. Tiene como resultado que EfficientNet-B7 con una red neuronal artificial (RNA) proporciona la mayor precisión.



Utilidad del Artículo

Gracias a este artículo se infiere que la aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) se ha revelado como un recurso invaluable en la detección del Alzheimer, proporcionando un enfoque innovador y altamente efectivo. Al utilizar algoritmos de aprendizaje automático y técnicas de análisis de datos avanzadas, la IA puede procesar grandes conjuntos de datos biomédicos, como imágenes cerebrales. También se infiere que esta tecnología puede contribuir a una detección temprana más precisa y a un diagnóstico diferencial más confiable al identificar señales sutiles que podrían no ser evidentes para los médicos. Debido a ello se usará la tecnología Deep Learning ya que ha demostrado ser una herramienta excepcionalmente prometedora. Al aprovechar la capacidad de las redes neuronales profundas para aprender patrones complejos y sutiles en datos biomédicos, como imágenes de resonancia magnética.

4.1.3. A systematic review on machine learning and deep learning techniques in the effective diagnosis of Alzheimer's disease (Akhilesh Deep Arya, Sourabh Singh Verma, Prasun Chakarabarti, Tulika Chakrabarti, Ahmed A. Elngar, Ali-Mohammad Kamali & Mohammad Nami) () (Arya et al., 2023 - Scopus)

Esta investigación aborda el análisis de métodos utilizados en diversos artículos de la literatura reciente sobre la detección de la enfermedad del Alzheimer mediante inteligencia artificial, se puede dividir el artículo en la siguiente estructura:

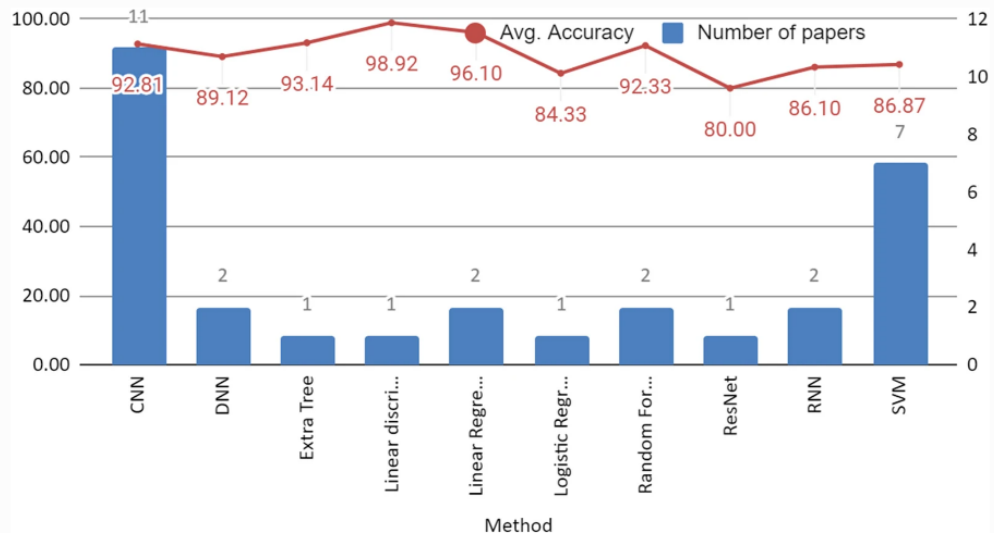
- Conjunto de datos: se presenta un análisis de las fuentes de datos más recurrentes en la revisión de la literatura, en las que se destaca ADNI, OASIS y Kaggle como las principales.

- Preprocesamiento de datos: comparte buenas prácticas utilizadas en el procesamiento en las que resaltan la limpieza de datos (eliminación o corrección de data incompleta, inconsistentes o erróneas), transformación de datos (normalización y estandarización para manejar formatos que mejoren el análisis), normalización de imágenes (ajuste de valores de intensidad de la imagen mediante técnicas de ecualización de histogramas, etc.) y el **aumento de imágenes** (usando rotaciones, inversiones y escalando las imágenes se puede mejorar la solidez del análisis)
- Modelos de aprendizaje utilizados: se realiza un análisis de modelos de aprendizaje automático convencionales y modelos de aprendizaje profundo. En el ámbito de las técnicas tradicionales de aprendizaje automático, se ha logrado una precisión del 85,71% en la clasificación CN/AD mediante el uso de clasificadores SVM, mientras que en el aprendizaje profundo, nos presentan los modelos más conocidos de redes neuronales convolucionales (ResNet-101, VGG, VoxCNN, DenseNet) y nos detallan el funcionamiento de una red neuronal recurrente. Los clasificadores CNN han alcanzado un impresionante 98,6% de precisión y los RNN, un 91,2%. La investigación subraya la fiabilidad y exactitud mejorada al tomar decisiones basadas en predicciones multimodales en contraposición a depender de una única modalidad.

