

Desarrollo de un software para la detección temprana de alzheimer aplicando técnicas de inteligencia artificial

Development of software for the early detection of alzheimer's using artificial intelligence techniques

Recibido: 13 de septiembre del 2024

Aprobado: 18 de diciembre del 2024

publicación: 1 de Mayo del 2025

Forma de citar: L. M. Palmera Quintero, D. J. Ríos Barona, M. A. Rincón Pinzón, and L. A. Muñoz Morales, "Desarrollo de un software para la detección temprana de alzheimer aplicando técnicas de inteligencia artificial", Mundo Fesc, vol. 15, no. 32, pp. 342-353 May 2025, doi: 10.61799/2216-0388.2011.

Luis Manuel Palmera Quintero.



Dr. en Ciencias de la Educación,
Msc. Gobierno Tecnologías de la Información,
docente e investigador de la Universidad Popular del Cesar,
Impalmera@unicesar.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-3242-2115>

Danny Jhoan Ríos Barona.



Msc. Gobierno Tecnologías de la Información,
Esp. en Auditoria de Sistemas,
docente de la Universidad Popular del Cesar,
djrios@unicesar.edu.co
<https://orcid.org/0009-0009-1333-6893>

Miguel Alberto Rincón Pinzón.



Dr. en Ciencias de la Educación,
Msc. En Gestión de la Tecnología Educativa.
Universidad Popular del Cesar, docente de la Universidad Popular del Cesar,
grupo investigación GIDEATIC,
miguelrincon@unicesar.edu.co,
<https://orcid.org/0000-0002-6827-5209>

Luis Alfonso Muñoz Morales.



Magíster en Gobierno Tecnologías de la Información,
Docente Asistente de la Universidad Popular del Cesar (Colombia).
Docente Investigador del Grupo de Investigación GIDEATIC.
luismunoz@unicesar.edu.co,
<https://orcid.org/0000-0003-3578-3212>

***Autor para correspondencia:**

Email: Impalmera@unicesar.edu.co



Desarrollo de un software para la detección temprana de alzheimer aplicando técnicas de inteligencia artificial

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Numpy, Scrum, Reconocimiento de patrones.

Resumen

La investigación se centró en el desarrollo de un software, principalmente por la razón de permitir un análisis de datos médicos, en el que se incorporaron algoritmos de aprendizaje automático. Implementando métodos adecuados que lograron identificar patrones en los datos clínicos de los pacientes, incluidos imágenes cerebrales y pruebas cognitivas. En cuanto al tipo de investigación y su enfoque, son descriptivos y cuantitativos, lo que permite medir y analizar las variables relacionadas con la precisión del software para identificar los signos de Alzheimer. Se utilizó una metodología de desarrollo Scrum, que se manifiesta en iteraciones rápidas, retroalimentación constante y adaptación continua del software durante el desarrollo. Los resultados demuestran que el software identifica signos precoces de Alzheimer con una precisión suficiente, lo que demuestra posiblemente la eficiencia de la IA en este caso. En general, puede concluirse que el uso de la tecnología informática para mejorar el proceso de detección y el tratamiento de la enfermedad de Alzheimer es críticamente importante. Una herramienta innovadora puede facilitar la atención médica de calidad y el seguimiento de cada paciente.

Development of software for the early detection of alzheimer's using artificial intelligence techniques

Abstract

The research focused on developing software, primarily to enable the analysis of medical data, incorporating machine learning algorithms. Appropriate methods were implemented to identify patterns in patients' clinical data, including brain images and cognitive tests. The research is descriptive and quantitative, allowing for the measurement and analysis of variables related to the software's accuracy in identifying signs of Alzheimer's disease. A Scrum development methodology was used, characterized by rapid iterations, constant feedback, and continuous software adaptation during development. The results demonstrate that the software identifies early signs of Alzheimer's with sufficient accuracy, potentially demonstrating the effectiveness of AI in this application. Overall, it can be concluded that the use of computer technology to improve the detection and treatment of Alzheimer's disease is critically important. An innovative tool can facilitate quality healthcare and patient follow-up.

Keywords: Artificial Intelligence, Numpy, Scrum, Pattern Recognition.

Introducción

El progreso en inteligencia artificial ha permitido disponer de herramientas específicas y nuevas para el diagnóstico y la prevención de diferentes enfermedades, como el Alzheimer, una patología neuronal que afecta los procesos de la memoria y las funciones cognitivas [1]. En el caso de la enfermedad de Alzheimer, [2] expresan que la detección temprana es clave para mejorar la calidad de vida de las personas afectadas e incrementar la utilidad de las intervenciones médicas, aunque estas necesitan ser más precisas. Sin embargo, el diagnóstico convencional puede ser tardío y más bien dependiente de evaluaciones algo subjetivas, las cuales no facilitan la detección de la patología en sus primeras etapas; las personas suelen ser diagnosticadas cuando ya están muy afectadas [3].

Se espera que la forma más prevalente de demencia, el Alzheimer (EA), afecte a un número cada vez mayor de personas a medida que la población envejece, como se muestra en las figuras 1. La detección temprana es una cuestión crucial debido a la naturaleza neurodegenerativa de la enfermedad y sus graves efectos socioeconómicos [4].

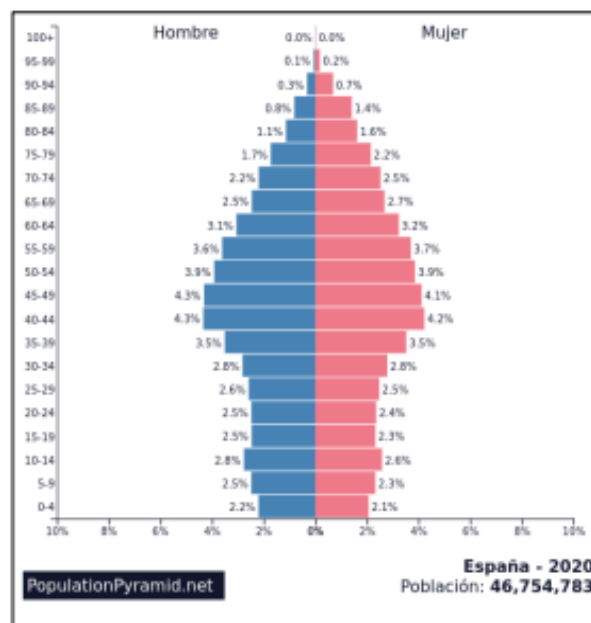


Figura 1. Envejecimiento en España e impacto

La fase de envejecimiento poblacional en España es un hecho para tener en cuenta, lo cual aparece en la mayor proporción de personas mayores comparadas a la de personas menores, es decir, hay escasa tasa de nacimientos y mayor esperanza de vida [5]. Con el envejecimiento de la población, serán más escasas las personas en edad de tener un trabajo que pudiesen ser los sustentadores de las personas mayores [6].

La Organización Mundial de la Salud (OMS) elabora una relación de cifras que identifica a 50 millones de personas en todo el mundo, las cuales padecen la enfermedad de Alzheimer, cifra que se dicho de paso se prevé que se triplique en el año 2050 [7]. El Alzheimer es la forma más

prevalente de la demencia que detectamos en las personas ancianas, y este síndrome comparte un grupo de síndromes que de un modo u otro van deteriorando la función cerebral, pese a las recientes investigaciones acerca del mismo tema, son todavía muchas las cuestiones que no tienen respuesta en la actualidad [8].

La principal motivación que surge para llevar a cabo la investigación se debe a la necesidad de poder impactar tecnológicamente el área de medicina preparando una herramienta que fuera capaz de ayudar a facilitar el diagnóstico de una de las enfermedades que ha tenido más auge en los últimos años y que ha dado lugar a más problemas al campo médico. Aun así, León et al. [9] indican que, a medida que se va haciendo mayor el impacto tecnológico sobre todas las áreas del conocimiento, con toda la información anterior queda claro que toca contextualizar el grave problema de crecimiento de la enfermedad dentro de la población mundial y establecer como principal desencadenante de la enfermedad la falta de herramientas para la detección temprana de la enfermedad.

En la actualidad existen diversas variedades de planes de prevención en el Alzheimer, habiéndose realizado una gran cantidad de investigación sobre el mismo y con vistas a la reducción de sus tasas de crecimiento, si bien el diagnóstico del Alzheimer se hace una vez han aparecido los primeros síntomas y pudiera llegar a controlarse, nunca desaparece, pues es una enfermedad sin cura [10]; por otra parte, [11] hace mención de que la inteligencia artificial ha representado una innovación que ha hecho cambiar el mundo de la salud y la medicina, y en este sentido, al margen del ámbito de la investigación desde la inteligencia artificial también se pueden ofrecer soluciones algorítmicas en cuestiones clínicas para colaborar con el diagnóstico, el pronóstico y el tratamiento de personas que lo requieren, así como en el reconocimiento mediante software de patrones visuales en el ámbito de la interpretación de imágenes.

La Inteligencia Artificial (IA) se ha expandido en muchas áreas del conocimiento, convirtiéndose en un elemento fundamental en el desarrollo de software, es por ello que la misma [12] ya es considerada como una manera de descargar a los profesionales de los servicios sanitarios con el fin de transformar el tratamiento y el diagnóstico médico. Hoy por hoy hay numerosos estudios de aplicación de esta tecnología que permiten una enseñanza dinámica, una enseñanza relacional, proactiva y sin muros [13]. La IA también puede acelerar los procedimientos y llegar a áreas de la medicina donde no hay especialistas, mejorando la atención al paciente en un hospital [14].

La necesidad de atender a los pacientes con enfermedad de Alzheimer en una fase temprana mediante el uso de estrategias educativas que permitan mejorar su condición con la intervención de sistemas de inteligencia artificial que dirijan el proceso de terapia alternativa hace necesario el desarrollo de esta investigación [15]. Identificando los distintos algoritmos que ya existen y analizando los efectos de su aplicación en el contexto de la inclusión de pacientes con Alzheimer, será posible analizar el impacto del uso de algoritmos de inteligencia artificial para comprender las patologías relacionadas con la enfermedad [16].

Metodología

La investigación es de un enfoque cuantitativo el cual permite analizar de manera objetiva y

sistemática los datos obtenidos a través de técnicas de recolección estructurada [17], además de un tipo de investigación descriptiva en razón a lo expuesto este “procedimiento se encarga de lograr obtener un mejor resultado, logrando verificar los métodos para formular y comprobar las suposiciones a partir de la comprobación, lo que forma la representación hipotético-deductivo, es decir a partir de la recolección de datos” [18, p. 8].

En cuanto a lo descriptivo se considerará el planteamiento hecho por: “Enfoque observacional, exploratorio, en el que se exhibe el conocimiento de la realidad tal como se presenta en una situación de espacio y de tiempo dado, el cual se observa y se registra, o se pregunta y se registra” [19, p. 8]. Por otro lado, los estudios descriptivos sirven para: “Puntualizar las habilidades, las capacidades y el cumplimiento de cada profesional, persona o cualquier otro interesado en someterse a un examen, apuntando, exclusivamente a evaluar o acumular resultados de una investigación” [18, p. 14].

Metodología de desarrollo del software

La metodología utilizada fue Scrum, que guio el proceso de desarrollo del software a partir de que se requería una forma de trabajar flexible y ágil que hiciera posible que investigadores y desarrolladores pudieran adaptarse a los cambios y avances constantes que se dan en el campo de la inteligencia artificial [20]. De esta forma, el equipo hacía avances mediante sprints de desarrollo; por tanto, pudo ir entregando de manera continua incrementos del software en forma de versiones, lo que también hizo fácil realizar revisiones y mejoras del sistema. La utilización de Scrum supuso la colaboración del equipo, la gestión de requisitos y una rápida adaptación a nuevas necesidades, que asegurara el aseguramiento de un producto capaz de integrar técnicas de inteligencia artificial avanzadas utilizadas en el abordaje anticipado del Alzheimer [21].

Resultados

Tanto los conjuntos de datos como el modelo de inteligencia artificial se utilizarán para entrenar y evaluar el modelo, optimizando sus parámetros para mejorar su precisión en la detección temprana de patrones asociados con el Alzheimer. Asimismo, expresa que el diseño del software sirve para que la integración de estos modelos se lleve a cabo de una manera escalable, de tal manera que pueda ser actualizada con nuevos datos clínicos y perfeccionar a la par que mejora la capacidad de predicción a lo largo del tiempo[22].

Se utilizarán las diferentes librerías de Python. NumPy y Pandas serán clave para la manipulación y organización de los grandes volúmenes de datos estructurados o numéricos, así como para el almacenamiento de información, mientras que Matplotlib y Seaborn las aplicaremos para ver los datos y los resultados. Scikit-learn logrará aplicar distintas implementaciones de algoritmos de machine-learning, como máquinas de soporte vectorial y árboles de decisión, que emplearemos para analizar datos clínicos. Keras y TensorFlow serán utilizadas para la implementación de las redes neuronales profundas, en particular redes neuronales convolucionales (CNN) para analizar imágenes médicas como resonancias magnéticas.

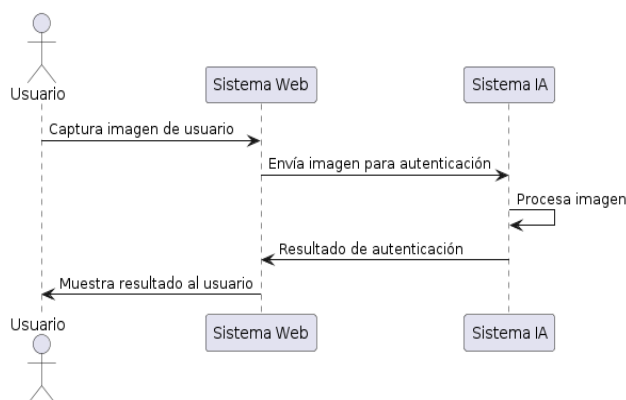


Figura 2. Diagrama de secuencia – captura de datos

La obtención de la imagen es una de las fases más importantes en el proceso de autenticación, dado que con ello se logra obtener la representación gráfica del usuario que luego es procesada por el sistema. Gallego-Londoño et al. [23] expresan que el análisis de las imágenes, una vez que se ha enviado para proceder a la autenticación, es estudiada a través de algoritmos como el de reconocimiento facial o cualquier otro modelo que determine si la persona es válida. Por otra parte, [24] dicen que una vez procesada, el sistema devuelve el resultado predictivo que hace que el sistema web devuelva al usuario el estado correspondiente a la autenticación. Dicho proceso de flujo es muy importante para lograr la correcta predicción y seguridad en la validación de identidades, dado que los resultados predictivos son la forma más eficiente y fiable para tomar decisiones en base a un patrón aprendido, como se muestra en la figura 2.

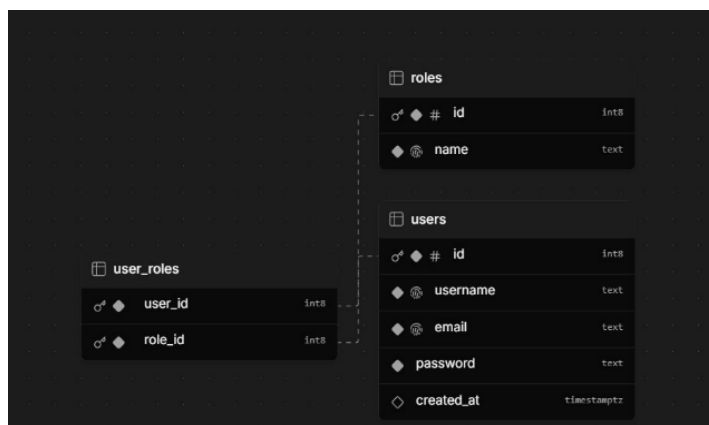


Figura 3. Diseño Modelo lógico - Entidad Relación

Conforme se plantea la captura de imágenes y los resultados predictivos, la particularidad que podría tener el sistema de autenticación sería la de guardar en la base de datos las imágenes que vaya generando del usuario. Esta opción podría verse posibilitada por el uso de modelos de análisis predictivo en el sistema de inteligencia artificial, como el reconocimiento de características para el reconocimiento facial o para la autenticación biométrica. Con lo anterior, [25] habla que la posibilidad de guardar la información, resultado de aplicar estas opciones a imágenes del usuario, también permitiría a partir de ahí ofrecer acceso al sistema controlado de una

forma muy personalizada e individualizada en función del rol que el usuario tenga dentro de la base de datos (p. ej. si es un administrador o un usuario estándar), de forma que en cada uno de los casos pueda emplearse en cada caso la gestión de acceso a los recursos y funcionalidades disponibles para el sistema.

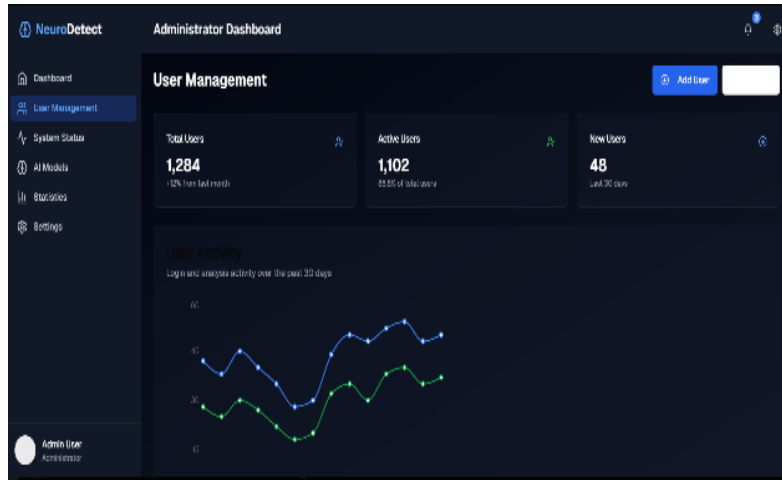


Figura 4. Análisis de los datos

Las representaciones de gráfica lineal que se muestra en el panel de control de la imagen son herramientas fundamentales capaces de mostrar la evolución del mismo usuario mediante el paso del tiempo y permiten localizar la existencia de distintas fluctuaciones en la evolución del comportamiento que podrían indicar la existencia de anomalías cognitivas. A su vez, se explica que la representación gráfica de los resultados, que se representa por sí misma, ayuda a interpretar los datos, ofreciendo una forma simple para el médico y administradores del sistema para poder hacer una vigilancia sistemática y para tomar medidas de intervención en su caso, además de mejorar la eficacia de los diagnósticos y tratamientos [26].

The screenshot shows the 'NeuroDetect Administrator Dashboard' with a table of users. The table has columns for 'USER', 'ROLE', 'STATUS', 'LAST ACTIVE', and 'ACTIONS'. The data is as follows:

USER	ROLE	STATUS	LAST ACTIVE	ACTIONS
Dr. Sarah Johnson sarah.j@neurodetect.com	Doctor	Active	2 minutes ago	...
Dr. Michael Chen michael.c@neurodetect.com	Doctor	Active	15 minutes ago	...
Admin User admin@neurodetect.com	Administrator	Active	Just now	...
Dr. Emily Rodriguez emily.r@neurodetect.com	Doctor	Inactive	7 days ago	...
Dr. James Wilson james.w@neurodetect.com	Doctor	Pending	1 hour	...
Dr. Lisa Thompson lisa.t@neurodetect.com	Nurse/warden	Active	1 hour ago	...
Dr. Robert Davis robert.d@neurodetect.com	Doctor	Active	3 hours ago	...

Figura 5. Cargar imágenes por usuario

El acceso a dicho historial, así como a las observaciones puntuales por cada caso, permite llevar a cabo un seguimiento más preciso de la evolución del paciente, entendido como tal por sus signos (frente a señales de alarma de otra patología); además, se mejora notablemente la capacidad para detectar signos de la enfermedad de Alzheimer (o de cualquier otra condición que pudiera aparecer a lo largo del tiempo), de tal manera que contar con un historial completo de las resonancias y sus análisis, permite a los profesionales de la salud efectuar comparaciones a lo largo del tiempo, advertir patrones, realizar pronósticos de la evolución del paciente según la evidencia histórica con la que cuentan y, en consecuencia, proporcionar una mejor interpretación del diagnóstico, llevar a cabo el tratamiento más acertado y garantiza un abordaje más envolvente de la salud del paciente en cuestión.

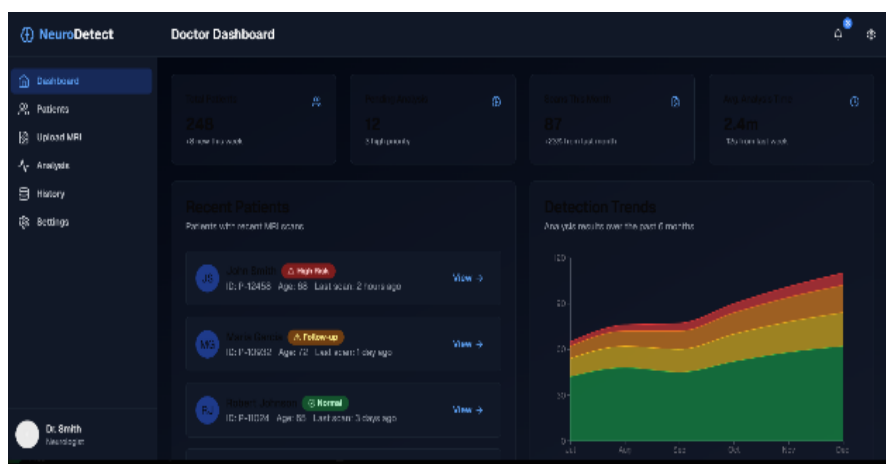


Figura 6. Análisis de datos entre pacientes

Es muy importante reflejar la comparación entre los pacientes que están bien, aquellos que presentan un estado regular y aquellos que podrían estar iniciando con la enfermedad, como se muestra en el tablero del médico [27], expresa que esta comparación proporciona a los sanitarios una forma de realizar el seguimiento de la evolución de un paciente, poniendo de manifiesto las primeras señales de la enfermedad de Alzheimer, y de tomar decisiones sobre el tratamiento que le pueden corresponder, así como el seguimiento que el paciente puede necesitar.

Conclusiones

La posibilidad de implementar nuevas tecnologías como el aprendizaje automático y la imagen médica puede ayudar en la predicción de enfermedades neurodegenerativas, permitiendo una identificación más precisa y temprana de los síntomas de Alzheimer. Este planteamiento no solo mejora el pronóstico del paciente, sino que ofrece a los clínicos vías para decidir, basándose en herramientas mucho más efectivas para decidir de manera personalizada su tratamiento, y que puede ayudar a frenar la enfermedad y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

El combinar la información del análisis de datos médicos en conjunto con los modelos predictivos ofrecidos por la inteligencia artificial va a generar una medicina más precisa, basada en el

conocimiento científico. La puesta en marcha del software permite gestionar el historial clínico y realizar predicciones en ese mismo momento facilita una solución que puede ser adoptada por muchos profesionales en los servicios profesionales para atender a los pacientes en muchos escenarios clínicos. Esta investigación no es únicamente una propuesta tecnológica, sino que se constituye en un avance hacia una atención sanitaria más proactiva y personalizada con una capacidad sustancial de mejorar los resultados para los pacientes con Alzheimer.

Reconocimiento

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Popular del Cesar - Seccional Agua-chica, que financió esta investigación, y cuyo Grupo de Investigación en Desarrollo y Aplicación de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (GIDEATIC) cuenta con talentosos expertos en el campo de la inteligencia. Artificial.

