

System for the follow-up of patients with Alzheimer's diagnosis using wearables

Anibal Lopez

Univ. Peruana de Ciencias Aplicada
u201711179@upc.edu.pe

Piero Cossio

Univ. Peruana de Ciencias Aplicadas
u201714496@upc.edu.pe

Juan-Pablo Mansilla

Univ. Peruana de Ciencias Aplicadas
pcsjman@upc.edu.pe

Abstract— *Alzheimer's disease is the leading cause of dementia, and there are currently more than 60% of cases with dementia diagnosed, and every year about 10 million new patients are diagnosed worldwide. (S anchez Danilo, 2010), neurologist at the National Institute of Neurological Sciences, mentions that in Peru 10% of the population from 60 to nos suffers from Alzheimer's and it usually starts in adults over 60. That is why it was proposed to implement a monitoring system for Alzheimer's patients using Xiaomi brand wearables model MI Band 6, as it helps us collect physical health data. With this we reduce the attention time in a medical appointment. The time it takes to perform the an'alisis can vary between 7 to 15 days. It is worth mentioning that within the research we have considered in the sample a minimum of 5 patients, 5 neurologists and 5 psychologists. When applying the surveys, according to the 3 indicators raised, it was obtained as a result for the first indicator "User Satisfaction", that 76.67% of respondents recommend the application. On the other hand, 25.33% recommend putting instructions for application. For indicator number 2, "Data Availability", it was obtained that the average time of data availability decreased by 22 days (86.76%). And finally, "Attention time", the average time in the speed of monitoring decreased' by 177.87 hours (39.08%).*

Keywords: tracking system, Alzheimer, wearable, Alzheimer's, monitoring system follow-up, wearable tracking, follow-up wearables

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

Sistema para el seguimiento de pacientes con diagnóstico de Alzheimer utilizando wereables

Anibal Lopez

Univ. Peruana de Ciencias Aplicadas
u201711179@upc.edu.pe

Piero Cossio

Univ. Peruana de Ciencias Aplicadas
u201714496@upc.edu.pe

Juan-Pablo Mansilla

Univ. Peruana de Ciencias Aplicadas
pcsijman@upc.edu.pe

Abstract—La enfermedad de Alzheimer es la principal causa de demencia, y en la actualidad existen más del 60% de casos con demencia diagnosticados, asimismo, cada año se diagnostican unos 10 millones de nuevos pacientes en el mundo. (Sánchez Danilo, 2010), neurólogo del Instituto Nacional de Ciencias Neurológicas, menciona que en el Perú el 10% de la población de 60 años padece Alzheimer y se inicia normalmente, en los adultos mayores de 60. Es por ello que se planteó implementar un sistema de seguimiento a pacientes con Alzheimer utilizando wereables de la marca Xiaomi modelo MI Band 6, ya que nos ayuda a recopilar datos de salud física. Con ello reducimos el tiempo de atención en una cita médica. El tiempo que toma el realizar el análisis puede variar entre 7 a 15 días. Cabe mencionar, que dentro de la investigación hemos considerado en la muestra un mínimo de 5 pacientes, 5 neurólogos y 5 psicólogos. Al aplicar las encuestas, según los 3 indicadores planteados, se obtuvo como resultado para el primer indicador “Satisfacción de Usuario”, que el 76.67% de los encuestados recomiendan la aplicación. Por otro lado, el 25.33% recomiendan poner instrucciones para la aplicación. Para el indicador número 2, “Disponibilidad de Datos”, se obtuvo que el promedio de tiempo de disponibilidad de los datos disminuyó en 22 días (86,76 %). Y por último para, “Tiempo de atención”, el promedio de tiempo en la rapidez del monitoreo disminuyó en 177.87 horas (39,08 %). Keywords: tracking system, Alzheimer, wearable, Alzheimer’s, monitoring system follow-up, wearable tracking, follow-up wearables

I. INTRODUCTION

La demencia afecta a más de 50 millones de personas en todo el mundo; en el Perú más de 200 mil personas mayores de 60 años viven con Alzheimer, el alzheimer es una enfermedad neurodegenerativa que provoca pérdida progresiva de la memoria, informa el médico psiquiatra miembro del equipo técnico del Departamento de Salud Mental del Ministerio Manuel Escalante(Minsa, 2019).Además se tiene que el 60 % de esta población con demencia viven en países de ingresos bajos y medios. Cada año se registran unos 10 millones de nuevos casos. Se estima que entre el 5 % y el 8 % de la población mayor de 60 años tendrá demencia en algún momento (Organización Mundial de la Salud, 2020). El Alzheimer es una enfermedad degenerativa que origina la demencia en personas mayores de 60 años, esta tiene como problemática la aparición de síntomas como la demencia en las personas adultas; entre el 60 - 70 % de los casos que existen se comprobó que todos estos sufren problemas como la pérdida de memoria y la dificultad para pensar, para poder pronunciar palabras o el simple hecho de tartamudear. Este trastorno neurológico crónico comienza lentamente y empeora con el tiempo, por lo cual una persona con esta enfermedad

cumple con una “fase” de empeoramiento según el avance de su enfermedad. (Oskouei et al., 2020).

