

UNIVERSIDAD MODELO

Escuela de Ingeniería

Proyectos III

Equipo:



Alumnas:

Ivanna Jaunette Faisal Calderas

Nadia Estephany García Canul

Dara Isabel López Poot

Andrea de los Ángeles Mena Uicab

Docente:

Ing. Rutilio Nava Martínez

MÉRIDA, YUCATAN, 02 DE DICIEMBRE DEL 2024.

Sistema de vigilancia para la prevención del Síndrome de Muerte Súbita del Lactante por causas extrínsecas.

1. Introducción

Durante la etapa de lactancia, los neonatos están expuestos a diversos riesgos que en gran medida dependen de los cuidados proporcionados por sus tutores. Existen riesgos a los que todo infante es expuesto si no se tienen las medidas de prevención y que pueden derivar a la muerte de este. El síndrome de muerte súbita del lactante (SMSL) consiste en la muerte repentina de un infante entre la etapa de un mes o un año de nacido, este síndrome se categoriza como multifactorial debido a que se relaciona con diversos factores, ya sean genéticos, del desarrollo y/o ambientales, todo esto de acuerdo con los autores Munkel et al. [1] explican que una de las causas de muerte de lactantes se debe a factores de riesgo extrínsecos, esto se refiere a estresores físicos que pueden poner en riesgo de asfixia al bebé como la postura en prono y lateral, objetos en la cuna o incluso dormir en la misma cama del infante. Este trastorno también se le conoce como muerte de cuna debido a que estos mueren durante el sueño por asfixia.

Según Flores et al. [2] el SMSL sigue ocupando uno de los primeros lugares como causa de muerte durante el primer año de vida, con un pico entre los dos y tres meses de edad. En Latinoamérica, la tasa de muertes de infantes con este síndrome varía entre 0.1 y 5.4 muertes por mil nacidos; en México en el año 2000, la tasa se estimó en 0.6. En datos recientes del Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI) [3], se calculó 12,741 casos de muertes neonatales en el año 2022, este fenómeno es particularmente alarmante por la dificultad de preverlo.

Actualmente, la investigación científica sobre el SMSL ha dado lugar a diversos estudios enfocados en la prevención, muchos de los cuales han logrado resultados exitosos con tasas de error mínimas que no comprometen la precisión en la evaluación del estado de salud del lactante. Como ejemplo de la viabilidad en este campo, Fonseca et al. [4] presentan en su artículo un sistema diseñado para predecir y detectar situaciones que evalúan el riesgo para un bebé, con la capacidad de alertar tanto a los responsables del cuidado del lactante como a las autoridades competentes. Este sistema integra cuatro tipos de sensores que utilizan parámetros de biofeedback para el análisis de las señales fisiológicas. Otros autores como Hernández et al. [5] desarrollaron un dispositivo que consistió en el monitoreo de las pulsaciones del bebé mediante sensores piezoeléctricos para emitir alertas cuando detecte ritmos cardíacos anormales que podría indicar un problema respiratorio, aunque explican que el uso de pulsioxímetro generaba falsas alarmas debido al aceleramiento del ritmo cardíaco del bebé ocasionado por el corazón inmaduro que presentan en las etapas de lactancia.

La oximetría de pulso es un procedimiento simple, indoloro, no invasivo que han sido útiles para llevar un mejor control del estado de salud en los lactantes. El oxímetro, es el instrumento que

ayuda en este procedimiento, mide la sensibilidad de cambios a niveles cardiopulmonares que ocurren durante la adaptación de los bebés, constituyéndose en una herramienta útil en la evaluación de estos. Un estudio realizado en el 2019 que ayudó a poder valorar la Saturación de Oxígeno por Pulsioximetría (SpO2) en neonatos en la que se le colocó un sensor de oxigenación en la región anterior del pie derecho de los neonatos [6]. Durante este proyecto se empleará un sensor de oxímetro que permita visualizar los niveles de oxígeno en la sangre del bebé para detectar anomalías, así como un giroscopio que identifique el cambio de posición al dormir para prevenir posiciones que pongan en riesgo la vida del infante.

La muerte de cuna plantea un desafío importante para el sistema de salud pública en México. A pesar de las campañas de concienciación sobre las prácticas de sueño seguro, la incidencia del SMSL sigue siendo significativa. Esto sugiere la necesidad de la implementación de estrategias más efectivas para proteger a los lactantes. Es por esto que, el objetivo de este proyecto pretende brindar una solución tecnológica empleando dispositivos de medición angular y sensores que permitan alertar e indicar el pulso cardíaco del infante para la prevención del SMSL por causas extrínsecas.

2. Metodología

La elaboración del sistema de vigilancia se basó en la construcción del circuito y carcasa del prototipo, así como la programación de este el cual se dividió en 3 fases como se muestra en la Imagen 1. Para esto se tomaron en cuenta diversos factores como la comodidad del usuario, posturas comunes de las extremidades al dormir y el uso fácil e intuitivo para los tutores del menor. Cabe aclarar que el prototipo se diseñó para ser probado en una persona adulta con el fin de facilitar el proceso de ajustes técnicos y para poder recibir retroalimentación directa.

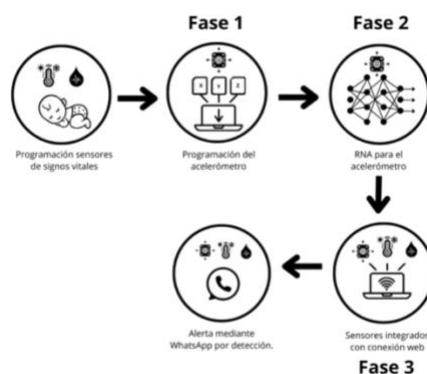


Imagen 1. Fases para la programación del prototipo.

A continuación, se muestran los materiales empleados en la elaboración del prototipo:

Componentes	Cantidad
Arduino Nano 33 BLE Sense Rev.2	1
MAX30102	1

Tabla 1. Componentes del prototipo. Elaboración propia.

2.1 Placa y carcasa

El circuito diseñado requirió el uso de un Arduino Nano 33 BLE Sense Rev.2 debido a que este incluye los sensores requeridos como temperatura, acelerómetro y giroscopio, así como conexión Wi-fi, lo cual simplifica en gran medida el diseño del prototipo, además se agregó un sensor de oxigenación mediante la interfaz I2C ya que es uno de nuestros indicadores vitales para el bienestar del bebé (Imagen 2). Todo esto con el fin de poder realizar la interconexión a WhatsApp.

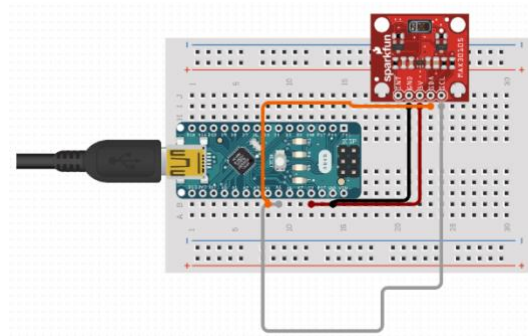


Imagen 2. Arduino Nano conectado al MAX30102.

El desarrollo de la PCB consistió en su diseño y elaboración manual. El diseño se desarrolló utilizando el programa KiCad 0.8, para el MAX30102, se decidió agregar pines hembra para el cableado del sensor ya que este se ubicará en la planta del pie del usuario, por lo que no podíamos soldarlo a la placa (Imagen 3).

Imagen 3. Diseño 3D de la placa.

El diseño de la carcasa se realizó en Autodesk Fusion360, la estructura principal tiene una forma tubular que se curva en la base, similar a una "L" o una calceta que cuenta con un estilo caricaturesco, la forma curva y suavizada fue diseñada para adaptarse ergonómicamente al cuerpo del lactante, permitiendo un contacto cómodo con la piel. Dispone de una estrella donde se mantuvo el circuito, su apariencia amigable y lúdica lo hace visualmente atractivo para el entorno infantil. En la parte de abajo se encuentra el sensor de oximetría, que se encuentra sujeto a una correa morada ajustable al pie debido a que esta zona es más delgada en la piel del bebé y por lo tanto los datos serían más exactos (Imagen 4).

a)

b)

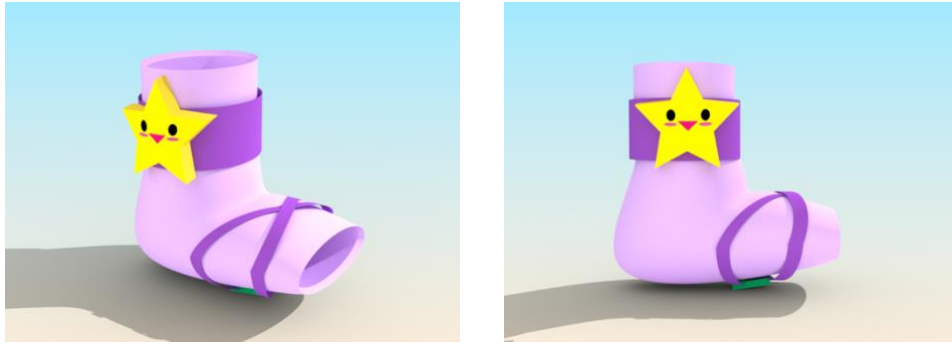


Imagen 4. a) Vista lateral b) Vista posterior del prototipo

2.2 Programación de sensores de signos vitales

La configuración de los sensores de signos vitales fue elaborada para imprimir la temperatura y oxigenación en la sangre una vez que se haya detectado movimiento del bebé con el acelerómetro. Para estos sensores no se requirió de redes neuronales ya que únicamente envían sus parámetros correspondientes.

2.3 Configuración del acelerómetro

Fase 1. Adquisición de datos: Los datos a recolectar consistieron en las señales que genera el módulo del acelerómetro en las cuatro posiciones del sueño del bebé, para esto se mantuvo la posición fija del sensor durante 30 segundos cada uno durante la adquisición de datos. Para esto se requirió el programa de Arduino IDE, mientras el programa generaba los datos con el monitor serial cerrado, por medio de Python se adquiría los datos.

Fase 2. Redes neuronales: Para detectar los cambios de posiciones de manera precisa, se realizó un algoritmo de aprendizaje automático conocido como redes neuronales. De acuerdo con Castañeda et al. [7] las RNA buscan imitar las redes neuronales biológicas al conectar neuronas artificiales entre sí para aprender y procesar señales. La información que se transmite de una neurona a otra se denomina salida, mientras que las agrupaciones de neuronas donde se procesan estas señales se conocen como capas. Para minimizar el error de predicción de las redes neuronales artificiales (RNA) se empleó un algoritmo utilizado para entrenar datos en aprendizaje automático llamada Backpropagation (para asegurar un rendimiento adecuado, el entrenamiento deberá alcanzar una precisión mínima del 90%). Una vez entrenado los datos se generó un código de procesamiento junto a la red neuronal la cual se colocó en el código del acelerómetro.

Fase 3. Conexión a WhatsApp: Para el enlace del ESP32 a WhatsApp, se configuró un código para conectar el microcontrolador a una red Wi-Fi, en este código se integraron los códigos de los 3 sensores. Se empleó la plataforma de Meta para generar un número telefónico que permitiera enviar mensajes de WhatsApp cuando los sensores detecten anomalías en él bebé.

3. Resultados

Una vez obtenido los resultados en el entrenamiento de las redes neuronales (Imagen 5), el programa de Python generó un código de Arduino que, por medio de Inteligencia artificial, asimila valores a las 4 posiciones del acelerómetro para predecirlas, sin embargo, este suele tener un margen de error.

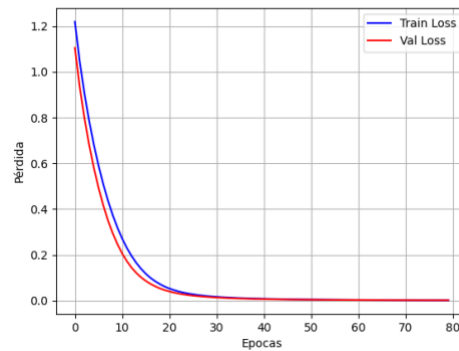


Imagen 5. Resultados del entrenamiento.

Finalmente, para validar el funcionamiento adecuado de la programación y el entrenamiento del sistema, se realizaron ensayos con usuarios adultos simulando las posiciones de sueño del bebé (Imagen 6), asegurando la ausencia de falsas alarmas y confirmando el envío efectivo de las notificaciones a WhatsApp.

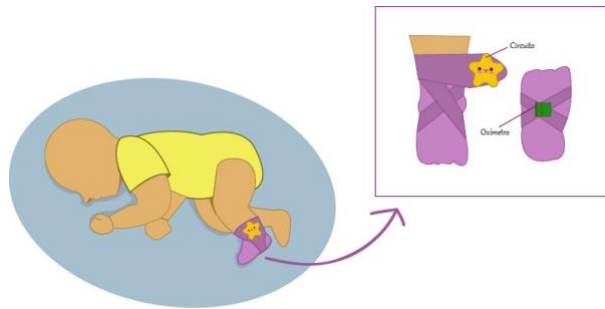


Imagen 6. Representación del uso del prototipo.

Se realizaron 30 pruebas de cada una de las 4 posiciones entrenadas para poder calcular el promedio (1) general del funcionamiento, en total se realizaron 120 mediciones. En cada prueba se mantuvo el acelerómetro en la posición de sueño por 1 minuto y se registraron los mensajes para evaluar si eran correctos. De los mensajes positivos (mensajes de las posiciones correctas), los resultados de las pruebas fueron las siguientes.

(1)

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Porcentaje de efectividad.

$$X = \frac{111}{120} = 0.925$$

Los resultados de las pruebas realizadas fueron del 92.5% de efectividad, donde de las 4 posiciones (decúbito prono, supino, lateral izquierdo y derecho) la posición decúbito derecho obtuvo mayores fallas.

Como resultado se obtuvo que el dispositivo, al detectar posiciones de riesgo durante el sueño del bebé, envía alertas a los padres mediante mensajes de WhatsApp donde también se muestran datos de los signos vitales del infante como la oxigenación sanguínea y temperatura (Imagen 7).

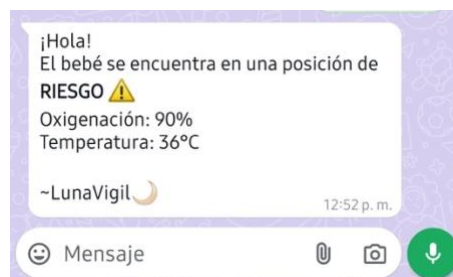


Imagen 7. Mensaje recibido por el uso del prototipo.

4. Conclusión

El sistema de vigilancia del sueño para supervisar las posturas de descanso del bebé, incluyendo indicadores clave como los niveles de oxígeno y la temperatura, mostró un rendimiento excepcional, logrando una tasa de éxito del 92,5% en las pruebas. Usando sensores conectados a una red neuronal artificial y un dispositivo ESP32 para el manejo y transmisión de datos, el experimento detectó con éxito puntos peligrosos y alertó a los tutores con notificaciones en WhatsApp. Este enfoque permite el monitoreo remoto en tiempo real, mejorando la seguridad de tu bebé mientras duerme. El diseño ergonómico y divertido, imitando una zona de juegos infantiles, asegura la facilidad de uso y la precisión durante el contacto con la delicada piel del bebé. Las pruebas demostraron su correcto funcionamiento, subrayando la importancia de su implementación como un instrumento firme para evitar accidentes relacionados con posturas peligrosas durante el sueño. Incorpora innovación de vanguardia con facilidad de uso, ofreciendo un remedio eficaz para los tutores enfocados en la protección de sus hijos.

Referencias:

- [1] Munkel Ramírez, Laura, Durón González, Rodrigo, & Bolaños Morera, Pamela. (2018). Síndrome de muerte súbita del lactante. *Medicina Legal de Costa Rica*, 35 (1), 65-74. Recuperado el 06 de septiembre de 2024, de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152018000100065&lng=en&tlng=es.
- [2] Flores-Huerta, S., Ramos-Hernández, R. I., Flores-Hernández, S., Villa-Contreras, S., & Martínez-Salgado, H. (2006). Síndrome de muerte súbita del lactante. Prevención en la práctica hospitalaria. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 44(6), 511-518.
- [3] Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía [INEGI]. (2023). Estadísticas de defunciones registradas (EDF) 2022. Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía [INEGI]. <file:///C:/Users/acer/Downloads/EDR2022-Dft.cleaned.pdf>
- [4] Fonseca, A. M., Horta, E. T., Sendra, S., Rodrigues, J. J. P. C., & Moutinho, J. A. F. (2014). A sudden infant death prevention system for babies. 2014 IEEE 16th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom).
- [5] Hernández Soberón, J. A., González Medrano, M. Z., & Zambrano Rangel, R. (2020). Sistema de monitoreo electrónico de asfixia neonatal. *RICS Revista Iberoamericana de las Ciencias de la Salud*, 9(18), 27–46. <https://doi.org/10.23913/rics.v9i18.89>
- [6] Bancalari, A., Araneda, H., Echeverria, P., Marinovic, A., & Manriquez, C. (2019). Saturación arterial de oxígeno y frecuencia cardíaca en recién nacidos de término sanos durante la primera hora post nacimiento. *Revista Chilena de Pediatría*, 90(4), 384. <https://doi.org/10.32641/rchped.v90i4.964>
- [7] Castañeda Sánchez, Willy Alex, Polo Escobar, Benjamín Roldan, & Vega Huincho, Fernando. (2023). Redes neuronales artificiales: una medición de aprendizajes de pronósticos como demanda potencial. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 27(118), 51-60. Epub 05 de enero de 2024. <https://doi.org/10.47460/uct.v27i118.686>