

Monitoreo del ritmo cardíaco para prevención del Síndrome de Muerte Súbita del Lactante (SMSL): Una aplicación al diseño de vestuario.

María Elena López Vivanco (*)

Pablo Israel Amancha Proaño (**)

Darío Javier Robayo Jácome (***)

Resumen: El síndrome de muerte súbita del lactante (SMSL) aún no tiene una causa definitiva; sin embargo, se han establecido recomendaciones preventivas para reducir las tasas de mortalidad asociadas. La monitorización continua es esencial, ya que el SMSL puede ocurrir inesperadamente y dificultar una intervención oportuna. Este estudio tuvo como objetivo diseñar un dispositivo no invasivo capaz de identificar tempranamente los síntomas del SMSL. Se aplicó la metodología Pahl y Beitz, que incorpora un diseño cualitativo, fenomenológico, descriptivo y transversal para definir el problema y desarrollar un producto, incluyendo las fases de verificación y validación. El sistema IoT para la monitorización continua de la frecuencia cardíaca se desarrolló mediante pruebas iterativas, utilizando un dispositivo Arduino KY-039 para transmitir datos a la aplicación Blynk. El sensor óptico emplea fotopletimografía infrarroja para detectar pulsaciones y determinar la consistencia de los latidos por segundo, según lo indicado por el algoritmo y confirmado por notificaciones enviadas a un dispositivo móvil. El módulo Arduino KY-039 se seleccionó por su alta velocidad de lectura, lo que facilitó la transmisión rápida de datos a la aplicación Blynk. La frecuencia cardíaca se monitorizó continuamente mediante la detección de huellas dactilares, lo que permitió identificar bradicardia o taquicardia. Según el Sistema de Escala de Usabilidad, el sistema obtuvo una puntuación de 82,5%, lo que indica un rendimiento satisfactorio.

Palabras Clave: SMSL – Pahl y Beitz – KY-039 Arduino

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 37 y 38]

(*) (**) (***) Ver CV de María Elena López Vivanco, Pablo Israel Amancha Proaño y Darío Javier Robayo Jácome en página 38

Introducción

El Síndrome de Muerte Súbita del Lactante (SMSL) se define como el fallecimiento idiopático y repentino de un lactante, menor de un año, tras investigaciones clínica, forense y epidemiológica exhaustivas. Se presenta, predominantemente, durante el sueño con mayor incidencia en recién nacidos de sexo masculino y sobre todo con antecedentes familiares (Duncan & Byard, 2018; Huang et al., 2024; Kim & Pearson-Shaver, 2023; Perrone et al., 2021). Expone una etiología multifactorial influenciada por factores genéticos, ambientales y del propio desarrollo (Duncan & Byard, 2018; Kim & Pearson-Shaver, 2023), la cual ha sido abordada por diversas hipótesis, entre las cuales destaca el modelo del Triple Riesgo (Spinelli et al., 2017) que plantea la convergencia de tres factores:

- Vulnerabilidad subyacente: vinculada a alteraciones en el sistema nervioso autónomo, particularmente en los mecanismos serotoninérgicos del tronco encefálico, que comprometen la capacidad del lactante para responder a episodios de hipoxia o hipercapnia.
- Factores estresantes: como la adopción de una posición inadecuada para dormir, el tabaquismo materno, infecciones respiratorias y el sobrecalentamiento causado por exceso de ropa de vestir o de cama, o un entorno cálido.
- Periodo crítico del desarrollo: corresponde a los primeros meses de vida del lactante, donde los mecanismos fisiológicos de autorregulación aún se encuentran en proceso de maduración.

Adicionalmente, estudios han reportado que lactantes fallecidos por este síndrome presentaban signos de inflamación en el bulbo raquídeo, lo que sugiere una posible respuesta inmune alterada la cual contribuiría a la desregulación cardiorrespiratoria (Paterson et al., 2009).

A pesar de los avances en la comprensión fisiopatológica del síndrome, aún no se han identificado biomarcadores que permitan predecir con precisión qué lactantes tienen mayor riesgo, por lo cual se han explorado estrategias de prevención como el uso de monitores cardiorrespiratorios domiciliarios (Sodini et al., 2022); sin embargo, estos no detectan eventos obstructivos sin bradicardia, generando una falsa sensación de seguridad, lo que retrasaría la implementación de medidas preventivas efectivas (Behnam-Terneus & Clemente, 2019; Filonzi et al., 2012).

