

# Diseño e implementación de un prototipo para apoyar el cuidado de menores entre cero y seis meses, a través del monitoreo de la temperatura corporal y el control de factores de su entorno

Ana Maria Medina Conto  
anamariamolina@javerianacali.edu.co

**Resumen**—A prototype is proposed for a regular monitoring device that, through a mobile application developed in *Blynk*, provides information on the state of the body temperature of a baby between zero and six months, alerting anomalies that can indicate diseases or complications in the health of the small; and that also allows to control some environmental factors of the baby's room, in this case, environmental temperature, stimulating sounds and light intensity, in order to provide a solution to obtain continuous and timely detection of any type convention, facilitating the work of caregivers and improving the quality of care, in addition to ensure a suitable and healthy environment for the little one.

The process followed for the design and implementation of this device is based on the CDIO methodology. In the first stage, the search for background and work related to the monitoring of body temperature and the control of variables such as ambient temperature, sound and light is carried out.

Subsequently, all the subsystems that will be necessary for the implementation of the prototype are proposed, in this case: reception, actuators, data processing, interface and power supply, along with some alternatives for the selection of electronic devices. Afterwards, the rapid prototyping process is carried out in order to make the idea tangible, and finally, a plan of tests is developed to validate the functionality of the prototype and identify improvements

**Index Terms**—monitoring, body temperature, control, optimal environment, design

## I. OBJETIVOS

- Desarrollar un prototipo para apoyar el cuidado de menores entre cero y seis meses, a partir del monitoreo regular de la temperatura corporal para la detección de alteraciones; y el control de factores ambientales con el fin de garantizar un ambiente óptimo y confortable para el menor.
- Caracterizar las funciones de algunos sistemas de monitoreo y control que sirven como herramienta para el cuidado de bebés.
- Definir y establecer los requerimientos de hardware del nuevo sistema de monitoreo y control para apoyar el cuidado de menores entre cero y seis meses.
- Definir el método de alerta a los cuidadores de los menores cuando se presente alguna condición de alarma.
- Diseñar e implementar un prototipo de hardware que satisfaga los requerimientos del sistema planteado.

## II. INTRODUCCIÓN

La seguridad de los hijos es la mayor preocupación para los padres, especialmente en etapas tempranas del crecimiento y desarrollo del niño, tales como la etapa de recién nacidos (0 a 28 días) y lactantes (1 a 24 meses), ya que algunas condiciones fisiológicas de estas etapas los hace vulnerables y condiciona riesgos para su salud y desarrollo adecuado, por lo que requieren constante atención por parte de los cuidadores. Sin embargo, las diferentes ocupaciones de los padres como el trabajo, los quehaceres del hogar y todas las actividades de la vida adulta hacen que el monitorear a sus pequeños no sea una tarea sencilla.

En consecuencia, con el paso del tiempo el equipo y las técnicas de cuidado infantil aumentaron con la tecnología. Actualmente existen muchos tipos de equipos de monitoreo de variables fisiológicas para bebés: aquellos que están unidos a alguna extremidad del cuerpo del bebé, otros que se colocan debajo del colchón, o se unen a alguna parte de la cuna, etc. En cuanto al mercado de monitores para bebés, se puede encontrar una variada oferta de monitores que ofrecen diferentes funciones, como la detección de temperatura, sonido e imagen.

De esta manea, el siguiente artículo ilustra el proceso que se llevó a cabo para el desarrollo de un prototipo funcional en un ambiente de laboratorio para apoyar el cuidado de pequeños entre cero y seis meses, capaz de monitorear constantemente una variable fisiológica sumamente importante en los bebés: La temperatura corporal, pues los cambios en la temperatura corporal se consideran un signo de alarma para detección temprana de problemas en la salud del niño. Adicionalmente, se plantea que a través del sistema, los padres o cuidadores del menor, puedan controlar algunas variables de la habitación del mismo, como: la temperatura ambiente, la intensidad luminica y los sonidos estimulantes, con el fin de brindar un ambiente propicio y confortante para el pequeño.

## III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### III-1. Definición de variables de monitoreo y control:

1. **Temperatura corporal:** Los bebés corren especial riesgo de padecer trastornos asociados al frío y calor

ambiental, debido a múltiples razones, entre estas, la poca capacidad de termorregulación.