Por último mediante un gráfico de barras **podemos validar que los modelos de aprendizaje profundo son los más usados por los investigadores actualmente y presentan un porcentaje de precisión bastante alto.**

Fig. 6

From: [A systematic review on machine learning and deep learning techniques in the effective diagnosis of Alzheimer's disease](#)



Frequency of methods used in different articles taken in the study, and average accuracy using different classifiers

- Medidas de desempeño: nos presentan una explicación de las medidas de desempeño de un modelo de clasificación más utilizados con una matriz de confusión 2x2, entre los que destacan la exactitud, la precisión y el área bajo la curva (AUC)

Utilidad del Artículo

Gracias a este artículo se rescatan **excelentes prácticas en el preprocesamiento de los datos que permiten mejorar la precisión final del modelo e inclusive reducir el tiempo de análisis, también nos comparte fuentes confiables en las que podemos obtener set de datos de imágenes médicas (especialmente MRI y PET) para entrenar modelos de inteligencia artificial para la detección de la enfermedad del Alzheimer. Además nos brinda visibilidad sobre la eficacia y el uso recurrente de modelos de inteligencia artificial lo cual corrobora la confianza que tiene la comunidad en el aprendizaje profundo sobre**

aplicaciones de predicción y clasificación de enfermedades. Debido a ello en nuestro trabajo de investigación se realizarán las técnicas de limpieza de datos, normalización de imágenes, aumento de imágenes y recorte y cambio de tamaño de imágenes en la fase de preprocesamiento ya que mejorará la precisión del modelo y optimizará el tiempo de análisis y entrenamiento. Además se usarán data sets de las fuentes especificadas en el artículo para el entrenamiento de los modelos.

4.1.4. An MRI-based deep learning approach for accurate detection of Alzheimer's disease (Marwa EL-Geneedy, Hossam El-Din Moustafa, Fahmi Khalifa, Hatem Khater, Eman Abdelhalim) (ISSN 1110-0168) (EL-Geneedy et al., 2023 - Web of Science)

El artículo toma como dataset las imágenes cerebrales proporcionadas por OASIS, específicamente la OASIS-3, las cuales se clasifican en 4 etapas dependiendo del grado de demencia.

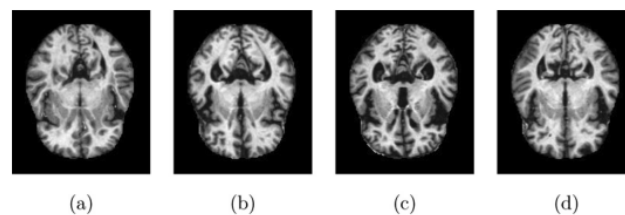


Fig. 1 MR image examples for different Dementia stages: (a) None Demented (ND), (b) Moderated Demented (MoD), (c) Mild Demented (MD), and (d) Very Mild Demented (VmD), from left to right, respectively.

Propone un marco de trabajo dividido en las clásicas etapas de división de la data, construcción y entrenamiento del modelo y clasificación. En la división utiliza 20% de la data para el teste y destina el 80% para el entrenamiento.

