



HERRAMIENTAS DE IoT Y MACHINE LEARNING PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE PACIENTES GESTANTES CON RIESGO DE MME EN LA FUNDACIÓN HOSPITAL SAN PEDRO - PASTO - COLOMBIA

IoT AND MACHINE LEARNING TOOLS FOR MONITORING AND TRACKING PREGNANT PATIENTS AT RISK OF EXTREME MATERNAL MORBIDITY AT FUNDACIÓN HOSPITAL SAN PEDRO - PASTO, COLOMBIA

¹Sixto Enrique Campaña-Bastidas, ²Carmen Adriana Aguirre Cabrera,
³Álvaro José Cervelion Bastidas, ⁴Harold Emilio Cabrera Meza, ⁵Carlos Alberto Hidalgo,
⁶Rosa Alexandra Figueroa, ⁷Franco Andrés Montenegro, ⁸José Darío Portillo Miño

^{1,2,3,4,5,6,7,8} Universidad Nacional Abierta y a Distancia / Fundación Hospital San Pedro, Colombia

Recibido: 15/05/2024 Aprobado 20/10/2024

RESUMEN

La morbilidad materna extrema (MME), es una complicación severa que puede ocurrir durante el embarazo, en el parto o dentro de los 42 días posteriores a la terminación del embarazo, que pone en riesgo a la vida de la madre gestante, por lo que se debe actuar de manera inmediata para evitar un desenlace fatal; la MME en Colombia tiene un proceso continuo de vigilancia epidemiológica desde el año 2012, lo anterior con el fin de disminuir el número de casos que se presentan diariamente en el país, lo que hasta la fecha sigue siendo un reto no logrado y una situación que se busca mitigar. En la Fundación Hospital San Pedro (FHSP) de la ciudad de Pasto, se han implementado varias estrategias para contrarrestar el fenómeno y procurar actuar a tiempo ante la presencia de una posible complicación en las pacientes gestantes que lleve a clasificarlas como casos de MME; acorde a lo mencionado, en este documento se describe el avance en el desarrollo de una investigación aplicada,

Citación: Campana Bastidas, S. E., Aguirre Cabrera, C. A., Cabrera Meza, H. E., Cervelion Bastidas, A. J., Hidalgo, C. A., Montenegro, F. A., Portillo Miño, J. D., & Figueroa, R. A. (2024). Herramientas de IoT y machine learning para el monitoreo y seguimiento de pacientes gestantes con riesgo de MME en la Fundación Hospital San Pedro - Pasto - Colombia. *Publicaciones E Investigación*, 18(3). <https://doi.org/10.22490/25394088.8495>

¹sixto.campana@unad.edu.co / <https://orcid.org/0000-0001-9937-2784>

²carmen.aguirre@unad.edu.co / <https://orcid.org/0000-0002-8625-3150>

³alvaro.cervelion@unad.edu.co / <https://orcid.org/0000-0001-5823-8992>

⁴Harold.cabrera@unad.edu.co / <https://orcid.org/0000-0001-5823-8992>

⁵carlobetohip@hotmail.com / <https://orcid.org/0000-0002-2088-4072>

⁶rosaalexandrafigueroa@gmail.com / <https://orcid.org/0000-0001-9944-7993>

⁷director.cic@hospitalسانpedro.org / <https://orcid.org/0000-0002-7054-7138>

⁸ofic.investigaciones@hospitalسانpedro.org / <https://orcid.org/0000-0003-4856-9400>

<https://doi.org/10.22490/25394088.8495>

que propone el uso de herramientas de Internet de las cosas y machine learning para el monitoreo y seguimiento de pacientes con riesgo de MME en la FHSP. La investigación está en una fase temprana, pero ya se ha definido la arquitectura del sistema tecnológico y la ruta para el desarrollo de aplicaciones de software que incorporen las herramientas mencionadas. Lo anterior para mitigar la ocurrencia de casos de MME al interior de la FHSP, pero con alcance regional y nacional.

Palabras clave: morbilidad materna extrema, machine learning, Internet de las cosas, pacientes gestantes, aplicación de software.

