



PROPUESTA DE UN PROTOTIPO DE UNA ARQUITECTURA DE HARDWARE PARA MONITOREO DE PERSONAS CON ALZHEIMER

Reyna Isabel Montesinos Pérez

*Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional
rmontesinosp1500@alumno.ipn.mx*

Jacqueline Arzate Gordillo

*Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional
jarzateg@ipn.mx*

José Alfredo Jiménez Benítez

*Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional
jajimenezb@ipn.mx*

Resumen

El trabajo terminal presentado consiste en el desarrollo de un sistema de monitoreo para personas con Alzheimer mediante el uso de sensores en un dispositivo basado en Arduino Nano. La información es transmitida y procesada en la nube, creando una red IoT que permite a los cuidadores y familiares recibir notificaciones para monitorear la ubicación y estado del paciente a través de una aplicación móvil. Este sistema busca mejorar la calidad de vida de los pacientes y ofrecer tranquilidad a los cuidadores.

Palabras clave: Arduino, cuidadores, Alzheimer

La Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que la demencia es el resultado de diversas enfermedades en el cerebro que impactan las habilidades cognitivas de quién la padece y afecta comúnmente a personas de la tercera edad. La demencia es una de las causas principales de discapacidad en el mundo. En los tipos de demencia identificados se encuentra la Enfermedad de Alzheimer (EA). El EA es la forma más común de demencia ya que representa entre el 60% y 70% de los casos a

nivel mundial (Organización mundial de la Salud, 2023).

La EA es un trastorno neurológico progresivo que afecta a un gran número de adultos mayores y que conlleva la pérdida de memoria, habilidades cognitivas y autonomía (Instituto Mexicano del Seguro Social, 2015). En México, se estima que para el año 2021 ya se presentaban alrededor de 1,300,000 personas diagnosticadas con EA, además se proyecta que esta cifra aumente a más de 3.5 millones para el



año 2050 (Gutiérrez, y Arrieta, 2015; Secretaría de Salud, 2021). Esta creciente incidencia representa un desafío significativo para los cuidadores junto con el sistema de atención médica.

En este contexto, es importante desarrollar sistemas de soporte y herramientas tecnológicas que asistan a los cuidadores en el monitoreo y atención de pacientes con EA. La implementación de un prototipo de dispositivo electrónico junto con un sistema de software y una aplicación móvil puede brindar soluciones efectivas para abordar los desafíos asociados con el cuidado de las personas con EA.

En este artículo se presenta el desarrollo del prototipo de hardware que permita el monitoreo continuo de la ubicación del paciente, proporcionando tranquilidad al cuidador al conocer la ubicación del paciente en todo momento. La inclusión de sensores y algoritmos específicos permitirá la detección de caídas, lo que facilitará una respuesta rápida y oportuna ante un incidente. Esto no solo mejorará la seguridad del paciente, sino que también reducirá la carga emocional y física del cuidador.

El objetivo fue desarrollar un prototipo de un dispositivo electrónico que sirva de apoyo para el monitoreo de pacientes con Alzheimer a través de la obtención de datos que serán transmitidos a su cuidador mediante una aplicación móvil. El prototipo obtiene datos mediante sensores transmitiendo a través del protocolo HTTP al sistema en la nube para su procesamiento y almacenamiento.

Al utilizar servicios en un sistema distribuido en la nube, se logra la recepción, procesamiento, transmisión de los datos y el despliegue en la aplicación del cuidador en cualquier ubicación en relación con una

aplicación móvil para los cuidadores que permita la consulta de ubicación del paciente de manera continua. Además, el prototipo tiene un sistema de alertas en caso de rebasar un límite de zona segura; un sistema de alarma para el paciente que indique la toma de medicamentos y un sistema de alertas en caso de caídas que se active automáticamente para el cuidador.

Limitaciones de hardware y recursos: El desarrollo del prototipo está sujeto a las limitaciones de hardware disponibles, como el uso de Arduino Nano y los sensores compatibles. Además, el acceso a los recursos y la capacidad de procesamiento de la nube pueden tener limitaciones dependiendo de la plataforma elegida.

Metodología

Para el desarrollo del proyecto se utiliza la metodología de Scrum debido a su enfoque iterativo e incremental, y sus tres pilares fundamentales de transparencia, inspección y adaptabilidad [11]. Lo anterior permite un mejor control de riesgos y facilidad al momento de realizar cambios que surjan durante el desarrollo del proyecto. Además de que Scrum se adapta al número de integrantes del equipo.

Entre los beneficios de utilizar Scrum se encuentra la capacidad de definir el valor de cada requisito, lo que establece expectativas claras para el trabajo final y proporciona retroalimentación al equipo. También, a diferencia de muchas metodologías tradicionales, Scrum se adapta a los cambios en los requisitos, lo que evita repercusiones para el proyecto. Scrum permite conocer la velocidad media del equipo por sprint, lo que facilita la estimación de los tiempos necesarios para completar una funcionalidad determinada. El hecho de que cada iteración se deba tener una versión funcional y la búsqueda de objetivos

claros nos permitirá obtener un software y un prototipo de mayor calidad.

Análisis y diseño del sistema electrónico

Los requerimientos funcionales que están en relación con el prototipo de hardware están en relación con la recolección de datos de sensores, donde el prototipo del dispositivo electrónico debe ser capaz de recolectar datos de sensores como ubicación y caídas del paciente; con el procesamiento de los datos del paciente en el sistema en la nube, donde el sistema en la nube debe ser capaz de recibir, procesar y transmitir los datos del paciente que envía el dispositivo electrónico; con un mecanismo automático de alertas en caso de caída del paciente, donde el sistema electrónico permita detectar caídas del paciente, que se active automáticamente y notifique al cuidador correspondiente.

Los requerimientos no funcionales que serán necesarios cubrir para el desarrollo del prototipo deben permitir optimizar el uso de recursos, donde el dispositivo electrónico debe ser eficiente en términos de uso de recursos (como CPU, memoria y batería) para minimizar el consumo de energía y garantizar un rendimiento óptimo y optimizar el tamaño y la portabilidad del prototipo, donde el prototipo debe ser de tamaño que sea cómodo para el paciente y pueda llevarlo consigo sin perderlo.

Hardware de desarrollo

Para el desarrollo del prototipo se elige la tarjeta de desarrollo Arduino ya que tiene las características adecuadas y suficientes para el objetivo que se pretende cumplir. Estas características son el manejo de protocolos de comunicación I2C, SPI, Bluetooth y UART; puertos USB y GPIO, e internamente tiene un microcontrolador Atmega.

Dentro de la gama de Arduino se eligió el Arduino Nano 33 IoT ya que ofrece los sensores dentro los que se encuentra el sensor de acelerómetro y giroscopio y el de presión que se podría utilizar para la detección de caídas. Además, se puede programar en los lenguajes MicroPython, Arduino, C y Ensamblador.

En la Figura 1 se presenta un diagrama esquemático que representa la arquitectura del prototipo de hardware el cual consta de 3 módulos esenciales Sensor de caídas que será manejado con el acelerómetro y giroscopio, módulo de ubicación que representa el GPS elegido y finalmente el módulo WIFI para la transmisión de datos.

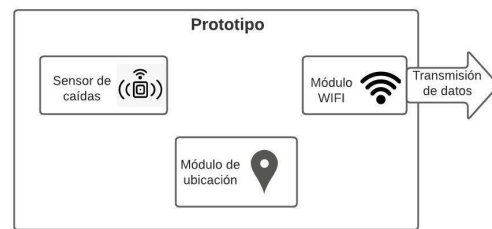


Figura 1. Arquitectura del prototipo

En la figura 2 se muestra el esquema básico de la conexión que se hizo para agregar y alimentar los componentes, en este caso el elemento externo es el módulo GPS UBLOX Neo 6m v2, en cuanto a alimentación usamos baterías recargables de 2000Ma con 5 volts de salida a 1 y 2 Amperes.

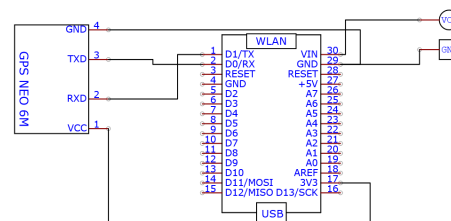


Figura 2. Circuito con Arduino, modulo GPS y alimentación



Para la conexión a internet se utilizó el módulo wifi que integra en la placa. Este módulo corresponde al modelo NINA W102 ESP32 el cual soporta una banda de 2.4 GHz, que es proporcionada aún por las redes de internet actuales.

Como protocolo de red para enviar información a través del dispositivo, se implementa MQTT, el cual es un protocolo de mensajería estándar que permite la comunicación entre dispositivos conectados, como sensores inteligentes o dispositivos portátiles, por la seguridad que este integra, y se le dio uso por la gran cantidad de paquetes de información que puede enviar en un mismo socket sin abrirlo y cerrarlo por cada petición al servidor MQTT. Para ello se elige como enviar la información por la red usando formato JSON para empaquetar los datos y realizar el envío de paquetes JSON a través de MQTT.

Los sensores se configuran en unidad de medición inercial (IMU) modelo LSM6DS3, el acelerómetro y giroscopio de 3 ejes cada uno.

Estos se utilizan para detectar la caída de un paciente, para ello, se realizaron simulaciones de acciones y movimientos para ver los patrones en valores que estos sensores arrojan y determinar con ellos la caída. En cuanto a la configuración de sensibilidad de los sensores estamos usando para el acelerómetro $\pm 2g$ (g =gravedad) y para el giroscopio ± 250 dps (grados por segundo), mientras que para la lectura de los valores se hizo uso de la librería correspondiente a este módulo.

La caracterización resultante se muestra en las figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9. Estas corresponden a estar sentado, levantarse y estar de pie y caída, tanto en el acelerómetro como en giroscopio.

