

Arquitectura de Ecosistema de Realidad Mixta para asistir la Habilidad Visoconstructiva en Adultos Mayores

Erwin B. Montes Chaparro, Jaime Muñoz-Arteaga, Angel E. Muñoz Zavala, Héctor Cardona Reyes, Klunge Orlando Villalba Condori

Abstract— *Nowadays, Senile Dementia is one of the most recurrent ailments related to aging as brain functions begin to deteriorate, making the elderly more dependent on others to take care of them. Using ecosystems with mixed reality allows them to have an easier way to their activities, have some independence, improve their quality of life and do exercise routines by themselves with the help of the Internet for remote control monitoring. This work proposes an architectural model for a mixed reality ecosystem to support older adults' daily activities. The work advocates the design of the ecosystem components, which are used in two scenarios for the rehabilitation of the visuoconstructive ability of patients, making a more adequate and detailed combination and implementation of connectivity, software and peripherals.*

Index Terms— *Mixed Reality, Elderly, Visuoconstructive Ability, User Experience.*

I. INTRODUCCIÓN

Aún con la adopción de los avances tecnológicos por cada vez más gente a nivel mundial[1], en gran cantidad de ocasiones, la población de edad avanzada (mayores de 60 años) nunca tuvieron la oportunidad de vivir la evolución tecnológica de una manera tan activa como lo hicieron generaciones posteriores.

Dado que la vida diaria de los usuarios considerados en la clasificación de adulto mayor, eso sin mencionar adaptar las interfaces de usuario, lo que implica a el que sea más difícil el que dicho usuario se adapte al uso de los dispositivos modernos que le pueden hacer la vida más sencilla[2]. Razón por la cual se brinda una capacitación en el uso de los dispositivos modernos, no sólo a los adultos mayores sino también a los familiares y profesionales de la salud.

Erwin B. Montes Chaparro, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México (email erwin.montes@edu.uaa.mx).

Jaime Muñoz-Arteaga, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México (email jaime.munoz@edu.uaa.mx).

Angel E. Muñoz Zavala, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México (email eduardo.munoz@edu.uaa.mx).

Héctor Cardona Reyes, CONACYT Research fellow CIMAT, Zacatecas, México (email hector.cardona@cimat.mx).

Klunge Orlando Villalba Condori, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú (kvillalba@ucsm.edu.pe).

El fin es que los adultos mayores lleguen a tener una buena experiencia y sea lo más simples posibles el manejo de las interfaces gráfica. Aún si, es sabido que los adultos mayores suelen ser tecnológicamente entusiastas [1], [3], en la capacitación es importante tener en mente la brecha generacional para que puedan adaptarse a las nuevas tecnologías con la mínima asistencia,

La gente mayor puede padecer de baja autoestima después de su retiro debido a los grandes cambios en su rutina diaria, reduciendo su interacción social y su actividad física drásticamente. Una persona jubilada debería mantener su derecho a sentirse útil dignamente; cada usuario debería descubrir sus propias capacidades y limitaciones. La calidad de vida es un concepto vinculado al bienestar físico, social y mental [4].

Las habilidades viso-perceptuales se refieren a los procesos que se involucran en el análisis e identificación de estímulos visuales para reconocimiento de objetos; las Habilidades Visoespaciales son aquellos procesos necesarios para percibir la ubicación espacial, orientación, dirección y distancia; las habilidades viso-constructivas se refieren a las habilidades necesarias para poner todas las partes juntas como un todo [5]. Estas habilidades suelen verse afectadas en cuadros de demencia senil como consecuencia de padecimientos como el Alzheimer [6] y la enfermedad de Parkinson [7].

La demencia senil es conocida como la tercera causa de muerte en adultos mayores, justo después de enfermedades cardíacas y cáncer [8], con afectaciones a la memoria, el uso del lenguaje, distintos niveles de percepción, el juicio y el razonamiento [9], pero es posible reducir sus repercusiones en la salud mental a través de ejercicios aeróbicos [10]. Esto combinado con entornos virtuales en la actividad física diaria, ha mostrado en los adultos mayores un incremento en el interés por las rutinas de ejercicio debido a su baja o nula interacción social con otras personas, haciéndolos mejorar su estimulación cognitiva [3].

Debido a la gran presencia de la tecnología en nuestra rutina diaria, y formando gran parte de nuestras vidas de manera directa o indirecta, las nuevas generaciones pueden adaptarse rápidamente a la evolución tecnológica que ha sido creada para

ser lo más sencilla posible para los usuarios finales. La Experiencia de Usuario (Ux) es un área relativamente nueva en el desarrollo de aplicaciones y dispositivos modernos; hay diferencias visibles entre dispositivos antiguos y nuevos y cómo interactúan con el usuario final [11]. Se puede observar un gran diseño de experiencia de usuario cuando se habla de Asistentes Inteligentes, incluso cuando están involucrados distintos acentos en un mismo lenguaje la satisfacción del usuario es sobresaliente [12]. Amazon ha creado una de las más versátiles tecnologías de asistencia de voz con una simulación realista que hace sentir cómodo a cualquier usuario con pocos conocimientos tecnológicos al realizar una solicitud a través del micrófono, dando al usuario un universo de posibilidades cuando se diseña una interfaz con servicios de reconocimiento de voz de por medio, haciendo la interacción más natural y fácil de aprender.

En México, el Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (SNDIF o simplemente DIF) es una institución pública mexicana de asistencia social fundada en 1977 (www.gob.mx/difnacional). Esta institución se enfoca en desarrollar el bienestar de las familias mexicanas, que en sus actividades generales incluye: promover la planificación familiar, el cuidado y protección de los niños, lucha contra el abuso de sustancias, apoyo a personas con discapacidades y la asistencia a los adultos mayores. La apertura del DIF a proyectos de investigación es importante para trabajos orientados a la aplicación de tecnologías en programas de terapias, dando oportunidad a tratar y convivir con pacientes con quienes es posible adaptar y probar propuestas de sistemas en escenarios reales [13].

Lo que este trabajo se plantea es si el uso de tecnologías actuales en la rutina de los pacientes adultos mayores puede reducir el riesgo de sufrir alguna baja en sus habilidades visuoconstructivas, frenando el deterioro cognitivo para mejorar su calidad de vida a largo plazo a través de entornos virtuales intuitivos y adaptados con el uso de dispositivos de Realidad Virtual y Aumentada (Realidad Mixta).