Esta enfermedad actualmente no cuenta con un tratamiento definitivo lo que pueda ayudar a erradicar este mal. Actualmente esta enfermedad afecta al 6 por ciento de las personas mayores de los 65 años de edad, por lo cual los pacientes con demencia no pueden continuar teniendo una vida normal con respecto a su movilidad o actividades realizadas durante el día, por lo mismo que uno no sabe cuándo una persona con Alzheimer pueda salir de casa y en cualquier momento no recordar como poder retornar a su hogar. Esta problemática se agudiza en un problema mayor cuando el avance de esta enfermedad en la persona es mucho mayor ya que los cuadros de demencia se vuelven más latentes y es mucho más peligroso no contar con un seguimiento especial con esa persona o paciente para poder saber en dónde se encuentra y si se encuentra bien. Por lo cual, surge la necesidad de contar con un seguimiento con la persona con Alzheimer para identificar sus actividades y su recorrido en caso se presente una situación de demencia en medio de la calle y esta no se encuentre en las condiciones de auxiliarse el mismo. (Oskouei et al., 2020)

Se propone un sistema para el seguimiento de pacientes con diagnóstico de Alzheimer utilizando wereables. El artículo se encuentra organizado en seis secciones; en la sección dos se hace una presentación de investigaciones realizadas por otros autores. En la sección tres se presenta los antecedentes de los wereables. En la cuarta sección se presenta el sistema propuesto. En la quinta sección se muestra la validación experimental y finalmente se culmina el estudio en la sección seis con la presentación de las conclusiones.

II. DOCUMENTOS RELACIONADOS

(Rose et al., 2021), propuso una mejora del ambiente con recursos y recomendaciones, tomando como base el monitoreo entre el paciente y el cuidador, obteniéndose casos altos en los niveles de ansiedad y estrés producidos por el aislamiento del paciente en rechazo al cuidador. (Muurling et al., 2021), indicó que las tecnologías de monitoreo remoto (RMT) como las aplicaciones de los smartphones, dispositivos portátiles y sensores domésticos pueden cambiar las evaluaciones periódicas a un monitoreo más objetivo y frecuente. El objetivo principal del estudio del RADAR-AD (estudio cohorte transversal, observacional y multicéntrico de sujetos) es evaluar la precisión y validez de las tecnologías de monitoreo remoto, esto permitirá

medir el declive funcional en un entorno real en las clínicas moderadas de la Enfermedad del Alzheimer (EA) a diferencia de las calificaciones y medidas estándares de una clínica común. Por tal motivo, se tomaron de muestra 13 países de Europa que contaban con clínicas de la memoria (Clínicas que tratan enfermedades como el Alzheimer) para poder hacer el respectivo estudio. (Guo et al., 2021), Propuso un Sistema para la evaluación del centro de presión a través de un zapato inteligente, cuya función es diagnosticar a corto y largo plazo las enfermedades neurológicas y trastornos de movimiento. Asimismo, se incorporó un método para el reconocimiento de actividad humana en base al aprendizaje automático para hacer que el proceso para la detección de centro de presión sea automático. (Serra-Añó et al., 2019), indicó un sistema en base a sensores en dispositivos que realizan una sola o dos tareas, cuyos objetivos son obtendrán información sobre la función de movilidad de marcha y el control postural cuya función permitirá predecir la progresión física. Esta evaluación se realizó mediante el sistema FallSkip, que se ejecuta en software mediante un dispositivo Android. Asimismo, este dispositivo se diseñó para ser fijado de manera horizontal con un cinturón debajo de la cresta ilíaca. En primera instancia los participantes permanecerán de pie durante un tiempo estimado de 30 segundos, posteriormente sonará una señal acústica que indica el inicio de una caminata por un tramo de 3 metros con el objetivo de que se haga lo más rápido posible. Al terminar la actividad establecida deberán detenerse durante 3 segundos y darse la vuelta sentándose en una silla. Esto consistió en enfocarse en la Fragilidad cognitiva (FQ), la cual es definida como la presencia del deterioro cognitivo y la fragilidad física, este es un síntoma claro de la demencia en la etapa inicial. El presente estudio mediante dispositivos portátiles pretende determinar biomarcadores digitales en zonas sensibles para poder identificar las FQ. (Stavropoulos et al. 2021), planteó una actividad de participación pública, se basa en realizar discusiones, experimentos, prácticas y presentaciones de los distintos dispositivos que podrían ser usados. Asimismo, se hizo entrega de herramientas construidas a la Junta Asesora de Pacientes con el propósito de calificar y clasificar las características de los dispositivos que se presentaron. Fuente: Figura recuperada del artículo “Wearable Devices for Assessing Function in Alzheimer’s Disease: A European Public Involvement Activity About the Features and Preferences of Patients and Caregivers” (Hegde et al., 2019), indicó que para desarrollar un dispositivo portátil, se necesita estar enfocado en sistemas totalmente autónomos y que sean de un costo reducido para el monitoreo en tiempo real con ayuda del GPS y el concepto de geo-cercas. De igual forma, el sistema proporciona las actualizaciones en tiempo real para que los cuidadores o familiares puedan ubicar de una manera rápida y eficaz a su paciente o familiar. La descripción del aporte del autor se basa en utilizar dispositivos portátiles o biosensores para poder ver la viabilidad de uso en pacientes con riesgos de demencia debido a la enfermedad del Alzheimer. Para esto, se planea realizar encuestas de uso, satisfacción y división de grupos para analizar la viabilidad y

aceptación en el grupo de pacientes que utilizaron el presente dispositivo.(Giulio E.,2019), indicó que es necesario promover respuestas exigentes y de satisfacción personal además de aumentar el esfuerzo físico (frecuencia cardíaca) en personas con enfermedad de Alzheimer avanzada. Asimismo, basó su investigación en un programa de teléfonos inteligentes.