La humedad relativa, el flujo de aire, el contacto directo con superficies frías, la temperatura del ambiente, entre otras influyen en el equilibrio térmico y los recién nacidos son propensos a la pérdida rápida de calor e hipotermia. Se considera hipotermia la temperatura corporal central inferior a 36.5°C.[3]

Por otra parte, se tiene el concepto de fiebre [6], la cual es un mecanismo de defensa del organismo para activar el sistema inmune y dificultar la supervivencia de virus y bacterias. La temperatura corporal varía según el momento del día o del ambiente. Estas oscilaciones son mínimas tanto en adultos como en bebés menores de 6 meses, pero durante el crecimiento de los niños, pueden fluctuar entre 1°C y 2°C. La clasificación se da de la siguiente manera:

- a) Febrícula: entre 37.5°C y 38°C.
- b) Fiebre: entre 38°C y 41°C.
- c) Hiperpirexia: 41°C o más.

2. **Temperatura ambiental:** La termorregulación es la función fisiológica que consiste en la habilidad de mantener un equilibrio entre la producción y pérdida de calor, sin embargo, en los bebés, el sistema de regulación es inmaduro y muy sensible a los cambios de temperatura, y esto persiste durante los primeros días de vida, por tanto, es el cuidador quien debe estar atento y evitar, tanto la pérdida de calor, como el calentamiento excesivo [7]. Según lo explica la asociación Española de Pediatría [4], la temperatura adecuada para la habitación del pequeño en los primeros meses de vida debe oscilar alrededor de 22°C durante el día y alrededor de 18°C por la noche.
3. **Nivel de intensidad lumínica:** Los niños son especialmente sensibles a la luz, y esto afecta en su descanso y comportamiento. La luz segrega melatonina en el cuerpo y dependiendo del tipo de luz el cuerpo reacciona de diferentes maneras. Adicionalmente, la luz influye en el estado de ánimo de los niños dado que los fotorreceptores de los ojos se activan con la luz [5].
4. **Sonidos estimulantes:** El oído empieza a funcionar aproximadamente desde el quinto mes de vida prenatal y es estimulado por cualquier sonido con consecuencias benéficas sobre el desarrollo de la inteligencia musical. Después del nacimiento, la inteligencia del niño continúa configurándose mediante la exposición y la interacción con los sonidos de su entorno, por ello, es primordial que en esta etapa se provoque y se estimule cualquier iniciativa como gorgojeo, canturreos, vocalizaciones, etc [2].

### III-A. Trabajos relacionados

1. **IoT (Internet of Things) Based Infant Body Temperature Monitoring**  
En [8] se plantea el desarrollo de un dispositivo pequeño

y liviano que monitorea continuamente la temperatura corporal y que el bebé puede usar cómodamente. Este ayuda directamente a los padres al alertarlos cada vez que la temperatura corporal del bebé aumenta un grado más de lo normal. Este sistema monitorea el parámetro vital que es la temperatura corporal mediante el uso de un sensor portátil. La información luego se transfirió a sus padres a través de una red inalámbrica. El sistema se amplía para interactuar con los teléfonos móviles y permitir la supervisión remota.

### 2. **An enhanced noise cancelling system for a comprehensive monitoring and control of baby environments**

En [1] se afirma que debido a los cambios ambientales radicales, en términos de contaminación acústica y calentamiento global a los que está sujeto el mundo, el clima actual (ruido, temperatura y humedad) impacta en los entornos de los recién nacidos y bebés. Para lograr mejores condiciones de vida en la habitación de un bebé, los sistemas de monitoreo y control cobraron mucha importancia. Los sistemas existentes solo monitorean y controlan la temperatura, la humedad y la luz en las habitaciones de los bebés. Por ello, los autores, plantean un sistema de cancelación de ruido para un monitoreo y control integral para superar la contaminación acústica y hacer que las habitaciones de los bebés sean más cómodas.

## IV. METODOLOGÍA

La primera etapa de la metodología es la concepción, aquí, se realiza la definición de variables y la revisión de literatura y trabajos relacionados con el tema en discusión. Esto, se observa en el apartado anterior de este artículo.

Adicionalmente, se define el funcionamiento general del sistema y las herramientas que serán utilizadas para su implementación.

El diagrama que mejor resume los aspectos trabajados en etapa, es el diagrama de flujo con los respectivos componentes. En la figura 1 se observan las señales de entrada y salida del sistema, y los diferentes subsistemas, los cuales se detallan más adelante, con sus respectivos sensores y actuadores.