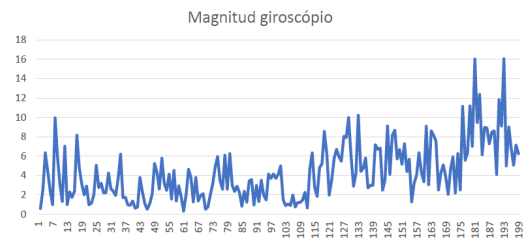


Figura 3. Magnitud del giroscopio, movimiento: sentado.

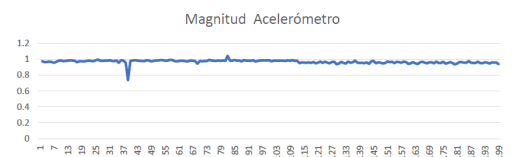


Figura 4. Magnitud del acelerómetro, movimiento: sentado



Figura 5. Magnitud acelerómetro, movimiento: levantarse de pie

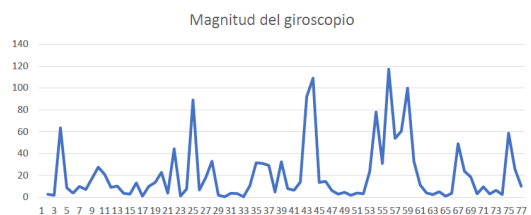


Figura 6. Magnitud giroscopio, movimiento: levantarse de pie

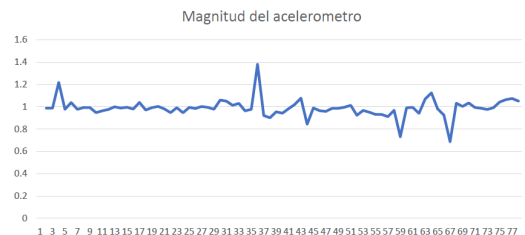


Figura 7. Magnitud del acelerómetro, movimiento: sentarse

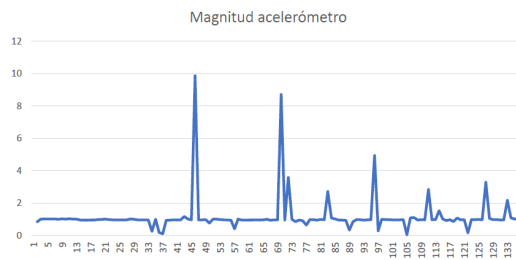


Figura 8. Magnitud del acelerómetro, movimiento: caída

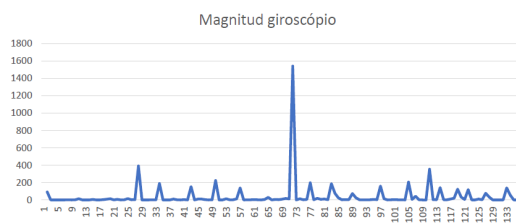


Figura 9. Magnitud del giroscopio, movimiento: caída

Conclusiones

Uno de los aspectos que ajustamos con base en nuestras investigaciones fue el sistema de alertas de medicación. Inicialmente, consideramos que las alertas debían ser enviadas directamente a los pacientes. Sin embargo, reconocimos que, en las etapas avanzadas de la EA, los pacientes podrían no tener la capacidad de manejar su medicación de manera segura. Por ello, rediseñamos este sistema para que las alertas fueran dirigidas a los cuidadores, evitando así el riesgo de una administración incorrecta de los medicamentos o que estos fueran olvidados.

Nota: Si las figuras (fotos, gráficas, diagramas) y las tablas no son de elaboración propia, debe consignarse la fuente de las mismas después de su título. Tomada de:

El desarrollo del prototipo del dispositivo de monitoreo también fue un proceso de aprendizaje significativo. Optamos por utilizar el Arduino 33 IoT como tarjeta de desarrollo principal debido a su eficiencia en costos, portabilidad, y facilidad de integración con otros sistemas, como GPS y sensores de movimiento. Este dispositivo nos permitió desarrollar una herramienta capaz de monitorizar la ubicación del paciente y detectar caídas, enviando alertas en tiempo real a los cuidadores.

Referencias

Gutiérrez, L. M. y Arrieta, I. (2015). *Demencias en México: la necesidad de un Plan de Acción*. Gaceta Médica de México, pp. 667-673.

Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. (2015). *Enfermedad de Alzheimer*. Disponible en <http://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/enfermedad-alzheimer>

Ochoa, E. F. (1995). *Diagnóstico y evaluación psicológica de la enfermedad de Alzheimer: Estado actual*. Clínica y Salud, 6(3), pp. 237-2

Organización mundial de la Salud, OMS. (2023). *Demencia*. Disponible en <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dementia>

Secretaría de Salud. (2021). *Enfermedad de Alzheimer, demencia más común que afecta a personas adultas mayores*. Disponible en <https://www.gob.mx/salud/es/articulos/enfermedad-de-alzheimer-demencia-mas-comun-que-afecta-a-personas-adultas-mayores?idiom=es>