(Al-Naami et al., 2021), señaló que un dispositivo portátil inteligente (SWMD), puede servir de soporte en la vida diaria para los pacientes con EA, ya que con su ayuda se obtiene una mejora y beneficio en la atención del paciente con Alzheimer. Por este motivo, es necesario realizar una serie de pruebas donde los participantes realizan diversas rutinas diarias y condiciones de caída donde el dispositivo recepcione toda la información posible basado en la utilización de un dispositivo que emita señales de alerta y suba toda esta información a las bases de datos. (Liu et al.,2021), Señaló que si se desea realizar un sistema de recopilación de datos, es necesario la conformación de un chip de control principal que utilice un módulo de sensor inercial, un módulo de transmisión de señales inalámbricas y un receptor de datos para un correcto monitoreo a las personas con Alzheimer. (Saied et al., 2020) , indicó que para un monitoreo correcto hacia los pacientes con Alzheimer, es necesario el desarrollo de un dispositivo portátil con sensores electromagnéticos capaces de monitorear de forma no invasiva el progreso de la atrofia cerebral y el agrandamiento del ventrículo lateral. (Buchman et al., 2020), señaló que para la realización de pruebas de movilidad estructurada a pacientes con Alzheimer, es necesario el uso de un sensor portátil que se ubica en la parte baja de la espalda con un cinturón.(Araki et al., 2019), Propuso implementar una Hoja de sensor que contiene nanocables metálicos y puede ser parte de un sistema de Internet de las cosas (IoT) que emplea retroalimentación de circuito cerrado,esto se concluye permitiendo a los técnicos cambiar gradualmente de una inspección de rutina en el sitio a un sistema de monitoreo siempre activo usando la hoja de sensores bajo supervisión. (Holloway et al., 2022), Propuso implementar en una Unidad de Medición Inercial (IMU) a través del Marco STEP-UP para la detección de la demencia y emplearlo en los hospitales que tengas pacientes con enfermedades neurológicas. Concluyó demostrando la viabilidad de discriminar controles de personas con dos tipos de demencia (la enfermedad de Alzheimer más típica (tAD) y una forma rara de demencia: atrofia cortical posterior (PCA)) en un entorno simulado del mundo real: una escalera. Para hacer esto, analizó datos de un sistema IMU de bajo costo utilizando clasificadores de aprendizaje automático. (Kamil et al., 2021), indicó una propuesta con referencia a un estudio de la deambulación mediante un sensor llamado Opal en pacientes con EA o ADRD. Además, crean un algoritmo para consolidar los datos obtenidos. (Zhou, Lee, Lee, J., Schwenk, Najafi, 2020), Plantea el mejoramiento de un guarda volantes y su sistema que permite realizar la prueba iTMT de manera más rápida y eficiente capturando las respuestas de los usuarios por medio de sensores. Se concluye en que estos sensores son una pulsera que va en el tobillo y un sensor que va en la espina dorsal sujetado con un

elástico. además, proveen una plataforma de la cual registra la respuesta durante el examen rendido. (Mc Ardle, Riona, 2020), Propuso una investigación que permitirá futuros análisis debido a que demostró que el uso de wereables permitiría facilita el diagnostico de enfermedades mentales. Se concluye con que es una tecnología nueva y en crecimiento el costo es significativamente elevado por lo cual se espera que sea usado y desarrollado en el ámbito científico.

(Raza et al., 2019), indicó un aporte que se sitúa en mejorar y utilizar el proceso de aprendizaje autónomo en pacientes con la enfermedad Alzheimer, donde se busca como resultado de las rutinas diarias de los pacientes al realizar las rutinas un diagnóstico exacto de la progresión de la enfermedad. (Bailey et al., 2019), Propone mejorar el sistema NAT-1 creado por la Universidad de New York. Como conclusión se desarrolló una placa detectora de infrarrojos (IRDB) utilizado para la marca de tiempo y el registro de eventos en varios escenarios de neurociencia. (Wan-tai et al., 2021), Propone utilizar en su estudio la tecnología ORACATECH (Centro para el Envejecimiento y la Tecnología de Oregon) y el dispositivo Emerald con el propósito de facilitar la intervención de los síntomas conductuales experimentados por las personas con demencia y la capacidad de monitorear los comportamientos de las PcD usando sensores también pueden eventualmente mejorar el esfuerzo en atención requerida para el apoyo en persona. (Os-kouei et al. 2020), Propuso un sistema que permita monitorear las actividades de las personas con enfermedades mentales utilizando distintos dispositivos inteligentes. (Ghosh et al., 2022), indicó implementar aprendizaje automático basado en datos para investigar como los patrones de navegación al aire libre de los pacientes con enfermedad de Alzheimer difieren de los controles con respecto a demasiadas características escogidas y poder clasificar de manera correcta a todos los participantes como pacientes con enfermedad de Alzheimer o controles (Pacientes) sanos. (Gaugler et al.,2021), Propuso un sistema de evaluación aleatorio controlado en el cual se utiliza un diseño de métodos mixtos experimentales para recopilar los datos cualitativos y examinarlos con el fin de determinar si la tecnología RAM funciona o no para el alzheimer. (Fletcher, 2022), Propone presentar datos de entrevistas de personas que sufren de demencia. Esto como parte de un proyecto de investigación que tenía como función explorar las experiencias la atención y vigilancia informal. Se concluye principalmente en el cómo se ve influenciadas los cuidadores o familiares que tiene experiencia con pacientes con demencia en diversas situaciones en el cuidado informal. (Aslam Altaf., 2020), Propone la implementación en el Primer SoC (chip) brinda información continua las emociones humanas que puede ayudar en el aprendizaje y el desarrollo cognitivos de los pacientes con trastornos neurológicos crónicos. (Yi-chun, Kuan, 2021), indicó una escala en la cual se puede determinar el grado de demencia con respecto a los estados de pérdida de memoria. Se concluyó con lo cual que se puede aplicar un tratamiento para la mitigación de los efectos en la persona. (Ehsani et al, 2020), Propuso un estudio con el objetivo de mejorar la evaluación de las alteraciones de la función motora debido a la