Posteriormente, se tienen las etapas de diseño e implementación en donde se define el diseño de cada subsistema y se construye el prototipo para hacer palpables las ideas y así, visualizar la solución.

De esta manera, el prototipo que se plantea se encargará de monitorear las variables de entrada: la temperatura corporal del menor, y la temperatura ambiental de la habitación del pequeño.

Estas variables son captadas mediante un *subsistema de recepción*, en donde se encuentra el sensor de temperatura. Se tiene, que el sensor tiene que ser capaz de medir tanto la temperatura corporal como ambiental, y que la temperatura

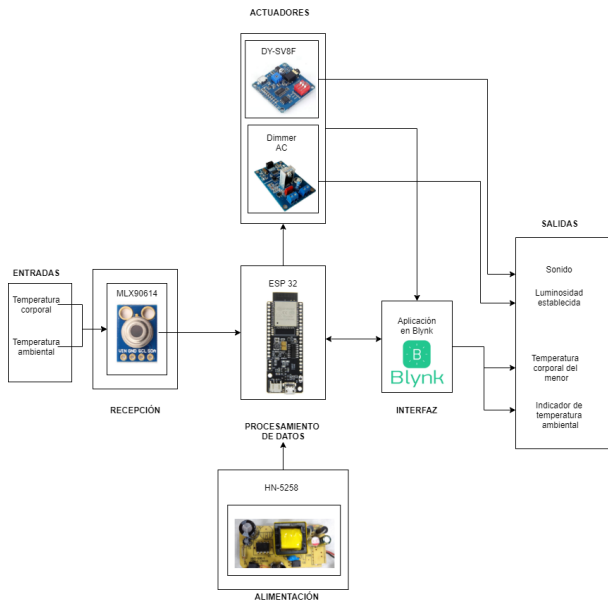


Figura 1. Diagrama de flujo del sistema general con componentes. Fuente: Autor

corporal debe captarse de manera no invasiva, por ello se eligió un sensor infrarrojo, en este caso el MLX90614.

La calibración de este sensor se realiza utilizando la cámara infrarroja T420, teniendo en cuenta la emisividad del cuerpo humano, la cual es de 0.98. El proceso de calibración consistió en tomar trece muestras de agua destilada y registrar la temperatura medida tanto por la cámara como por el sensor. En este caso, se varió la temperatura del agua entre 30°C y 42°C. Con estas mediciones, se calculó el error relativo entre las dos mediciones y después utilizando el método de ajuste de curvas, se calculó la ecuación de primer grado (1) que mejor se ajusta a los datos.

$$y = 1,0449x \quad (1)$$

Los datos entregados por este sensor son enviados al *subsistema de procesamiento de datos*, el cual contiene al microcontrolador que se encarga de transformar los valores monitoreados a valores representativos para el usuario, y proporciona alertas cuando están fuera de los rangos definidos anteriormente.

Adicionalmente, en este subsistema el microcontrolador recibe las señales provenientes de la interfaz para el manejo de un reproductor MP3 y también, para adecuar el nivel de intensidad lumínica de acuerdo con lo que el usuario le indique.

El dispositivo elegido en este caso fue el ESP32.

Luego, se tiene el *subsistema de actuadores*, en donde se encuentran un módulo MP3, el cual se utiliza para la reproducción de sonido, en este caso el DY-SV8F y un dimmer AC, en este caso, un módulo regulador de luz del

fabricante de Krida Electronics que permite cumplir con la funcionalidad de adecuar la intensidad lumínica. Estos reciben la señal que les envía el microcontrolador posterior a la indicación que genera el usuario.

Por su parte, mediante el *subsistema de interfaz*, el cual es un prototipo de aplicación móvil, diseñado en la plataforma *Blynk.io*, el usuario puede:

- Ver el dato de temperatura corporal y recibir una alerta cuando esta se encuentre fuera del rango normal.
- Ver el dato de temperatura ambiental y llevarlo al nivel adecuado (esto se realiza representativamente mediante un indicador LED).
- Manejar el reproductor de MP3 que consta de 8 canciones. Este tendrá las opciones *PLAY*, *STOP*, *NEXT*, *PREV*.
- Controlar el nivel de intensidad lumínica de la habitación del menor.

La apariencia de la aplicación en el dispositivo móvil se observa en la figura 2

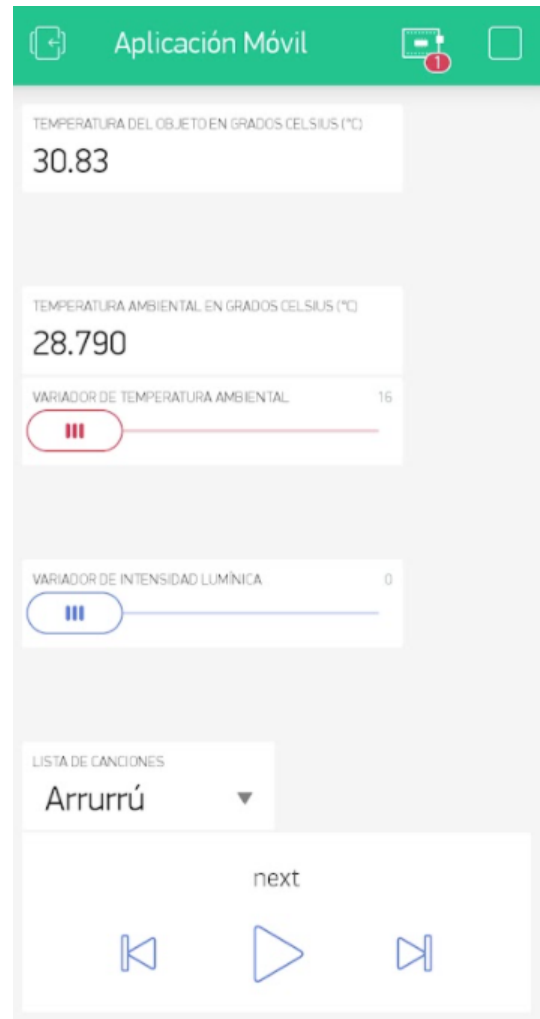


Figura 2. Diseño del prototipo de aplicación móvil en Blynk.io. Fuente: Autor

Finalmente, en el *subsistema de alimentación*, se tiene que la fuente de alimentación se realizará mediante la

alimentación AC que debe recibir el dimmer AC. A la salida de esta alimentación, se adaptará un conversor AC/DC para obtener el voltaje requerido por el microncontrolador.

Adicionalmente, se tiene que la potencia consumida por el dispositivo será de aproximadamente 1.4 W. Así, si se requiere calcular la energía, es necesario saber cuantas horas al día estará activo el dispositivo.

Ahora, dado que el prototipo se encontrará cerca al menor, y lo usarán los padres de familia, es necesario diseñar una estructura que resguarde los dispositivos electrónicos y asegure la protección del bebé. Adicionalmente, debido a que en la metodología para el desarrollo se plantea que el prototipado siga el proceso de Design Thinking, se realiza un prototipo rápido de fabricar y de bajo costo, utilizando la cortadora láser, teniendo en cuenta que en la metodología de Design Thinking, al prototipar ideas, no se evalúa la viabilidad tecnológica, si no el interés de los usuarios, y este proceso consiste en crear artefactos físicos que permitan tangibilizar de forma ágil la idea. El resultado se aprecia en la figura 3

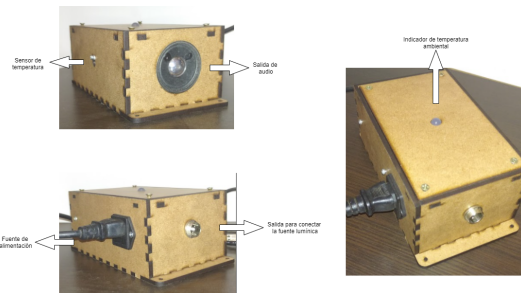


Figura 3. Diseño estructural del prototipo final. Fuente: Autor

## V. RESULTADOS

### V-A. Temperatura corporal

Para el caso de la temperatura del objeto, se realizaron dos tipos de prueba: la primera, similar al proceso que se siguió para calibrar el sensor de temperatura, en donde se tomaron diferentes muestras de agua destilada a distintos valores de temperatura, esto con el fin de verificar la calibración del sensor con respecto a la cámara. La segunda, midiendo la temperatura de diferentes personas en la frente. Todas las mediciones de ambas pruebas se tomaron con la cámara infrarroja y con el sensor MLX90614.

Así, es posible observar que en las mediciones hechas a las muestras de agua, los valores registrados por la cámara son similares a los valores registrados por el sensor. Los rangos registrados en las diferentes mediciones se pueden apreciar a continuación en la tabla I

De la misma manera, también se pueden observar los resultados de las mediciones tomadas a las diferentes personas que participaron en el plan de pruebas. Aquí se tiene que, la temperatura registrada por la cámara, en la mayoría de los casos, es inferior a la temperatura normal corporal establecida por la OMS. Esto se debe a que la temperatura de la piel

No. Prueba	Nombre	Rango de valores tomados por la cámara (°C)	Rango de valores tomados por el sensor (°C)
1	1126	41.2 - 42.4	41.1 - 42.5
2	1127	39.9 - 40.5	39.2 - 40.7
3	1128	38.6 - 39.0	38.2 - 38.4
4	1129	37.6 - 38.0	37.8 - 38.3
5	1130	36.6 - 37.3	36.9 - 37.2
6	1131	35.9 - 36.4	35.9 - 36.1
7	1133	33.4 - 33.9	33.6 - 34.6
8	1134	36.2 - 36.7	36.9 - 37.3

Cuadro I

MEDICIONES DE LAS MUESTRAS DE AGUA REGISTRADAS POR LA CÁMARA INFRARROJA Y EL SENSOR MLX90614

(cutánea) es por lo general más baja que la temperatura interna del cuerpo humano. Sin embargo, los valores obtenidos por el sensor en la mayoría de las pruebas, arrojan temperaturas dentro del rango de 36°C y 37.8°C. Estos rangos se pueden apreciar en la II

No. Prueba	Nombre	Rango de valores tomados por la cámara (°C)	Rango de valores tomados por el sensor (°C)
1	Sujeto 1	35.4 - 35.9	36.7 - 37.5
2	Sujeto 2	34.9 - 35.2	37.4 - 37.8
3	Sujeto 3	35.4 - 35.9	36.4 - 37.2
4	Sujeto 4	34.9 - 35.7	36.4 - 37.2
5	Sujeto 5	35.7 - 36.3	36.9 - 37.4
6	Sujeto 6	35.3 - 35.8	36.4 - 37.2
7	Sujeto 7	33.9 - 34.7	34.8 - 35.4
8	Sujeto 8	35.9 - 36.0	36.9 - 37.5
9	Sujeto 9	34.1 - 34.6	36.0 - 37.0
10	Sujeto 10	34.4 - 35.2	36.4 - 37.5
11	Sujeto 11	35.2 - 35.7	36.4 - 37.1
12	Sujeto 12	35.6 - 36.1	36.3 - 37.2
13	Sujeto 13	36.2 - 36.6	36.6 - 37.4

Cuadro II

MEDICIONES DE TEMPERATURA TOMADAS A DIFERENTES PERSONAS, REGISTRADAS POR LA CÁMARA INFRARROJA Y EL SENSOR MLX90614.

### V-B. Temperatura ambiental

Para el caso de la temperatura ambiente, se tiene que el sensor toma la temperatura ambiente y el usuario puede visibilizar este valor en la aplicación. De esta manera, si el usuario desea ajustar el valor de la temperatura en los rangos establecidos como óptimos dependiendo del horario (día o noche), este puede variar el *slider* correspondiente para esta variable y puede apreciar mediante el indicador LED que la temperatura se encuentra en el rango que estableció. Así, si la temperatura que establece se encuentre entre 17°C y 19°C, el LED alumbrará de color rojo; si establece que la temperatura se encuentre entre 20°C y 23°C, el color del LED será verde; finalmente, si la temperatura establecida no está en ninguno de esos rangos, el LED tendrá un color amarillo verdoso.

### V-C. Módulo de sonido

Para este subsistema, se verificó el correcto funcionamiento del *widget* de MP3 y de la lista de las diferentes canciones. Para ello, se reprodujeron ocho melodías cortas establecidas como tonos de prueba, diferentes de las canciones seleccionadas, para efectos de facilidad para la prueba, y se probaron las cuatro funciones disponibles: PLAY, STOP, NEXT, PREV.

#### V-D. Variación de la intensidad lumínica

En este caso, la prueba se realizó con un bombillo LED, y se realizó la variación del *slider* correspondiente entre los valores de 0 a 255, donde 0 corresponde al bombillo completamente apagado, y 255 al bombillo encendido con toda su intensidad. Se verificó que dependiendo del valor en el que se encuentra el *slider*, la intensidad de la luz del bombillo cambia.

### VI. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A partir de lo anterior, en este artículo se puede concluir que se logró diseñar e implementar un prototipo funcional capaz de medir la temperatura corporal externa, así como, de medir la temperatura ambiental y simular el ajuste de su valor mediante un indicador lumínico, reproducir melodías estimulantes y variar la intensidad lumínica de una fuente de luz. Este sistema puede ser utilizado como herramienta de apoyo para el cuidado de menores entre cero y seis meses. Sin embargo, se recomienda mejorar la obtención de la temperatura corporal realizando un promedio de los datos tomados por el sensor cada cierto tiempo. Adicionalmente, se sugiere mejorar la calibración del sensor de temperatura con un aparato certificado que pueda aproximarse de manera más real a la temperatura corporal central, y no realice una medición superficial únicamente. También, se plantea implementar de manera funcional el proceso de variación de temperatura ambiental.

Por otra parte, se desarrolló un prototipo de una aplicación móvil, con el fin de recibir la información proveniente del sistema. En dicha aplicación el usuario puede observar los datos de temperatura corporal y ambiental, establecer un valor deseado de temperatura ambiental, establecer un nivel deseado de intensidad lumínica, reproducir ocho canciones/melodías estimulantes, y, recibir notificaciones cuando se detecten valores de temperatura que indiquen una señal de alarma. Mediante el plan de pruebas se verificó la coherencia entre la aplicación y el hardware, pues el prototipo cumplía adecuadamente con todas las funcionalidades. Sin embargo, se recomienda mejorar el prototipo de aplicación para que esta sea dinámica y así, el usuario pueda configurar libremente sus credenciales de conexión.

Así mismo, se propone la mejora de la interfaz gráfica para brindar a los cuidadores una mejor experiencia de usuario haciendo más llamativa la aplicación, algunas ideas de mejora son:

- Que la aplicación tenga unos colores más llamativos y cálidos teniendo en cuenta que está diseñada para el monitoreo de bebés.
- Que la aplicación pueda personalizarse con el nombre del pequeño, su fecha de nacimiento, descripciones semana a semana de su proceso de crecimiento, entre otras.
- Que puedan hacerse diferentes listas de reproducción dentro de la aplicación. por ejemplo: canciones de cuna, melodías de estimulación, música clásica, entre otras.

Finalmente, se tiene que solo se desarrolló una funcionalidad para el monitoreo de una variable fisiológica:

la temperatura corporal, sin embargo, cuando se realizó la validación con algunos usuarios, fue posible notar que existen muchas variables más que son de interés para estos. Así, es posible recomendar que se añadan funcionalidades para monitorear más variables fisiológicas como frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno, entre otras. También se podrían añadir al prototipo la funcionalidades de monitorear al menor a través de vídeo y audio, para poder observarlo y escucharlo en tiempo real.

### REFERENCIAS

- [1] Soukaina Brangui, Mohammed El Kihal, and Yassine Salih-Alj. An enhanced noise cancelling system for a comprehensive monitoring and control of baby environments. In *2015 International Conference on Electrical and Information Technologies (ICEIT)*, pages 404–409, 2015.
- [2] Maria Cabrelles. El desarrollo evolutivo infantil y el juego en la educación musical.
- [3] P.S De Garcia Calvo. Hipotermia. golpe de calor. *SEUP*, pages 299–300, 2020.
- [4] Jesus Alonso Diaz, Monica Baeza, Jaime Serra, Esther Miranda, Antonio Jurado, Carmen Pallás, and Jordi Fernandez. Guía práctica para padres desde el nacimiento hasta los tres años.
- [5] Estefania Esteban. Qué luz es la mejor para el cuarto de los niños.
- [6] Moreno M. *Fiebre en recién nacidos y como tratarla*. Veritas, 2020.
- [7] World Health Organization. Maternal and Newborn Health/Safe Motherhood. Thermal protection of the newborn : a practical guide, 1997.
- [8] Nor Aini Zakaria, Fatin Nadia Binti Mohd Saleh, and Mohd Azhar Abdul Razak. Iot (internet of things) based infant body temperature monitoring. In *2018 2nd International Conference on BioSignal Analysis, Processing and Systems (ICBAPS)*, pages 148–153, 2018.