El actual trabajo está dividido en las siguientes secciones: La sección II se denomina Antecedentes y contiene definiciones de las tecnologías relacionadas a utilizar. La sección III está formada por los trabajos relacionados utilizando Realidad Virtual y tratamiento de pacientes con demencia senil. La sección IV habla sobre la problemática, incluyendo trabajos que utilizan las tecnologías que integran esta propuesta. La sección V presenta una arquitectura de Ecosistema Digital para desarrollar entornos de realidad mixta, describiendo la arquitectura general para varios escenarios posibles y dividiéndola en capas de interacción para poder asistir a pacientes con padecimientos relacionados con la demencia. En la sección VI se presenta un caso de estudio aplicando varias tecnologías a un escenario real. En la sección VII de la discusión se plantea una visión más amplia de cómo se puede utilizar este enfoque más allá del estudio específico.

II. ANTECEDENTES

Los ecosistemas tecnológicos cuentan como la evolución de los sistemas de información tradicionales[14], [15]. Un ecosistema digital, como metáfora tecnológica, se deriva del concepto de un ecosistema biológico como una comunidad de organismos vivos cuyos procesos vitales están interrelacionados y cuyo desarrollo está basado en los factores físicos del ambiente en el que viven[16]. La definición de una estructura arquitectural para ecosistemas tecnológicos requiere tomar en consideración todos los aspectos relacionados con la integración, interoperabilidad y evolución de los componentes, así como una definición apropiada de la arquitectura subyacente [17]. En resumen, un ecosistema digital puede definirse como un conjunto de redes de baja cohesión de organización interactiva que están digitalmente conectadas y habilitadas con base en la modularidad y que pueden afectar y ser afectadas por otros dispositivos[18].

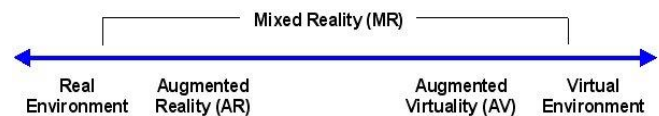


Fig 1. Representación simplificada de la Realidad Mixta por Milgram y Kishino (1994) [21].

Para establecer el ecosistema de este trabajo es necesario mencionar las tecnologías que estarán interrelacionadas, como son la Realidad Virtual, la Realidad Aumentada, la Realidad Mixta y su integración con múltiples protocolos y dispositivos en el ámbito de la red local.

La Realidad Virtual, también conocida como Entornos Virtuales, rodea a una persona con imágenes y sonidos que pueden sentirse físicamente presentes en el entorno virtual [19]. Con la flexibilidad de Motores de Juego modernos, los entornos virtuales son más fáciles de desarrollar que nunca, y actúan como herramienta confiable para mejorar la experiencia de usuario combinado con sus actividades diarias [3], [19], [20]. La interacción social a través de los entornos virtuales tiene un futuro prometedor como herramienta para la salud pública en áreas como la educación, simulación, toma de decisiones, intervención en cambios de comportamiento, prácticas clínicas y entrenamiento especializado [21], dando a los proveedores de este tipo de servicio, técnicas para comunicar ideas y la habilidad de enfocarse en ciertas audiencias para entenderlas.

La Realidad Aumentada es un término para nombrar al conjunto de tecnologías que permiten a los usuarios ver parte de su entorno real a través de un dispositivo tecnológico con información gráfica extra, añadiendo objetos virtuales a la vista real [2]. Aplicado a la vida diaria, la Realidad Aumentada puede facilitar algunas actividades para las personas coloreando objetos o mostrando notificaciones visuales, ayudando a las personas con deficiencia visual y auditiva completar sus tareas con asistencia visual y retroalimentación con una mínima intervención del personal geriátrico a cargo.

La Realidad Mixta, según la representación de Milgram y Kishino [22] (Figura 1) combina objetos reales y la interacción

objetos virtuales, dando la posibilidad de combinar objetos tangibles y periféricos con objetos 3D en un visor [23]. El uso de periféricos tangibles puede hacer sentir al adulto mayor más cómodo con las representaciones tridimensionales en combinación con la vibración háptica como retroalimentación.

La Figura 2 muestra el protocolo tradicional de seguimiento del paciente en el DIF [24], con la capa añadida de escenario de Realidad Mixta. En esta representación se utiliza el escenario de Realidad Mixta como una herramienta complementaria al proceso que se irá incorporando poco con cada nueva iteración de pruebas hasta integrarse de manera orgánica al proceso de rehabilitación de los pacientes.

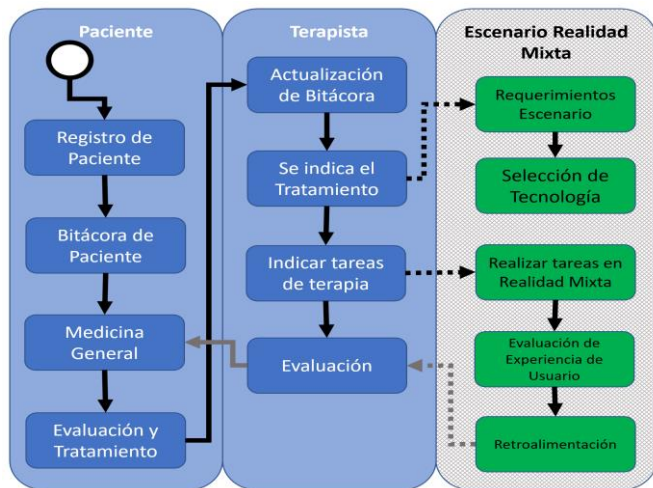


Fig 2. Protocolo tradicional de seguimiento de terapia física del paciente y su interacción con el terapeuta y su relación con el escenario de Realidad Mixta. Las líneas negras representan la secuencia ordenada del proceso, las líneas grises representan la retroalimentación hacia la capa anterior del diagrama de secuencia. Las líneas punteadas representan la conexión hacia el escenario de Realidad Mixta con respecto a la secuencia tradicional [24].

La miniaturización moderna ha permitido la creación de pequeños y poderosos dispositivos móviles como la microcomputadora Raspberry Pi, siendo la opción perfecta para un dispositivo de bajo consumo que se utilice como unidad central de proceso de sistemas de automatización de hogar personalizados [25] permitiendo la conexión entre múltiples pequeños dispositivos, actuadores, sensores y otros componentes electrónicos activos utilizando Arduino como interfaz de Hardware.

III. ESTADO DEL ARTE

El uso de la Realidad Virtual y Aumentada en el tratamiento de padecimientos relacionados con enfermedades neurocognitivas es relativamente nuevo en la práctica. Debido a la reducción de costos en equipos de realidad virtual y el incremento en potencia de procesamiento para dispositivos móviles, la realidad virtual se ha vuelto mucho más asequible para el público en general que nunca [26].

La facilidad de uso de motores de juego modernos han mostrado un crecimiento exponencial en la creación de experiencias de entornos virtuales cuando se combinan con

motores de juego como Unity [3], [19], [20] (de uso gratuito para aplicaciones no comerciales) y teléfonos móviles con aditamentos para Realidad Virtual y Aumentada como el Google Cardboard [27], permitiendo a los usuarios que no están al día con tecnologías de este tipo, probar las tecnologías de realidad mixta y a los desarrolladores crear aplicaciones experimentales relativamente gratuitas.

Desde 2012 puede verse un incremento en las aplicaciones de Realidad Virtual orientadas a padecimientos de demencia [28] en conjunto con la facilidad de creación de ambientes virtuales, llevando a los pacientes geriátricos fuera de su lugar de cuidado de manera virtual, permitiéndoles explorar una gran variedad de escenarios y estudiando sus reacciones a entornos naturales virtuales [19]. Existe una propuesta en entornos de Realidad Virtual adaptativa que utiliza retroalimentación en tiempo real para cambiar lo que el usuario puede percibir en el entorno mientras se monitorea su actividad cerebral [20].

La combinación de entornos virtuales y ejercicio permiten a los adultos mayores evitar actividades rutinarias “visitando” otros lugares fuera del centro de cuidado donde habitan de manera virtual [3], obteniendo una evaluación positiva de parte de los usuarios e incentivándolos a ejercitarse por un tiempo mayor al usual; el mismo trabajo se enfoca en el diseño de hardware adaptando un ejercitador de piernas y brazos a un entorno virtual utilizando el motor de juegos Unity.

El tratamiento de padecimientos más específicos como el Alzheimer han mostrado resultados prometedores en la combinación con Realidad Virtual [29], con grandes beneficios cuando se integran con modelos teóricos y Realidad Mixta [30] a través de la terapia de Reminiscencia.

El proyecto CogARC [31] combina el uso de objetos virtuales con detección de objetos reales para añadir una capa de Realidad Aumentada en una aplicación para Tablet para que los adultos mayores puedan jugar algunos minijuegos; incluso tras haber obtenido resultados positivos en la evaluación de los usuarios hacia el sistema, las evaluaciones negativas muestran que aún hay problemas en el aspecto de interacción para algunos juegos.

El sistema HalleyAssist [32] involucra un complejo ecosistema que trata de prevenir la mayor cantidad posible de enfermedades relacionadas con los pacientes geriátricos combinando conjuntos de sensores de distintos tipos para lograr una detección óptima de patrones anómalos de acuerdo con la información recolectada.

El uso de dispositivos de realidad Aumentada como HoloLens [33] han mostrado ser un dispositivo de apoyo para terapias de pérdida de memoria con un amplio rango de contenido disponible para este tipo de dispositivos. Experiencias de video panorámico en 360° pueden mejorar la atención de los pacientes, pero un diseño de interfaz es necesario para adaptarse a los usuarios de edad avanzada y facilitar su uso, sin mencionar que una mala calibración del dispositivo puede causar mareos (malestar de movimiento y deformación del punto de vista).

El Proyecto DCPAR [2] combina el uso de una aplicación de

Tablet con un pico-proyector colgando alrededor del cuello. Aun con una buena respuesta de los usuarios adultos mayores y el buen diseño de interfaz de la aplicación de tableta, existen problemas al colgar el dispositivo del cuello provocando escenarios de incomodidad. En los casos donde el usuario está utilizando una silla de ruedas, el pico-proyector no suele tener la orientación correcta para mostrar la información al usuario en la pared.

El proyecto Edlgergames combina la Realidad Mixta con un juego de mesa para entrenar funciones cognitivas [23]. El artículo analiza los aspectos emocionales de la interacción entre jugadores y cada jugador con el juego, obteniendo resultados positivos de la plataforma con los adultos mayores, comprobando que un buen diseño de experiencia de usuario orientada a los adultos mayores es viable.

La Universidad Europea de Madrid puso a prueba dos proyectos de Realidad Virtual para educación basada en simulación [34]: el primero involucra el uso del sistema RCSI Medical Training Application para capacitar a estudiantes del ámbito de salud en caso de una emergencia que involucra un paciente que acaba de sufrir un accidente de auto, permitiendo a los estudiantes analizar la situación, establecer prioridades y llevar a cabo acciones como RCP e inmovilización del paciente además de la importancia de manejar el auto control en situaciones de estrés; el segundo se lleva a cabo con la aplicación de entrenamiento UE Risk Simulator, cuyo objetivo es entrenar a estudiantes del sector farmacéutico en el manejo de accidentes dentro de un laboratorio, aprendiendo reglas básicas y procedimientos de escenarios peligrosos y encontrar la mejor manera de resolver el problema presentado. Ambos entornos virtuales lograron resultados positivos, brindando conocimiento a estudiantes al mismo nivel de una práctica real, con la diferencia de que el entorno virtual evita poner en riesgo la seguridad de los estudiantes, repetir la prueba las veces que sean necesarias y detener la prueba en caso de que algún inconveniente en la experiencia virtual se presente.

IV. PROBLEMÁTICA

Se pueden encontrar muchas áreas de oportunidad cuando se trata el tema de Realidad Mixta aplicada a pacientes de edad avanzada; algunos de los problemas que este trabajo intenta resolver son:

- Problemas de movilidad: es uno de los padecimientos más frecuentes de la población de edad avanzada debido a deterioros musculares, cardiovasculares, metabólicos, musculares y deterioro cerebral con el avance de la edad [10]; se conoce que los signos de algunas enfermedades cerebrales suelen aplazarse cuando el paciente mayor tiene una rutina regular de ejercicio. Este artículo mencionado busca mantener una actividad física constante para mantener la salud mental y, de ser posible, utilizando dispositivos ligeros y entornos virtuales para lograr atrapar la atención del usuario.
- Ergonomía del dispositivo: Los sistemas de terapia ocupacional [13] muestran resultados positivos para la

interacción del paciente en rehabilitación motora utilizando entornos virtuales y periféricos. Encontrar el balance entre periféricos ergonómicos, dispositivos electrónicos corporales cómodos, interfaces de usuario intuitivas y entornos virtuales agradables es posible para incrementar el interés en el usuario objetivo, haciendo de las sesiones de terapia una experiencia más disfrutable y fácil de usar con una intervención externa y monitoreo al mínimo.

- Enfoque de Ingeniería de software: muchos artículos de investigación enfocados a la Realidad Aumentada para los pacientes geriátricos están enfocados en la parte práctica, el dispositivo físico, la funcionalidad y el diseño de experimentos dependiendo del escenario [8], [23], [35], dejando el apartado de diseño de software de lado.

V. ARQUITECTURA DE ECOSISTEMA DIGITAL

La presencia de distintas tecnologías para interactuar entre sí utilizando distintos protocolos de comunicación pueden producir confusión entre todos los dispositivos que están interactuando, razón por la cual es necesario definir una arquitectura de Ecosistema Digital [15], [18] y estar consciente de la distribución y conectividad de dispositivos. Desarrollar un conjunto de entornos interactivos tendrá que ser distinto dependiendo del escenario de cada paciente. Este trabajo propone una arquitectura de ecosistema digital combinando Realidad Aumentada, Entornos Virtuales (Realidad Mixta), y las herramientas de diseño de Software que puede encontrarse en UML (Unified Modeling Language) [36] y SysML (System Modeling Language) [37], utilizando la Interacción Humano-Computadora (HCI) [38] para adaptar la Interfaz y Experiencia de Usuario. Se busca una manera de adaptarse fácilmente a la mayor cantidad de escenarios de enfermedad posible comenzando por la habilidad visuoconstructiva, dando seguimiento a la evolución de los padecimientos del paciente.

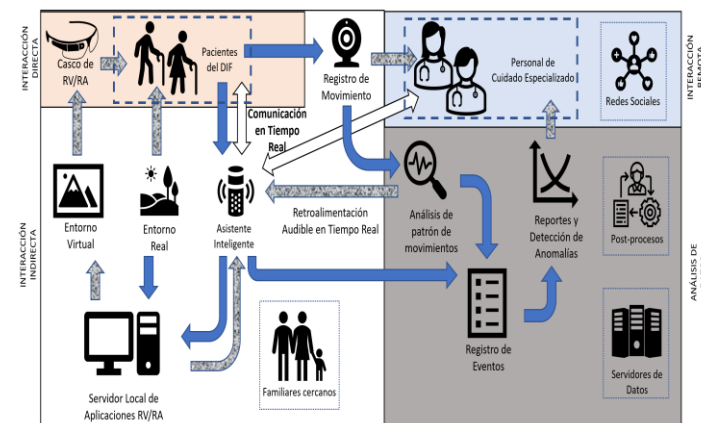


Fig 3. Arquitectura de Ecosistema digital para la asistencia remota para terapias de pacientes de edad avanzada con demencia senil en una institución de salud.

Utilizando la conectividad a Internet, es deseable un diseño de monitoreo remoto para mantener a todas las partes involucradas en contacto con el paciente geriátrico (familiares,

amigos, personal de cuidado especializado) incluso cuando no se encuentran en el mismo inmueble.

La propuesta de la arquitectura se muestra en la Figura 3, dividido por capas de interacción e integrando distintos tipos de dispositivos tecnológicos y su interacción con los distintos actores. La descripción de cada capa se detalla continuación.

A. Interacción Directa

En este trabajo se define la Interacción directa como todos los dispositivos que interactúan con el paciente al nivel de mayor cercanía como tabletas, teléfonos inteligentes, dispositivos de Realidad Virtual y Aumentada y dispositivos electrónicos corporales que incluyen sensores biométricos para monitorear el ritmo cardíaco y contadores de pasos con la adición de teléfonos inteligentes para la detección de caídas [39]. Estamos en el entendido de que algunos tipos de demencia pueden causar que los pacientes olviden que están vistiendo un dispositivo electrónico, así que la necesidad de un dispositivo no intrusivo es una necesidad para este tipo de aplicación, eso sin mencionar el diseño ergonómico para hacer la experiencia más cómoda para el adulto mayor.

Dispositivos móviles personales como tabletas o smartphones, que los pacientes pueden cargar consigo, les permiten estar al pendiente de su situación médica actual además de ser un medio para recibir llamadas y notificaciones de familiares y personal de cuidado. Mientras tanto el conjunto de sensores encontrados en los smartphones puede registrar caídas accidentales, patrones de movimiento y actividades diarias para análisis de la rutina diaria.

Las gafas de Realidad Virtual y Aumentada (Realidad Mixta) pueden ejecutar algunas rutinas en entornos virtuales para permitir al paciente múltiples terapias para ejercitación física y enfermedades mentales, alternando un escenario virtual para hacer la experiencia menos monótona.

B. Interacción Indirecta

El área de Interacción indirecta estará integrada por dispositivos con los que el paciente puede interactuar sin estar directa cercanía, pero sí en un ámbito local de red con un servidor en sitio para procesar los datos antes de enviarlos a Internet. Usualmente los dispositivos electrónicos vestibles (wearables) tienen una capacidad de procesamiento, almacenamiento y batería mucho muy pequeñas, por lo que un dispositivo más potente para recolectar toda la información es indispensable.

Microcomputadoras como la Raspberry Pi [25] pueden fungir como procesadores potentes para el tratamiento de datos para las lecturas recibidas de los wearables y otros dispositivos en la red local, como pueden ser:

- Cámaras para reconocimiento de patrones y monitoreo remoto en vivo.
- Asistentes inteligentes como Google Home o Alexa [12] para la interacción directa del usuario y solicitudes a través de comandos de voz (para asistencia en uso de alarmas, recordatorios, consejos, y conversaciones de nivel básico con los servicios de voz conectados a Internet).

- Sensores para monitoreo de ambiente y para realizar acciones simples de control con notificaciones para el usuario, en situaciones como cambio de temperatura o nivel de humedad.

Después de procesar la información de la situación del paciente, la tarjeta Raspberry se conectará a Internet para dar información en vivo al personal y desplegar alertas al personal de cuidado en situaciones anómalas.

En esta capa de interacción, el paciente puede solicitar comandos de voz simples del asistente de voz, y en caso de requerir comandos o interacciones más complejas, los familiares en sitio pueden llevar a cabo la tarea de inclusión digital para el adulto mayor, después de una capacitación en el uso del ecosistema digital por parte del personal de cuidado, además de estar conectados a un sistema de notificaciones sobre el estado del paciente.



Fig 4. Usuario adulto mayor utilizando una pulsera Xiaomi Mi Band 3, un dispositivo con diseño compacto y simple. Fuente: *propia*.

C. Interacción Remota

Esta capa de interacción se lleva a cabo a través de la conexión a Internet, permitiendo al personal de cuidado especializado y a los familiares interesados mantener un contacto a través de audio y video y recibir notificaciones del estado físico del paciente realizando llamadas utilizando un asistente inteligente o dispositivos móviles.

La participación del personal médico en esta capa se enfoca en la consulta remota del paciente, además de la comprobación de los datos recabados de seguimiento, validando la realización de las terapias en los horarios designados. El personal de cuidado especializado puede llevar a cabo el monitoreo en vivo del paciente durante sus rutinas y externar comentarios de retroalimentación de las terapias en tiempo real a través de llamadas de voz y/o video.

D. Análisis de Datos

Los datos obtenidos durante el monitoreo constante a los pacientes adultos mayores representan una fuente de información importante para el reconocimiento de patrones biométricos al desempeñar una actividad en específico, ya que es posible detectar variaciones y anomalías en el paciente según los datos históricos de este y automatizar procedimientos que permitan detectar mejorías a través del tiempo y con un nivel de periodicidad según el tipo de variable. Con un análisis

profundo es posible detectar cambios que representen síntomas de padecimientos que afectan la habilidad viso-constructiva en etapas tempranas.

Para llevar a cabo la captura y almacenamiento de datos se requiere una conexión de túnel para proteger los datos recolectados de los diferentes pacientes mientras viajan hacia los servidores de datos, donde todo el procesamiento de *big data* se llevará a cabo.

La infraestructura de servidor debe ser escalable, esto para estar preparada para el momento en que el ecosistema comience a permitir más y más usuarios en distintas locaciones, incluyendo asilos, estancias, hogares de pacientes y clasificarlos por tipo de enfermedad y padecimiento. La escalabilidad del ecosistema debe contemplar métodos de procesamiento de *big data* y algoritmos que puedan clasificar los datos automáticamente.

VI. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

El público objetivo es la población de adultos mayores que se encuentran en asilos públicos que pertenecen a la institución "Desarrollo Integral para la Familia" (DIF estatal, www.aguascalientes.gob.mx/dif/) en la ciudad de Aguascalientes, México. Se necesita una entrevista con el personal especializado de asistencia para estudiar los procedimientos de terapias físicas, actividades recreacionales y horarios de sueño para los pacientes geriátricos. También serán necesarias entrevistas con los pacientes para conocer sus preferencias generales y apertura a utilizar dispositivos tecnológicos y vestir ciertos dispositivos.

El escenario descrito a continuación involucra a un adulto mayor con padecimientos provocados por la enfermedad de Alzheimer, afectado en sus habilidades viso-constructivas y cómo se relaciona con cada capa de interacción.

A. Interacción Directa

El paciente, teniendo dificultades de memoria, no logra recordar dónde deja sus llaves y comienza a dificultársele encontrar sus medicamentos para sus padecimientos crónicos. Su percepción espacial se ha visto afectada y en ocasiones no puede percibir la distancia a la que se encuentra de los objetos o en qué habitación se encuentra dentro de su hogar.

La Xiaomi Mi Band (Figura 4) es un dispositivo especialmente útil para monitorear la cantidad de pasos del usuario por día, nivel de oxigenación en la sangre y el ritmo cardíaco de un paciente según la versión del dispositivo. Se caracteriza por un bajo costo con una calidad de lectura aceptable, además de un buen rendimiento de batería que puede ir de una hasta tres semanas, dependiendo de la versión del dispositivo y las funciones que se están utilizando. Este dispositivo puede permitir la recepción de notificaciones con una ligera vibración a la muñeca que le recuerde revisar su smartphone para recordarle información útil. El dispositivo Mi Band aporta lecturas de una o dos semanas hasta que la batería se agote, evitando la necesidad de atención al aparato por un periodo relativamente largo.

Además de que un Smartphone conecta cada dispositivo Mi Band para guardar la información de los pacientes por conexión

Bluetooth, también será necesario conocer si el paciente tiene una deficiencia visual para elegir el aparato según el tamaño de pantalla requerido.

Las lecturas nos darán una idea de cuántos pasos camina el paciente al día y ajustar sus rutinas de ejercicio cuando sea necesario. El monitor de ritmo cardíaco puede ayudar al personal de cuidado especializado a tener lecturas de ritmo cardíaco más frecuentes sin tener que estar con el paciente en sitio.

Para la primera parte del proyecto, la primera versión comercial del visor Oculus Rift será el dispositivo de Realidad Virtual a utilizar (Figura 5) como parte del prototipo inicial para las pruebas de entornos virtuales. A través del visor Oculus Rift el paciente tendrá la posibilidad de "visitar" ambientes virtuales con un nivel de inmersión proporcionado por una forma intuitiva de interactuar con dicho entorno, donde el paciente podrá aprender a familiarizarse con las actividades y los objetos que se encuentran en el entorno virtual. Es posible que el paciente adulto mayor obtenga nuevos conocimientos a través de la interacción virtual según las rutinas sugeridas y la capacidad motriz del paciente, modificando los niveles de interactividad según sea necesario.



Fig.5. Adulto mayor utilizando un visor Oculus Rift en un entorno virtual. La realidad virtual está considerada como una primera etapa del desarrollo del ecosistema de realidad mixta. Fuente: *propia*.

Para futuras etapas del proyecto, el objetivo es utilizar el visor Cardboard con un dispositivo móvil, como gafas de realidad virtual y Aumentada de bajo costo y con una gran facilidad de replicación de piezas de recambio. La integración de Realidad Aumentada a la rutina diaria puede permitir al paciente detectar objetos frente a él y colocar texto en pantalla para orientarlo y ayudarlo a evitar accidentes cuando se encuentra solo en su hogar.

B. Interacción Indirecta

Google Home y Amazon Alexa son dispositivos controlador por voz de bajo costo con ágiles algoritmos de procesamiento de voz [12] para dar una respuesta casi inmediata a comandos. Estos dispositivos pueden dar información al paciente acerca del clima, la hora o su agenda de terapias; también puede

proporcionar interacciones virtuales incluyendo cantar canciones, solicitar información, jugar juegos con voz, decir bromas y resolver acertijos haciendo la rutina diaria del paciente más disfrutable.

Instalación de cámaras con reconocimiento de patrones de movimiento desde una Raspberry Pi [25] permitirán al ecosistema ubicar al paciente dentro del inmueble y notificar a su visor de realidad mixta su situación con respecto a los objetos que se encuentran a su alrededor.

En el funcionamiento dentro del ecosistema, el Asistente Inteligente puede desplegar alertas de voz en caso de que se detecten problemas del paciente al desplazarse por su casa y como refuerzo en alertas y notificaciones del smartphone que lleva consigo.

C. Interacción Remota

Utilizando las APIs de redes sociales populares como Facebook, Twitter y algunos servicios de mensajería instantánea como Telegram, se pueden enviar notificaciones a todos los amigos y familiares interesados en la condición del paciente; de una manera similar, el personal médico y de cuidado geriátrico puede recibir notificaciones especializada (información biométrica, registro de actividades del paciente, anomalías en lecturas y registro de rutinas) en lugar de interacciones orientadas a redes sociales, para saber el estado del paciente en una comunicación más orientada al tiempo real. Este tipo de alertas darán al personal médico un estado en vivo de la situación del paciente o llevar a cabo una consulta sin necesidad de hacer una visita en sitio.

D. Análisis de Datos

El primer paso del análisis de datos es construir una base de conocimientos con toda la información recolectada de los dispositivos con los que interactúa el paciente. Con todos los datos recibidos de las rutinas de los pacientes se ejecutarán rutinas de minería de datos para detectar patrones utilizando análisis estadístico y heurísticas. En caso de que el paciente esté ejecutando incorrectamente una de sus rutinas, el sistema debe estar preparado para detectar alteraciones con respecto a los datos históricos que pueden ser verificados por el personal médico de cuidado. Es importante que el paciente sepa lo antes posible cuando una rutina se está ejecutando erróneamente para evitar lesiones físicas.

En etapas posteriores se espera tener la posibilidad de detectar anomalías en el movimiento del paciente y ciertos padecimientos en etapas tempranas, dando al personal médico la oportunidad de tratar ciertas enfermedades de manera oportuna.

TABLA I
EVALUACIONES DE LA EXPERIENCIA DEL USUARIO PROPUESTAS PARA EL DISEÑO DE ESCENARIOS DE REALIDAD MIXTA.

Tipo de Evaluación	Medidas
UEQ (User Experience Questionnaire) [39]	Atractivo Eficiencia Claidad Confianza Estimulación Novedad

SUS (System Usability Scale) [39]	Usabilidad percibida Efectividad Eficiencia Satisfacción
UMUX (Usability Metric for User Experience) [40]	Fiabilidad Validez concurrente Sensibilidad
CSUQ (Computer system Usability Questionnaire) [40]	En totalidad Utilidad del Sistema Calidad de la Información Calidad de la Interfaz
AttrakDif [41]	Calidad Pragmática Calidad Hedónica (identidad) Calidad Hedónica (estimulación) Atractivo

E. Experiencia del Usuario

Medir la experiencia de usuario es de gran importancia debido a las dificultades de adaptación del adulto mayor promedio a tecnologías de última generación [2], por eso es necesario medir la experiencia de usuario utilizando algunas de las evaluaciones más representativas disponibles en la literatura [40]–[42] y en detalle en la Tabla I. Con estos instrumentos de evaluación podemos conocer la percepción de los adultos mayores de los entornos de Realidad Mixta en sus actividades de terapia, la facilidad de uso y adaptación y el esfuerzo requerido para llevar a cabo dichas actividades.

VII. DISCUSIÓN

El presente trabajo responde a la pregunta de cómo el modelo arquitectural propuesto logrará que los adultos mayores mejoren su calidad de vida a través de rutinas y entornos de Realidad Mixta que permitan reducir el deterioro cognitivo que afecta a sus habilidades viso-constructivas con la supervisión y asesoría de terapeutas y médicos especializados en cuidado geriátrico.

La definición de un ecosistema digital puede facilitar la esquematización a nivel de hardware y software que nos permitirá tener una visión más concreta de todos los elementos que se encuentran involucrados en el seguimiento del paciente y sus terapias correspondientes. La arquitectura resultante nos puede servir como “molde” de un enfoque general para poder identificar los bloques principales y adaptarlo rápidamente a múltiples tecnologías para el tratamiento de distintos padecimientos en la situación específica de cada paciente geriátrico de una manera eficaz.

Una vez validado el funcionamiento de la arquitectura del ecosistema y obteniendo una evolución positiva en los pacientes adultos mayores, será posible ampliar la población objetivo permitiendo dar terapia a una variedad más extensa de padecimientos y en distintos rangos de edad, además de permitir la inclusión de una gama más diversa de dispositivos biométricos para tener un seguimiento más preciso y completo del estado de los usuarios que utilizan el ecosistema.

El modelado de un ecosistema digital es una parte necesaria

de la interconexión entre todos los tipos de dispositivos y el tipo de interacción con los actores involucrados. Cada dispositivo en el ecosistema tiene un rol esencial para mantener una conectividad consistente a través de todas las capas. Comprender la situación específica de cada usuario final nos brindará una visión más amplia de las necesidades para los padecimientos que se están analizando con el paciente.

VIII. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La creación de entornos virtuales nos permite tener aplicaciones a las que se pueden adaptar ágilmente las mecánicas de terapia tradicionales, con opción de alta escalabilidad e incluso hibridación de terapias si el paciente requiere múltiples ejercicios en caso de sufrir diferentes padecimientos. Las interacciones entre los adultos mayores y los entornos virtuales a través de la realidad mixta pueden ofrecer una enorme expansión en su interacción diaria sin salir de sus hogares, permitiéndoles evitar la monotonía y hacer más atractivas las sesiones de terapia que llevan. El apartado de realidad aumentada puede ayudar a los pacientes geriátricos a tener una mejor percepción de su entorno cuando no cuentan con compañía en sitio.

Una experiencia de usuario intuitiva pensada especialmente para los adultos mayores puede funcionar como incentivo para realizar sus terapias diarias de una forma más agradable, provocando que el paciente de edad avanzada tenga un interés mayor por llevar a cabo sus sesiones de ejercicio sin la obligación que establece el personal de cuidado geriátrico.

El smartphone del paciente es muy importante como herramienta de conectividad al ecosistema, vista de notificaciones, llamadas de voz/video y monitoreo básico del estado del usuario, además de funcionar como pantalla para el visor Cardboard. Se requiere un dispositivo con un balance entre costo y rendimiento, esto para llevar a cabo una implementación más asequible, pero con suficiente capacidad para mostrar los gráficos 3D que serán renderizados en el entorno virtual desarrollado para la terapia del usuario.

El trabajo futuro de esta investigación es muy amplio en un enfoque metodológico ágil para llevar a cabo de manera óptima la ejecución el modelo propuesto. Asimismo, se requiere llevar a cabo el diseño de la Experiencia de Usuario que permita a más y más adultos mayores tener una experiencia más intuitiva con el fin de atender los padecimientos que afectan su habilidad viso-constructiva. Los entornos virtuales son herramientas que, en conjunto con visores de Realidad Virtual y Aumentada, permiten al ecosistema ser atractivo para los usuarios. Es nuestro deber como sociedad acercar a los adultos mayores tecnologías que se han ignorado por años y pueden hacer su día a día más disfrutable con un costo relativamente bajo y sin perder por completo su independencia como individuos, mejorando así su calidad de vida.

REFERENCIAS

- [1] H. Hwangbo, S. H. Yoon, B. S. Jin, Y. S. Han, y Y. G. Ji, «A Study of Pointing Performance of Elderly Users on Smartphones», *Int. J. Hum.-Comput. Interact.*, vol. 29, n.º 9, Art. n.º 9, sep. 2013, doi: 10.1080/10447318.2012.729996.
- [2] R. Saracchini, C. Catalina-Ortega, y L. Bordoni, «A mobile augmented reality assistive technology for the elderly», *Comunicar*, vol. 23, n.º 45, Art. n.º 45, jul. 2015, doi: 10.3916/C45-2015-07.
- [3] J. R. Bruun-Pedersen, K. S. Pedersen, S. Serafin, y L. B. Kofoed, «Augmented exercise biking with virtual environments for elderly users: A preliminary study for retirement home physical therapy», en *2014 2nd Workshop on Virtual and Augmented Assistive Technology (VAAT)*, Minneapolis, MN, mar. 2014, pp. 23-27. doi: 10.1109/VAAT.2014.6799464.
- [4] P. Adela Herrera y H. Andrés Guzmán, «Reflexiones sobre calidad de vida, dignidad y envejecimiento», *Rev. Médica Clínica Las Condes*, vol. 23, n.º 1, Art. n.º 1, ene. 2012, doi: 10.1016/S0716-8640(12)70275-4.
- [5] T. A. Stern, M. Fava, T. E. Wilens, y Massachusetts General Hospital, *Massachusetts General Hospital comprehensive clinical psychiatry*. 2016.
- [6] J. H. Ricker, P. A. Keenan, y M. W. Jacobson, «Visuo-perceptual-spatial ability and visual memory in vascular dementia and dementia of the Alzheimer type», *Neuropsychologia*, vol. 32, n.º 10, pp. 1287-1296, oct. 1994, doi: 10.1016/0028-3932(94)90110-4.
- [7] A. I. G. Diaz, «Visuospatial and visuo-perceptual impairment and its structural correlates as measures of cognitive decline in Parkinson's disease», n.º Doctoral thesis, p. 182, 2018.
- [8] H. Ro, Y. J. Park, y T.-D. Han, «A Projection-based Augmented Reality for Elderly People with Dementia», 2019, p. 4, 2019.
- [9] A. Bucciarelli, *Alzheimer's disease*. Dulles, Virginia; Boston, Massachusetts; New Delhi: Mercury Learning and Information, 2016.
- [10] M. Felipe Salec L h., Rafael Jara, y A. Luis Michea, «Cambios fisiológicos asociados al envejecimiento», *Rev. Médica Clínica Las Condes*, vol. 23, n.º 1, Art. n.º 1, ene. 2012, doi: 10.1016/S0716-8640(12)70269-9.
- [11] A. Cooper, R. Reimann, D. Cronin, y A. Cooper, *About face: the essentials of interaction design*, Fourth edition. Indianapolis, IN: John Wiley and Sons, 2014.
- [12] D. Pal, C. Arpikanondt, S. Funilkul, y V. Varadarajan, «User Experience with Smart Voice Assistants: The Accent Perspective», en *2019 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, Kanpur, India, jul. 2019, pp. 1-6. doi: 10.1109/ICCCNT45670.2019.8944754.
- [13] H. Cardona Reyes y J. Muñoz Arteaga, «Multidisciplinary production of interactive environments to support occupational therapies», *J. Biomed. Inform.*, vol. 63, pp. 90-99, oct. 2016, doi: 10.1016/j.jbi.2016.08.002.
- [14] A. García-Holgado y F. J. García-Peñalvo, «A Metamodel Proposal for Developing Learning Ecosystems», en *Learning and Collaboration Technologies. Novel Learning Ecosystems*, vol. 10295, P. Zaphiris y A. Ioannou, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 100-109. doi: 10.1007/978-3-319-58509-3_10.
- [15] A. García-Holgado y F. J. García-Peñalvo, «Validation of the learning ecosystem metamodel using transformation rules», *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 91, pp. 300-310, feb. 2019, doi: 10.1016/j.future.2018.09.011.
- [16] F. J. Garcia-Penalvo, «Technological Ecosystems», *IEEE Rev. Iberoam. Tecnol. Aprendiz.*, vol. 11, n.º 1, pp. 31-32, feb. 2016, doi: 10.1109/RITA.2016.2518458.
- [17] F. J. García-Peñalvo, M. Á. Conde, M. Alier, y M. J. Casany, «Opening Learning Management Systems to Personal Learning Environments», p. 19.
- [18] O. Valdez-De-Leon, «How to Develop a Digital Ecosystem – a Practical Framework», *Technol. Innov. Manag. Rev.*, vol. 9, n.º 8, Art. n.º 8, sep. 2019, doi: 10.22215/timreview/1260.
- [19] W. Moyle, C. Jones, T. Dwan, y T. Petrovich, «Effectiveness of a Virtual Reality Forest on People With Dementia: A Mixed Methods Pilot Study», *The Gerontologist*, vol. 58, n.º 3, Art. n.º 3, may 2018, doi: 10.1093/geront/gnw270.
- [20] J. Kritikos, G. Alevizopoulos, y D. Koutsouris, «Personalized Virtual Reality Human-Computer Interaction for Psychiatric and Neurological Illnesses: A Dynamically Adaptive Virtual Reality Environment That Changes According to Real-Time Feedback From Electrophysiological Signal Responses», *Front. Hum. Neurosci.*, vol. 15, p. 596980, feb. 2021, doi: 10.3389/fnhum.2021.596980.

- [21] S. Persky y C. M. McBride, «Immersive Virtual Environment Technology: A Promising Tool for Future Social and Behavioral Genomics Research and Practice», *Health Commun.*, vol. 24, n.º 8, Art. n.º 8, nov. 2009, doi: 10.1080/10410230903263982.
- [22] F. Kishino y P. Milgram, «A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays.», *IEICE Trans. Inf. Syst.*, vol. E77-D, n.º 12, Art. n.º 12, dic. 1994.
- [23] L. Gamberini *et al.*, «Eldergames project: An innovative mixed reality table-top solution to preserve cognitive functions in elderly people», en *2009 2nd Conference on Human System Interactions*, Catania, Italy, may 2009, pp. 164-169. doi: 10.1109/HSI.2009.5090973.
- [24] G. Ortiz-Aguinaga, H. Cardona-Reyes, J. Muñoz-Arteaga, y M. L. Barba-Gonzalez, «Model for the Generation of Scenarios in Virtual Reality Applied in Health», en *2020 3rd International Conference of Inclusive Technology and Education (CONTIE)*, Baja California Sur, Mexico, oct. 2020, pp. 154-161. doi: 10.1109/CONTIE51334.2020.00036.
- [25] M. M. A. Jamil y M. S. Ahmad, «A pilot study: Development of home automation system via raspberry Pi», en *2015 2nd International Conference on Biomedical Engineering (ICoBE)*, Penang, Malaysia, mar. 2015, pp. 1-4. doi: 10.1109/ICoBE.2015.7235916.
- [26] A. Fabola, A. Miller, y R. Fawcett, «Exploring the past with Google Cardboard», en *2015 Digital Heritage*, Granada, Spain, sep. 2015, pp. 277-284. doi: 10.1109/DigitalHeritage.2015.7413882.
- [27] D. MacIsaac, Ed., «Google Cardboard: A virtual reality headset for \$10?», *Phys. Teach.*, vol. 53, n.º 2, Art. n.º 2, feb. 2015, doi: 10.1119/1.4905824.
- [28] L. García, A. Kartolo, y E. Methot-Curtis, «A Discussion of the Use of Virtual Reality in Dementia», en *Virtual Reality in Psychological, Medical and Pedagogical Applications*, C. Eichenberg, Ed. InTech, 2012. doi: 10.5772/46412.
- [29] F. Clay, D. Howett, J. FitzGerald, P. Fletcher, D. Chan, y A. Price, «Use of Immersive Virtual Reality in the Assessment and Treatment of Alzheimer's Disease: A Systematic Review», *J. Alzheimers Dis.*, vol. 75, n.º 1, Art. n.º 1, may 2020, doi: 10.3233/JAD-191218.
- [30] Tsao, Shu, y Lan, «Development of a Reminiscence Therapy System for the Elderly Using the Integration of Virtual Reality and Augmented Reality», *Sustainability*, vol. 11, n.º 17, Art. n.º 17, sep. 2019, doi: 10.3390/su11174792.
- [31] C. Boletsis y S. McCallum, «Augmented Reality Cubes for Cognitive Gaming: Preliminary Usability and Game Experience Testing», *Int. J. Serious Games*, vol. 3, n.º 1, Art. n.º 1, mar. 2016, doi: 10.17083/ijsg.v3i1.106.
- [32] A. R. M. Forkan, P. Branch, P. P. Jayaraman, y A. Ferretto, «HalleyAssist: A Personalised Internet of Things Technology to Assist the Elderly in Daily Living», p. 10, ene. 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.24251/HICSS.2019.507>.
- [33] B. Aruanno, F. Garzotto, y M. C. Rodriguez, «HoloLens-based Mixed Reality Experiences for Subjects with Alzheimer's Disease», en *Proceedings of the 12th Biannual Conference on Italian SIGCHI Chapter*, Cagliari Italy, sep. 2017, pp. 1-9. doi: 10.1145/3125571.3125589.
- [34] G. Mariscal, E. Jiménez, M. D. Vivas-Urias, S. Redondo-Duarte, y S. Moreno-Pérez, «Aprendizaje basado en simulación con realidad virtual», *Educ. Knowl. Soc. EKS*, vol. 21, n.º 0, p. 15, abr. 2020, doi: 10.14201/eks.20809.
- [35] M. C. Schall *et al.*, «Augmented Reality Cues and Elderly Driver Hazard Perception», *Hum. Factors J. Hum. Factors Ergon. Soc.*, vol. 55, n.º 3, Art. n.º 3, jun. 2013, doi: 10.1177/0018720812462029.
- [36] H. Gomma, «Designing concurrent, distributed, and real-time applications with UML», en *Proceeding of the 28th international conference on Software engineering - ICSE '06*, Shanghai, China, 2006, p. 1059. doi: 10.1145/1134285.1134504.
- [37] E. Huang, R. Ramamurthy, y L. F. McGinnis, «System and simulation modeling using SYSML», en *2007 Winter Simulation Conference*, Washington, DC, USA, dic. 2007, pp. 796-803. doi: 10.1109/WSC.2007.4419675.
- [38] A. Dillon y C. Watson, «User analysis in HCI — the historical lessons from individual differences research», *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, vol. 45, n.º 6, Art. n.º 6, dic. 1996, doi: 10.1006/ijhc.1996.0071.
- [39] P. Tsinganos y A. Skodras, «A smartphone-based fall detection system for the elderly», en *Proceedings of the 10th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis*, Ljubljana, Slovenia, sep. 2017, pp. 53-58. doi: 10.1109/ISPA.2017.8073568.
- [40] N. P. I. R. Devy, S. Wibirama, y P. I. Santosa, «Evaluating user experience of english learning interface using User Experience Questionnaire and

System Usability Scale», en *2017 1st International Conference on Informatics and Computational Sciences (ICICoS)*, Semarang, nov. 2017, pp. 101-106. doi: 10.1109/ICICOS.2017.8276345.

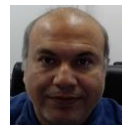
- [41] J. R. Lewis, «Measuring Perceived Usability: SUS, UMUX, and CSUQ Ratings for Four Everyday Products», *Int. J. Human-Computer Interact.*, vol. 35, n.º 15, pp. 1404-1419, sep. 2019, doi: 10.1080/10447318.2018.1533152.
- [42] T. Walsh, J. Varsaluoma, S. Kujala, P. Nurkka, H. Petrie, y C. Power, «Axe UX: Exploring long-term user experience with iScale and AttrakDiff», en *Proceedings of the 18th International Academic MindTrek Conference on Media Business, Management, Content & Services - AcademicMindTrek '14*, Tampere, Finland, 2014, pp. 32-39. doi: 10.1145/2676467.2676480.



Erwin B. Montes Chaparro estudiante de posgrado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes en México. Ha realizado investigaciones previas sobre la inteligencia artificial adaptativa en videojuegos con procesos estocásticos. Actualmente realiza investigaciones sobre modelos que permitan adaptar rápidamente un ecosistema digital para la asistencia de adultos mayores con Trastorno Neurocognitivo. Realizado para ello, prototipos de prueba aplicando la realidad mixta en apoyo a terapias a pacientes geriátricos.



Jaime Muñoz-Arteaga es profesor investigador de la Universidad Autónoma de Aguascalientes en México. Se doctoró en Ciencias de la Computación por la Universidad de Toulouse I, en Francia. Es miembro del SNI nivel I del CONAYT. Sus investigaciones se enmarcan en el ámbito de la Interacción Persona-Ordenador, el e-learning y la Ingeniería Web. Ha dirigido proyectos sobre la brecha digital, la producción colaborativa de libros de texto y de sistemas interactivos. Ha publicado varios libros uno sobre la Interacción Persona-Ordenador y dos sobre la educación inclusiva en México.



Ángel E. MuñozZavala obtuvo la maestría y doctorado en Ciencias de la Computación, ambos por el Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), Guanajuato, México. Desde agosto de 2009, es profesor-investigador en la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Se interesa principalmente por la IA (algoritmos evolutivos) y la ciencia estadística (sistemas de fiabilidad). Ha publicado más de 20 artículos en revistas y conferencias internacionales sobre estos temas. En 2009 obtuvo el 1er. lugar en la categoría de tesis de PhD por la Sociedad Mexicana de IA.



Héctor Cardona Reyes es Cátedra CONACYT adscrito al Centro de Investigación en Matemáticas, Zacatecas, México. Obtuvo el grado de Doctor en Ciencias de la Computación en la Universidad Juárez Autónoma Tabasco, México. Sus temas de investigación incluyen la interacción persona-ordenador, los entornos

interactivos aplicados a la salud y la educación, la ingeniería web, el diseño de videojuegos y la realidad virtual. Además, es miembro nivel II del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT.



Klinge Orlando Villalba Condori es profesor investigador de la Universidad Católica de Santa María, Arequipa en Perú. Investigador sobre el uso de las TIC en procesos pedagógicos de la enseñanza de ciencias, pensamiento computacional, gestión de los entornos de aprendizaje. Ha Realizado investigaciones y desarrollo tecnológicos de gran interés sobre la realidad aumentada en la enseñanza de física para la educación básica regular.