doble tarea utilizando análisis dinámico no lineal para detectar el deterioro cognitivo. Para ello,concluyó que se va a medir la incertidumbre y la inestabilidad local que diferenciarían entre grupos cognitivos y que, al combinar nuestros modelos previamente desarrollados con estas nuevas medidas, se lograría una mejor detección del deterioro cognitivo. (Masciadri et al., 2019), indicó como base el uso de herramientas tecnológicas, proponiendo un sistema el cual permita obtener una lectura del bienestar social, físico y psicológico que pasan los pacientes con la enfermedad de Alzheimer y concluyó con la instalación del sistema en un centro de salud para la enfermedad de Alzheimer, obteniendo como resultados satisfactorios del sistema.

III. SISTEMA PROPUESTO

El presente artículo propone el desarrollo de un sistema para el seguimiento de pacientes con diagnóstico de Alzheimer utilizando wereables compuesto por la integración de un aplicativo móvil que permite una unificación de reportes en base a tratamientos por medio de la interacción directa con un especialista de salud para poder realizar el monitoreo y seguimiento del paciente con Alzheimer, los datos que va a utilizar el sistema son los números de pasos, la distancia, calorías, latidos por minuto, horas de sueño, peso y oxígeno en sangre; los datos fueron registrados en el sistema mediante la captura de las variables anteriores a través de un smartwatch.

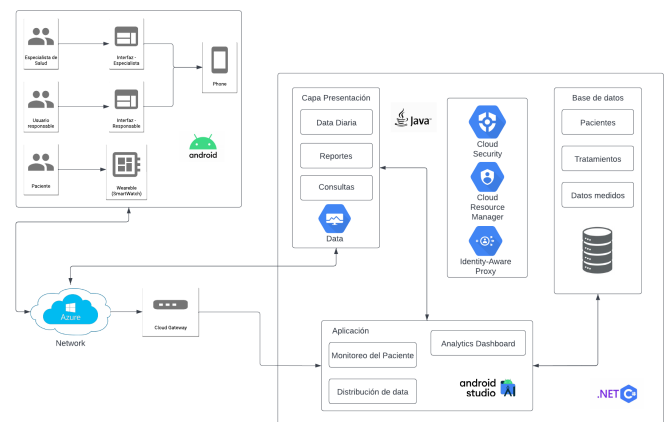


Fig. 1. Arquitectura integrada del sistema propuesto

La arquitectura integrada está compuesta por los siguientes componentes de infraestructura: Aplicación móvil (Interfaz de Especialista de Salud o Usuario responsable del paciente), Dispositivo móvil, Cloud Gateway y Azure Cloud. Para el apartado del dispositivo móvil el proceso inicia cuando el especialista de salud del paciente o el usuario responsable del paciente con Alzheimer ingresa a la aplicación mediante un dispositivo móvil (tableta o celular) que opera sobre el sistema operativo Android y mediante su autenticación como especialista de salud o usuario responsable del paciente pueda ingresar al sistema.

Por parte del Cloud Gateway este es un componente que nos ayuda a que se distribuya las peticiones de forma segura y correcta hacia la aplicación.

Igualmente el Azure Cloud presenta las diferentes capas que contendrá nuestro sistema: Capa de presentación: El usuario responsable y el especialista de salud cada uno con sus interfaces respectivas acceden a las funciones y los reportes diarios del paciente, mientras que el paciente solo hace uso del wearable “smartwatch”. Capa de aplicación: Se encuentra como tal el monitoreo en tiempo real del paciente, la distribución de la data que se va a compartir dentro de sistema y finalmente el análisis de esta misma data que se verá reflejado en un dashboard para un mejor y más fácil entendimiento de la data. Desplegado sobre Azure Cloud. Capa de base de datos: Base de datos relacional de Azure, como principales datos tenemos los datos personales de los pacientes, sus datos a entrar a medición y su rutina diaria en relación a su movimiento. Además, se tienen los componentes que garantizan la integridad, seguridad y accesibilidad de la plataforma que elegimos (Azure Cloud): Cloud Security, Cloud Resource Manager y Identity- Aware Proxy.

La arquitectura física dentro del proyecto está organizada con los siguientes componentes de infraestructura: Usuario de aplicación móvil (Especialista de Salud) y Usuario de aplicación móvil (Usuario Responsable). El especialista de salud del paciente con Alzheimer ingresará a la aplicación mediante un dispositivo móvil, como una tableta o celular, siempre en cuando este cuenta con sistema operativo Android mediante su autenticación como especialista de salud y el usuario responsable o familiar del paciente con Alzheimer ingresará a la aplicación mediante un dispositivo móvil, como una tableta o celular, siempre en cuando este cuenta con sistema operativo Android mediante su autenticación como usuario responsable o familiar.