ABSTRACT

Maternal Near Miss (MNM) is a severe complication that can occur during pregnancy, childbirth or within 42 days after termination of pregnancy, which puts the life of the pregnant mother at risk, so immediate action must be taken to avoid a fatal outcome; The MNM in Colombia has had a continuous process of epidemiological surveillance since 2012, the above in order to reduce the number of cases that occur daily in the country, which to date remains an unmet challenge and a situation that it seeks to mitigate. At the Fundación Hospital San Pedro (FHSP) in the city of Pasto, several strategies have been implemented to counteract the phenomenon and try to act in time in the presence of a possible complication in pregnant patients that leads to classifying them as cases of MNM; According to the aforementioned, this document describes the progress in the development of applied research, which proposes the use of Internet of Things and Machine Learning tools for the monitoring and follow-up of patients at risk of MNM in the FHSP. The research is in an early phase, but the architecture of the technological system and the route for the development of software applications that incorporate the aforementioned tools have already been defined. The above in order to mitigate the occurrence of MNM cases initially within the FHSP, but regional and national scope.

Keywords: Extreme maternal morbidity, machine learning, Internet of things, pregnant patients, software application.



1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Descripción del evento de morbilidad materna extrema en la FHSP. (Problema)

La morbilidad materna extrema (MME) es una complicación grave que puede ocurrir durante el embarazo, o en el parto, o dentro de los 42 días posteriores a la terminación del embarazo, que se puede mitigar y solventar gracias a una intervención médica urgente y oportuna (Díaz, *et al.*, 2022). Esta complicación de acuerdo con datos del Instituto Nacional de Salud, registra que en Colombia, se ha realizado una vigilancia continua desde el año 2012, evidenciándose un incremento en el número de casos de mujeres con MME año tras año hasta la fecha, donde las principales causas identificadas corresponden a los trastornos

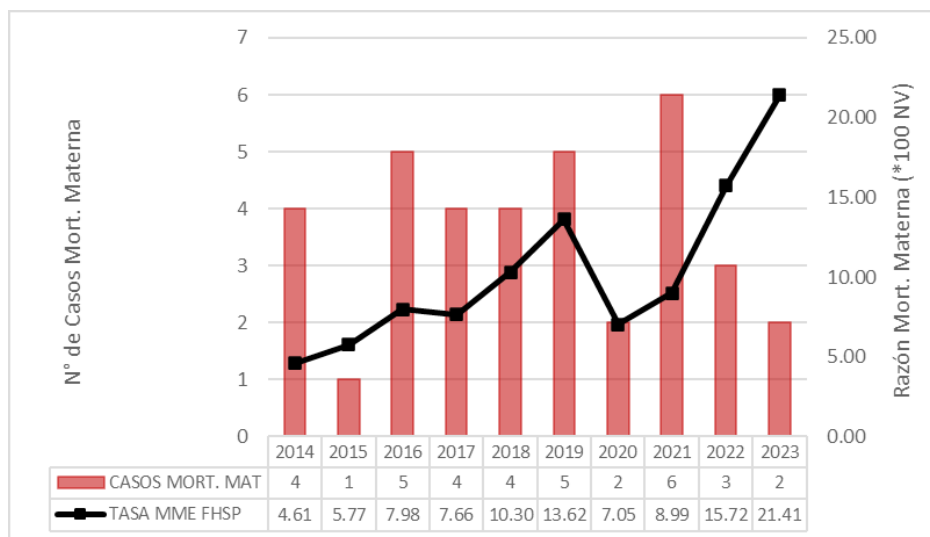
hipertensivos y las complicaciones hemorrágicas, siendo el grupo de edad con mayor proporción de casos de MME, en mujeres entre los 20 y 24 años, mujeres con más de 35 años y en algunos casos en menores de 15 años.

1.1.1 Estadísticas y casos de MME en el último año en la FHSP

En la Gráfica 1, se observa la tendencia creciente de la razón de MME en los últimos 10 años, que en el año 2023 llegó a 21,4 casos por cada 100 nacidos vivos (345 casos en total para el 2023), lo cual da cuenta de la concentración de gestantes con alta complejidad clínica que se vienen atendiendo en la institución. Esto

contrasta con la disminución progresiva en el número de casos de mortalidad materna desde 2014 al 2023, excepto en 2015, registrándose únicamente 2 casos en el 2023, lo cual se refleja finalmente en el indicador de la letalidad materna, medida como el N° de muertes maternas / N° de casos de MME *100, llegó a su punto

más bajo en los últimos 10 años, denotando que solo se han registrado 0.5 muertes por cada 100 casos de morbilidad materna extrema atendidos. Esto realza la relevancia de un adecuado monitoreo e intervención de la MME como mecanismo para prevenir la mortalidad materna.



Gráfica 1. Tendencia de casos de mortalidad materna vs. razón de morbilidad materna extrema - FHSP 2014 a 2023

1.1.2 Descripción del proceso de vigilancia que se aplica en la FHSP

La información relacionada con estos eventos en salud se recoge y reporta semanalmente (o inmediatamente para casos de mortalidad materna) a través del sistema de vigilancia epidemiológica (Sivigila) en una estructura estandarizada y con base en los protocolos avalados por el Instituto Nacional de Salud. Adicionalmente, cada institución recoge datos complementarios de tipo clínico en sus propias estructuras de información, los cuales son una fuente adicional de información que aporta para la toma de decisiones.

1.2 Objetivos de la investigación en curso y metodología a aplicar

La investigación se enmarca dentro del tipo de innovación, que según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), se refiere a “producto o proceso nuevo o mejorado (o la combinación de ambos), que difiere significativamente de los

productos o procesos previos”; siendo el objetivo principal fortalecer los procesos de análisis y seguimiento de pacientes gestantes de la Fundación Hospital San Pedro, mediante el desarrollo de un sistema tecnológico apoyado con herramientas de inteligencia artificial y de la cuarta revolución industrial (4RI), que permita a los profesionales de la salud de la misma, mitigar la ocurrencia de complicaciones por morbilidad materna extrema (MME).

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1 Contexto de aplicación de la investigación

IoT y machine learning: Internet de las cosas (IoT) es una tecnología que integra dispositivos que incorporan sensores y software y que pueden intercambiar datos con otros dispositivos o sistemas a través de Internet. En el sector salud, IoT tiene múltiples aplicaciones dado que permite la monitorización remota,



recopilación y análisis de datos, mejorando el seguimiento de los pacientes, mediante la transmisión de información relevante sobre el estado de salud del paciente (Musyoka, 2023).

Para el monitoreo y seguimiento de pacientes con riesgo de MME el reconocimiento temprano de signos vitales anormales, es un factor clave para evitar complicaciones (Vousden, Nathan & Shennan, 2018). Por lo anterior, son necesarios dispositivos portátiles, que permitan realizar un seguimiento oportuno en entornos extrahospitalarios. Dentro de los signos vitales más importantes a monitorear en pacientes con riesgo de MME, se encuentran: la presión arterial y la frecuencia cardíaca (Vousden *et al.*, 2019), en este sentido se propone un dispositivo IoT de bajo costo que permita realizar el seguimiento de estos signos vitales.

Por otra parte, la información que se captura con el dispositivo IoT, además de los datos que se recopilarán de las historias clínicas y bases de datos de Sivigila, de las pacientes con MME, requiere que se haga un análisis profundo de los mismos, por lo que será necesario aplicar herramientas de inteligencia artificial, la cual se define como: la habilidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido en la toma de decisiones (Rouhiainen, 2018), específicamente en la aplicación de técnicas de machine learning, en lo que refiere a modelos de redes neuronales, las cuales permitirán el desarrollo de un sistema que sirva a las mujeres embarazadas en el monitoreo de sus síntomas y permita la generación de alertas tempranas cuando sea necesario, que gracias a su motor de inferencia alimentado y entrenado previamente con los datos mencionados de mujeres gestantes, permitirá la identificación de riesgos asociados a la maternidad, principalmente en eventos de MME.

Software de aplicación y cloud computing: en la unidad de obstetricia de la FHSP donde llegan las pacientes se realiza el seguimiento del estado de salud de las maternas, dicho registro se realiza mediante fichas impresas, que se guardan junto con el historial médico de las pacientes. El proceso de registro y consulta de las variables médicas con las que ingresa una paciente, pueden

demorar la toma de decisiones en los casos urgentes de atención. Desarrollar un software que permita registrar, obtener y procesar información sobre las condiciones médicas es vital para la atención de las gestantes. Con el avance en el desarrollo de software y el uso de herramientas basadas en cloud computing la información estará disponible, de fácil acceso y actualizada en todo momento, lo que para el seguimiento de la paciente con riesgo de MME puede ser determinante.

2.2. Aplicación tecnológica propuesta para el seguimiento a pacientes gestantes con riesgo de MME

El seguimiento de las pacientes con riesgo de MME, inicia con el registro de sintomatología en la ficha de notificación del Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública - Sivigila, además en la unidad de obstetricia de la FHSP, se priorizan 3 síntomas fundamentales los cuales se registran en fichas de seguimiento manual: eclampsia, sepsis materna y hemorragias posparto HPP. El aporte significativo de la aplicación es el registro online de los datos de la paciente para ser procesados en tiempo real. La primera parte de implementación del software está enfocada en la sistematización de la ficha Sivigila la cual está desarrollada en su primera fase.

Aplicación IoT: el dispositivo IoT propuesto medirá la presión arterial y frecuencia cardíaca. Además, por medio de una interfaz de usuario permitirá recolectar información de signos de alarma como: dolor de cabeza, piernas hinchadas, dolor abdominal, ardor al orinar, sangrado, náuseas y vómitos, fiebre o tos. Toda esta información se enviará a la nube mediante comunicación de telefonía móvil, donde estará disponible para su consulta. Por otra parte, también será posible enviar la información vía Bluetooth a un SmartPhone para su visualización y seguimiento, ver Figura 1.

En relación con la solución de machine learning (ML), se trabajará con redes neuronales, partiendo de una recolección rigurosa de datos de diferentes fuentes: Sivigila, Sistema IoT, historias clínicas, datos históricos de la vigilancia epidemiológica de gestantes clasificadas con MME, entre otros, con el fin de clasificar y segmentar la información, de manera que permita

definir el comportamiento del fenómeno y propender por la predicción de situaciones de alerta antes de que

ocurran y de esta manera contribuir con la solución al problema descrito en este documento.

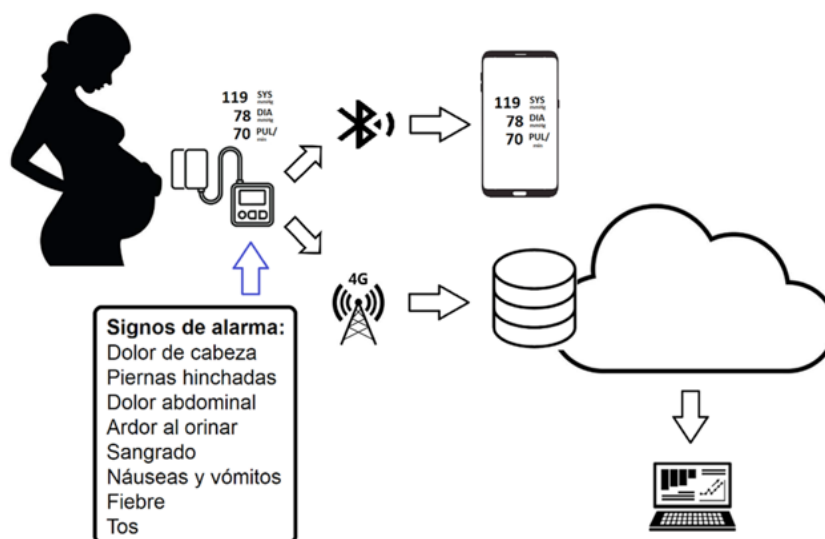


Figura 1. Solución IoT Sistema MME.

3. CONCLUSIONES

La aplicación de herramientas de IoT y ML sobre la MME en una institución de salud de alta complejidad puede aportar a la disminución de la morbilidad materna, considerada un evento trazador de salud pública y desarrollo de una región, mediante el suministro de información que permita generar alertas tempranas, basadas en el comportamiento histórico del evento, para generar una intervención médica oportuna de las gestantes que presenten algún riesgo de complicación.

La integración de dispositivos IoT en el monitoreo y seguimiento de pacientes con riesgo de MME presenta un panorama esperanzador en la atención médica debido a sus múltiples beneficios como la recopilación de datos de salud, monitoreo remoto efectivo y la optimización de la atención médica.

Mitigar el riesgo de MME, representa un desafío nacional, que se busca tratar mediante el seguimiento efectivo y anticipatorio de las condiciones de salud de las madres embarazadas, desarrollando una solución tecnológica que se apoye en herramientas de inteligencia artificial e Internet de las cosas.

REFERENCIAS

- Díaz, A., Lara, D., Cabrera-Lozada, C., Gómez, J. & Faneite, P. (2022). Morbilidad materna extrema: algoritmo de conducta. *Gaceta Médica de Caracas*, 130(2), 290-303. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_gmc/article/view/24051
- Musyoka, F. M. ((2023). Role of a 24-hour Ambulatory Internet of Things System in Preeclampsia Monitoring: Technologies, Challenges, and Future Path Survey. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 11(6). <https://doi.org/10.17762/ijrtcc.v11i6.7387>
- Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial*. Alienta Editorial.
- Vousden, N., et al. (2019). Effect of a novel vital sign device on maternal mortality and morbidity in low-resource settings: a pragmatic, stepped-wedge, cluster-randomised controlled trial. *The Lancet Global Health*, 7(3), e347-e356. [https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X\(18\)30526-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X(18)30526-6/fulltext)
- Vousden, N., Nathan, H. & Shennan, A. (2018). Innovations in vital signs measurement for the detection of hypertension and shock in pregnancy. *Reproductive Health*, 15(1), 92. <https://doi.org/10.1186/s12978-018-0533-4>