Las estrategias preventivas con mayor respaldo empírico incluyen: colocar a los lactantes en posición supina para dormir, evadir el uso de colchones blandos y ropa de cama suelta, mantener una temperatura adecuada en la habitación, y evitar el tabaquismo materno durante el embarazo y después del nacimiento (Behnam-Terneus & Clemente, 2019). La lactancia materna ha demostrado un efecto protector, al favorecer la maduración del sistema inmune y mejorar la regulación cardiorrespiratoria del lactante. A su vez, el uso

de chupetes durante el sueño, una vez establecida la lactancia, se ha asociado con una reducción en el riesgo de SMLS, posiblemente debido a su efecto en la regulación de la respiración y en la disminución del sueño profundo (Rakovska et al., 2023; Singh et al., 2023). En este contexto, el Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) ha impulsado una transformación sustancial en la vida cotidiana al integrar tecnologías que optimizan la automatización, la conectividad y la eficiencia, especialmente en el ámbito de la salud, accediendo al desarrollo de dispositivos portátiles y prendas inteligentes capaces de monitorear en tiempo real parámetros fisiológicos y ambientales, lo cual ha mejorado significativamente la calidad de la atención médica, la detección temprana de enfermedades y el seguimiento de condiciones crónicas. Estas tecnologías, estructuradas en procesos de detección, procesamiento y transmisión de señales biomédicas, han demostrado un impacto en la mejora de la atención médica, la detección temprana de alteraciones fisiológicas y el seguimiento continuo de condiciones clínicas, siempre que se garantice la precisión de los sensores, la fiabilidad de los datos y el cumplimiento de estándares de seguridad y privacidad de la información médica (Hernández et al., 2020; Rejeb et al., 2023). Con los antecedentes expuestos, se presenta la necesidad de desarrollar mecanismos de monitoreo eficiente que logren identificar oportunamente el SMSL. En este sentido, la presente investigación diseña un dispositivo capaz de identificar síntomas y prevenir de forma temprana el SMSL.

Metodología

La presente investigación utilizó la metodología con enfoque sistemático de Pahl y Beitz (Fig. 1), basada en un diseño fenomenológico, de carácter cualitativo, descriptivo y transversal, que permitió identificar y delimitar el problema de diseño a partir de la observación e interpretación de manifestaciones fisiológicas asociadas al SMSL, aportando criterios para la definición de requisitos funcionales (Malmqvist et al., 2021).

La integración del diseño fenomenológico con la metodología se basa en la naturaleza idiópática y multifactorial del SMSL. Mientras que Pahl y Beitz proporcionan la estructura técnica para el desarrollo del producto, el enfoque fenomenológico permite que la “fase de planificación y clarificación de la tarea” no se limite a requisitos especificaciones técnicas cuantitativas, sino que parta de la comprensión del fenómeno tal como se manifiesta en el lactante. Esta coherencia se manifiesta en tres ejes fundamentales:

- **Identificación del fenómeno como punto de partida:** El diseño fenomenológico se centra en la observación e interpretación de las manifestaciones fisiológicas (apneas, bradicardias) como “fenómenos” que el dispositivo debe captar. Esta interpretación cualitativa de los signos vitales define directamente las especificaciones de diseño en la primera fase de Pahl y Beitz.
- **Traducción de necesidades humanas a requisitos funcionales:** La fe-

nomenología permite captar la esencia de la experiencia del usuario (seguridad para los padres y comodidad no invasiva para el lactante). Estos hallazgos cualitativos se sistematizan en la **matriz de necesidades** (Tabla 3), asegurando que el diseño conceptual no sea solo eficiente desde la ingeniería, sino coherente con la realidad biológica y social del neonato.

- **Validación desde la experiencia de uso:** El uso del Sistema de Escala de Usabilidad (SUS) actúa como el cierre fenomenológico del proceso, evaluando cómo los profesionales perciben e interactúan con el “objeto” creado. Así, el ciclo de diseño se completa al verificar que el producto final responde satisfactoriamente al fenómeno que se pretendía mitigar.

Se sistematizó el proceso de diseño mejorando la creatividad y eficiencia, y se enfatizó en la identificación de necesidades del consumidor para establecer criterios de diseño que garanticen el éxito del producto (Camacho-Navares & Durán-Aguilar, 2021; Zheng et al., 2020). En la Figura 1 se describen los niveles de verificación y validación del producto propuesto según la metodología de Pahl y Beitz.

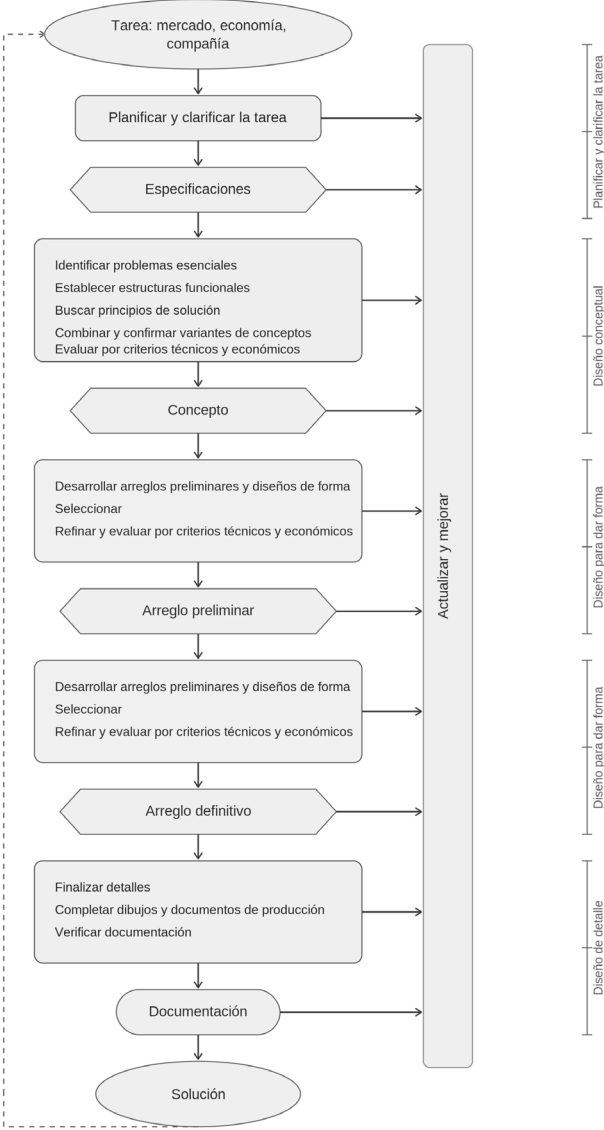


Figura 1. Metodología de Pahl y Beitz.

Nota. Elaborado por autores a partir de Malmqvist et al., 2021.

Las señales de frecuencia cardíaca obtenidas del sensor óptico se sometieron a un proceso de limpieza y preprocesamiento para minimizar los datos derivados del movimiento, la variabilidad del contacto y el ruido instrumental. Para evaluar el desempeño del sistema de monitorización, se contrastó con criterios fisiológicos de referencia, con ello se analizó la concordancia, la repetibilidad y la estabilidad temporal de las lecturas obtenidas.

Para la fase de verificación se aplicó SUS, como un cuestionario estandarizado, que evalúa la usabilidad percibida de los productos. Si bien proporciona un puntaje unidimensional, su simplicidad y confiabilidad facilita su aplicación en diversas industrias y productos. La puntuación global se calcula a partir de una fórmula que consiste en ajustar las puntuaciones obtenidas en cada ítem: para las afirmaciones positivas, se resta 1 a la puntuación asignada ($x - 1$), mientras que para las afirmaciones negativas se resta la puntuación asignada a 5 ($5 - x$); posteriormente, se suman todas las puntuaciones ajustadas y el resultado se multiplica por 2.5, obteniendo así un valor global que oscila entre 0 y 100, donde 0 indica una usabilidad extremadamente deficiente y 100 una usabilidad excelente. De acuerdo con los criterios establecidos, un sistema con una puntuación superior a 85 se considera de usabilidad excelente, mientras que una puntuación entre 68 y 84 indica una usabilidad buena (Del Rocio Sevilla-Gonzalez et al., 2020; Mol et al., 2020)

Resultados

El SMSL carece de una causa única identificable; por lo tanto, las estrategias actuales priorizan la prevención. Clínicamente, la apnea del lactante se considera una de las manifestaciones fisiológicas más significativas del SMSL, ya que su detección y tratamiento inoportunos pueden provocar un paro cardiorrespiratorio. Por consiguiente, las características funcionales, así como las consideraciones de diseño y fabricación de la prenda, se establecieron sistemáticamente mediante un análisis estructurado de las variables relevantes del proceso (Fig. 2).

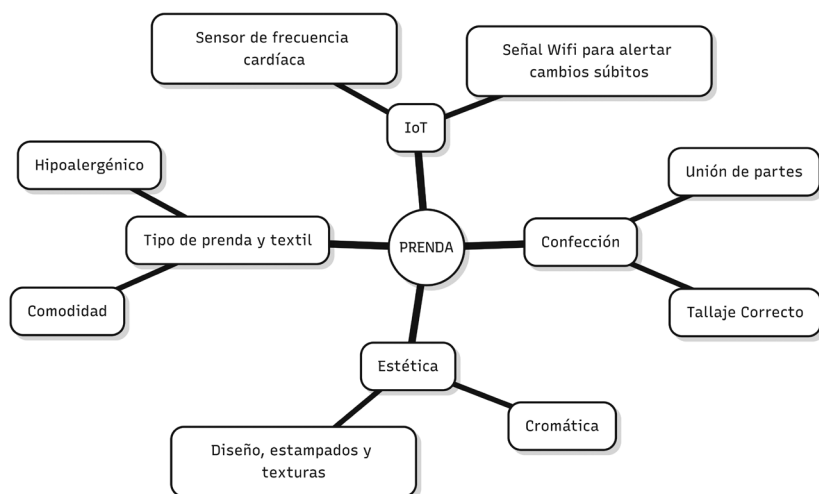


Figura 2. Variables del proceso.

Nota. Elaborado por autores, 2025.

Entre los parámetros que se tomaron en cuenta en el diseño de la prenda estuvieron los siguientes:

- Uso en nacidos prematuros (monitoreo constante).
- Confección de la prenda para bebés de hasta seis meses de edad.
- Empleo de textiles hipoalergénicos y nobles con la piel de los neonatos.
- Ubicación del sensor en la muñeca, mano, pie, pecho o cuello.
- Facilidad de colocar y quitar el sensor de la prenda para lavado.
- El conjunto prenda – sensor debe permitir el movimiento libre del bebé, para evitar rozaduras y/o lastimaduras.

Se establecieron tablas para contemplar las necesidades de los usuarios y su jerarquía; así se evidenció las cualidades del producto y su importancia para el desarrollo de una prenda funcional y con estética (Tablas 1, 2 y 3).

Se utilizó la escala de Likert, siendo: 1. Totalmente en desacuerdo, 2. En desacuerdo, 3. Neutral / Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4. De acuerdo, 5. Totalmente de acuerdo.

Tabla 1. Necesidades del usuario.
Nota. Elaborado por autores, 2025.

CUALIDADES	NECESIDAD	IMPORTANCIA
Funcionales	Monitoreo constante de frecuencia cardíaca.	5
	Ubicación correcta del dispositivo IoT.	5
	Confección del vestuario por módulos.	3
	Reporte constante del sensor sobre el estado de salud del lactante.	5
Uso	Facilidad de uso y comodidad de la prenda.	4
	Facilidad de extracción y colocación del sensor en la prenda.	4
	Correcta aplicación del tallaje.	4
Estructurales	Insumos y uniones de la prenda.	5
	Integración del sensor a la prenda.	5
Formal o expresiva	Estilo Creativo	4
	Cromática	4
	Formas	5
	Motivo gestor	4
Materiales	Textil de baja densidad, hipoalergénico y transpirable, que conserve termorregulación corporal.	3
	Materiales suaves y durables.	4
Social Psicológicas	Prevención de la muerte súbita.	5
	Brindar seguridad.	5
	Comunicar de manera no verbal si es atractivo o no.	3
Técnico productivas	Materias primas	5
	Manufactura	4
	Costo de producción del vestuario con sensor integrado	5
	Embalaje	4

Tabla 2. Jerarquía de las necesidades de los usuarios.
Nota. Elaborado por autores, 2025.

	JERARQUÍA DE NECESIDADES	BENEFICIOS	DIFICULTADES
Primarias	Textiles adecuados	Comodidad	Costo
	Correcto funcionamiento del sensor	Monitoreo constante y eficiente de la frecuencia cardíaca	Configuración del sistema
	Integración del sensor en la prenda	Prenda brinda cobertura y monitoreo de frecuencia cardíaca	Implementación del sensor en prenda
	Alerta de cambios súbitos en la frecuencia cardíaca	Atención inmediata	Sensor alerte a los padres por cambios que no sean considerados de gravedad
Secundarias	Fácil retiro del sensor	Durabilidad del sensor	Ubicación del sensor y sistemas integrados en la prenda
	Tallaje de acuerdo con dimensiones antropométricas	Comodidad Conservación térmica	Dimensiones variables entre usuarios
	Confección y unión correcta de la prenda	Seguridad al utilizar la prenda, garantía.	Altos costos de producción.
Terciarias	Estética de la prenda	Prendas atractivas	Elementos y símbolos específicos
	Cromática	Refleja edad y estado del usuario	Variedad de gustos

Tabla 3. Matriz de necesidades.
Nota. Elaborado por autores, 2025.

ÍTEM	NECESIDAD	ESPECIFICACIÓN DEL PRODUCTO
1	Monitoreo de frecuencia cardíaca	Aplicación de IoT y sensor de frecuencia cardíaca: • Sensor de Pulso Ritmo módulo KY-039 Arduino • Placa Wifi Esp8266 Arduino • Cables de conexión • Pin de conexión
2	Textil idóneo Insumos	Fibra de algodón orgánico hipoalergénica • Algodón orgánico • Broches • Hilo
3	Implementación del sensor de frecuencia cardíaca a la prenda	Ensamblaje del sistema en prenda.
4	Facilidad de uso.	Elasticidad de material.
5	Alerta de cambios súbitos en la frecuencia cardíaca.	Funcionamiento correcto del sistema.
6	Facilidad de colocar y sacar el sensor de la prenda	Compartimento donde se aloja sensor.
7	Dimensiones de la prenda	Medidas antropométricas normalizadas.
8	Diseño de la prenda	Estilo, cromática, estampados, texturas, perfil del consumidor y usuario, universo del vestuario, insumos.

El diseño de la prenda se inició con un bosquejo preliminar, a partir del cual se definió la configuración general del producto. Posteriormente, se estableció la ubicación del sensor considerando criterios de funcionalidad del sistema y libertad de movimiento del lactante.

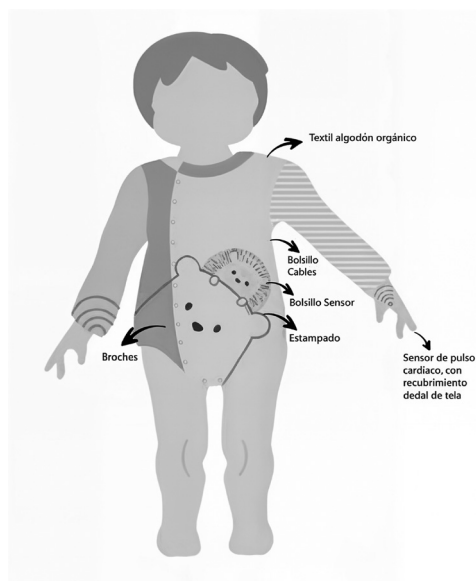


Figura 3. Diseño final de la prenda. **Nota.** Elaborado por autores, 2025.

En la Figura 3 se presenta el diseño final, especificando la posición del sensor, dispuesto en uno de los dedos del lactante.

El sistema incorpora componentes electrónicos en la prenda para proporcionar funcionalidad y seguridad. La batería y la placa Wi-Fi se alojan en un bolsillo externo, mientras que el cableado del sensor pasa por un bolsillo interno. Se consideraron dos combinaciones de colores, y se seleccionó el gris como opción neutra. El compartimento del sensor extraíble permite colocarlo y retirarlo fácilmente, simplifica la limpieza y permite utilizar el sensor solo cuando es necesario. La prenda utiliza una estructura textil de doble capa con un refuerzo de cartón prensado de 1 mm de grosor para mejorar la seguridad y la estabilidad del dispositivo.

El sensor de frecuencia cardíaca se conecta a la placa Arduino mediante la salida de señal del sensor (SIG) y la entrada analógica A0 del microcontrolador para el procesamiento de datos. El circuito funciona con una batería de 9 V, que ofrece unas 5 horas de uso continuo. La programación se realizó utilizando la aplicación Arduino IDE (Entorno de desarrollo integral Arduino), considerando los números de latidos máximos y mínimos, la frecuencia cardíaca se configuró entre 60 y 100; sin embargo, es importante mencionar que el rango fisiológico normal de un lactante suele estar entre 120 y 160 latidos por minuto en reposo. La recepción de la información y el monitoreo, se lo realiza mediante la aplicación Blynk, la cual enlaza la placa Arduino y la dirección IP del servidor para poder funcionar. Esta

se encuentra disponible para teléfonos móviles con sistemas Android e IOS. Para su configuración se siguieron los siguientes pasos:

- Añadir un nuevo proyecto, luego de lo cual se envió un código “Auth Token” a la dirección de correo electrónico registrada. Este código se copió en la programación del circuito para enlazarlo con la App.
- Se diseñó el formato de la App y se seleccionó el Widget Boton para el encendido y apagado de las notificaciones.
- Se configuró las funciones ubicando Output en V1, y Mode en Switch, para controlar el encendido.
- Se seleccionó la opción Gauge para mostrar la calibración de la medición de la frecuencia, con el valor en Virtual V5.
- Se activaron las notificaciones para empezar a recibir al instante en caso de alteraciones en la frecuencia cardiaca.
- Tras los pasos anteriores se procede al encendido del monitoreo, así al detectar algún valor anormal, se muestra inmediatamente la notificación.

Se evidencio un desempeño estable y consistente del sistema de monitorización durante los periodos de registro continuo, con un alto porcentaje de datos fisiológicamente válidos. Los valores de frecuencia cardíaca registrados se mantuvieron dentro de rangos esperados, presentando una variabilidad controlada, lo que indica una adecuada estabilidad de la señal y una correcta adquisición de los datos a lo largo del tiempo de monitoreo. Durante la validación de la prenda con los sistemas implementados y la información enviada a la aplicación, se empleó el SUS a los médicos, el cual demuestra la viabilidad del vestuario infantil:

$$[(5-1)+(5-2)+(5-1)+(5-5)+(5-1)+(5-2)+(5-1)+(5-1)+(4-1)+(5-1)]*2,5=82,5 \text{ SUS}$$

El resultado es 82.5%, lo que significa que es una idea factible, ejecutable y práctica en el medio, realizando algunos ajustes en el producto.

Discusión

Debido a la limitada experiencia en América Latina, especialmente en Ecuador, con el monitoreo basado en sensores para reducir las muertes por SMSL, la prenda y el prototipo ofrecen una solución innovadora y fácil de usar para los padres.

Hernández et al. (2020) desarrollaron un dispositivo que utiliza sensores piezoeléctricos, un microcontrolador, látex y cables para monitorear la frecuencia cardíaca de los bebés. El dispositivo envía notificaciones inmediatas a través del Internet de las cosas cuando detecta ritmos anormales. Aunque el prototipo funciona bien y proporciona alertas claras, no es rentable ni cómodo para los bebés.

Feijóo (2019) realizó un dispositivo para monitorizar la taquipnea transitoria en recién nacidos, una afección caracterizada por frecuencias respiratorias elevadas y potencialmente peligrosas. Como prototipo, los sensores empleados no son adecuados para la producción en masa, ya que se necesitarían sensores muy sensibles y costosos. Los resultados sugieren un circuito más pequeño para minimizar las molestias para los recién nacidos.

Díaz Vidarte & Guevara Gastelo (2020) presentaron un prototipo de monitorización para prevenir el SMSL. Este monitoriza la SpO_2 y los niveles de saturación de oxígeno en sangre y puede enviar mensajes de texto a los padres para alertarlos si el bebé puede estar en peligro. El sistema desarrollado incluye, entre otros componentes, dos placas: una Arduino Nano y una Raspberry Pi. Esto da como resultado un circuito bastante grande, lo que dificulta su integración en la ropa del bebé.

Conclusiones

Los factores que desencadenan el SMSL varían según el entorno, ya que agentes como la falta de ventilación en la habitación o la mala posición del lactante pueden desencadenar en una apnea infantil, obstruyendo el paso de aire lo que puede generar un paro cardio respiratorio. Estudios tratan de comprender como el SMSL se presenta en un neonato, y buscan encontrar una causa común que permita desarrollar una solución definitiva.

La fibra de algodón orgánico tiene beneficios para la dermis como su suavidad, evitando alergias producidas por el textil. A su vez, permite la absorción de la humedad, lo que permite que el bebé se mantenga seco durante el día o la noche.

El monitoreo por medio del sistema elaborado fue en base a pruebas experimentales sucesivas, con la selección de un módulo KY-039 Arduino, el cual por su rapidez de lectura facilitó el envío de información a la aplicación Blynk, en la cual se ejecuta el monitoreo constante de la frecuencia cardíaca, alertando un cambio súbito ya sea por una bradicardia o una taquicardia.

Referencias bibliográficas

- Behnam-Terneus, M., & Clemente, M. (2019). SIDS, BRue, and safe sleep guidelines. *Pediatrics in Review*, 40(9), 443–455. <https://doi.org/10.1542/PIR.2017-0259>,
- Camacho-Navares, S., & Durán-Aguilar, G. (2021). Value engineering: Definition of functions through requirements and specifications on product design. *SAVE International 2021 Value Summit Proceedings*, 289–297. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85117407572&partnerID=40&md5=6b617c3343463e3ec2fbbf4bd2d4d903>
- Del Rocio Sevilla-Gonzalez, M., Loaeza, L. M., Lazaro-Carrera, L. S., Ramirez, B. B., Rodríguez, A. V., Peralta-Pedrero, M. L., & Almeda-Valdes, P. (2020). Spanish version of the system usability scale for the assessment of electronic tools: Development and validation. *JMIR Human Factors*, 7(4). <https://doi.org/10.2196/21161>,
- Díaz Vidarte, C. R., & Guevara Gastelo, A. E. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo para evitar el síndrome de la muerte súbita del lactante (SMSL)*. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8170>
- Duncan, J. R., & Byard, R. W. (2018). Sudden Infant Death Syndrome: An Overview. *SIDS Sudden Infant and Early Childhood Death: The Past, the Present and the Future*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK513399/>
- Feijóo, B. (2019). *Desarrollo de un dispositivo de medición de frecuencia respiratoria para neonatos*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52849>
- Filonzi, L., Magnani, C., Nosetti, L., Nespoli, L., Borghi, C., Vaghi, M., & Marzano, F. N. (2012). Serotonin transporter role in identifying similarities between SIDS and idiopathic ALTE. *Pediatrics*, 130(1). <https://doi.org/10.1542/PEDS.2011-3331>,
- Hernández, J., González, M., & Zambrano, R. (2020). Sistema de monitoreo electrónico de asfisia neonatal. *RICS Revista Iberoamericana de las Ciencias de la Salud*, 9(18), 27–46. <https://doi.org/10.23913/RICS.V9I18.89>
- Huang, R., Spence, A. R., & Abenhaim, H. A. (2024). National SIDS Trends in the United States From 2000 to 2019: A Population-Based Study on 80 Million Live Births. *Clinical Pediatrics*, 63(9), 1216–1224. <https://doi.org/10.1177/00099228231218162>
- Kim, H., & Pearson-Shaver, A. L. (2023). Sudden Infant Death Syndrome. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560807/>
- Malmqvist, J., Axelsson, R., & Johansson, M. (2021). A Comparative Analysis of the Theory of Inventive Problem Solving and the Systematic Approach of Pahl and Beitz. *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference*, 4. <https://doi.org/10.1115/96-DETC/DTM-1529>
- Mol, M., Van Schaik, A., Dozeman, E., Ruwaard, J., Vis, C., Ebert, D. D., Etzelmueller, A., Mathiasen, K., Moles, B., Mora, T., Pedersen, C. D., Skjøth, M. M., Pensado, L. P., Piera-Jimenez, J., Gokcay, D., Ince, B. Ü., Russi, A., Sacco, Y., Zanalda, E., ... Smit, J. H. (2020). Dimensionality of the system usability scale among professionals using internet-based interventions for depression: A confirmatory factor analysis. *BMC Psychiatry*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/S12888-020-02627-8>,
- Paterson, D. S., Hilaire, G., & Weese-Mayer, D. E. (2009). Medullary serotonin defects and

- respiratory dysfunction in sudden infant death syndrome. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, 168(1–2), 133–143. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2009.05.010>
- Perrone, S., Lembo, C., Moretti, S., Prezioso, G., Buonocore, G., Toscani, G., Marinelli, F., Nonnis-Marzano, F., & Esposito, S. (2021). Sudden Infant Death Syndrome: Beyond Risk Factors. *Life*, 11(3), 1–14. <https://doi.org/10.3390/LIFE11030184>
- Rakovska, L., Kostyukova, D., Domres, N., & Barska, L. (2023). Ukrainian academy of pediatrics specialties (UAPS) european sleep medicine and neurophysiology association (esmana) statement of the on safe sleep as a priority issue in the prevention of sudden infant death syndrome | УКРАЇНСЬКА АКАДЕМІЯ ПЕДІАТРИЧНИХ СПЕЦІАЛІЗАЦІЙ. *Neonatology, Surgery and Perinatal Medicine*, 13(2(48)), 123–129. <https://doi.org/10.24061/2413-4260.XIII.2.48.2023.17>
- Rejeb, A., Rejeb, K., Treiblmaier, H., Appolloni, A., Alghamdi, S., Alhasawi, Y., & Iranmanesh, M. (2023). The Internet of Things (IoT) in healthcare: Taking stock and moving forward. *Internet of Things*, 22, 100721. <https://doi.org/10.1016/J.IOT.2023.100721>
- Singh, H., Jeßberger, J., & Zeeb, H. (2023). Prevention of sudden infant death syndrome: Literature overview and evaluation of the SIDS Hamm prevention project | Prävention des plötzlichen Kindstods: Literaturübersicht und Evaluation des Präventionsprojekts SIDS Hamm. *Prävention und Gesundheitsförderung*, 18(3), 335–342. <https://doi.org/10.1007/s11553-022-00965-x>
- Sodini, C., Paglialonga, L., Antoniol, G., Perrone, S., Principi, N., & Esposito, S. (2022). Home Cardiorespiratory Monitoring in Infants at Risk for Sudden Infant Death Syndrome (SIDS), Apparent Life-Threatening Event (ALTE) or Brief Resolved Unexplained Event (BRUE). *Life*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/life12060883>
- Spinelli, J., Collins-Praino, L., Van Den Heuvel, C., & Byard, R. W. (2017). Evolution and significance of the triple risk model in sudden infant death syndrome. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 53(2), 112–115. <https://doi.org/10.1111/jpc.13429>
- Zheng, J., Li, L., Gu, W., & Liu, G. X. (2020). Sustainable apparel product design methods: A fashion brand company case study. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 28(4), 23–33. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.0930>

Abstract: Sudden Infant Death Syndrome (SIDS) has no determined cause; however, recommendations are established to prevent the anomaly and reduce the mortality rate. Constant monitoring is crucial since the pathology can present unexpectedly, preventing timely action. The objective is to design a non-invasive device that identifies SIDS symptoms early. The Pahl and Beitz project methodology was employed, using a qualitative approach and a phenomenological, descriptive, and transversal design to determine the problem and generate a product, with verification and validation phases. The development of the IoT system for continuous heart rate monitoring was based on trial and error, using a KY-039 Arduino device to transmit information to the Blynk application. Infrared light transmits the heartbeat's consistency per second,

as demonstrated in the algorithm by the arrival of a notification on the cell phone. For the system, the KY-039 Arduino module was selected, which, due to its high read speed, ensured timely information delivery to the Blynk application. Heart rate is continuously monitored via the fingerprint, detecting bradycardia or tachycardia. Following the Usability Scale System, the system was evaluated, achieving a value of 82.5%, which is satisfactory.

Keywords: SIDS – Pahl & Beitz – KY-039 Arduino

Resumo: A síndrome da morte súbita infantil (SMSI) não tem causa determinada; no entanto, existem recomendações estabelecidas para prevenir a anomalia e reduzir a taxa de mortalidade. O monitoramento constante é crucial, pois a patologia pode se apresentar de forma inesperada, impedindo uma ação oportuna. O objetivo é projetar um dispositivo não invasivo que identifique precocemente os sintomas da SMSI. A metodologia do projeto Pahl e Beitz foi empregada, utilizando uma abordagem qualitativa e um desenho fenomenológico, descritivo e transversal para determinar o problema e gerar um produto, com fases de verificação e validação. O desenvolvimento do sistema IoT para monitorização contínua da frequência cardíaca foi baseado em tentativa e erro, utilizando um dispositivo KY-039 Arduino para transmitir informações para a aplicação Blynk. A luz infravermelha transmite a consistência dos batimentos cardíacos por segundo, conforme demonstrado no algoritmo pela chegada de uma notificação no telemóvel. Para o sistema, foi selecionado o módulo KY-039 Arduino que, devido à sua alta velocidade de leitura, garantiu a entrega oportuna das informações ao aplicativo Blynk. A frequência cardíaca é monitorizada continuamente através da impressão digital, detectando bradicardia ou taquicardia. Seguindo o Sistema de Escala de Usabilidade, o sistema foi avaliado, alcançando um valor de 82,5%, o que é satisfatório.

Palavras-chave: SIDS – Pahl & Beitz – KY-039 Arduino

María Elena López Vivanco: Licenciado en diseño de productos por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Licenciado en Diseño de productos. maria.e.lopez.v@pucesa.edu.ec. <https://orcid.org/0009-0000-8207-131X>.

Pablo Israel Amancha Proaño: Máster universitario en diseño y gestión de proyectos tecnológicos por la Universidad Internacional de La Rioja. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. pamancha@pucesa.edu.ec. <https://orcid.org/0000-0003-1502-6118>.

Dario javier Robayo Jácome: Magíster en gerencia informática por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. drobayo@pucesa.edu.ec. <https://orcid.org/0000-0002-0661-6573>.