Dispositivo de monitoreo (Smartwatch): El paciente usará un wearable “Smartwatch” que recopilará una serie de datos importantes para el monitoreo de pacientes con diagnóstico de Alzheimer como lo son el ritmo cardíaco, calorías quemadas y ubicaciones puntuales tomadas durante el día por el paciente. El sistema operativo de este dispositivo será compatible con Android. Los sensores del dispositivo serán: acelerómetro, giroscopio y sensor de ritmo cardíaco.

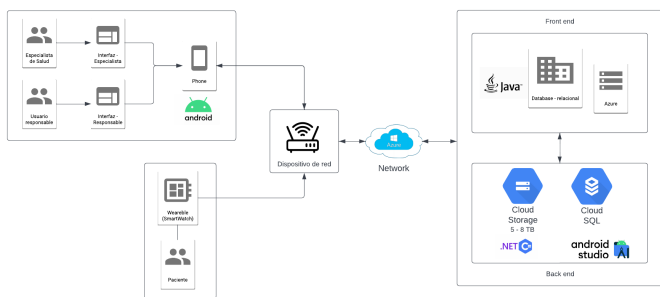


Fig. 2. Arquitectura física del sistema propuesto

Dispositivo de red: Ambos usuarios podrán ingresar a la aplicación mediante una conexión a internet, ya sea wifi. Frontend: Azure App Service: La aplicación usará el servicio de Azure App Service para alojar la web toda la información de la capa lógica dentro de la web. Android studio: Este se utilizará para el desarrollo del sistema móvil. Backend: Azure Functions: La aplicación usará Azure Functions. Por el mismo hecho de la existencia de altas cantidades de transacciones y muy poco tiempo de código, este servicio cumple con los requisitos para desplegar la aplicación. SQL Server Database: La aplicación usa la base de datos relacional de Azure. Esto debido a que compartirá datos con el dispositivo wearable, el cual se encargará de compartir las mediciones del paciente.

IV. VALIDACIÓN EXPERIMENTAL

Para efectos de la validación, se realizaron las pruebas correspondientes de funcionalidad que avalen el éxito de nuestro sistema móvil. Para esto, durante el proyecto se desarrollaron 20 historias de usuario, y 20 casos de prueba, se está teniendo en cuenta el correcto flujo del sistema móvil tanto para el usuario responsable o familiar como para el especialista de salud. Se elaboraron con el propósito de validar las funcionalidades del sistema móvil para las posteriores pruebas con el paciente. Cabe resaltar finalmente que, para este ítem también se tomaron en consideración la secuencia de pasos descritos dentro del proceso de implementación detallado en el punto anterior.

Para fines del proyecto se hizo una investigación del número de especialistas de salud dentro del Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión y se consiguió la información de que dentro de este centro de salud se cuenta con 10 psicólogos y 10 neurólogos, por lo cual se tomó como decisión que para nuestro estudio de validación se tomaría una muestra del 50% de los especialistas encontrados dentro del Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión, tomando, así como marco muestral los siguientes datos:

Identificar el marco muestral: 10 psicólogos, 10 neurólogo y personas con familiares que tengan Alzheimer (10 usuarios). Tamaño de la muestra: Un mínimo de 10 médicos especialistas, entre ellos: 10 psicólogos, 10 neurólogo y personas con familiares que tengan Alzheimer (10 usuarios). Actividades para realizar: Interactuar con las funcionalidades del sistema móvil, por ejemplo, registro de datos del paciente, modificar los parámetros de los datos del paciente, visualizar dashboard, ver recomendaciones del especialista, ingresar tratamientos, visualizar indicadores, visualizar ubicaciones recurrentes y poder tener un flujo unido de atención y monitoreo por parte de los especialistas de salud para con el paciente. Para poder realizar una correcta visualización de mejora o aporte por parte de nuestro proyecto planteamos contar con 2 situaciones divididas en: Situación actual de monitoreo de pacientes con diagnóstico de Alzheimer y la situación con nuestro proyecto para el monitoreo de pacientes con diagnóstico de Alzheimer. Esto con el fin de utilizar ambas situaciones como instrumento de validación y obtener datos y opiniones con respecto al escenario pre y pro-validación

de la forma en como se viene monitoreando a los pacientes con diagnóstico de Alzheimer. Para esto como siguiente paso establecimos un instrumento de validación a utilizar que serán una serie de encuestas, para estas se definieron variables con el propósito de a raíz de estas tener indicadores de mejora o progreso.

Variables	Indicadores
Satisfacción	Porcentaje de satisfacción de parte del usuario responsable, especialista de salud con la disponibilidad de datos del paciente en el proceso de seguimiento del paciente con Alzheimer.
Disponibilidad	Disponibilidad de datos del paciente afectado en el proceso de seguimiento de personas con diagnóstico de Alzheimer.
Rapidez	Periodo de tiempo que se toma para poder realizar un correcto seguimiento de las personas con diagnóstico de Alzheimer.

Fig. 3. Indicadores del sistema propuesto

Los indicadores indicados anteriormente se rigen de las siguientes variables:

Satisfacción:

VA: Valor del nivel de satisfacción con el proceso actual para seguir un monitoreo de Alzheimer.