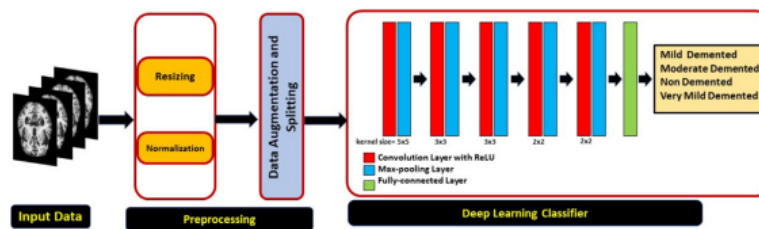
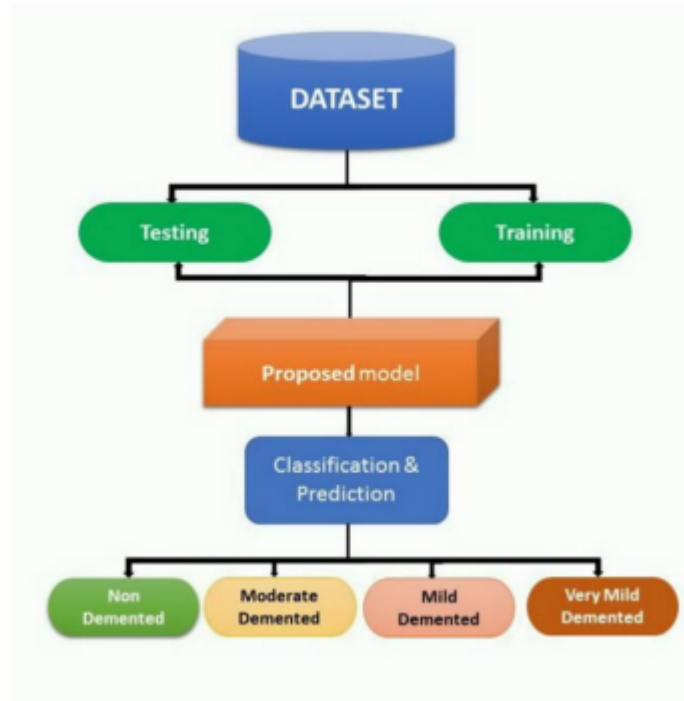


Fig. 5 The CNN model architecture used for AD diagnosis. Note that, ReLU stands for rectified linear unit.

Centrándose en el modelo propuesto utiliza CNN y evalúa las arquitecturas VGG16, ResNet50, Inception V3, EfficientNetB7, and DenseNet121 architectures. Todos los modelos se trabajaron con un número de épocas iguales a 100, dado que el estudio mediante un análisis comparativo demostró ser superior en todas las medidas de evaluación al resto de número de épocas propuestos (20, 40 y 50)

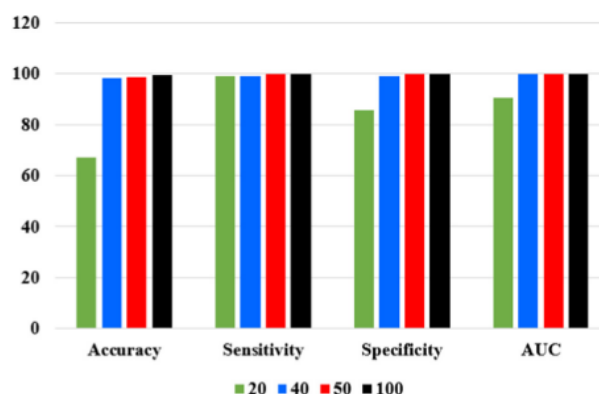


Fig. 9 Performance of proposed framework across different numbers of epochs.

Los resultados arrojan que el método VGG16 obtuvo la mayor precisión alcanzando un 96,39%

Table 3 Proposed Model evaluation against other CNN that employs transfer learning. Here, “SEN”, “SPE”, “AUC”, and “NA” stand for Sensitivity, Specificity, Area Under the Curve, and Not Applicable, respectively.

Model	Train Accuracy	Test Accuracy	SEN	SPE	AUC
VGG 16	100	96.39	99.29	100	0.9988
DenseNet121	98.54	96.29	100	100	0.9981
Resnet50	92.46	89.85	100	100	0.9869
InceptionV3	91.38	87.71	99.12	100	0.9804
EfficientNetB7	49.78	48.68	NA	NA	0.7922
Proposed	100	99.68	100	100	1.00