Referencias

- [1] S. Pérez Martínez, “Aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial (DL y ML) para la clasificación de lesiones cutáneas a partir de imágenes demoscópicas y datos clínicos”, tesis maestría, Universitat Politècnica de Valencia, pp. 1-107, 2024. Disponible en: <https://riunet.upv.es/entities/publication/77a41425-8883-4338-abd5-27378befde39> [acceso: 18-01-25]
- [2] W. S. Ucañay Barreto y M. A. Coral Ygnacio, “Sistema de diagnosis del Alzheimer basado en imágenes de resonancia magnética mediante el algoritmo VGG16”, LAJC, vol. 11, nº 1, pp. 1-8, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10402361>
- [3] L. I. Robles Bravo, “Detección automática de anomalías cerebro vascular a través de resonancia magnética aplicando métodos de análisis avanzados con inteligencia artificial en pacientes no diagnosticados”, tesis grado. Universidad Técnica de Babahoyo, pp. 1-52, 2024. Disponible en: <https://dspace.utb.edu.ec/items/4b483ddf-b776-474b-8dfe-77e9ead69632> [acceso: 23-01-25]
- [4] G. Sabina Sánchez, “Detección del deterioro cognitivo leve. Una propuesta basada en redes neuronales artificiales híbridas”, tesis Grado, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, pp. 1-69, 2021. Disponible en: <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/103595/1/TFG%20Graci%20Sabina.pdf> [acceso: 23-01-25]
- [5] S. Firvida Ruiz, “Efermería en atención primaria: El reto de la detección precoz de la enfermedad del alzheimer”, tesis Grado, Universidad de Cantabria, pp. 1-43, 2024. Disponible en: https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/33040/2024_FirvidaS.pdf?sequence=1&isAllowed=y [acceso: 18-01-25]
- [6] R. Cid Costa, “Componentes de visualización analítica para su uso en contextos de detección temprana de demencia”, tesis Grado, Universidad Politécnica de Madrid, pp. 1-42, 2024. Disponible en: https://oa.upm.es/82701/1/TFG_RUBEN_CID_COSTA.pdf [acceso: 18-01-25]
- [7] L. Cabrera Leyva, “Recolección y análisis de voz en adultos mayores para el diagnós-

tico de demencia,” Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE, pp. 1-88, 2022. Disponible en: <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/3782> [acceso: 23-01-25]

[8] H. F. Abella Muñoz, “Evaluación del impacto de la inteligencia artificial en la precisión diagnóstica: Aplicaciones y desafíos en la resonancia magnética”, tesis Grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, pp. 1-61, 2024. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/65539/hfabelam.pdf?sequence=3&isAllowed=y> [acceso: 18-01-25]

[9] J. F. León Pastor Baak, G. A. Hernández, N. A. Cruz-Ramos, J. L. Sánchez Cervantes y L. Rodríguez Mazahua, “Análisis comparativo de técnicas de aprendizaje automático para la detección de la enfermedad de Parkinson mediante reconocimiento de voz,” *Research in Computing Science*, vol. 153, n° 8, pp. 49-62, 2024.

[10] J. E. Aguilar Obregón, “Algoritmo de detección temprana para la enfermedad del Alzheimer utilizando aprendizaje autónomo,” Universidad Distrital Francisco José de Caldas, pp. 1-76, 2020.

[11] C. Ingino, “Innovación e Inteligencia Artificial en Medicina”, *Diagnostico Journal*, pp. 1-3, 2019. Disponible en: <https://diagnosticojournal.com/innovacion-e-inteligencia-artificial-en-medicina/> [acceso:23-02-24]

[12] A. B López Velasquez, A. Goncalves de Sousa, O.N. Bracho Vera, “Aplicación de chatbots de inteligencia artificial para la mejora de la atención al paciente”, *Mundo Fesc*, vol 13, no. 27, pp. 286-304, 2023. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.1488>

[13] D. D. Ralla, “Modelos de supervivencia e inteligencia artificial explicable en la predicción del riesgo de conversión de deterioro cognitivo leve a Alzheimer”, tesis Grado, Universidad Zaragoza, 2024. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/146602> [acceso: 17-02-25]

[14] S. Pulgarín Sánchez y S. L. Valencia Orozco, “Análisis de las técnicas de inteligencia artificial más utilizadas en la predicción del cáncer de mama a partir de mamografías”, tesis Grado, Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia, pp. 1-80, 2020. Disponible en: https://redcol.minciencias.gov.co/Record/RepoTdea2_85f7f8529361f37c39824bf10a58a31e/Details [acceso: 19-02-25]

[15] P. Cervera López, “Explainable Boosting Machine en la predicción de la conversión desde deterioro cognitivo leve a Alzheimer usando datos longitudinales”, tesis Grado, Universidad Zaragoza, pp. 1-33, 2024. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/146608?ln=es>

[16] I. D. Higuera González, “Evaluación de la precisión y automatización de técnicas de machine learning en la predicción de enfermedades mediante imágenes médicas”, tesis Especialización, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, pp. 1-102, 2025. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/67108/1/ihiguerag.pdf>

[17] E. Castaño, L. Palmera, T. Velásquez, y D. Ríos, “Modelo de gestión de un cuadro de mando integral de servicios de TI para Empresas del sector transporte”, *Revista Temario Científico*, 5(2). e25522, 2025. DOI: <https://doi.org/10.47212/rtaAlinin.3.225.15>

- [18] G. Mousalli-Kayat, *Métodos y Diseños de Investigación Cuantitativa*, Mérida, pp. 1-37, 2015. DOI:10.13140/RG.2.1.2633.9446
- [19] M. Rojas Cairampoma, “Tipos de investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación”, *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 16, nº 1, pp. 1-15, 2015.
- [20] N. J. Merchán-Narváez, E. E. Palma-Peralta y D. X. Poma-Japón, “Comparación de metodologías para el desarrollo de software”, *Journal Scientific MQRInvestigar*, vol. 8, nº 1, pp. 5052-5074, 2024. DOI:10.56048/MQR20225.8.1.2024.5052-5074
- [21] I. Xochitototl Cote, J. J. Hernández Mora, M. G. Medina Barrera, E. Cuatecontzi Cuahutle y J. Ramos Ramos, “Propuesta de una Metodología basada en DevSecOps y SCRUM para el desarrollo de software con calidad”, *Revista Innovación y Software*, vol. 5, nº 2, pp. 64-75, 2024. DOI: 10.48168/innosoft.s16.a176
- [22] M. C. Pezzini, “Inteligencia Artificial Explicable: Análisis de metodologías y aplicaciones”, tesis Especialización, Universidad Nacional de la Plata, pp. 1-257, 2024. Disponible en: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/174328/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y [acceso:20-08-25]
- [23] C. Gallego-Londoño, D. Afanador-Restrepo, M. Dávila-Castañeda, C. Bastidas-Ortega, R. Jurado-Carmona, C. Martínez-Rodríguez y S. Ramírez Gómez, “Inteligencia artificial en el diagnóstico y en el tratamiento de lesiones musculares,” *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, vol. 13, nº 3, pp. 252-273, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24310/riccafd.13.3.2024.20429>
- [24] D. Rivera Caballero, “Análisis de características profundas mediante transferencia de aprendizaje para la detección de enfermedades Neurodegenerativas a través de imágenes OCT”, tesis Grado, Universidade Da Coruña, pp. 1-99, 2024. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2183/39307> [acceso:12-08-25]
- [25] J. D. Duque Ortiz y Á. F. León Chávez, “Descripción de las herramientas de inteligencia artificial, Deep Learning y Machine Learning empleadas en el aprendizaje del diagnóstico: Un nuevo enfoque en desarrollo de la valoración de signos y síntomas desde una revisión sistemática”, tesis Grado, Universidad El Bosque, pp. 1-59, 2024. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12495/12560> [acceso: 25-08-25]
- [26] D. E. Maya Portillo, “Desarrollo de un sistema de control de acceso mediante visión por computadora para la terapia cognitiva en pacientes con enfermedad de alzheimer,” Universidad de Antioquia, pp. 1-67, 2024.
- [27] J. Vilas Taboada, “Sistema automático de detección y clasificación de enfermedades neurodegenerativas mediante análisis de la retina en tomografía de coherencia óptica”, tesis Grado, Universidade da Coruña, pp. 1-92, 2024. Disponible en: <https://ruc.udc.es/entities/publication/6048e276-c148-45f8-b194-8aa72068a886> [acceso: 23-08-25]