VS: Valor del nivel de satisfacción con el sistema propuesto para un monitoreo de Alzheimer.

Indicador:

IST%: Porcentaje de incremento de satisfacción para seguir su tratamiento farmacológico.

N: Numero de alternativas como respuesta de los formularios (5 para nuestro caso)

$$IST\% = \frac{VS - VA}{ENTREVISTADOS * N} \quad (1)$$

Disponibilidad:

TFS: Tiempo de facilidad de datos del monitoreo y/o tratamiento con la solución.

TFR: Tiempo de facilidad de datos del monitoreo y/o tratamiento regular.

Indicador:

TRA%: Porcentaje de tiempo de disponibilidad de datos reducido en el monitoreo y/o tratamiento.

$$TRA\% = 100\% - \left(\frac{TFS}{TFR} * 100\% \right) \quad (2)$$

Rapidez:

TES: Tiempo de monitoreo con la solución

TER: Tiempo de monitoreo regular.

Indicador:

TRA%: Porcentaje de tiempo reducido en la atención.

$$TRA\% = 100\% - \left(\frac{TES}{TER} * 100\% \right) \quad (3)$$

Siguiendo con el proceso de la validación se decidió diseñar un instrumento que nos ayude a validar nuestras variables, en este caso son una serie de encuestas (google forms)

que serán dirigidas hacia la persona responsable del paciente y hacia los especialistas de salud, esto con el fin de poder evaluar los resultados en base a las variables definidas ya que para cada variable existirá una serie de preguntas planteadas acorde a la situación frente al monitoreo de pacientes con diagnóstico de Alzheimer.

V. CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio es desarrollar un sistema de seguimiento a pacientes con Alzheimer mediante el uso de un wearable, que monitorea parámetros vitales como la frecuencia cardiaca, nivel de oxígeno en sangre, calorías quemadas, nivel de sueño, pasos y distancia recorrida. El sistema también permite el monitoreo en tiempo real, enviando los reportes al especialista de salud por si surge alguna complicación por parte del paciente durante el seguimiento. Para nuestro primer objetivo que fue el de comparar arquitecturas, tecnologías y plataformas mediante un benchmarking, pudimos analizar diversas arquitecturas como son: el zapato inteligente, arquitectura SoC, clone y arquitectura a Smart biomedical assisted. Debido a que necesitábamos una arquitectura que versátil, escogimos la arquitectura CLONE, ya que con su flexibilidad al ser un dispositivo adaptable lo hace bastante potente y eficaz para que los datos se transmiten sin necesidad de que el paciente realice alguna actividad extra. Con respecto a las plataformas, teníamos contempladas las de Aws, Azure, Google Cloud e IBM, luego de analizar cada una de ellas escogimos Azure Platform, debido a que sin desmerecer la relación calidad – precio que sabemos que Azure nos proporciona, en segundo lugar, tenemos el apartado de aplicabilidad en donde notamos que con respecto al tipo de proyecto que vamos a realizar tomando en cuenta que este es un sistema móvil ya ha existido proyectos con una alta tasa de éxito utilizando este tipo de plataformas. En el caso de nuestro segundo objetivo que es diseñar la arquitectura física y lógica de sistema para el seguimiento de personas con diagnóstico de Alzheimer, se concluye que, gracias a la correcta estructuración de las arquitecturas tanto lógica, física e integrada en cuanto a todos sus componentes de base de datos, app service entre otros se logró organizar nuestro proyecto de mejor manera y así poder tener un correcto funcionamiento dentro de todo el sistema. En el caso del tercer objetivo que es validar el sistema mediante métricas, decidimos comprobar en una muestra de 30 voluntarios, entre ellos neurólogos, psicólogos y usuarios responsables un nivel de satisfacción del 76,67%, quienes a su vez recomendarían la aplicación, asimismo, logró una efectividad en la disponibilidad de datos reduciéndola en un 86,76%, pasó de 25 días sin el sistema a 22 días luego de aplicárselo. Lo que evidencia que el sistema contribuye en la optimización en la mejora del proceso de seguimiento en pacientes con diagnóstico de Alzheimer. De igual forma, logró disminuir el tiempo de atención en un 39,08%, lo que equivale a 178 horas. El monitoreo en base a lugares recurrentes mediante un mapa de calor hace que el sistema permita enviar información necesaria para el control del mejoramiento por parte del paciente, haciendo de este un sistema altamente

confiable para su uso diario. Además, cumple con el objetivo al mejorar el proceso de seguimiento a pacientes con Alzheimer. Para el cuarto objetivo, que se observa que para asegurar un plan de continuidad, es necesario que se adopte buenas prácticas de itil, considerando que se pueda implementar en un hospital del gobierno, manteniéndose así un ratio de costo de efectividad de 65 dólares por cada usuario. Finalmente, según los resultados expuestos, se evidencia que el sistema mejora con respecto al proceso de monitoreo a pacientes con Alzheimer, éstas pruebas se realizaron utilizando un smart-watch, sin embargo, a través del benchmarking, se encontraron soluciones mediante arquitecturas basadas en zapatos inteligentes, lentes inteligentes, los cuales pueden ser usadas para investigaciones futuras. Debemos hacer que se mejore el uso en las tecnologías conformadas dentro del sistema. Sin embargo, este trabajo se puede formular para próximas mejoras en el tiempo.