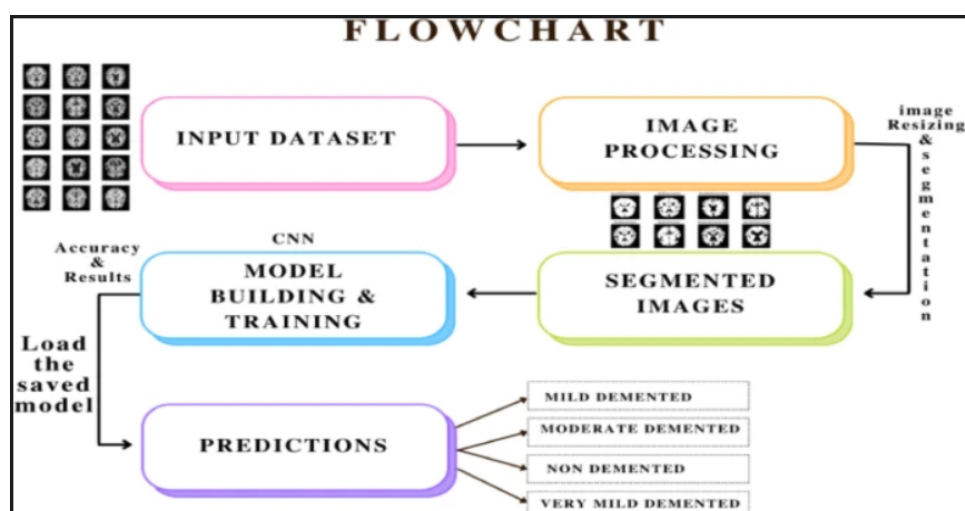
Utilidad del Artículo

Gracias a este artículo se deduce que la CNN es un modelo apto para el procesamiento de imágenes médicas debido a su orientación hacia imágenes 2D y 3D. Además, se rescata que la arquitectura VGG16 con el parámetro de número de épocas establecido en 100 resulta ser altamente precisa para la detección de la enfermedad del Alzheimer. Debido a ello en nuestro trabajo nos guiaremos del marco de trabajo propuesto, incluiremos la arquitectura VGG16 en el modelo propuesto y evaluaremos el parámetro 100 del número de épocas en la implementación.

4.1.5. Medical image classification for Alzheimer's using a deep learning approach(Sukhvinder Singh Bamber, Tanmya Vishvakarma)()(Bamber & Vishvakarma, 2023 - Scopus)

El artículo tiene como objetivo desarrollar un modelo de red neuronal convolucional para diagnosticar la enfermedad de Alzheimer. Tiene como resultado 91,12% correcto, 85,2% sensible y 94,01% específico.

Los autores mencionan la importancia y el uso de las imágenes médicas en el campo de la detección y diagnóstico del Alzheimer y otras enfermedades. Describe cómo las imágenes médicas, como las obtenidas a través de diversas técnicas de imagenología como rayos X, CT, MRI y ultrasonido, son fundamentales para comprender el funcionamiento y la estructura interna del cuerpo humano. Estas imágenes brindan una visión detallada de los tejidos y órganos, permitiendo a los científicos, médicos y clínicos investigar y diagnosticar problemas de salud, también hace referencia a un [diagrama de alto nivel que representa las etapas principales del procedimiento propuesto para la detección del Alzheimer](#) en el artículo.



Utilidad del Artículo

Gracias a este artículo se infiere que la CNN tiene un alto impacto en la detección y clasificación de la enfermedad, también habla del uso creciente de técnicas de aprendizaje profundo en la clasificación de la enfermedad de Alzheimer y nos muestra un diagrama y/o esquema del procedimiento para la detección para su detección . Debido a ello en nuestro trabajo de investigación se realizará un diagrama y/o esquema que muestre los pasos que realiza el sistema inteligente para la detección del Alzheimer ya que facilitará el entendimiento del aporte debido a que se presentará en un esquema de alto nivel.

5. Referencias bibliográficas

- Balasundaram, A., Srinivasan, S., Prasad, A. R., Malik, J., & Rai, A. K. (2023). Hippocampus Segmentation-Based Alzheimer's Disease Diagnosis and Classification of MRI images. *Arabian journal for science and engineering*, 48(8), 10249-10265. <https://doi.org/10.1007/s13369-022-07538-2>
- Dipietro, L., Gonzalez-Mego, P., Ramos-Estebanez, C., Zukowski, L. H., Mikkilineni, R., Rushmore, R. J., & Wagner, T. (2023). The evolution of big data in neuroscience and neurology. *Journal of Big Data*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-023-00751-2>
- El-Geneedy, M., Moustafa, H. E., Khalifa, F., Khater, H. A., & AbdElhalim, E. (2023). An MRI-based deep learning approach for accurate detection of Alzheimer's disease. *alexandria engineering journal*, 63, 211-221. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.07.062>
- Helaly, H. A., Badawy, M., & Haikal, A. Y. (2021). Deep learning approach for early detection of Alzheimer's disease. *Cognitive Computation*, 14(5), 1711-1727. <https://doi.org/10.1007/s12559-021-09946-2>
- Huang, G., Li, R., Bai, Q., & Alty, J. (2023). Multimodal learning of Clinically accessible Tests to aid diagnosis of Neurodegenerative Disorders: A Scoping review. *Health information science and systems*, 11(1). <https://doi.org/10.1007/s13755-023-00231-0>
- Jaiswal, A., & Sadana, A. (2022). Early detection of Alzheimer's disease using bottleneck transformers. *International Journal of Intelligent Information Technologies*, 18(2), 1-14. <https://doi.org/10.4018/ijit.296268>
- Li, L., Zhou, P., Ye, C., Yang, Q., & Ma, T. (2023). Spatial-temporal patterns of brain disconnectome in Alzheimer's disease. *Human Brain Mapping*, 44(11), 4272-4286. <https://doi.org/10.1002/hbm.26344>
- Ma, P., Wang, J., Zhou, Z., Chen, C. L. P., & Duan, J. (2023). Development and validation of a deep-broad ensemble model for early detection of Alzheimer's disease. *Frontiers in Neuroscience*, 17. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1137557>
- ~~Muhammed Niyas, K.P., & Thiyagarajan, P. (2023). A systematic review on early prediction of Mild cognitive impairment to Alzheimer's using machine learning algorithms. *International Journal of Intelligent Networks*, 4, 74-88. <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2023.03.004>~~
- Park, C., Jung, W., & Suk, H.-I. (2023). Deep joint learning of pathological region localization and Alzheimer's disease diagnosis. *Scientific Reports*, 13(1), 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38240-4>
- Park, S. W., Yeo, N. Y., Lee, J., Lee, S., Byun, J., Park, D. Y., Yum, S., Kim, J., Byeon, G., Kim, Y., & Jang, J. (2023). Machine learning application for classification

of Alzheimer's disease stages using 18F-Flortaucipir Positron emission tomography. Biomedical Engineering Online, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12938-023-01107-w>

Park, S., Yeo, N. Y., Kim, Y., Byeon, G., & Jang, J. (2023). Deep learning application for the classification of Alzheimer's disease using 18F-Flortaucipir (AV-1451) TAU Positron emission Tomography. Scientific Reports, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35389-w>

Rita, L., Neumann, N. R., Laponogov, I., Gonzalez, G., Veselkov, D., Pratico, D., Aalizadeh, R., Thomaidis, N. S., Thompson, D. C., Vasiliou, V., & Veselkov, K. (2023). Alzheimer's Disease: Using gene/protein network machine learning for molecule discovery in olive oil. Human Genomics, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s40246-023-00503-6>

Yiğit, A., & Isik, Z. (2020). Applying deep learning models to structural MRI for stage prediction of Alzheimer's disease. Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, 28(1), 196-210. <https://doi.org/10.3906/elk-1904-172>

DATA NO RELEVANTE(sirve al momento de hacer el cap 3, que indica el total de articulos recolectados y de ese total se llegó a escoger 30 y 10 fueron data no relevantes)

[Scopus - Detalles del documento - Clasificación y predicción basada en el aprendizaje profundo de subtipos de enfermedad de Alzheimer mediante el uso de datos genómicos \(lookproxy.com\)](https://lookproxy.com)

[Scopus - Detalles del documento - Mayor rendimiento para mujeres que para hombres en la detección de la enfermedad de Alzheimer basada en resonancia magnética \(lookproxy.com\)](#)

[Scopus - Detalles del documento - Detección del inicio de la enfermedad de Alzheimer mediante neuroimagen MRI y PET: análisis longitudinal de datos y aprendizaje automático \(lookproxy.com\)](#)