VI. REFERENCIAS

- a) Rose, K. M., Coop Gordon, K., Schlegel, E. C., Mccall, M., Gao, Y., Ma, M., ... Stankovic, J. (2021). *Smarthealth technology study protocol to improve relationships between older adults with dementia and family caregivers*. *Journal of Advanced Nursing*, 77(5), 2519–2529. doi:10.1111/jan.14714:
- b) Muurling, M., de Boer, C., Kozak, R., Religa, D., Koychev, I., ... Visser, P. J. (2021). *Remote monitoring technologies in Alzheimer's disease: design of the RADAR-AD study*. *Alzheimer's Research Therapy*, 13(1). doi:10.1186/s13195-021-00825-4:
- c) Guo, R., Cheng, X., Hou, Z.C., Ma, J. Z., Zheng, W. Q. (2021). *Un sistema de sensores integrado en zapatas para la evaluación a largo plazo del centro de presión*. *IEEE Sensors Journal*, 21(23). https://doi.org/10.1109/jsen.2021.3116249:
- d) Serra-Añó, P., Pedrero-Sánchez, J. F., Hurtado-Abellán, J., Inglés, M., Espí-López, G. V., López-Pascual, J. (2019). *Evaluación de la movilidad en personas con enfermedad de Alzheimer utilizando sensores de teléfonos inteligentes*. *Revista de Neuroingeniería y Rehabilitación*, 16(1). https://doi.org/10.1186/s12984-019-0576-y:
- e) Al-Naami, B., Abu Owida, H., Abu Mallouh, M., Al-Naimat, F., Agha, M., Al-Hinnawi, A. R. (2021). *Un nuevo prototipo de solución de sistema de monitoreo portátil inteligente para pacientes con Alzheimer*. *Dispositivos médicos: evidencia e investigación*, Volumen 14. https://doi.org/10.2147/mder.s339855:
- f) Liu, L., Wang, H., Li, H., Liu, J. (2021). *Ambulatory human gait phase detection using wearable inertial sensors and Hidden Markov model*. *Sensors (Switzerland)*, 21(4), 1–24. https://doi.org/10.3390/s21041347:
- g) Saied, I. M., Arslan, T. (2020). *Noninvasive Wearable RF Device Towards Monitoring Brain Atrophy and Lateral Ventricle Enlargement*. *IEEE Journal of Electromagnetics, RF and Microwaves in Medicine and Biology*, 4(1). https://doi.org/10.1109/jerm.2019.2926163:
- h) Buchman, A. S., Dawe, R. J., Leurgans, S. E., Curran, T. A., Truty, T., Yu, L., Barnes, L. L., Hausdorff, J.M. (2019). *Diferentes combinaciones de métricas de movilidad derivadas de un sensor portátil se asocian con distintos resultados de salud en adultos mayores*. *The Journals of Gerontology: Series A*, 75(6). https://doi.org/10.1093/geron/glz160:
- i) Araki, T., Uemura, T., Yoshimoto, S., Takemoto, A., Noda, Y., Izumi, S., Sekitani, T. (2019). *Monitoreo inalámbrico utilizando una lámina de sensor elástica y transparente que contiene nanocables metálicos*. *Materiales avanzados*, 32(15). https://doi.org/10.1002/adma.201902684:
- j) Holloway, C., Bhot, W., Yong, K. X. X., McCarthy, I., Suzuki, T., Carton, A., Yang, B., Serougne, R., Boampong, D., Tyler, N., Crutch, S. J., Berthouze, N., Cho, Y. (2022). *STEP-UP: Habilitación de sensores IMU de bajo costo para predecir el tipo de demencia durante la subida diaria de escaleras*. *Fronteras en Ciencias de la Computación*, 3. https://doi.org/10.3389/fcomp.2021.804917:
- k) Au-Yeung, W.-T. M., Miller, L., Beattie, Z., May, R., Cray, H. V., Kabelac, Z., Katabi, D., Kaye, J., Vahia, I. V. (2022). *Monitoring Behaviors of Patients With Late-Stage Dementia Using Passive Environmental Sensing Approaches: A Case Series*. In *The American Journal of Geriatric Psychiatry* (Vol. 30, Issue 1, pp. 1–11). Elsevier BV. https://doi.org/10.1016/j.jagp.2021.04.008:
- l) Crispin-Bailey, C., Austin, J., Platt, B., Moulds, A., Crouch, B. (2019). *Miniature Untethered EEG Recorder Improves Advanced Neuroscience Methodologies*. In *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems* (Vol. 13, Issue 5, pp. 1101–1111). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). https://doi.org/10.1109/tbcas.2019.2935298:
- m) Godkin, F. E., Turner, E., Demnati, Y., Vert, A., Roberts, A., Swartz, R. H., McLaughlin, P. M., Weber, K. S., Thai, V., Beyer, K. B., Cornish, B., Abrahao, A., Black, S. E., Masellis, M., Zinman, L., Beaton, D., Binns, M. A., Chau, V., Kwan, D., ... Van Ooteghem, K. (2021). *Feasibility of a continuous, multi-sensor remote health monitoring approach in persons living with neurodegenerative disease*. In *Journal of Neurology* (Vol. 269, Issue 5, pp. 2673–2686). Springer Science and Business Media LLC. https://doi.org/10.1007/s00415-021-10831-z:
- n) Ghosh, A., Puthusseryppady, V., Chan, D., Mascoco, C., Hornberger, M. (2022). *Machine learning detects altered spatial navigation features in outdoor behaviour of Alzheimer's disease patients*. In *Scientific Reports* (Vol. 12, Issue 1). Springer Science and Business Media LLC. https://doi.org/10.1038/s41598-022-06899-w:
- o) J. R. (2021). *Situational expectations and surveillance in families affected by dementia: organising uncertainties of ageing and cognition*. In *Health Sociology Review* (Vol. 31, Issue 1, pp. 64–80). Informa UK Limited. https://doi.org/10.1080/14461242.2021.1888653
- o) Aslam, A. R., Altaf, M. A. B. (2020). *An On-Chip Processor for Chronic Neurological Disorders Assistance Using Negative Affectivity Classification*. In *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems* (Vol. 14, Issue 4, pp.

838–851). *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*. <https://doi.org/10.1109/tbcas.2020.3008766>:

p) Zhou, H., Park, C., Shahbazi, M., York, M. K., Kunik, M. E., Naik, A. D., Najafi, B. (2021). *Digital Biomarkers of Cognitive Frailty: The Value of Detailed Gait Assessment Beyond Gait Speed*. In *Gerontology* (Vol. 68, Issue 2, pp. 224–233). S. Karger AG. <https://doi.org/10.1159/000515939>:

q) Stavropoulos, T. G., Lazarou, I., Diaz, A., Gove, D., Georges, J., Manyakov, N. V., Pich, E. M., Hinds, C., Tsolaki, M., Nikolopoulos, S., Kompatsiaris, I. (2021). *Wearable Devices for Assessing Function in Alzheimer's Disease: A European Public Involvement Activity About the Features and Preferences of Patients and Caregivers*. In *Frontiers in Aging Neuroscience* (Vol. 13). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.643135>:

r) Hegde, N., Muralidhara, S., Ashoka, D. V. (2019). *A low-cost and autonomous tracking device for Alzheimer's patients*. In *Journal of Enabling Technologies* (Vol. 13, Issue 4, pp. 201–211). Emerald. <https://doi.org/10.1108/jet-03-2019-0017>:

s) Saif, N., Yan, P., Niotis, K., Scheyer, O., Rahman, A., Berkowitz, M., Krikorian, R., Hristov, H., Sadek, G., Bellara, S., Isaacson, R. S. (2019). *FEASIBILITY OF USING A WEARABLE BIOSENSOR DEVICE IN PATIENTS AT RISK FOR ALZHEIMER'S DISEASE DEMENTIA*. In *The Journal of Prevention of Alzheimer's Disease* (pp. 1–8). SERDI. <https://doi.org/10.14283/jpad.2019.39>:

t) Raza, M., Awais, M., Ellahi, W., Aslam, N., Nguyen, H. X., Le-Minh, H. (2019). *Diagnosis and monitoring of Alzheimer's patients using classical and deep learning techniques*. In *Expert Systems with Applications* (Vol. 136, pp. 353–364). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.06.038>:

u) KUAN, Y. C., HUANG, L. K., WANG, Y. H., HU, C. J., TSENG, I. J., CHEN, H. C., LIN, L. F. (2021). *Balance and gait performance in older adults with early-stage cognitive impairment*. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 57(4). <https://doi.org/10.23736/s1973-9087.20.06550-8>:

v) Ehsani, H., Parvaneh, S., Mohler, J., Wendel, C., Zamrini, E., O'Connor, K., Toosizadeh, N. (2020). *Can motor function uncertainty and local instability within upper-extremity dual-tasking predict amnesic mild cognitive impairment and early-stage Alzheimer's disease?* *Computers in Biology and Medicine*, 120, 103705. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2020.103705>:

w) Masciadri, A., Comai, S., Salice, F. (2019). *Wellness Assessment of Alzheimer's Patients in an Instrumented Health-Care Facility*. *Sensors*, 19(17), 3658. <https://doi.org/10.3390/s19173658>:

x) Lancioni, G. E., Singh, N. N., O'Reilly, M. F., Sigafos, J., D'Amico, F., Turnone, B., Laporta, D., Scordamaglia, A., Pinto, K. (2019). *Smartphone-Based Interventions to Foster Simple Activity and Personal Satisfaction in People With Advanced Alzheimer's Disease*. *American Journal of*

Alzheimer's Disease Other Dementias®, 34(7–8), 478–485. <https://doi.org/10.1177/1533317519844144>:

y) Mc Ardle, R., Del Din, S., Galna, B., Thomas, A., Rochester, L. (2020). *Differentiating dementia disease subtypes with gait analysis: feasibility of wearable sensors?* *Gait Posture*, 76, 372–376. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.12.028>:

z) Kamil, R. J., Bakar, D., Ehrenburg, M., Wei, E. X., Pletnikova, A., Xiao, G., Oh, E. S., Mancini, M., Agrawal, Y. (2021). *Detection of Wandering Behaviors Using a Body-Worn Inertial Sensor in Patients With Cognitive Impairment: A Feasibility Study*. *Frontiers in Neurology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.529661>:

) Zhou, H., Lee, H., Lee, J., Schwenk, M., Najafi, B. (2018). *Motor Planning Error: Toward Measuring Cognitive Frailty in Older Adults Using Wearables*. *Sensors*, 18(3), 926. <https://doi.org/10.3390/s18030926>: