UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA TEXTIL

"DISEÑO DE INDUMENTARIA INTELIGENTE PARA MONITORIZACIÓN DE BEBÉS"

AUTOR: Erika Nicolé Flores Jaramillo

DIRECTOR: MSc. Lenin Omar Lara Castro

Ibarra-Ecuador

2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad del Norte para que sea publicado en el repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	105045437-8		
APELLIDOS Y NOMBRES	Erika Nicolé Flores Jaramillo		
DIRECCIÓN:	Álvaro San Félix y Alejandro Plazas, S/N (Otavalo, Imbabura)		
EMAIL:	enfloresj@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062925925	**TELF. MÓVIL:**	0978961237

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño de indumentaria inteligente para monitorización de bebés
AUTOR (ES):	Erika Nicolé Flores Jaramillo
FECHA:	30 de junio de 2025
SOLO PARA TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
CARRERA/PROGRAMA:	■ **GRADO** ☐ **POSGRADO**
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Textil
DIRECTOR:	MSc. Lenin Omar Lara Castro

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 30 días, del mes de junio de 2025

EL AUTOR:

Firma.....

Erika Nicolé Flores Jaramillo

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN CURRICULAR

Ibarra, a los 30 días del mes de junio de 2025.

Lenin Omar Lara Castro

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

MSc. Lenin Omar Lara Castro

C.C. 1002748125

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del Trabajo de Integración Curricular "Diseño de indumentaria inteligente para monitorización de bebés" elaborado por Erika Nicolé Flores Jaramillo previo a la obtención del título de Ingeniera Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

Director

MSc. LENIN OMAR LARA CASTRO

C.C: 1002748125

Asesor

MSc. ELVIS RAÚL RAMÍREZ ENCALADA

C.C: 1001458973

DEDICATORIA

A mis padres,

quienes con amor y apoyo constante han sido la luz que ilumina mi camino. Su sacrificio y dedicación han sido la base de mi crecimiento y éxito académico.

A toda mi familia especialmente a mi mamita Teresita Pineda, por su aliento, paciencia y comprensión a lo largo de este viaje. Cada uno de ustedes ha contribuido de manera única a mi desarrollo como persona y estudiante.

A mi papito Armando Jaramillo

Que ahora descansa en el cielo. Gracias por su amor infinito, su sabiduría inquebrantable y sus enseñanzas que me han acompañado hasta aquí, este logro es también suyo porque siempre soñó con verme alcanzar esta meta y aunque no esté aquí para compartirla conmigo sé qué en el lugar que se encuentra está muy feliz de su nieta que la ama con todo su corazón. Gracias por ser mi guía y mi fuerza y por enseñarme a creer en mí misma.

Este logro no hubiera sido posible sin el amor, la comprensión y el respaldo de cada uno de ustedes. Con gratitud eterna, dedico este trabajo a todos aquellos que han sido parte fundamental de mi camino hacia la culminación de esta tesis.

Erika Nicolé Flores Jaramillo

AGRADECIMIENTO

A Dios por su guía, fortaleza, sabiduría, paciencia y salud para seguir adelante en mis estudios y poder culminarlos.

A mi querida mamita Teresita Pineda, por su comprensión, amor y apoyo incondicional, que han sido fundamentales para la culminación de mis estudios. A mi tía Teresita Jaramillo, por ser una de las personas más importantes en mi vida, y a mi tía Amparito Jaramillo, cuyo respaldo y ayuda constante han sido esenciales en este proceso.

Agradezco a la planta docente CTEX y en especial al Msc. Elvis Ramírez, por su invaluable apoyo y orientación en los momentos más desafiantes de este camino. Asimismo, agradezco profundamente a mis amigas, cuya motivación constante y respaldo incondicional fueron clave para la culminación de mis estudios.

Erika Nicolé Flores Jaramillo

RESUMEN

La monitorización de bebés es crucial para su bienestar y desarrollo, especialmente en la primera etapa de vida, en donde los patrones de movimiento y actividad son esenciales para su crecimiento. La implementación de tecnologías innovadoras, como el uso del LilyPad Arduino en combinación con textiles inteligentes, permite recopilar datos en tiempo real sobre la actividad del bebé, brindando a los padres y cuidadores una herramienta eficaz para asegurar su salud. Se planteó una solución innovadora y accesible al implementar está tecnología, facilitando así el monitoreo y el cuidado de los niños y niñas desde otra perspectiva. Por otra parte, ayudará a identificar la detección de posibles problemas de salud, de tal forma que, se pueda aportar un desarrollo favorable durante los primeros días de vida hasta los 24 meses de edad.

Al realizar la camiseta inteligente se tomó en cuenta como materia prima el algodón (Co) 100% ya que es una fibra antialérgica y suave para la piel del bebé, con respecto al ámbito electrónico se utilizó los sensores de temperatura y frecuencia cardiaca, proporcionando confort a los niños y armonía de los elementos incorporados. La combinación de estos elementos permite una solución innovadora en tiempo real para el monitoreo continuo y no invasivo del bebé, brindando así información crucial sobre su salud y desarrollo.

La información es capturada por elementos electrónicos clave como es el sensor de pulso cardíaco para medir la frecuencia del bebé, un módulo Bluetooth para la transmisión de datos, una placa base LilyPad que procesa y controla los datos y una batería que suministra energía al sistema. Mediante el software App Inventor se desarrolló una herramienta la cual ayudará a contemplar los datos observados en tiempo real sobre la monitorización del bebe dentro de la aplicación.

La tabulación de los datos dentro del estudio realizado evidenció que los factores asociados con el medio ambiente y el tiempo registrado, tuvo un impacto considerable para la confiabilidad de los datos obtenidos. Por lo tanto, se realizó una encuesta para conocer las opiniones de los pediatras acerca del prototipo elaborado para los niños recién nacidos hasta los 24 meses de edad, obteniendo así la aceptación dentro del área de la salud.

Palabras claves: Lilypad, Arduino, e-textiles, funcionabilidad, sensores textiles.

ABSTRACT

Monitoring babies is crucial for their well-being and development, especially in the first stage of life, where movement and activity patterns are essential for their growth. The implementation of innovative technologies, such as the use of the LilyPad Arduino in combination with smart textiles, allows the collection of real-time data on the baby's activity, providing parents and caregivers with an effective tool to ensure their baby's health. An innovative and accessible solution was proposed by implementing this technology, thus facilitating the monitoring and care of children from another perspective. On the other hand, it will help to identify the detection of possible health problems, so that a favorable development during the first days of life up to 24 months of age can be provided.

When making the smart T-shirt, 100% cotton (Co) was taken into account as raw material, since it is an anti-allergic and soft fiber for the baby's skin. With respect to the electronic field, temperature and heart rate sensors were used, providing comfort to the children and harmony of the incorporated elements. The combination of these elements allows an innovative solution in real time for continuous and non-invasive monitoring of the baby, thus providing crucial information about their health and development.

The information is captured by key electronics such as a heart rate sensor to measure the baby's heart rate, a Bluetooth module for data transmission, a LilyPad motherboard that processes and controls the data, and a battery that supplies power to the system. Using App Inventor software, a tool was developed which will help to contemplate the data observed in real time on the baby's monitoring within the application.

The tabulation of the data within the study evidenced that the factors associated with the environment and the time recorded had a considerable impact on the reliability of the data obtained. Therefore, a survey was conducted to know the opinions of pediatricians about the prototype developed for newborn children up to 24 months of age, thus obtaining acceptance within the health area.

Keywords: LilyPad, Arduino, E-textiles, functionality, textile sensors

LISTA DE SIGLAS

Co. Algodón

STS. Sistema de textiles inteligentes

LED. Light-Emitting Diode

ECG. Electrocardiogram

ICP. Interruptor de Control de Potencia.

TPU. Poliuretano Termoplástico.

NTC. Coeficiente de temperatura negativo.

PTC. Coeficiente de temperatura positivo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN 1

Problema de Investigación 1

Justificación 1

Objetivos 3

Objetivo general 3

Objetivos Específicos 3

CAPÍTULO I 4

MARCO TEÓRICO 4

1.1 Estudios previos. 4

1.1.1 Indumentaria inteligente 4

1.1.2 Monitorización 6

1.1.3 Asistencia médica 7

1.1.4 Bebés 7

1.1.5 Sensores 8

1.2 Marco legal 9

1.2.1 Constitución de la República del Ecuador 9

1.2.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte 10

1.3 Marco Conceptual 10

1.3.1 Algodón 10

1.3.2 Textiles inteligentes 11

1.3.3 Arduino 11

1.3.4 Monitorización de Bebés 12

1.3.5 Lilypad Arduino 12

1.3.6 Hilo conductor 15

1.3.7 Frecuencia cardíaca 18
1.3.8 Temperatura 19
1.3.9 Dispositivos de detección 20
1.3.10 Audaces 360 26
1.3.11 Corte y confección 27
1.3.12 Máquina recta. 27
1.3.13 Máquina recubridora 28
MARCO METODOLÓGICO 29
2.1 Enfoque de la investigación 29
2.2 Tipos de investigación a aplicar 29
2.2.1 Investigación experimental 29
2.2.2 Investigación analítica 29
2.3 Tipos de técnicas 29
2.3.1 Técnicas de investigación experimental 30
2.4 Flujogramas 30
2.4.1 Flujograma general 30
2.4.2 Flujograma muestral 31
2.5 Equipos y materiales 32
2.5.1 Lilypad Arduino 32
2.5.2 Hilo conductor 33
2.5.3 Módulos de monitoreo 34
2.5.4 Módulo Bluetooth 35
2.5.5 Baterías resistencia 36
2.5.6 Tela de neopreno 37
2.6 Procedimiento 37
2.6.1 Elaboración del tejido 38
2.6.2 Antropométrico 38

2.6.3 Descripción del proceso 39
2.6.4 Programación. 40
2.6.5 Aplicación móvil 41
2.6.6 Entrevista a pediatras 42
CAPÍTULO III 46
RESULTADOS Y ANÁLISIS 46
3. Resultados 46
3.1 Tabla de monitorización 46
3.2 Tabla de resultados de temperatura corporal 47
3.3 Tabla de resultados FC 47
3.4 Interpretación de resultados 48
3.5 Normalidad de datos 49
3.6 Evaluación de las preguntas acerca del prototipo con pediatras 51
3.7 Evaluación del prototipo padres de familia 58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 71
4.1 Conclusiones 71
4.2 Recomendaciones 72
Referencias bibliográficas 74
ANEXOS 82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sensores basados en algodón 100% y sus aplicaciones 5
Tabla 2 Características Arduino Lilypad 12
Tabla 3 Lilypad Arduino ATmega 328V 14
Tabla 4 Características Arduino Lilypad Atmega 168 15
Tabla 5 Propiedades 16
Tabla 6 Hilos y fibras conductoras 17
Tabla 7 Valores de Frecuencia cardíaca 19
Tabla 8 Valores normales de frecuencia de temperatura por edades 20
Tabla 9 Sensores textiles 25
Tabla 10 Características 36
Tabla 11 Características de tejido jersey Orlando Ab 38
Tabla 12 Tallas y medidas para bebés 39
Tabla 13 Datos de información 42
Tabla 14 Realizadas a profesionales de la salud 43
Tabla 15 Información significativa de los sujetos de prueba 46
Tabla 16 Datos obtenidos de temperatura corporal – Prototipo 47
Tabla 17 Obtención de datos utilizando el prototipo 48
Tabla 18 Enfoque entre textil y tecnología 55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Indumentaria inteligente 6
Figura 2 Monitorización para bebés 7
Figura 3 Asistencia médica para bebés 8
Figura 4 Arduino Lilypad 14
Figura 5 Lilypad Arduino ATmega 328V 14
Figura 6 LilyPad Simblee 15
Figura 7 Arduino Lilypad Atmega 168 15
Figura 8 Hilo conductor 16
Figura 9 Termistores 21
Figura 10 Sensor de temperatura (RTD) 21
Figura 11 Partes del Termopar 22
Figura 12 Partes del Termocuplas 22
Figura 13 Sensor de temperatura LM35 23
Figura 14 Propiedades eléctricas de fibras monofilamento de metal 24
Figura 15 Sensores 26
Figura 16 Audaces 360 27
Figura 17 Máquina Recta Industrial Jontex 27
Figura 18 Máquina Industrial Overlock 28
Figura 19 Máquina Recubridora Industrial 28
Figura 20 Flujograma general del proceso 31
Figura 21 Flujograma general del prototipo 32
Figura 22 Lilypad Arduino ATmega328 33
Figura 23 Hilo conductor 33
Figura 24 Sensor de temperatura 34
Figura 25 Sensor de pulso cardíaco 35
Figura 26 Módulo Bluetooth HC – 06 35
Figura 27 Batería Lipo 36
Figura 28 Tela de neopreno 37
Figura 29 Diseño de camisetas y pantalón 40
Figura 30 Ensamble del prototipo 41
Figura 31 Transferencia de datos 41

Figura 32 Temperatura corporal en distintos tiempos 48
Figura 33 Frecuencia cardiaca de cada uno de los sujetos 49
Figura 34 Prueba F de Welch 50
Figura 35 Normalidad de datos de la frecuencia cardiaca..... 51
Figura 36 Evaluación del textil recomendado por médicos 52
Figura 37 Afecciones de un recién nacido 53
Figura 38 Implementar un prototipo 54
Figura 39 Textil tecnológico..... 56
Figura 40 Comodidad y funcionalidad del prototipo 58
Figura 41 Satisfacción del diseño..... 59
Figura 42 Uso de la camiseta 60
Figura 43 Peso de la camiseta 61
Figura 44 Tiempo de lectura en signos vitales 62
Figura 45 Componentes de la camiseta..... 64
Figura 46 Uso de la aplicación..... 65
Figura 47 Evaluación de la aplicación móvil 67
Figura 48 Satisfacción del prototipo 68
Figura 49 Disposición a recomendar la camiseta..... 69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Prueba base y diseño del prototipo 82
Anexo 2 Realización de los moldes para la camiseta 83
Anexo 3 Inicio de la aplicación 83
Anexo 4 Prototipo final 84
Anexo 5 Resultados obtenidos de la aplicación 84
Anexo 6 Encuesta realizada a médicos pediatras 86
Anexo 7 Encuesta a padres de familia 86

INTRODUCCIÓN

Problema de Investigación

En la actualidad, la monitorización y el seguimiento de la salud son fundamentales para el diagnóstico y tratamiento efectivos de diversas condiciones médicas. Sin embargo, los avances tecnológicos como menciona en su estudio Ahmadizadeh et al. (2017), los dispositivos portátiles, sensores médicos, la comodidad, la adherencia del paciente y la accesibilidad a datos precisos siguen siendo desafíos críticos en la atención médica. De la misma forma Yapici y Alkhidir (2017) enfatiza que la indumentaria inteligente se presenta como una solución para abordar estos problemas, ya que combina la moda con la tecnología para permitir la monitorización continua de los signos vitales y otros parámetros médicos de forma no intrusiva.

En el estudio de esta investigación se tuvo en cuenta un problema que radica en el monitoreo convencional que se utiliza en los hospitales o con el cuidado de los padres ya que son usados de una forma incomoda y su tiempo de recibir la información es poco limitada. Por eso, se llevó a cabo a realizar una camiseta inteligente para ofrecer al público una solución en donde se pueda obtener un control en tiempo real acerca de los signos vitales de la frecuencia cardiaca y la temperatura corporal de los bebés.

Este proyecto aborda una brecha en la tecnología aplicada a la atención de un bebé, proponiendo una alternativa innovadora que podría tener un impacto significativo en la mejora de la atención médica. Además, la investigación asociada con el diseño de esta indumentaria inteligente también podría contribuir al avance general de la integración de tecnologías vestibles en el campo de la salud.

Justificación

El principal objetivo para realizar este estudio es poder mejorar de una manera tecnológica y no invasiva la atención médica. Ayudando así detectar alguna enfermedad a tiempo y así poder tener una atención más precisa (Lei et al., 2022).

Esto puede empoderar a los pacientes para tomar decisiones informadas y llevar un estilo de vida más saludable(Ahmadizadeh et al., 2017). Esta investigación ayudaría a prevenir hospitalizaciones innecesarias y mejorar la gestión de enfermedades crónicas, tiene el potencial de reducir los costos en la atención médica, esto beneficiaría tanto al paciente como a los sistemas de salud en general(M. Chen et al., 2016).

Confort infantil:

La indumentaria inteligente permite contribuir un enfoque diferente a los métodos de monitoreo tradicionales, sin invadir el estado del bebé facilitando comodidad, suavidad y libertad en el uso del prototipo.

Monitorización Continua en Tiempo Real:

La capacidad de recopilar datos de forma continua y en tiempo real es esencial para la detección temprana de cualquier anomalía, brindando a los profesionales de la salud la oportunidad de intervenir de manera rápida y precisa(Wilgocka y Skrzetuska y et al., 2023). Esto facilita tener una idea más clara acerca de la salud del paciente, contribuyendo a que se encuentre con resultados más precisos. Al observar que se encuentran cambios en tiempo real, esto asistiría mejor al personal médico para tratar y desarrollar tratamientos más rápidos.

Facilitación del Cuidado Parental:

Una vestimenta inteligente podría ayudar a que los padres de los niños tengan más seguridad y confianza con el cuidado de sus hijos, ya que van a recibir el estado de los signos vitales en tiempo real.

Potencial para Reducción de Costos:

Con el apoyo de la supervisión efectiva que nos asistiría una prenda textil para detectar problema de salud, resultaría factible para poder reducir los gastos que se proporciona en una hospitalización de un niño.

Beneficios Sociales y Científicos:

La propuesta de esta investigación contribuirá en los avances de la tecnología adjunta con la de textiles para tener una visión más clara acerca de los beneficios que estos podrían tener en la vida de un ser humano y con mayor precisión en el área de neonatología.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar una indumentaria inteligente para monitorización de bebés.

Objetivos Específicos

- Realizar la fundamentación teórica en base de datos acerca de tecnologías de sensores y dispositivos portátiles disponibles para la monitorización de bebés y la integración con la ropa.
- Desarrollar un prototipo innovador de camiseta inteligente diseñada para bebés, la cual integre de manera efectiva sensores y tecnología médica para la monitorización en tiempo real de signos vitales como lo son frecuencia cardíaca y la temperatura corporal en bebés.
- Procesar y validar los datos recolectados por la indumentaria inteligente y su presentación de manera comprensible para profesionales de la salud y pacientes.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Estudios previos.

Esta parte se expone los elementos relacionados con la investigación y los fundamentos que respaldan este estudio, los cuales han sido discutidos en investigaciones anteriores.

1.1.1 Indumentaria inteligente

Si bien la indumentaria guarda relación con la moda, no poseen el mismo significado. Este término abarca todo tipo de atuendo utilizado para vestir al ser humano según las circunstancias y el contexto cultural. A lo largo de la historia, la ropa ha servido como un indicador de la identidad grupal. También se concibe como una extensión del cuerpo, actuando como una "cuarta piel" con una función expresiva y simbólica, especialmente en las dinámicas con el género opuesto, así lo demuestra (Garzón, 2016).

Se diseñó un prototipo de ropa inteligente infantil que detecta cambios micro climáticos y comunica a través de tejido de fibra óptica. Los datos se envían inalámbricamente al bolso materno y se visualizan en una pantalla LCD (Parkova et al., 2011). Este nuevo planteamiento en el cuidado infantil puede mejorar a los avances realizados con la nueva tecnología ayudando así al confort y seguridad para los niños.

Como lo indica Starešinič et al.,(2014), estos tejidos sirven como ropa protectora contra el calor, fuego y rayos UV, ya que puede integrar sensores, baterías y células fotovoltaicas para una protección avanzada con generación de elementos electrónicos incluidos buscando así una nueva integración con la vestimenta.

Estos avances en el algodón lo convierten en un tipo de tejido más llamativo ya que ayuda con su suavidad convirtiéndoles en una ropa inteligente más eficiente, cómoda y segura con tratamientos antibacterianos e hidrofóbicos, resultando así una prenda más eficiente.

El algodón, conocido por su suavidad, transpirabilidad y comodidad, es ideal para la confección de prendas textiles para bebés. No obstante, su estructura natural carece de propiedades conductivas, por lo tanto, existe sensores que realizan sus modificaciones para el algodón como se puede observar en la **Tabla 1,** para incorporar al tejido.

Tabla 1

Sensores basados en algodón 100% y sus aplicaciones

Tipo de tejido	Masa (g/m2)	Método	Aplicaciones
Tejido	182	Tejido liso recubierto de níquel (Ni)	Alta sensibilidad para respuesta rápida y control del pulso
	112	Tejido de sarga 2/1 recubierto por fibra de celulosa derivados de la madera e impresión por chorro de tinta con tinta cian.	Proporcionar una plataforma para los e-textiles sostenibles y desechables
	237	Tejido liso recubierto por tornasol-3 glicidoxipropil-ltrimetoxisilano y sintetizado por sol-gel.	Monitorización del pH del sudor para el diagnóstico de enfermedades y la monitorización del consumo de fármacos
	N/A	Recubrimiento de polipirrol (PPy) sobre tejido liso mediante nebulización-polimerización.	Generación de calor en la ropa para abrigar al usuario mediante una batería portátil.
	N/A	Recubrimiento de polipirrol por polimerización química in situ sobre tejido liso	Incrementar la conductividad y la resistencia a la tracción

Fuente: (Islam et al., 2020).

Sin embargo, las prendas y accesorios destinados a vestir a los neonatos durante sus primeros meses de vida deben ser diseñados cuidadosamente para proteger la piel delicada del recién nacido. Por ello, es fundamental que las tecnologías inteligentes integradas en estas

prendas no provoquen molestias ni afecten el bienestar del bebé, permitiendo además un monitoreo eficiente y sin complicaciones. Tal como se observa en la **Figura 1**, la indumentaria inteligente incorpora funcionalidades orientadas a satisfacer las necesidades de la población a la que está destinada.

Figura 1
Indumentaria inteligente

Fuente: (Senati, 2023).

Crearon un prototipo de chaleco con electrodos textiles para monitorear la temperatura corporal de los bebés, previniendo la muerte súbita. Según Yi y Song (2020), analizaron cada uno de los productos comerciales, enfatizando el uso final del material, promoviendo así los avances significativos en el cuidado infantil.

1.1.2 Monitorización

Para el uso de textiles que se utilice elementos que tengan la capacidad de conducir electricidad uno de ellos son los electrodos ya que se aplica en un circuito permitiendo el paso de la corriente eléctrica. Esto ayudaría para prevenir la piel de un recién nacido o niños prematuros en el área de la salud (Löfhede et al., 2012).

No obstante según Bouwstra et al., (2011) nos indica que realizar un método que pueda ayudar con el monitoreo de un electrocardiograma (ECG) en niños prematuros es una actividad que conllevaría problemas debido al movimiento del bebé, por esto se indica algunas diversas propuestas para que mejore la confiablidad del seguimiento en el área de la UCIN. El enfoque de incorporar medición de la diversidad y conciencia del contexto en la monitorización de ECG para bebés prematuros destaca una estrategia innovadora para superar desafíos comunes para el cuidado neonatal.

1.1.3 Asistencia médica

La atención continua de pacientes que necesitan tratamiento médico es una inquietud general. Los textiles técnicos o inteligentes, con diversos sensores, adquieren relevancia por su portabilidad y capacidad para asegurar el bienestar del usuario (De Jonckneere et al., 2007). A realizar con materiales electrónicos avanzados en el monitoreo constante para la salud del paciente, estos textiles tecnológicos ayudarían a tener una favorable e interesante idea en la evolución de la tecnología.

En el área de la medicina se puede se logra monitorizar los signos vitales mediante sistemas portátiles, con la ayuda de los textiles tecnológicos favoreciendo así a la creación de sensores para el monitoreo de la salud (Pirotte et al., 2010). La búsqueda global de sistemas portátiles para monitorizar parámetros vitales refleja un compromiso significativo con la atención médica moderna. La integración de textiles inteligentes en estos dispositivos destaca el progreso hacia soluciones.

Figura 2

Monitorización para bebés

Fuente: (Memon et al., 2020).

Fabricantes franceses se han asociado para diseñar una camiseta que vigila la frecuencia cardíaca, respiración y temperatura cutánea, enviando información al médico mediante la red móvil destinada a personas mayores que buscan vivir en casa con asistencia médica constante, proporciona seguridad y autonomía (“French Consortium Develops Monitoring T-Shirt,” 2004).

1.1.4 Bebés

La organización mundial de la salud (OMS) con sus datos obtenidos demuestra que en un año nacen alrededor de 15 millones de niños prematuros, por lo cual necesitan que el

monitoreo de la salud sea contante en cuanto a la respiración y oxigenación ya que debido a su desarrollo dentro del vientre de la madre no se pudo desarrollar los pulmones del mismo (UCIN)(Cay et al., 2022). Esta tecnología se realiza para mejorar la monitorización de la frecuencia respiratoria y detectar de manera más cómoda para que se reflejé la eficacia para el monitoreo en tiempo real.

Según Wilgocka, Krucińska, et al., (2023), la indumentaria destinada a bebés prematuros debe exhibir notables propiedades de aislamiento térmico y resistencia a la humedad, como se observa en la **Figura 3**. Además, se prioriza una óptima permeabilidad al aire y un peso superficial reducido para preservar la delicada piel del bebé. La atención necesaria que necesita un niño prematuro en sus primeros días de vida necesita propiedades termorreguladoras, para que no sea invasivo en la comodidad y el cuidado de los pacientes mediante vestimentas protectoras para el bienestar del mismo.

Figura 3

Asistencia médica para bebés

Fuente: (Villchis, 2020)

Para monitorear los signos vitales de los niños recién nacidos o prematuros se ha realizado la disminución del tamaño de los sensores textiles para que no sea incomodo cuando se utilice en bebes. En la investigación realizada se destaca el ritmo cardiaco y respiratorio, utilizando un textil de tejido de punto con la unión de hilos conductores acoplando en la ropa interior del niño (Jakubas y Łada-Tondyra, 2018a). Promoviendo la comodidad y la efectividad en el cuidado pediátrico.

1.1.5 Sensores

Los dispositivos que se están integrando en las prendas inteligentes están ayudando a detectar y monitorear la temperatura, humedad, movimientos en el cuerpo y alteraciones como

la frecuencia cardiaca ayudando a detectar de manera más rápida y eficiente la información que se está estudiando.

Estos sistemas, se ha convertido en una herramienta esencial por permitir la gestión sanitaria a distancia y la vigilancia de la salud a ciertas enfermedades ofreciendo soluciones eficaces para el monitoreo continuo. Los sistemas basados en sensores proporcionan un proceso clave para el diagnóstico y la gestión en tiempo real, facilitando la detección y prevención de enfermedades, para recomendar tratamientos oportunos en el diagnostico desarrollado (Virginia Anikwe et al., 2022).

En este sentido, permiten la monitorización de parámetros vitales en diversos dispositivos, como Baby-Guard, un sistema neonatal portátil diseñado para supervisar la temperatura ambiental, la humedad y el llanto del bebé(Cay et al., 2021). La integración de sensores en una prenda de vestir para medir la temperatura corporal es esencial en la monitorización neonatal, dado que este parámetro permite tanto prevenir infecciones como evaluar la estabilidad del recién nacido. La temperatura corporal se considera uno de los signos vitales más relevantes para un seguimiento continuo. Esta medición se realiza en una zona específica del cuerpo ya que los datos obtenidos contribuyen a establecer las condiciones ambientales adecuadas promoviendo así un crecimiento y desarrollo en los neonatos (W. Chen et al., 2010).

1.1.5.1 Sensores Físicos

Un sensor físico es un dispositivo que detecta cambios en estímulos físicos y los convierte en señales medibles. Los sensores se están volviendo esenciales en el área de medicina y deporte realizando así poder monitorear el estado en tiempo real de cada una de las personas, ya que le cuerpo humano puede generar diversos estímulos, como la temperatura, frecuencia cardiaca, respiratoria, dado el envejecimiento de la población y la reducción de enfermedades crónicas (Hatamie et al., 2020).

1.2 Marco legal

1.2.1 Constitución de la República del Ecuador

Según Martínez et al., (2011)indica que en el:

> Art. 298.- Se establecen preasignaciones presupuestarias destinadas a los gobiernos autónomos descentralizados, al sector salud, al sector educación, a la educación superior; y a la investigación, ciencia, tecnología e innovación en los

términos previstos en la ley. Las transferencias correspondientes a preasignaciones serán predecibles y automáticas. Se prohíbe crear otras preasignaciones presupuestarias (pag.141).

1.2.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

Para realizar la investigación se toma en cuenta las líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte indicando que según (Ramírez Maldonado, 2017) expone:

Los proyectos de investigación científica deben estar relacionados con las 10 líneas de Investigación vigentes, aprobadas por el Honorable Consejo Universitario:

1. Producción Industrial y Tecnología Sostenible
2. Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible
3. Biotecnología, Energía y Recursos Naturales Renovables
4. Soberanía, Seguridad e Inocuidad Alimentaria Sustentable
5. Salud y Bienestar Integral
6. Gestión, Calidad de la Educación, Procesos Pedagógicos e Idiomas
7. Desarrollo Artístico, diseño y publicidad
8. Desarrollo Social y del Comportamiento Humano
9. Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico
10. Desarrollo, aplicación de software y ciber security (seguridad cibernética), (pag,1).

De las líneas expuestas la carrera de textiles y según la investigación se encamina en la línea nueve.

1.3 Marco Conceptual

1.3.1 Algodón

El algodón, altamente valorado eficiencia del procesamiento, conserva el 90% de su peso después de la eliminación de cera y proteínas. Su celulosa ordenada otorga durabilidad, resistencia y absorción únicas, mientras que las características de fibra larga lo hacen adecuado para tejidos finos (Universidad Técnica del Norte, 2021). El algodón es elegido para prendas de bebé debido a su suavidad incomparable. Su fibra natural proporciona una textura delicada, asegurando la comodidad y la suavidad esenciales para la piel sensible de los más pequeños.

Los textiles de algodón, por su comodidad, suavidad, capacidad de conducción del calor y absorción, son ideales para prendas de contacto con la piel en todas las estaciones. Aunque

tiende a encoger, arrugarse y desteñir (Farias, 2017). La versatilidad del algodón en prendas destaca su comodidad y adaptabilidad a diferentes estaciones.

1.3.2 Textiles inteligentes

Según Theodoridis y Kraemer, (2009) “Las palabras clave "smart" e "intelligent" fueron añadidas por los medios de comunicación para enfatizar la novedad del concepto”, (pag.34).

La moda tecnológica, que combina innovación avanzada con textil y de confección, se introduce en sectores industriales como medicina, moda, deportes, ejército y seguridad. La convergencia de disciplinas y el rápido desarrollo tecnológico están impulsando una rápida transformación intensiva en la industria textil (Jiang et al., 2021). Su capacidad para integrar tecnologías avanzadas en textiles redefine la forma en que interactuamos con la ropa, promoviendo un futuro emocionante de prendas más funcionales y conectadas.

Una función clave de este sistema radica en la evaluación del ritmo respiratorio, se fundamenta en las alteraciones de la resistencia en un tejido de punto compuesto por hilos eléctricamente conductores que está incorporado en la ropa interior para bebés (Jakubas y Łada-Tondyra, 2018b). La medición continua de la temperatura y el ritmo cardíaco ofrece una herramienta valiosa para la detección temprana de posibles problemas de salud, brindando a los cuidadores la capacidad de intervenir de manera rápida y precisa.

1.3.3 Arduino

Arduino es, por un lado, una empresa dedicada al desarrollo de hardware y software de código abierto, y por otro, una comunidad activa de usuarios que diseña y utiliza placas de desarrollo basadas en microcontroladores. Estas placas, conocidas como módulos Arduino, funcionan como plataformas abiertas para la creación de prototipos, disponibles en diversas versiones. Principalmente, se programan a través del IDE de Arduino, que emplea el lenguaje de programación C. Gracias al carácter abierto del proyecto, la biblioteca de Arduino se amplía continuamente con aportes de la comunidad, lo que facilita la creación de soluciones innovadoras(Herrero y Sánchez, 2015).

1.3.3.1 Características

Arduino en textiles inteligentes

El Arduino es una herramienta que ha sido fundamental para la unión con textiles inteligentes por lo cual colabora insertando los sensores para poder detectar cualquier movimiento en el uso al que se esté refiriendo, para que este sea una conexión más segura se

implementa las conexiones inalámbricas a través del bluetooth y aplicaciones asociadas al wifi para mantener la confiabilidad del usuario (Getu Temesgen y Fırat, 2022). En colaboración con el proyecto al ser más rápido para poder permitir un desarrollo en nuevas innovaciones relacionadas con textil para que sea más eficientes en investigaciones para favorecer en las necesidades que se tenga en distintas áreas para combinar con el Arduino.

1.3.4 Monitorización de Bebés

En esta investigación se trata de combinar el uso del Arduino con prendas textiles que no incomode al usuario que va a estar destinada la prenda, uno de los elementos principales que se utiliza son los sensores que ayudan a detectar problemas como son la frecuencia cardiaca y la temperatura corporal. Estos sensores nos permiten conocer y poder controlar los signos vitales para mantener a los padres con la confiabilidad que ellos necesitan (Getu Temesgen y Fırat, 2022). La conectividad con dispositivos móviles permite a los padres recibir datos en tiempo real, y las alertas automáticas les notifican sobre cualquier cambio significativo en la salud de su hijo. Por último, la creación de textiles cómodos y seguros asegura que estos dispositivos se integren de manera efectiva en la vida diaria del bebé.

1.3.5 Lilypad Arduino

De acuerdo con (Arduino.cc, 2024) “LilyPad Arduino es una placa microcontroladora diseñada para wearables y e-textiles. Se puede coser a la tela y montar de forma similar fuentes de alimentación, sensores y actuadores con hilo conductor”, (pag, 1). Por lo tanto, facilita el desarrollo de proyectos innovadores en los que la electrónica se integra de manera discreta en prendas de vestir y accesorios, de modo que permite aplicaciones en áreas como la monitorización de la salud, la moda interactiva y la seguridad. Además, gracias a su diseño compacto y flexible, el LilyPad es ideal para crear dispositivos portátiles, como se puede observar en la **Tabla 2**. Nos indica alguna de sus características del Arduino, permitiéndole ser más funcional, permitiendo así capturar y transmitir datos en tiempo real.

Tabla 2

Características Arduino Lilypad

Nombre de la propiedad	Característica Descripción
Microcontrolador	ATmega168V o ATmega328V
Tensión de funcionamiento	2,7-5,5 V
Tensión de entrada	2,7-5,5 V

Pines de E/S digitales	14 (6 de ellos se pueden utilizar como salida PWM.)
Pines de entrada analógica	6
Corriente DC de E/S	40 mA
Flash Bellek	16 KB (2 KB de ella se utiliza bootloader.)
SRAM	1 KB
EEPROM	512 byte
Reloj Frekansi	8 MHz

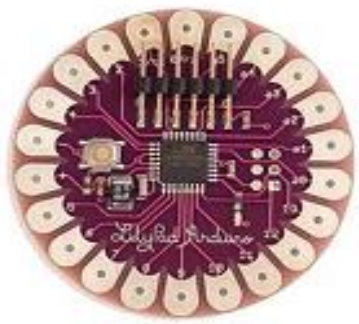
Fuente: (Arduino LLC, 2008).

Según Arduino LLC, (2008) "La razón por la que se denomina tecnología vestible es que la tarjeta Lilypad se cose con se utiliza en ropa, tela y en cualquier lugar que se desee con hilo conductor", (pag,8). Ofrece oportunidades emocionantes para la creación de prendas inteligentes y dispositivos portátiles, fusionando la creatividad con la tecnología de manera única.

Una de las características clave del Lilypad Arduino como se indica en la **Figura 4**, en relación con los textiles, es su diseño especializado para integrarse de manera eficiente en proyectos de e-textiles. Este sistema permite la creación de prendas interactivas al ser cosido directamente en los tejidos, lo que posibilita la incorporación de sensores, luces y sonidos, transformando las prendas en dispositivos tecnológicos.

En el ámbito del hardware abierto, uno de los proyectos más relevantes es el Lilypad Arduino, un sistema de componentes electrónicos diseñados para ser cosidos en telas, permitiendo que interactúen con sensores, luces o sonidos. Para llevar a cabo esto, se requieren varios módulos electrónicos, como un microcontrolador programable, hilo conductor de electricidad y una fuente de energía adecuada(Cachimuel, 2018).

Figura 4
Arduino Lilypad

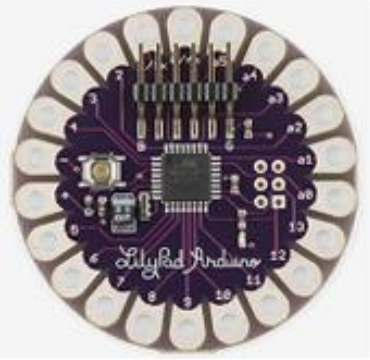


Lilypad Arduino integra componentes electrónicos en tejidos para añadir interactividad con sensores y luces como se puede observar en la **Tabla 3**. Radica en permitir que los tejidos detecten información ambiental, respondiendo con luces, sonidos o vibraciones ante cambios en el entorno (Cía, 2015).

Tabla 3

Lilypad Arduino ATmega 328V

Figura 5
Lilypad Arduino ATmega 328V



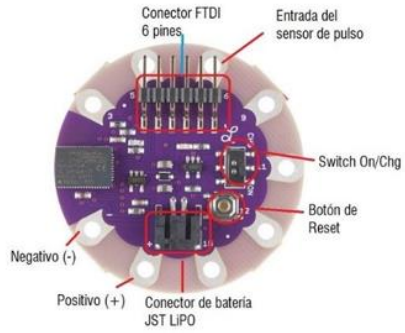
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de Operación	5V
Pines digitales	14
Pines PWM	6
Pines de entradas análogas	6
Corriente DC por cada pin	40 mA
Corriente DC	pin de 3.5V
Memoria Flash	16 KB
Memoria SRAM	1 KB
Memoria EEPROM	0.5 KB
Velocidad de reloj	9 MHZ

Fuente: (Novillo Vicuña et al., 2019).

La placa Arduino LilyPad Simblee, central en el sistema de monitoreo, recopila y procesa datos del sensor de pulso. Transmite inalámbricamente a dispositivos móviles mediante Bluetooth 4.0, destacándose por su programabilidad en proyectos textiles electrónicos (Fernández Martinez et al., 2009).

Figura 6

LilyPad Simblee



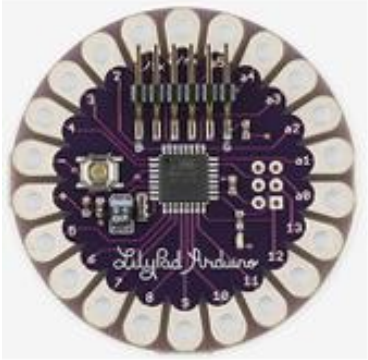
Fuente: (Fernández Martinez et al., 2009)

Es una plataforma electrónica para e-textiles, con un microcontrolador ATmega328P y pines para conectar sensores. Su diseño flexible y circular permite coserlo en telas, ideal para crear prendas interactivas. Algunas de sus características podemos observarla en la **Tabla 4**.

Tabla 4

Características Arduino Lilypad Atmega 168

Figura 7
Arduino Lilypad Atmega 168



Microcontrolador	ATmega168	Microcontrolador	ATmega168
Voltaje de Operación	5V	Corriente DC en el pin de 3.5V	40 mA
Pines digitales	14	Memoria Flash	16 KB
Pines PWM	6	Memoria SRAM	1 KB
Pines de entradas análogas	6	Memoria EEPROM	0.5 KB
Corriente DC por cada pin I/O	40 mA	Velocidad de reloj	8 MHZ

Fuente: (Novillo Vicuña et al., 2019).

1.3.6 Hilo conductor

Las fibras de filamentos conductores, hilos y alambres metálicos se pueden integrar sobre una estructura textil mediante técnicas de tejido, tricotado, bordado y trenzado.

El hilo conductor, equivalente a cables, permite crear circuitos sin soldadura. Con dos capas, es grueso pero cosible a mano o máquina. Ideal para proyectos de vestimenta/e-textil,

con baja resistividad (16 ohmios/pie), apto para conducir LED y componentes electrónicos (~50 mA)(Fernández Martinez et al., 2009).

Tabla 5

Propiedades

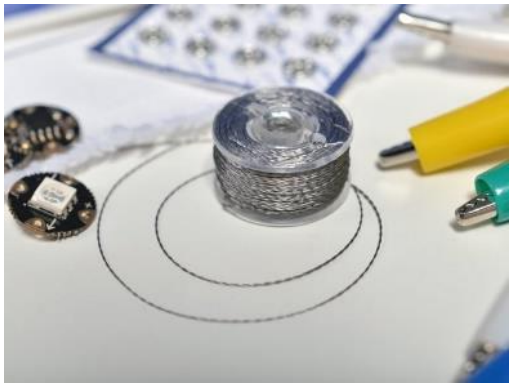
Propiedades	Función
Facilidad de uso	El hilo de acero inoxidable sin estriar es más resbaladizo y elástico, lo que hace más difícil realizar nudos. Resulta más sencillo retirarse en caso de cometer un error.
Fuerza	El hilo de acero inoxidable sin estriar es notablemente resistente y requiere ser cortado con tijeras.
Resistencia a la corrosión	Tolerancia a condiciones ambientales adversas.
Baja resistencia eléctrica	Minimización de pérdidas de energía en la conducción eléctrica.

Fuente: (Stavrakis et al., 2021).

Según (Pasos, 2018). “El hilo conductor es un hilo especial hecho con fibras de acero inoxidable. Es lo que se usa para crear circuitos en lugar de los cables de cobre tradicionales y con él se conectan las piezas de LilyPad u otras piezas de e-textiles” (pag,1).

Figura 8

Hilo conductor



Fuente: (Stern, 2013)

Según LIMALEMA, (2018) el hilo conductor es el conjunto de fibras (acero, cobre o plata) ordenadas longitudinalmente y unidas entre sí, presentan una torsión determinada, siendo

resistentes, permitiendo el paso de la corriente eléctrica para el uso específico de los procesos posteriores en e-textil.

1.3.6.1 Integración de hilo y fibra conductores

Uno de los principales elementos que se utiliza para la unión de textiles y la tecnología es el hilo conductor para poder relacionar sin provocar corto en los circuitos con vestimentas en tecnología, ya que se puede observar que existen bordados electrónicos que cambian debido a los sustratos textiles que se esté utilizando para propiedades eléctricas (Tseghai et al., 2020).

Estos materiales, como hilos de plata, cobre o acero inoxidable se entrelazan con fibras naturales como el algodón, combinando la comodidad y transpirabilidad de este último con la funcionalidad necesaria para monitorear parámetros fisiológicos o conectar sensores como se indica en la **Tabla 6**. La incorporación de estas fibras conductoras asegura que las prendas puedan medir, procesar y transmitir datos en tiempo real, manteniendo además las propiedades textiles convencionales. Así, se logra un equilibrio entre tecnología y confort, facilitando el desarrollo de ropa inteligente para aplicaciones deportivas, médicas o de bienestar.

Tabla 6
Hilos y fibras conductoras

Material	**Resistencia por unidad de longitud**	**Características**	**Malla o núcleo**	**Ventajas**	**Desventajas**
Hilos de plata		Compuesto de: Plata fibra y nylon	Tejido	Se puede coser a máquina	Sensible a la humedad
Hilo de cobre		Aplanado y retorcido con hilo de algodón, nylon, Nomex o Kevlar.	Poliéster, cobre (tinsel)	Conexión robusta, convencional	Difícil de integrar en la ropa
Acero inoxidable y fibras de acero		Fardos rotos compuestos	Mezcla con poliéster	Resistencia a la corrosión, inercia biológica	Difícil de acoplar con componentes

	electrónicos existentes

Fuente: (Islam et al., 2020a).

Formas de obtener hilos conductores

- Retorciendo el acero para convertirlo en una fibra y así poder hilarlo.
- Convirtiendo a partir de fibras de carbono en hilos.
- Produciendo fibras conductoras mediante hilatura húmeda o de fusión (Pla, 2017). Para poder hilar se utiliza las fibras conductoras como son el cobre, el acero y fibras de carbono.

También existen hilos híbridos que combinan fibras sintéticas con filamentos metálicos en su núcleo, proporcionando mayor durabilidad y resistencia a los lavados. Estos avances pueden asegurar el funcionamiento de la electrónica en el textil sin perjudicar la comodidad.

1.3.6.2 Tipos de hilos conductores

Algunos tipos de hilos conductores utilizados en proyectos de textiles tecnológicos y electrónica wearable incluyen:

- Hilos Conductores de Metal: Son materiales conductores y flexibles que ayudará a ofrecer una buena conductividad eléctrica como es el cobre, plata o acero inoxidable (Prat-Bau et al., 2012).
- Hilos Conductores Recubiertos de Polímero: Consisten en hilos textiles recubiertos con las propiedades de los plásticos uno de ellos es su flexibilidad y facilidad de uso como es el poliéster o nylon recubierto con plata o carbono.
- Hilos Conductores Termoplásticos: Están compuestos por un tipo de plástico que puede ablandar permitiendo que sea moldeable como el poliuretano termoplástico (TPU) con partículas de carbono.
- Hilos Conductores de Grafeno: Utilizan materiales avanzados como el grafeno para lograr una excelente conductividad eléctrica y propiedades mecánicas mejoradas(Prat-Bau et al., 2012).

1.3.7 Frecuencia cardíaca

Según Simini (1980), el monitoreo cardíaco implica registrar de manera continua el intervalo de tiempo entre dos latidos consecutivos del corazón, usualmente expresado en unidades de frecuencia instantánea, como latidos por minuto.

Estar en una vigilancia continua en el primer minuto de vida principalmente en la frecuencia cardiaca de un bebé. Si este é no inicia la respiración de inmediato, su frecuencia cardíaca puede reducirse, afectando el flujo de oxígeno hacia los órganos y provocando daños severos (Aviles-Espinosa et al., 2019). En la actualidad, la medición manual de la frecuencia cardíaca durante el parto resulta imprecisa e ineficaz por lo cual, aún no se cuenta con un método que permita realizar la evaluación de manera rápida y confiable.

En la **Tabla 7**, se puede observar los valores de frecuencia cardiaca por percentiles en niños de acuerdo con su edad.

Tabla 7

Valores de Frecuencia cardíaca

				Percentiles			
Edad	**1**	**10**	**25**	**50**	**75**	**90**	**99**
Neonato	90	107	116	127	138	148	164
0 – 3 meses	107	123	133	143	154	164	181
3 – 6 meses	104	120	129	140	150	159	175
6 – 9 meses	98	114	123	134	143	152	168
9 – 12 meses	93	109	118	128	137	145	161
12–18 meses	88	103	112	123	132	140	156
18–24 meses	82	98	106	116	126	135	149

Fuente: (Leyton y López, 2020)

1.3.8 Temperatura

Según Mccoll et al. (2013), permitirá la vigilancia en el área de la salud una de las principales es la temperatura corporal en la pediatría. Los termómetros óticos han demostrado una buena eficiencia en la detección de cambios térmicos, aunque presentan limitaciones en su exactitud porque se encuentra con una diferencia de promedio de hasta 0,438 °C. permitiendo mediciones continuas en tiempo real resultan especialmente para monitorear la salud en bebés y a otro público referente.

Algunos de los tejidos que pueden ayudar a controlar la temperatura corporal pero de la mano que mejoren el confort térmico, sin que sea costoso o tengan problemas en el entorno ambiental (F. Chen y Haibo, 2024). A pesar de que este determinado a un enfoque sencillo para

convertir fibras de Co en tejidos térmicos con estructuras auto bloqueantes. Haciéndolos más compatibles para aplicaciones en textiles inteligentes, como sensores de temperatura.

Los siguientes datos **Tabla 8** obtenidos de (Facultad de Medicina y Nutrición UJED, 2016), muestra los registros de temperatura corporal obtenidos en la toma de los signos vitales. Por lo cual, facilita la comparación entre distintos métodos de medición térmica.

Tabla 8

Valores normales de frecuencia de temperatura por edades

Edad	Grados Centígrados (ºC)
Recién nacido	36.1 – 37.7
Lactante	37.2
2 – 8 años	37.0
8 – 15 años	36.5 – 37.0

Fuente: (Facultad de Medicina y Nutrición UJED, 2016)

1.3.9 Dispositivos de detección

Tal como menciona Fraden et al. (2002) ”Hace referencia al dispositivo que proporciona una respuesta (normalmente mediante la generación de una señal eléctrica) frente a estímulos o señales físicas o químicas”, (pag,2).

De acuerdo con Cotarelo y Mori (2019) la resistencia que evalúa la temperatura se debe a los alambres finos utilizados como es el cobre, oro, níquel pero uno de los elementos más utilizados es el platino ya que presenta una alta resistividad a comparación de otros metales.

Según Sparkfun (2019) ”El sensor de temperatura de LilyPad tiene tres pestañas de costura - Alimentación (+), Tierra (-) y Señal (S). La pestaña de señal se conectará a una pestaña analógica (marcada con una 'A') en un Arduino LilyPad”, (pag,2).

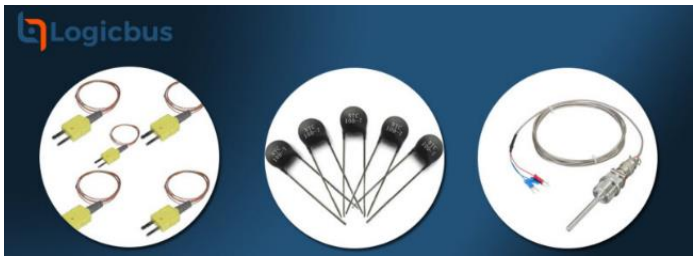
1.3.9.1 Tipos de detección

Termistor

Los termistores, basados en la variación de la resistencia de semiconductores con la temperatura, se dividen en NTC y PTC. Su no linealidad implica el uso de fórmulas complejas y calibración para determinar la temperatura según la corriente (Hidalgo, 2015).

Figura 9

Termistores



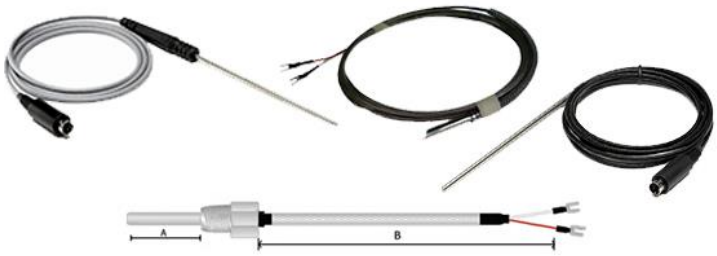
Fuente: (Cetina, 2022).

RTD (RESISTANCE TEMPERATURE DETECTOR)

El RTD, sensor de temperatura, aprovecha la variación de la resistencia del conductor con la temperatura. Metales como platino, cobre, níquel y molibdeno se utilizan, siendo los sensores de platino preferidos por su linealidad, velocidad y amplio rango térmico (Hidalgo, 2015).

Figura 10

Sensor de temperatura (RTD)



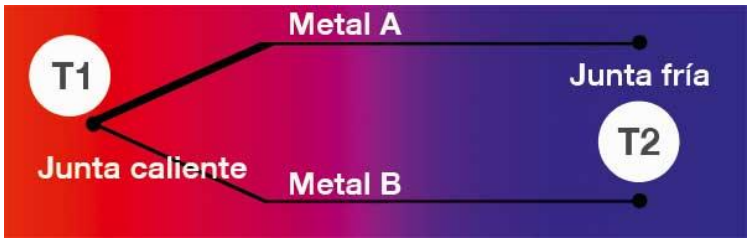
Fuente:(Araya, 2015).

Termopar

El termopar, compuesto por dos metales, opera mediante el efecto termoeléctrico, convirtiendo calor en electricidad. Su tensión generada es proporcional a la temperatura aplicada al sensor, medida con un voltímetro. Aunque tienen un amplio rango y son económicos, su precisión es menor en comparación con sensores RTD o termistores (Hidalgo, 2015).

Figura 11

Partes del Termopar



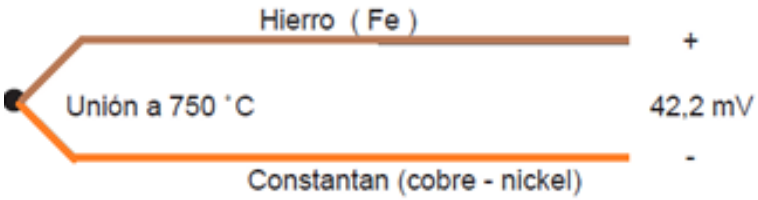
Fuente: (Jalloul, 2014)

Termocuplas

Las termocuplas, sensores eléctricos comunes en la industria, constan de dos alambres unidos. Al aplicar temperatura, se genera un voltaje que aumenta proporcionalmente, facilitando la medición de temperatura (Hidalgo, 2015).

Figura 12

Partes del Termocuplas



Fuente: (Theodoridis y Kraemer, 2019).

Existen algunos sensores para tecnología textil como son:

Sensor de temperatura: El termómetro detecta la temperatura en distintos materiales, como textiles y el cuerpo. Emplea sensores poliméricos que cambian resistividad con la temperatura, integrados en tejidos. Su aplicación más relevante es la medición de la temperatura en bebés(Swaminathan y Khan, 2010).

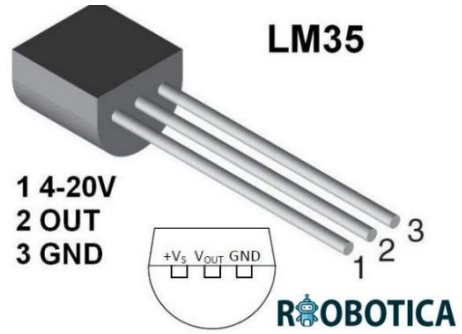
LM 35

Este sensor como se observa en la **Figura 13**, comúnmente con encapsulado TO-92, es analógico y muy asequible. Su uso es simple: solo requiere lectura desde el pin analógico y conversión para obtener la temperatura. Con un rango de -55 a 150ºC, ofrece una precisión de 0,25ºC a temperatura ambiente y 0,75ºC entre 55 y 150ºC. Aunque sensible y rápido, el cable

que conecta el sensor y Arduino puede influir en las lecturas debido a su naturaleza analógica (Hidalgo, 2015).

Figura 13

Sensor de temperatura LM35



Fuente: (Código, 2021).

Sensores de presión: Los dispositivos de medición de presión detectan la información de presión en tejidos tensionados mediante tecnología capacitiva. Estos tejidos incorporan una matriz pasiva de condensadores, cuya capacitancia varía según la presión aplicada a la superficie textil(Swaminathan y Khan, 2010). Además, la integración de estos sensores en prendas permite la monitorización en tiempo real, esto resulta invaluable en aplicaciones médicas, como el seguimiento de la salud de pacientes con movilidad reducida, así como en el ámbito deportivo, donde se puede analizar la distribución de presión durante actividades físicas.

Electrodos textiles: Los electrodos textiles, cómodos y tejidos en prendas deportivas, captan voltajes corporales, como del corazón. Se propicia exámenes en el entorno clínico y deportivo integrando para medir EMG rectificado promediado de manera conveniente (Swaminathan y Khan, 2010). Los textiles tecnológicos ayudan a que los electrodos puedan adaptarse mejor al cuerpo de los seres humanos mediante los electrodos beneficiando un contacto adecuado y estable durante el movimiento, sino que también permiten la realización de actividades cotidianas sin restricciones.

Sensores químicos: Los sensores químicos, empleados en textiles inteligentes, se incorporan en la banda elástica allí detectan biomarcadores en el sudor, brindando valiosa información sobre la salud del paciente (Swaminathan y Khan, 2010). Estos sensores funcionan con reacciones químicas generando señales eléctricas, analizando los compuestos como glucosa, lactato, sodio y otros metabolitos que son indicativos del estado fisiológico del cuerpo. Está integración en prendas textiles de uso diario es cómoda para monitorear la salud, sino que

también facilita el seguimiento continuo de condiciones como la hidratación, el equilibrio electrolítico y el estado metabólico.

Sensores de humedad que se basa en el tejido interdigital: Estos sensores, miden el cambio de resistencia proporcional de la humedad uno de ellos es el sudor. La variación en la resistencia surge del contacto entre los polos positivo y negativo inducido por la presencia de agua(Swaminathan y Khan, 2010). Algunas de las propiedades eléctricas que pertenecen a este tipo de fibras se las puede observar en la **Figura 14** donde nos indica la conductividad y resistencia.

Figura 14

Propiedades eléctricas de fibras monofilamento de metal

Metal	Electrical Properties				
	Conductivity [S·m/mm²]	Resistivity [Ω·mm²/m]	Thermal Coefficient of Resistance [10^{-6} K^{-1}]		
			Min	Typ	Max
Cu	58.5	0.0171	3900	3930	4000
Cu/Ag	58.5	0.0171	3900	4100	4300
Ag 99%	62.5	0.0160	3800	3950	4100
Ms * 70	16.0	0.0625	1400	1500	1600
Ms/Ag	16.0	0.0625	1400	1500	1600
AgCu	57.5	0.0174	3800	3950	4100
Bronze	7.5	0.1333	600	650	700
Steel 304	1.4	0.7300		1020	
Steel 316L	1.3	0.7500		1020	

- German Milbe denomination, where “Ms” is accompanied by a number stating the composition in %Cu with respect to a Zn complement to 100%.

Fuente: (Pla, 2017).

Monofilamentos metálicos, como cobre o plata, se incorporan en hilos de diversos materiales. Algunas fibras conductoras con ayuda de recubrimientos con metales o sales son aplicadas en las fibras y tejidos para componer los textiles conductores. (Pla, 2017).

Una técnica en el uso de nanomateriales, como grafeno o nanotubos de carbono, aportan ligereza y eficiencia conductiva. Existen hilos híbridos que combinan fibras sintéticas con filamentos metálicos en su núcleo, con una mayor resistencia al desgaste y a los lavados. Estas innovaciones permiten el desarrollo de prendas inteligentes cómodas y funcionales, capaces de medir parámetros fisiológicos o conectarse con dispositivos externos, facilitando su aplicación en el ámbito deportivo, médico y de bienestar.

Tabla 9

Sensores textiles

Características	Función	Propiedades	Funciones
Flexibilidad	Los sensores textiles deben ser flexibles para adaptarse al cuerpo y permitir movimientos cómodos.	Sensibilidad	Capacidad para detectar cambios sutiles en condiciones como temperatura, presión o movimiento.
Ligereza	Deben ser livianos para evitar incomodidades al usuario.	Rango de medición Respuesta rápida	El intervalo de valores que puede medir un sensor con precisión y el tiempo que tarda en detectar y responder a cambios en las condiciones.
Transpirabilidad	Idealmente, los sensores textiles permiten la transpiración para mantener la comodidad durante el uso prolongado.	Resolución Durabilidad	La capacidad del sensor para detectar pequeñas variaciones en las condiciones y su resistencia a ambientes adversos y al desgaste.
Conectividad	Diseñados para ser compatibles con tecnologías inalámbricas, permiten la conectividad con dispositivos externos o redes.	Conectividad	Capacidad del sensor para comunicarse con otros dispositivos o sistemas, especialmente mediante tecnologías inalámbricas.

Fuente: (Sofronova, 2020).

La fusión de sensores, tejidos avanzados y materiales innovadores ofrece numerosas aplicaciones militares, desde la detección de sustancias hasta el desarrollo de textiles ergonómicos, livianos y camúflales(Salazar, 2020).

Los sensores textiles portátiles como indica en la **Figura 15**, vitales para la salud y el control diario, deben ser altamente flexibles y elásticos, manteniendo estas cualidades tras múltiples lavados para garantizar su eficacia.(Islam et al., 2020b).

Un sensor es un dispositivo que detecta materiales para enviar una señal y facilitar un proceso o identificar cambios. Transforma la energía del entorno en una señal de salida proporcional a la magnitud medida. Al seleccionar un sensor, se deben considerar factores como la forma, la distancia operativa, los datos eléctricos y las conexiones. Además, los transductores modifican señales para mejorar la medición de variables en un fenómeno específico (Vanegas, 2014).

Figura 15
Sensores

Fuente: (Vanegas, 2014)

1.3.10 Audaces 360

Audaces 360 es una plataforma integral que tiene como objetivo optimizar el ciclo de desarrollo y producción en la industria textil y de la moda. Esta herramienta ayuda a realizar diferentes procesos como el diseño del prototipo hasta llevar a la producción del mismo, estos facilitarían la gestión en nuevas prendas de vestir (Carmona et al., 2020). Sin embargo, incluyen herramientas para el diseño en 3D permite visualizar en la (**Figura 16**). Esto ayuda a realizar ajustes antes de iniciar con la producción, disminuyendo así los errores y desperdicios provocados en la industria textil incluyendo los costos.

Figura 16
Audaces 360

Fuente: (Audaces 360, 2023)

1.3.11 Corte y confección

Es el proceso en donde se realiza el corte y la unión de piezas de tela para elaborar el producto textil. Como punto principal se trazan patrones en la tela y se corta, asegurando un aprovechamiento eficiente del material. Después, estas piezas se ensamblan mediante diversas técnicas de costura garantizando acabados limpios y resistentes (Estela Rojas, 2024). Así, el proceso combina creatividad y destreza técnica, siendo esencial para transformar ideas en prendas u otros productos textiles de alta calidad.

1.3.12 Máquina recta.

Es una máquina **Figura 17**, de coser básica utilizada para realizar puntadas rectas y uniformes, siendo fundamental en la confección textil. Se emplea para unir piezas de tela con precisión, ofreciendo acabados limpios y resistentes. Su versatilidad permite trabajar con distintos tipos de materiales, siendo ideal tanto para costuras básicas como para detalles más específicos en la industria de la moda (Carrera y López, 2023).

Figura 17
Máquina Recta Industrial Jontex

Fuente: (Inducon, 2024).

1.3.8.1.Máquina unidora.

Es una máquina **Figura 18**, que une telas elásticas con puntadas planas, garantizando costuras resistentes, cómodas y estéticas. Se usa principalmente en prendas deportivas, lencería y trajes de baño para conservar la elasticidad del material y ofrecer acabados suaves (Aguilar Lliguisupa, 2019). Trabajan en conjunto para ofrecer costuras planas, resistentes y estéticas, asegurando que el acabado sea profesional y duradero.

Figura 18
Máquina Industrial Overlock

Fuente: (Famatex, 2023)

1.3.13 Máquina recubridora

Es una máquina de coser (**Figura 19**), especializada en la creación de puntadas de recubrimiento en las partes superior e inferior de las telas. Se utiliza en la confección de prendas, como ropa deportiva y trajes de baño, ya que permite obtener costuras planas y resistentes (Trujillo Meza, 2021). Además, cuenta con cuchillas que recortan el exceso de tela, evitando el deshilachado. Por lo tanto, es una herramienta esencial para lograr prendas cómodas, duraderas y estéticamente agradables.

Figura 19
Máquina Recubridora Industrial

Fuente: (Máquinas Ecuador, 2023)

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1 Enfoque de la investigación

Esta investigación se centra en el diseño e implementación de un sistema de monitorización inteligente para bebés utilizando la plataforma LilyPad Arduino.

2.2 Tipos de investigación a aplicar

En diseño de indumentaria inteligente para monitorización de bebés, se emplearon diversos enfoques de investigación que incluyeron métodos bibliográficos, experimental, descriptiva y analítica, de esta forma determinar su formación.

2.2.1 Investigación experimental

La investigación experimental constituye un método científico que facilita la verificación de datos hipotéticos a través de la realización de diversos experimentos relacionados con el tema de investigación. De acuerdo con (Ruiz, 2022), "La investigación experimental está integrada por un conjunto de actividades metódicas y técnicas que se realizan para recabar la información y datos necesarios sobre el tema a investigar y el problema a resolver" (p. 1). Por lo cual, fue crucial en el proceso recopilar datos mediante la observación directa de fenómenos físicos y químicos. Esta recopilación de información se respaldó mediante el uso de dispositivos y la adhesión a normativas específicas en entornos de laboratorio.

2.2.2 Investigación analítica

De acuerdo con (Vida, 2018) "En la investigación analítica, el investigador tiene que utilizar hechos o información ya disponibles y analizarlos para hacer una evaluación crítica del material" (p. 10). Para realizar la investigación acerca del diseño de la camiseta inteligente para la monitorización de bebes, se llevó a realizar un análisis de datos y tecnología para el cuidado infantil. La tabulación de los datos fue fundamental para poder crear nuevas soluciones innovadoras y eficientes, posibilitando una comprensión en los aspectos técnicos, ergonómicos y la seguridad del bebe para el monitoreo constante.

2.3 Tipos de técnicas

Las técnicas que investigaron para este estudio son unas de las principales que se aplica para recopilar los datos obtenidos después de la elaboración de la camiseta, para poder asegurar la confiablidad del mismo y poder presentar así al mercado designado.

2.3.1 Técnicas de investigación experimental

La investigación experimental se basa en poder encontrar mediante investigaciones una variable independiente para analizar y observar cómo dicha alteración genera cambios independientes, estableciendo así una relación causa-efecto entre ambas variables dentro del estudio (Murillo et al., 2023).

El enfoque experimental se llevó a cabo mediante la implementación de pruebas en condiciones controladas, establecidas en el análisis de datos relacionados con el bienestar del bebé. Para ello, el prototipo fue utilizado durante un periodo prolongado, permitiendo registrar continuamente los cambios en la frecuencia cardiaca y la temperatura corporal.

2.4 Flujogramas

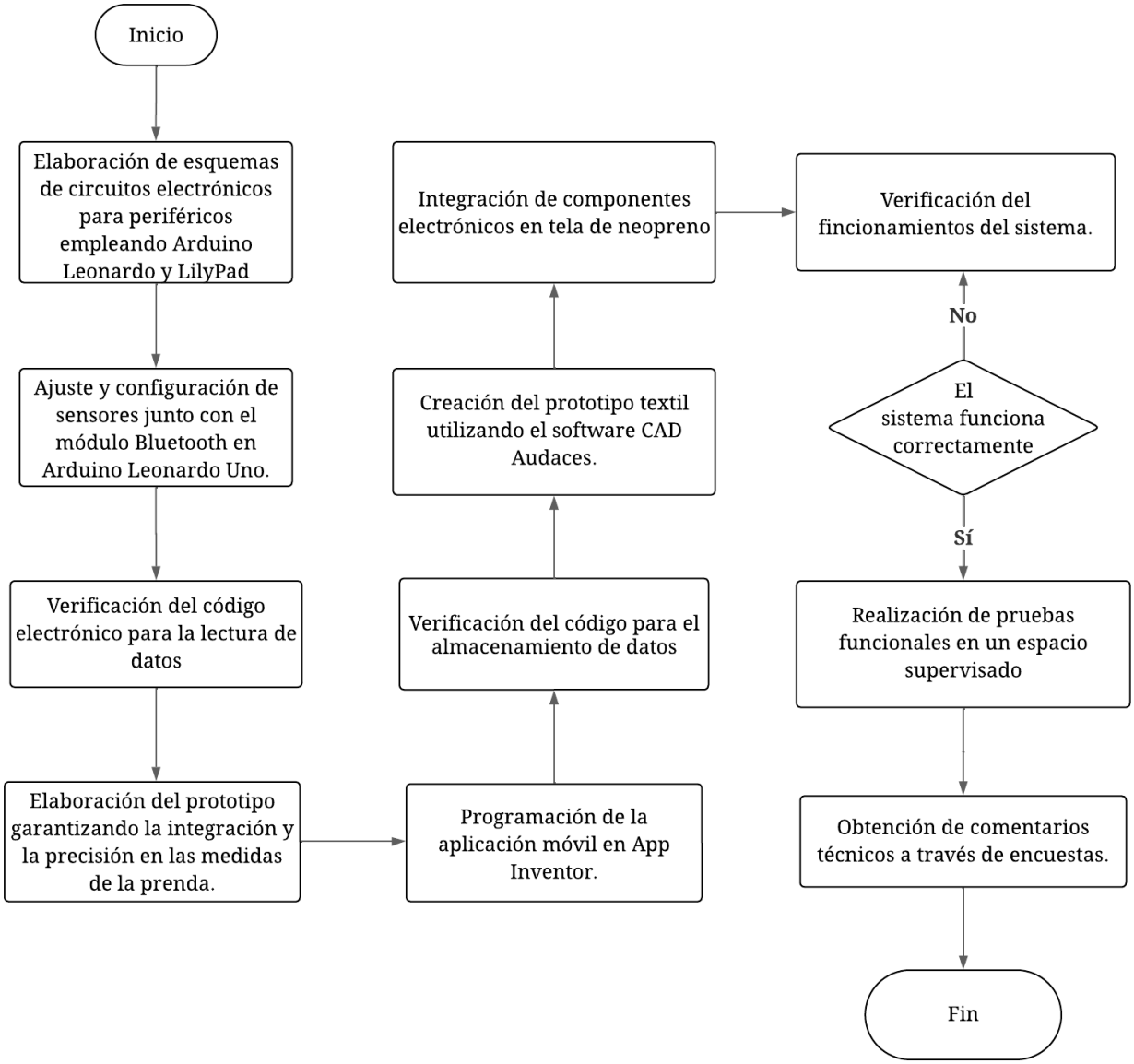
En esta sección, se presentó el diagrama de flujo general para el proyecto de investigación.

2.4.1 Flujograma general

En el diagrama de flujo del proceso global, representado en la **Figura 20**, se detallan de manera general los subprocesos llevados a cabo en el proyecto de investigación. Este incluye una descripción de los materiales y equipos esenciales para la conclusión exitosa del proceso de elaboración de un diseño para la monitorización de bebés.

Figura 20

Flujograma general del proceso



Fuente: Propia

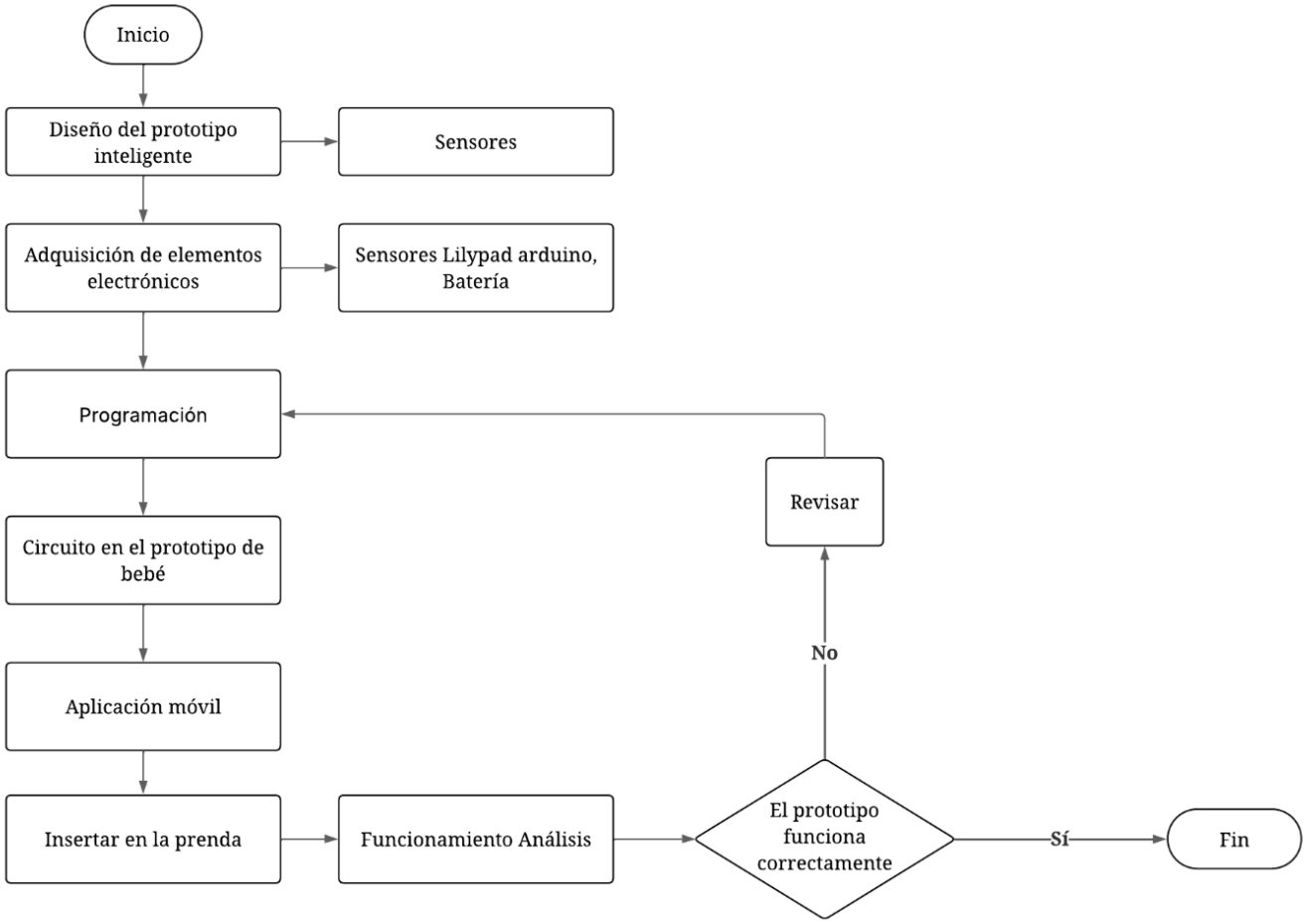
2.4.2 Flujograma muestral

Mientras que el flujograma general brinda una visión perspectiva amplia acerca del proceso, el diagrama de flujo muestral detalla los pasos necesarios para un enfoque específico.

En la **Figura 21**, se observa la secuencia de acciones realizadas para la elaboración del prototipo con un enfoque textil, abarcando desde la adquisición de los materiales hasta la obtención del producto final, que incluye la integración con los componentes electrónicos.

Figura 21

Flujograma general del prototipo



Fuente: Propia

2.5 Equipos y materiales

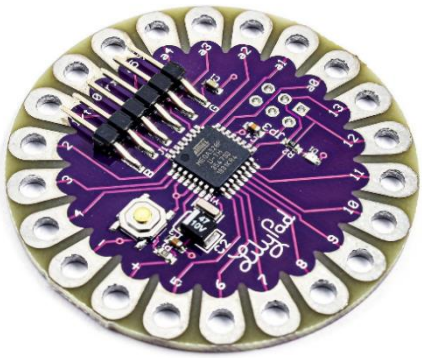
Dentro del desarrollo de la investigación, se utilizaron equipos y materiales que facilitaron la ejecución y conclusión del proyecto. Estos desempeñaron un papel crucial en la elaboración del diseño de una indumentaria inteligente para la monitorización de bebés. Contribuyeron al análisis de pruebas de funcionamiento, utilizando los parámetros detallados a continuación.

2.5.1 Lilypad Arduino

Como menciona (Iverson y Dervan, 2016) la placa LilyPad de Arduino **(Figura 22)** ha sido diseñada específicamente para su integración en ropa y textiles electrónicos. Esta placa, que puede ser cosida directamente en la tela, permite el montaje de baterías, sensores y dispositivos de interacción mediante hilo conductor. Su núcleo se basa en el ATmega328 a

8MHz, garantizando un funcionamiento eficiente en un rango de voltaje de 2V a 5V. Asimismo, presenta un diámetro exterior de 50 mm y un grosor de PCB de 0.8 mm. (pg. 31).

Figura 22
Lilypad Arduino ATmega328



Fuente: (Boards y Boards, 2020)

2.5.2 Hilo conductor

El hilo conductor seleccionado para este proyecto se produce utilizando fibras de acero inoxidable como se puede observar en la **Figura 23**, asegurando así una excelente conductividad eléctrica y resistencia al fuego. Esta elección se distingue de otros hilos conductores al no contener nylon en su núcleo interno. El hilo se presenta enrollado en una bobina de plástico(Joselyne y Rubio, 2020), con una longitud total de 30 pies, resistencia de 27 Ohm/m, longitud de 12 m.

Figura 23
Hilo conductor

Fuente: (Ultralaboratorio Tecnologías creativas, 2020)

2.5.3 Módulos de monitoreo

Sensor temperatura Arduino DHT22

En primer lugar, es importante destacar que este sensor como se observa en la **Figura 24**, es de naturaleza digital y cuenta con un sensor adicional de humedad que presenta las siguientes especificaciones: Voltaje de operación de 3 V a 5,5 V, rango de temperaturas de 0º C a 50º C, precisión de ±2º C, resolución de 8 bits y una tasa de muestreo de 0,5 muestras por segundo(Hernández, 2019)**.**

Figura 24

Sensor de temperatura

Fuente: (Naylamp Mechatronics, 2023)

Sensor de frecuencia cardiaca

Combina esencialmente un sensor de frecuencia cardíaca óptico **Figura 25** simple con circuitos de cancelación de ruido y amplificación que lo hacen rápido y fácil para obtener lecturas de pulso confiables. Además, consume solo 4mA de corriente a 5V, lo cual lo convierte en una opción ideal para aplicaciones móviles (Bolaños, 2018).

Figura 25

Sensor de pulso cardíaco

Fuente: (Bolaños, 2018).

2.5.4 Módulo Bluetooth

El módulo HC – 06 **Figura 26**, empleado en este proyecto, utiliza la tecnología Bluetooth SPP (protocolo de puerto serie) para facilitar conexiones inalámbricas a través del puerto serial del dispositivo vinculado. Una de sus principales ventajas es su compatibilidad con dispositivos de uso común, como computadoras, teléfonos inteligentes y tabletas, debido a la integración nativa de Bluetooth en estos equipos (Mucientes, 2021). Su independiente del sistema operativo garantiza su adaptabilidad a cualquier plataforma requerida en el desarrollo del proyecto.

Figura 26

Módulo Bluetooth HC – 06

Fuente: (Megatronica, 2024)

El módulo que se está utilizando contiene los siguientes datos **Tabla 10**, para poder interpretarlo de mejor manera.

Tabla 10

Características

Bluetooth	**V2.0 + EDR**
Voltaje	3,3 – 6 Mbps
Rango de profundidad modulación	2Mbps – 3Mbps
Corriente de emparejamiento	30~40 mA
Corriente de comunicación	8mA
Rango de temperatura almacenamiento	-40ºC ~ +85ºC
Rango de temperatura de trabajo	-25ºC ~ +75ºC
Potencia de emisión	3dBm

2.5.5 Baterías resistencia

Las baterías Li - Po (acrónimo de Litio y polímero)**Figura 27**, son celdas recargables empleadas en situaciones que requieren un alto consumo de corriente en un espacio y peso reducidos. Se utilizan comúnmente en aplicaciones como sistemas de radiocontrol, especialmente en aviones y helicópteros. La vida útil de una batería Li - Po se estima en aproximadamente 3 años o alrededor de 500 cargas completas, y se emplea para alimentar la placa de Lilypad Arduino (DynamoElectronics Baterías Lipo, 2019).

Figura 27

Batería Lipo

Fuente: (Iverson y Dervan, 2016).

2.5.6 Tela de neopreno

El neopreno, un material derivado del caucho, es ideal para prendas inteligentes gracias a su aislamiento térmico, flexibilidad y rapidez de secado. Investigaciones actuales lo combinan con sensores para monitorizar signos vitales como el ritmo cardíaco y el estrés térmico, manteniendo su confort y durabilidad como se puede observar en la **Figura 28**. Esto lo convierte en una opción prometedora para ropa de monitoreo en bebés.

Figura 28

Tela de neopreno

Fuente: (Sesuconsa, 2024)

2.6 Procedimiento

El desarrollo del prototipo se dividió en tres fases clave: la configuración electrónica, el diseño de la aplicación móvil y la integración con el textil. En primer lugar se eligieron los componentes electrónicos para ello, se utilizó una placa Arduino LilyPad en conjunto con dos sensores: el sensor de temperatura DHT22 y el sensor de pulso cardíaco. Para configurar el código del funcionamiento y la recolección de datos, se estableció la conexión con una aplicación móvil, creada previamente en la App Inventor, con el fin de desarrollar una interfaz que permitiera una interacción eficiente entre el dispositivo y el usuario.

El diseño del prototipo para la camiseta inteligente se tuvo en cuenta el tamaño de los componentes electrónicos, para así crear los moldes necesarios para realizar el corte y la confección del diseño para el prototipo del bebé.

Finalmente, se llevó a cabo una evaluación de la integración entre los componentes electrónicos, el sistema Android y el material textil, utilizando pruebas funcionales. La

satisfacción del usuario se midió a través de una encuesta centrada en la comodidad y la usabilidad del prototipo.

2.6.1 Elaboración del tejido

Para el diseño del prototipo para bebé, se eligió el uso de tejido de Jersey algodón 100% debido a los beneficios que brinda ya que es un material ligero, resistente y permite una adecuada transpiración, y contribuye a mantener al bebé fresco y cómodo. Se describen en la **Tabla *11***, las características específicas del tejido de algodón empleado en la confección de la camiseta para bebé.

Tabla 11

Características de tejido jersey Orlando Ab

Características	**Especificaciones Técnicas**
Tipo de tejido	Jersey
Composición	Co 100%
Gramaje	154 g/m^2
Ancho	1,72 m
Rendimiento	3,78 kg/m
Puntada por pulgada	10 a 12
Aguja	FFG/SES ; 75/11

Fuente: (Indutexma, 2019).

2.6.2 Antropométrico

La antropometría no solo proporciona información esencial sobre las medidas y proporciones físicas del cuerpo, sino que también permite comprender cómo estas se relacionan con los movimientos y actividades que realizan los bebés durante su etapa de vida (Coronel, 2023). Esto es especialmente importante en el diseño de ropa, ya que los bebés se encuentran en una etapa de desarrollo donde el movimiento y la comodidad es primordial para validar su bienestar y el correcto desempeño de sus tareas cotidianas, como gatear, jugar o dormir. Por lo tanto, las prendas deben tener un sistema de medidas para cada una de sus edades como se muestra en la **Tabla 12**, al momento de realizar una actividad está no causé incomodidad ni restringa su movilidad. Por ello, se realizó de acuerdo con la edad de los niños de 24 meses para emplear la prenda, sin que le cause alguna incomodidad en el momento de realizar las pruebas en la investigación.

Tabla 12

Tallas y medidas para bebés

Talla (MESES)	3	6	9	12	18	24
1. Contorno de cuello	23,5	24	24,5	25	25,5	26
2. Contorno de pecho	52,5	54	55,5	57	58,5	60
3. Contorno de cintura	49,5	51	52,5	54	55,5	57
4. Contorno de cadera	52,5	54	55,5	57	58,5	60
5. Ancho de espalda	20,25	21	21,75	22,5	23,25	24
6. Largo de pecho	13,5	13,9	14,3	14,7	15,1	15,5
7. Largo de cintura	19,75	20,5	21,25	22	22,75	23,5
8. Largo de cadera	7,75	8	8,25	8,50	8,75	9
9. Largo de hombro	6,2	6,5	6,8	7,1	7,4	7,7
10. Largo de tiro	17,5	18	18,5	19	19,5	20
11. Largo de pantalón largo	32	35	38	41	44	47
12. Largo total hasta el tobillo	50	54	58	62	66	70
13. Largo de talón	5,5	6	6,5			
14. Largo de tiro pelele	22.5	23	23.5			

Fuente: (Escuela de Superior de Diseño y Moda S.L, 2011)

2.6.3 Descripción del proceso

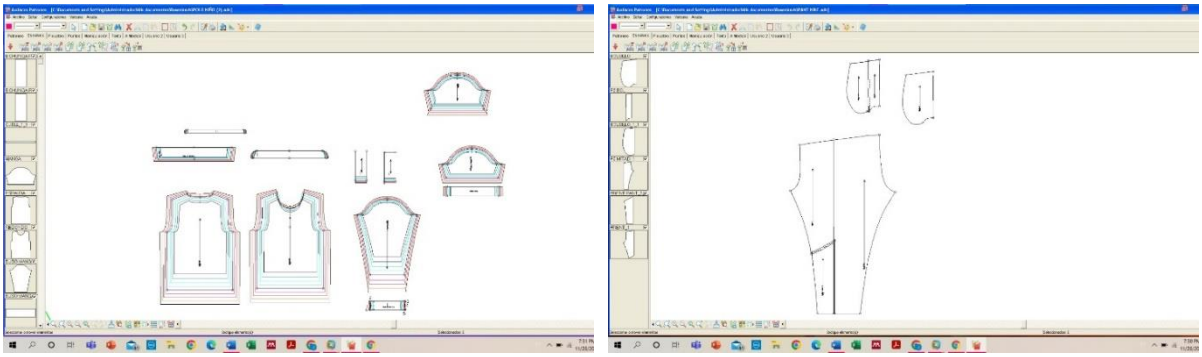
El desarrollo del prototipo para bebés se llevó a cabo en varias etapas, que incluyeron el diseño, la creación de patronajes y el ensamblaje del modelo.

a) Diseño

Para el diseño de la prenda se utilizó el programa Audaces, debido a que es un programa especializado para la creación de patrones de vestuario, además, permite un control preciso de cada aspecto del diseño, desde formas hasta líneas, por esta razón es útil al momento de desarrollar la prenda.

El boceto del prototipo de bebé, presentado en la **Figura 29**, muestra un diseño más ergonómico que permita mayor libertad de movimiento, esto favorece la comodidad del bebé.

Figura 29
Diseño de camisetas y pantalón



b) Proceso de ensamblaje

En el siguiente (**Figura *29***), se detalla el proceso de ensamblaje del prototipo de bebé, se utilizó la máquina overlock y recubridora, así como, se percató de la ficha técnica del tejido.

c) Diseño electrónico

La prenda está diseñada para integrar sensores y un sistema electrónico miniaturizado que permitirá el procesamiento y transmisión de datos en tiempo real. En consecuencia, la parte electrónica se desarrolló de la siguiente manera

d) Selección de componentes.

En esta fase, se estableció las bases de la investigación definiendo las especificaciones clave y seleccionando los componentes fundamentales. Esto incluyó los siguientes aspectos:

- Rango de precisión de sensor temperatura corporal y frecuencia cardíaca.
- Duración de monitorización y disponibilidad del mercado y costo.
- Selección de plataforma de desarrollo que permita la programación del Lilypad.

2.6.4 Programación.

En esta fase, la programación se desarrolló en la plataforma de Arduino IDE. Por tanto, a continuación, se detalla los pasos para la programación de sensores:

a) **Desarrollo del sistema de control.**

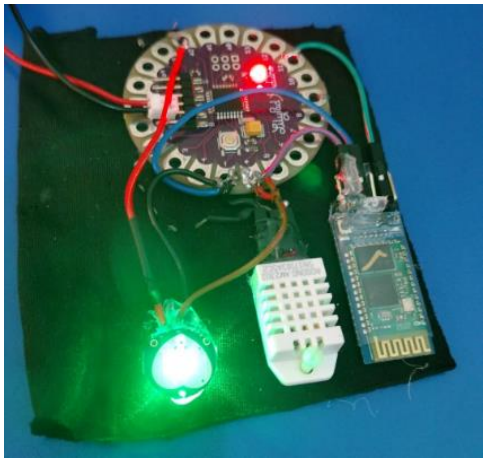
Esta etapa consiste en implementación de la tecnología de comunicación. El objetivo fue lograr un monitoreo preciso y la transmisión efectiva de datos a dispositivos externos.

b) **Diseño del prototipo.**

Esta fase implicó la materialización del diseño mediante la integración de los sensores que garantice la comodidad del bebé. Por ende, el diseño o construcción del prototipo se desarrolló de la siguiente manera (**Figura 30**) para que sea más cómodo al momento de evaluar los datos.

Figura 30

Ensamble del prototipo



Fuente: Propia

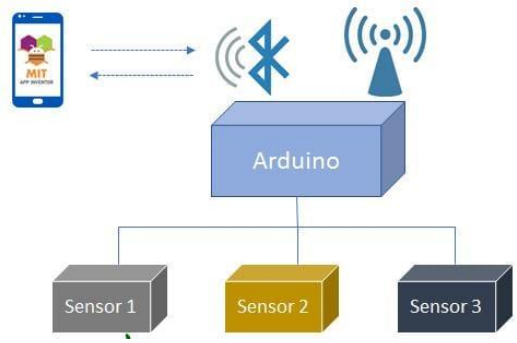
2.6.5 Aplicación móvil

A través de la plataforma Arduino, el sistema realiza un monitoreo en tiempo real de la temperatura, el pulso cardíaco y la humedad relativa del usuario como se puede observar en la **Figura 31**, utilizando sensores encargados de capturar y registrar esta información.

En cuanto al flujo de comunicación, el aplicativo interactúa con el prototipo textil a través de conexión Bluetooth, transferencia de datos y el procesamiento de las mediciones obtenidas.

Figura 31

Transferencia de datos



Fuente: Propia

2.6.6 Entrevista a pediatras

Para identificar las posibles necesidades de un bebé desde su primer día de vida hasta los 24 meses, fue fundamental contar con la experiencia de profesionales de la salud. Por ello, se llevó a cabo una encuesta dirigida a cinco especialistas como se puede observar en la **Tabla 13**, con el objetivo de conocer su opinión sobre el prototipo.

Tabla 13

Datos de información

Nombre	Profesión	Institución
Ashley Santellán	Médico Pediatra	Privado
José Terán	Médico Pediatra	Privado
Karol Vidarte Ureta	Médico Pediatra	Privado
Jhonathan David Tulcanazo Jiménez	Médico	Público
Fabian Tulcanazo	Médico	Público
Xitlally Nicole Pérez Briones	Médico	Público
Andrea Mishell Morocho Collaguazo	Médico	Privado
Kerly Bustillos	Médico	Privado

A continuación, en la **Tabla 14** se muestra las preguntas que se realizaron para la encuesta creada para identificar las necesidades y sugerencias que los pediatras consideran importantes para la etapa de un recién nacido hasta un bebé de 24 meses. Sin embargo, se realizó una encuesta a los representantes de los niños para conocer sus opiniones con respecto al textil inteligente creada para sus hijos.

Tabla 14

Realizadas a profesionales de la salud

Preguntas
1. ¿Cuáles son los principales problemas que presenta los niños de un día hasta 12 meses?
2. ¿Como pediatra que tipo de textil recomienda que se debe usar un niño de 1 día hasta los 12 meses y por qué?
3. ¿Dentro de su vida profesional se le ha presentado niños que tengan alguna afección por un textil especifico?
4. ¿Qué herramientas o dispositivos utilizan actualmente para monitorear la salud de los bebés en la clínica o en el hospital?
5. ¿Qué tipo de alergias presenta los recién nacidos a no usar prendas de algodón?
6. ¿Usted cree que el implementar un prototipo con sensores para medir la temperatura y el pulso cardíaco ayudaría a los niños recién nacidos?
7. ¿Cómo cree que los textiles inteligentes podrían integrarse en un enfoque más amplio para el cuidado infantil?
8. ¿Usted conoce alguna herramienta que se utilicen sensores para medir la temperatura y frecuencia cardiaca de un niño recién nacido de la industria textil?

Fuente: Propia

Satisfacción al cliente

1. Durante el uso del prototipo, ¿cómo considera usted el ajuste al cuerpo de su bebé, en términos de comodidad y funcionalidad?
    a) Muy insatisfecho
    b) Insatisfecho
    c) Neutral
    d) Satisfecho
    e) Muy satisfecho
2. ¿Está satisfecho(a) con el diseño general de la camiseta, incluyendo su color y material?
    a) Totalmente satisfecho
    b) Muy satisfecho

c) Moderadamente satisfecho

d) Poco satisfecho

e) No satisfecho

3. ¿Qué tan fácil le resultó colocarle y retirarle la camiseta a su bebé?

a) Muy difícil.

b) Difícil.

c) Neutral

d) Fácil

e) Muy fácil

4. ¿Cómo considera usted el peso de la camiseta mientras su bebé la usa?

a) Muy pesada e incómoda.

b) Algo pesada.

c) Peso neutral o adecuado.

d) Algo ligera

e) Muy ligera y cómoda

5. ¿Qué tan rápido considera que es la respuesta del sistema al detectar cambios en los signos vitales (temperatura o frecuencia cardíaca)?

a) Muy lenta

b) Lenta

c) Neutral

d) Rápida

e) Muy rápida

6. ¿Notó alguna incomodidad en su bebé relacionada con los componentes de la camiseta?

a) Sí, con la batería.

b) Sí, con el interruptor o cableado.

c) Sí, con otro componente (específique):

d) No, no mostró ninguna incomodidad.

7. ¿Qué tan fácil le fue usar la aplicación móvil asociada a la camiseta?

a) Muy fácil de usar.

b) Fácil de usar.

c) Neutral.

d) Difícil de usar

e) Muy difícil de usar

8. ¿Qué tan rápido considera que es el funcionamiento de la aplicación móvil adjunta a la camiseta ?

a) Muy lento.

b) Lento

c) Neutral

d) Rápido

e) Muy rápido

9. ¿Qué tan satisfecho(a) está con la experiencia general de uso de la camiseta inteligente en su bebé?

a) Muy satisfecho(a).

b) Satisfecho(a).

c) Neutral.

d) Insatisfecho(a).

e) Muy insatisfecho(a).

10. ¿Qué tan dispuesto estaría usted a recomendar el uso de la camiseta inteligente a otros padres de familia?

a) Muy dispuesto

b) Dispuesto

c) Neutral

d) Poco dispuesto

e) Nada dispuesto

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y ANÁLISIS

3 Resultados

En esta sección, se pretende identificar los hallazgos de las pruebas utilizando el Arduino en una prenda para bebé, cumpliendo todos los parámetros establecidos. Los valores obtenidos por el sensor de temperatura pueden ayudar a establecer patrones de salud en bebés.

3.1 Tabla de monitorización

Para el desarrollo de la monitorización, se seleccionó a niños con un rango de edad hasta los 2 años como sujetos de prueba, quienes se encuentran dentro del rango de edad definido para la realización del proyecto. Para realizar el estudio de la investigación se tomó en cuenta un grupo de niños entre 6 meses hasta los 24 meses de edad, para poder estar dentro del rango pediátrico, para evaluar la monitorización del bebe. Permitiendo así que la tecnología textil, es especifico el prototipo desarrollado con el Lilypad Arduino que pueda contribuir en el bienestar y seguimiento continuamente en la salud del infante en cualquier ámbito.

Tabla 15

Información significativa de los sujetos de prueba

Código	Representante	Género	Peso(kg)	Estatura	Edad
101	Karina Sandoval	Femenino	11.5 kg	79 cm	1 año 5 meses
102	Nayeli Andy	Masculino	7.7 kg	70 cm	1 año
103	Vanesa Proaño	Masculino	12.60 kg	80.6	1 año 7 meses
104	Elizabeth Cabezas	Femenino	10.4 kg	73 cm	1 año 3 meses
105	Luis Piedra	Masculino	12.60 kg	80.5 cm	1 año 7 meses

Condiciones de monitorización

La medición se realizó de la siguiente manera:

- Los niños estuvieron sentados o acostados
- Al momento de tomar los resultados de deber esperar 1 min para las pulsaciones por minuto.
- En 3 tiempos se hizo las mediciones son: 1 – 5 – 10 min.

3.2 Tabla de resultados de temperatura corporal

En la **Tabla 16** se muestran los datos obtenidos mediante el uso del prototipo, el cual se utilizó durante un determinado período de tiempo. Las pruebas realizadas se llevaron a cabo con intervalos de 1 min entre cada medición, utilizando 5 sujetos de prueba. Las temperaturas registradas son valores normotérmicos; esto quiere decir que se encuentran dentro de las condiciones normales, las cuales tienen un rango de 36.5 a 37.6 ºC.

Tabla 16

Datos obtenidos de temperatura corporal – Prototipo

Variable	Nº	Inicio	5 min	10 min	Diferencia (Final - Inicio)	Promedio
Temperatura corporal ºC	101	37,1	37,5	37,3	0,2	37,3
	102	37,1	37,4	37,6	0,5	37,4
	103	36,5	36,7	36,7	0,2	36,6
	104	37	37,1	37,4	0,4	37,17
	105	36,6	36,9	37,2	0,6	36,9

Fuente: Propia

Por lo tanto, en la **Tabla *16*** se observa que el sujeto de prueba Nº102 presenta un aumento de temperatura. Sin embargo, está variación no es significativa, ya que se mantiene dentro del rango establecido.

3.3 Tabla de resultados FC

En la **Tabla 17** se presenta los datos obtenidos mediante el uso del prototipo, empleado durante un período determinado de tiempo. Las pruebas realizadas se llevaron a cabo con intervalos de descanso de 1 min, 5 min y 10 min entre cada medición, lo que permitió registrar valores de la prueba, utilizando un total de 5 sujetos. Las frecuencias cardiacas obtenidas corresponden a los valores tomados, es decir, se encuentran en el rango considerado normal- que oscila entre 80 y 160 latidos por minuto.

Tabla 17

Obtención de datos utilizando el prototipo

Variable	Nº	Inicio	5 min	10 min	Diferencia (Final - Inicio)	Promedio
Frecuencia cardiaca (BPM)	101	93	85	93	0	90,3
	102	96	92	93	-3	93,7
	103	93	93	94	1	93,3
	104	92	90	91	-1	91,0
	105	93	94	93	0	93,3

Fuente: Propia

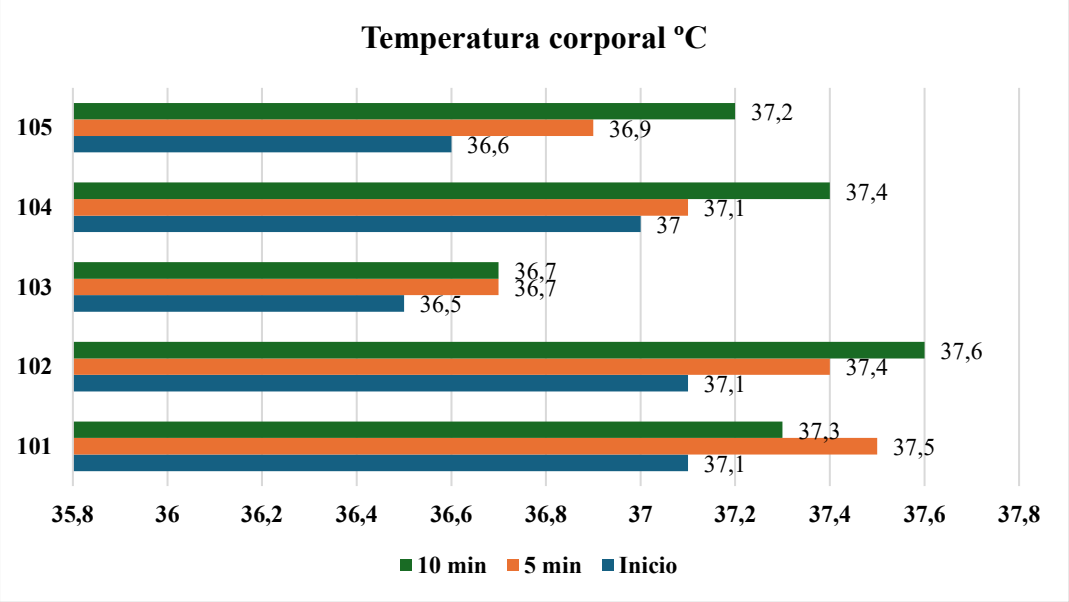
Aunque en la prueba se observan valores negativos, esto se debe a que las mediciones de pulsaciones se realizan por minuto debido a la ausencia de esfuerzo físico, los resultados permanecen dentro del rango de descanso, indicando que la variación no es significativa.

3.4 Interpretación de resultados

Es esta sección, se interpreta los resultados totales de cada sujeto por la variable de temperatura corporal y frecuencia cardiaca.

Figura 32

Temperatura corporal en distintos tiempos

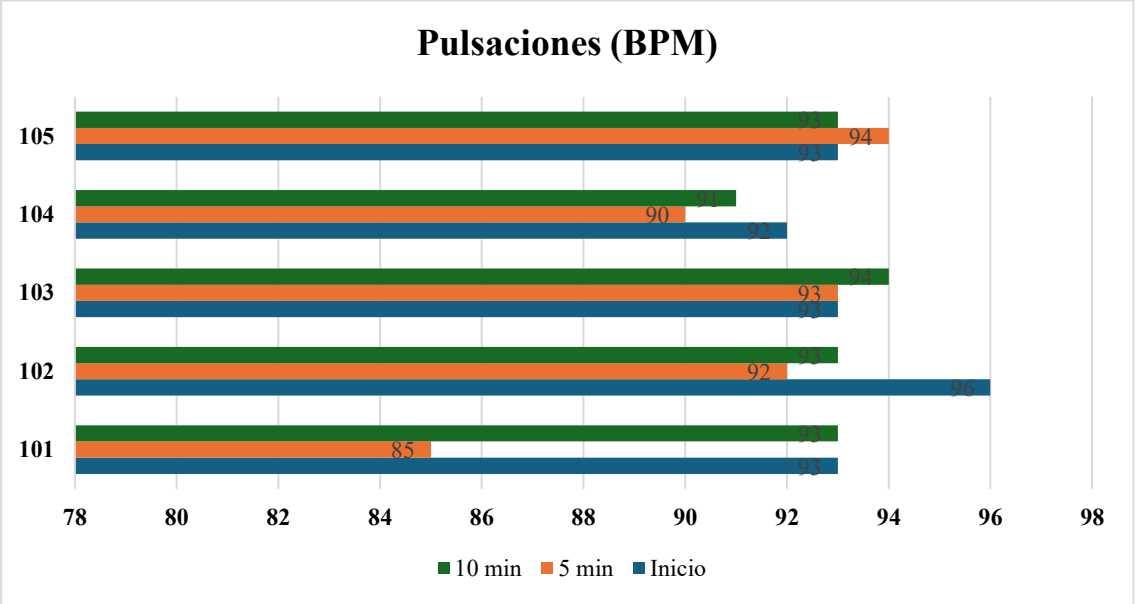


Se puede observar en la **Figura 32** los cambios de temperatura corporal que tuvieron los sujetos de prueba cuando utilizaron la camiseta inteligente. En lo cual, se puede identificar que la temperatura del sujeto 103 es de 36.5 ºC, lo que se puede observar que se encuentra

dentro del rango normal sin tener ninguna afectación. Sin embargo, aunque se registra un aumento de temperatura en el sujeto 102 no determina una variación que pueda tener algún problema esto pudo provocarse debido a un movimiento del niño, pero no supera el rango que pueda tener alguna afectación.

Figura 33

Frecuencia cardiaca de cada uno de los sujetos



En la **Figura 33** se observan los cambios obtenidos de los sujetos a prueba acerca de la frecuencia cardíaca. Al inicio, la frecuencia del sujeto 104 es de 90 BPM, lo que se encuentra dentro del rango normal. Por otro lado, se registra un aumento en la temperatura del sujeto 102, cuya variación está relacionada con un cambio de posición, a pesar de eso no se excede el rango establecido. Después de los 5 minutos de medición, se observa una diferencia de 85 BPM, pero a pesar de los cambios que se registraron los valores se mantienen.

3.5 Normalidad de datos

Para poder realizar la tabulación de los datos de normalidad, se realizará en la prueba F de Welch como se puede observar en la **Figura 34**. Estos resultados evidenciarían un estado en conjunto de la normalidad, con un caso especial del sujeto 104 ya que los datos obtenidos persisten contantes y no se detectó algún cambio relevante.

Figura 34

Prueba F de Welch

Test for equal means						
	Sum of sqrs	**df**	**Mean square**	***F***	***p(same)***	
Between groups:	2519,68	5	503,936	146,9	2,478E - 10	
Within groups:	41,1667	12	3,43056		**Permutation *p***	**(n = 99999)**
Total:	2560,84	17			0,00014	
Components of variance (only for random effects):						
Var(group)	166,835		**Var (error):**	3,43056	**ICC:**	0,979852
omega^2:	0,9759					
Levene´s test for homogeneity of variace, from means					***p (same):***	0,01562
Levene´s test from medians					***p (same):***	0,03627
Welch *F* test in the case of unequal variances:			*F* =25,47, df= 5,404 , *p* = 0,0009846			

Se pudo percatar que los datos obtenidos con el monitoreo utilizando el prototipo de la camiseta inteligente utilizando la prueba F de Welch se concluyó que existieron diferencias significativas entre los grupos evaluados, por lo cual se puede observar en el siguiente resultado:

$$F = 25.47\,;\ df = 5.404\,;\ pag = 0.0009846$$

Este resultado indica que las diferencias entre los grupos son estadísticamente significativas, incluso cuando se presentan cambios desiguales entre los mismos. De esta forma, se confirma que las diferencias que se obtuvieron no son realizadas aleatoriamente, sino que muestran diferencias obtenidos mediante el uso del prototipo textil diseñada para los niños.

La aplicación de la prueba F de Welch según (Morales et al., 1998) indica que los grupos que se comparan no son iguales como los diferentes datos obtenidos en distintos tiempos respaldando así la validez del monitoreo de los parámetros fisiológicos en bebés. A pesar de la heterogeneidad en las variaciones de los datos obtenidos, el análisis demuestra que el dispositivo es capaz de generar mediciones consistentes y confiables, lo que demuestra la precisión y eficaz que está haciendo el prototipo desarrollado para el monitoreo la salud infantil.

Figura 35

Normalidad de datos de la frecuencia cardiaca

Test for equal means						
	Sum of sqrs	**df**	**Mean square**	***F***	***p(same)***	
Between groups:	445,2	3	148,4	31,74	5,72E-07	
Within groups:	74,8	16	4,675		**Permutation *p***	**(n = 99999)**
Total:	520	19			4E-05	
Components of variance (only for random effects):						
Var(group)	28,745		**Var (error):**	4,675	**ICC:**	0,860114
omega^2:	0,8218					
Levene´s test for homogeneity of variace, from means					***p (same):***	0,1123
Levene´s test from medians					***p (same):***	0,3286
Welch *F* test in the case of unequal variances:			*F* =46,23 , df= 8,532 , *p* = 1,305E-05			

Para evaluar la diferencia entre los grupos en la monitorización mediante la camiseta inteligente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) ya que este ayuda a encontrar diferentes datos en distintos grupos el valor encontrado es: p: 5.715×10^{-7}, indicando una diferencia significativa entre los grupos evaluados.

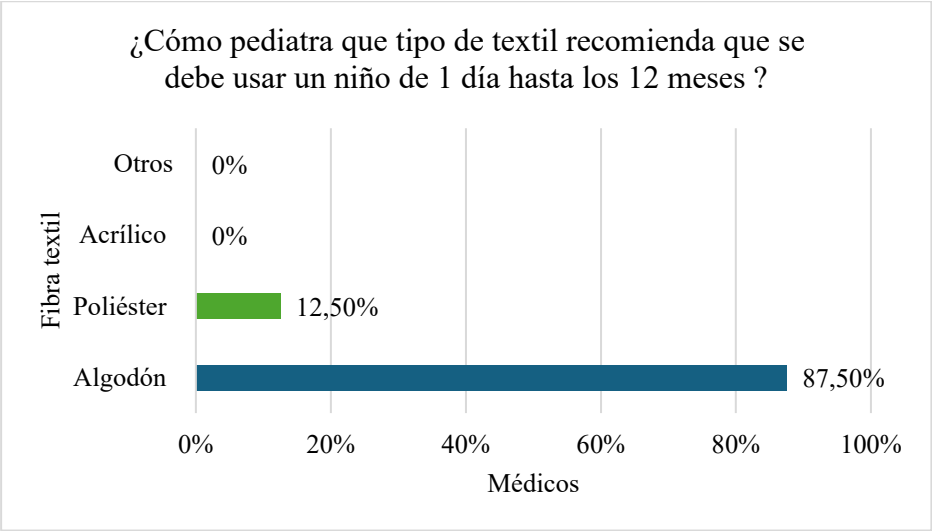
Este resultado indica que las diferencias encontradas respaldan la eficacia del prototipo desarrollado ya que evalúa la temperatura y la frecuencia cardiaca dando un respaldo para el monitoreo del bebé.

3.6 Evaluación de las preguntas acerca del prototipo con pediatras

En la encuesta se plantearon diferentes preguntas tal como se ilustra en la **Tabla 14**, con el objetivo de adquirir una comprensión más nítida de las opiniones de los expertos de la salud en relación con la puesta en marcha de un dispositivo para bebés en el área textil.

Figura 36

Evaluación del textil recomendado por médicos



La **Figura 36** muestra que El 87,5% de los médicos pediatras encuestados recomiendan el uso de algodón, esto debido a que tiene propiedades naturales, se caracteriza por su suavidad, transpirabilidad y bajo porcentaje de causar reacciones alérgicas en los niños y niñas de 1 día de nacido a 24 meses.

Otro grupo de médicos pediatras encuestados recomiendan el poliéster, en un 12,5%. A pesar de ser un porcentaje bajo, puede deber ser por su facilidad de limpieza, durabilidad o resistencia, factores que pueden incidir al momento de la compra o uso de prendas de vestir para niños o niñas en edad neonatal.

Las otras opciones consultadas como el acrílico y otros textiles no obtuvieron una calificación, reflejando un aspecto negativo respecto al uso de estos materiales, por factores como baja transpirabilidad, sensación artificial o puede causar irritación con n la piel de los bebes, por ende, los médicos prefieren no recomendar esos materiales para el uso diario.

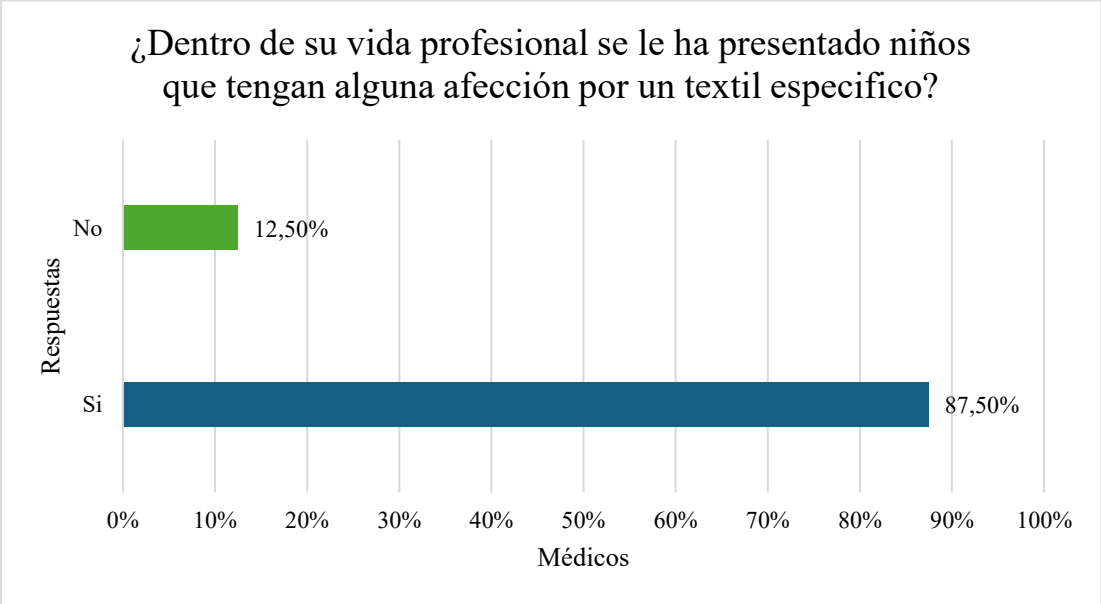
Se puede concluir que los médicos pediatras recomiendan el uso de fibras naturales como el algodón para la confección de prendas de vestir para niños y niñas de 1 día hasta 24 meses de edad. Los resultados obtenidos con una amplia aceptación al material de algo fortalecen la propuesta de la camiseta artificial con material de algodón para cuidar al recién nacido y evitar futuras reacciones negativas.

Finalmente, se sugiere que cualquier prenda de vestir destinada a niños y niñas neonatos, se deberá considerar el uso de algodón como material base e incorporar elementos funcionales

únicamente si no causa daño, molestia en el neonato o modifica las características naturales del tejido. En resumen, los profesionales de la salud recomiendan el uso del algodón en las prendas de vestir de los neonatos porque brinda confort y favorece la salud, lo que influye positivamente en la aceptación de la camiseta inteligente en el mercado.

Figura 37

Afecciones de un recién nacido



En la **Figura 37** refleja que el 87.50% de los médicos pediatras encuestados respondieron que durante las consultas médicas han atendido casos en los que, los niños y niñas presentaron alguna afección relacionada con un textil especifico. Es decir, un resultado significativo de problemas dermatológicos relacionados con al contacto de la piel infantil, con ciertos materiales textiles. El otro 12.50% de médicos pediatras manifestó no a ver observado este tipo de situación referente a los textiles.

Con los resultados obtenidos se evidencia una problemática recurrente en las consultas pediátricas y de emergencia, esto debido a la sensibilidad cutánea de los bebes frente a determinadas fibras, acabados químicos o tejidos sintéticos. Produciendo alergias, reacciones negativas a esos tipos de materiales o irritaciones en la piel, por la elección de textil como un factor crítico de la prenda textil de los niños o niñas recién nacidos o hasta los 24 meses de edad.

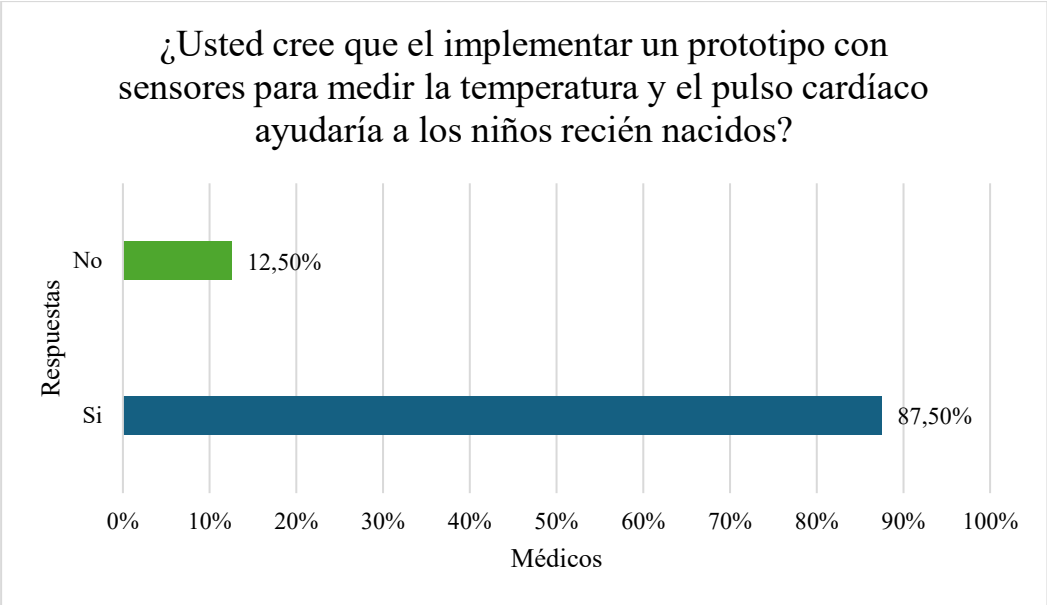
Los resultados obtenidos ratifican la hipótesis referente a los métodos tradicionales de monitorización, que normalmente usas dispositivos adheridos a la piel o tejidos con materiales

no adaptados a la delicadeza de la dermis infantil, ocasionando molestias incomodidad o incluso riesgo. Por lo tanto, este resultado apoya la propuesta de este proyecto que motiva el uso de una indumentaria inteligente, no invasiva y cómoda para la piel de los niños y niñas en edad infantil, elaborada con materiales hipoalergénicos clínicamente seguros y suaves al tacto.

Finalmente, se refuerza la necesidad de priorizar la dermato compatibilidad de los textiles en futuras versiones del prototipo. es indispensable utilizar tejidos certificados, sin agentes sensibilizantes y con capacidad de transpiración, para marcar una diferencia en la aceptación y efectividad del producto. Los componentes de los textiles no deben ser tratados como un soporte pasivo de tecnología, si no como un elemento activo en el bienestar de los niños y niñas en la edad infantil y brindando seguridad.

Figura 38

Implementar un prototipo



Los resultados de la encuesta, reflejados en la **Figura 38**, muestran que el 87.50% de los profesionales de la salud encuestados manifestaron que la implementación de un prototipo con sensores para medir la temperatura y el pulso cardiaco para los niños recién nacidos sería beneficioso, porque permitiría actuar de forma rápida en caso de un riesgo, el otro 12.50% de los encuestados considera que el prototipo no ayudaría a los recién nacidos, como indica en la **Tabla *18***. El nivel de aprobación obtenido más que una tendencia positiva en el uso de tecnología en el cuidado de niños y niñas de 1 día de nacido hasta los 24 meses de edad.

Tabla 18

Enfoque entre textil y tecnología

Médicos	Respuestas	
1	Si	Monitor de signos vitales
2	Mientras menos equipos que emitan radiación magnética mejor para él bebé	Fonendoscopio, saturador, termómetro digital, otoemisión acústica, test de Denver modificado
3	Prevención de enfermedades cutáneas y control de signos vitales en pacientes con patologías cardíacas.	Oxímetro, termómetro, tensiómetro pediátrico, glucómetro, Bilichek, balanza pediátrica, cinta métrica, interna pupilar.
4	Un textil no ayudaría	Monitor de Signos vitales
5	Inmediatamente mostraría la atopia al utilizar alérgenos	Es clínico
6	Podrían también ayudar a monitorear los signos vitales	Monitor multiparamétrico neonatal
7	Ayudarían a la detección de la humedad, regulación de la temperatura	Monitor de signos vitales
8	Los textiles inteligentes pueden mejorar el cuidado infantil al monitorear temperatura, frecuencia cardíaca y respiratoria en tiempo real, prevenir riesgos como sobrecalentamiento o apnea, y brindar seguridad con alertas conectadas a apps para padres y médicos.	Termómetro digital: Controla la temperatura corporal del bebé.

La aceptación positiva para el uso del prototipo puede ser debido al uso de herramientas no invasivo, que es fundamental en la etapa de los recién nacidos debido al alto riesgo que se puede presentar en los primeros meses de vida es importante la vigilancia médica constante para el bienestar del bebé. Los profesionales de la salud sugieren el uso de la camiseta

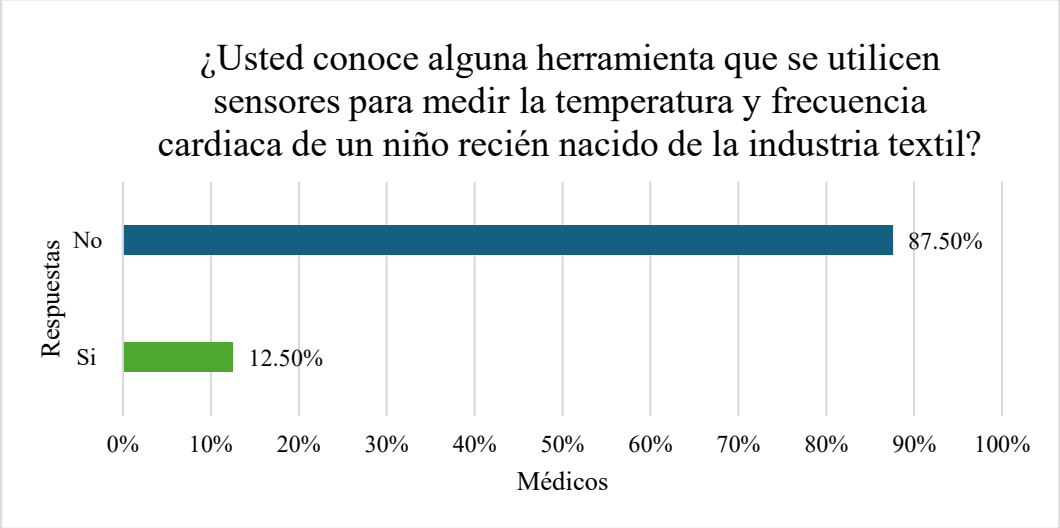
inteligente que registran los signos vitales en tiempo real, sin incomodar ni alterar el entorno natural de los niños y niñas en edad infantil.

Sin embargo, el 12.50% de respuestas negativas alerta sobre ciertas dudad que podría estar relacionada con factores como la fiabilidad de los sensores, la falta de familiaridad con la camiseta inteligente y la seguridad d ellos materiales. Por lo tanto, es indispensable que en el desarrollo del prototipo se refuercen las acciones de validación y se incluya la retroalimentación del personal médico para aumentar su confianza en el prototipo.

En conclusión, la mayoría de los médicos pediatras encuestados considera que la camiseta inteligente sería útil y necesaria en la atención de niños y niñas en edad infantil, justificando y apoyando la propuesta de este proyecto.

Figura 39

Textil tecnológico



En la **Figura 39**

La aceptación positiva para el uso del prototipo puede ser debido al uso de herramientas no invasivo, que es fundamental en la etapa de los recién nacidos debido al alto riesgo que se puede presentar en los primeros meses de vida es importante la vigilancia médica constante para el bienestar del bebé. Los profesionales de la salud sugieren el uso de la camiseta inteligente que registran los signos vitales en tiempo real, sin incomodar ni alterar el entorno natural de los niños y niñas en edad infantil.

Sin embargo, el 12.50% de respuestas negativas alerta sobre ciertas dudad que podría estar relacionada con factores como la fiabilidad de los sensores, la falta de familiaridad con la

camiseta inteligente y la seguridad d ellos materiales. Por lo tanto, es indispensable que en el desarrollo del prototipo se refuercen las acciones de validación y se incluya la retroalimentación del personal médico para aumentar su confianza en el prototipo.

En conclusión, la mayoría de los médicos pediatras encuestados considera que la camiseta inteligente sería útil y necesaria en la atención de niños y niñas en edad infantil, justificando y apoyando la propuesta de este proyecto.

Figura *39*, se puede observar el 87.50% de los médicos pediatras encuestados afirmo no conocer ninguna herramienta que utilice sensores textiles para medir la temperatura y la frecuencia cardiaca en recién nacidos, por el contrario, un 12.50% de encuestados indicó que si conoce herramientas similares.

El desconocimiento de las herramientas con sensores en los textiles demuestra una diferencia entre la innovación tecnología en textiles inteligentes y su aplicación en consultas médicas o emergencias. El resultado obtenido a pesar de los avances en ingeniería textil su uso en el ámbito neonatal y sistemas informáticos es aún desconocido.

Las respuestas negativas obtenidas pueden deberse a la falta de acceso de tecnología emergente, escasa información sobre la camiseta inteligente o la poca vinculación entre sector salud y desarrollo tecnológico textil. Es indispensable crear soluciones prácticas accesibles y funcionales para disminuir el desconocimiento del uso del prototipo.

La falta del conocimiento y el uso de los prototipos representa una oportunidad de innovación e ingreso de la camiseta inteligente en el mercado, ya que el diseño del prototipo con sensores tecnológicos permitirá monitorear en tiempo real a los niños y niñas para actuar de forma inmediata y mejorando la calidad del cuidado de los niños, disminuyendo los niveles de riesgo.

Es necesario fortalecer la transferencia tecnológica entre la investigación y su implementación práctica, promoviendo el uso del Arduino Leonardo, sensores de impulso y temperatura y conectividad inalámbrica aplicada en los textiles inteligentes es decir en el prototipo.

Por último, la falta de conocimiento entre los médicos pediatras encuestados refuerza la pertinencia de la camiseta inteligente propuesta en esta investigación, y a su vez resalta el impacto positivo, tecnológico, científico y social, permitiendo una mayor integración entre la

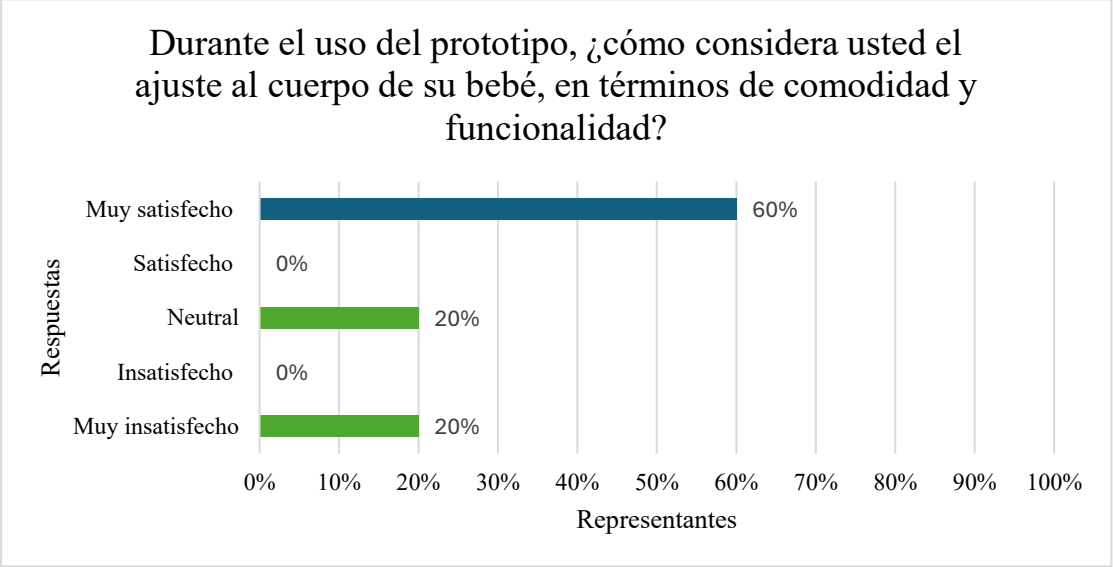
salud y el diseño textil con fines de mejorar la salud de los niños y niñas de 1 día y 24 meses de edad.

3.7 Evaluación del prototipo padres de familia

Siguiendo con lo establecido en la norma ISO/IEC 25010 que desarrolla modelos de calidad centrados en la experiencia del usuario: funcionalidad, eficiencia, usabilidad, fiabilidad y confort, se llevó a cabo una encuesta dirigida hacia los representantes de los niños y niñas que habían realizado las pruebas del prototipo de textil inteligente, cuyo objetivo era analizar la percepción del propio ajuste del producto en función de dos de las cualidades más relevantes en el proceso de diseñar prendas inteligentes para los y las infantes: la comodidad y la adecuación funcional. A continuación, se detalla los resultados obtenidos.

Figura 40

Comodidad y funcionalidad del prototipo



Los resultados aparecen en la **Figura 40**, los mismos reflejan que el 60% de las personas encuestadas se muestra "muy satisfecho/a" en el ajuste del prototipo al cuerpo del bebé, esto significaría que existe un nivel de aceptación alto respecto a la ergonomía y confort percibido. Este porcentaje mayoritario pone de relieve que el diseño del textil cumple en la práctica con el propio objetivo funcional, de manera que el tanto por ciento elevado pueda ser también gracias a los materiales flexibles, las propias tecnologías textiles y los patrones anatómicamente adecuados y adaptados.

El 20% de los representantes indicó una percepción "neutral", así como el otro 20% expresó sentirse "muy insatisfecho", este podría estar relacionado con variaciones individuales

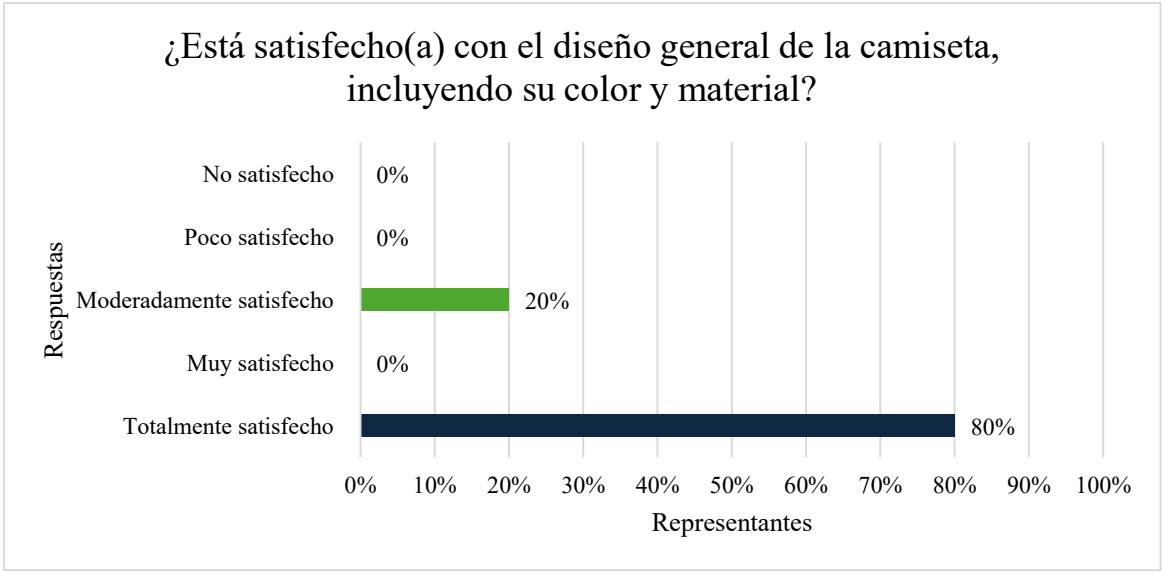
en cuanto a la complexión de los bebés o diferencias en la concepción de lo que se entiende por "ajuste funcional". No se reportaron respuestas de satisfacción parcial ("satisfecho" o "insatisfecho"), lo que generó una clara polaridad entre los representantes participantes.

Este resultado pone de manifiesto la necesidad de realizar ajustes que sean personalizados o escalables en próximas versiones del prototipo teniendo en cuenta la talla, morfología infantil y tolerancia sensorial, y sugiere que, a pesar de que el diseño general fue bien acogido, una minoría considerable percibió que existían limitaciones en cuanto al ajuste, esto podría impactar negativamente en la adopción del producto en caso de no tenerse en cuenta dichas apreciaciones.

En definitiva, la mayoría de los representantes consideró el prototipo como altamente funcional y cómodo, sería coherente con una viabilidad en cuanto a la calidad de uso, pero la existencia de las discrepancias resalta la necesidad de incluir un apartado de mejora continua, así como de validación ergonómica más extensivo antes de una posible producción a escala.

Figura 41

Satisfacción del diseño



Los resultados observados en la **Figura 41**, representan que el 80% de los encuestados, se encuentran “totalmente satisfecho” con el diseño de la camiseta, que se caracteriza por su estructura, su material 100% Co, diseño y color que puede ser utilizado por niño o niña. Al responder con un porcentaje alto de aceptación del prototipo por su funcionalidad y estético, es decir, que la selección textil el diseño visual fueron las más aceptadas y tiene gran aceptación

por los encuestados. Existe la probabilidad de aceptación del prototipo porque influyeron factores como la armonía, suavidad del tejido, calidad y diseño que respondieron positivamente.

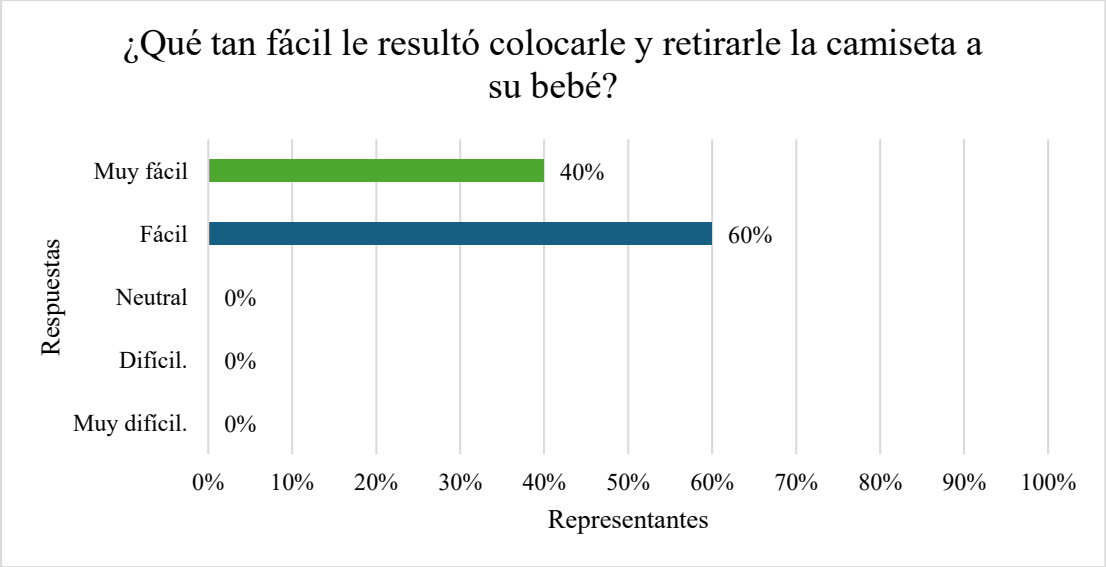
Sin embargo, un 20% de personas encuestadas respondieron en la opción "moderadamente satisfecho", indicando un nivel menor aceptación, resultado que pudo ser influenciado por los diferentes gustos y preferencias de las personas, respecto al color, material utilizado o el diseño.

Es importante indicar que en las opciones de "muy satisfecho", "poco satisfecho" o "no satisfecho", no existió resultados, demostrando así que se encontró respuestas positivas en la opción de mayor satisfacción, reflejando un buen posicionamiento de la camiseta, es decir, del prototipo propuesto.

Finalmente, los resultados obtenidos de la propuesta del prototipo cumplen con las expectativas esperadas por los representantes de los encuestados, pero existe un 20% que se encuentra en el grupo de "moderadamente satisfecho", demostrando así que se debería realizar cambios, ajustes o pruebas adicionales, con el fin de identificar los factores que influyeron en el prototipo, fortalecer la percepción del producto y obtener resultados positivos en una fase de producción.

Figura 42

Uso de la camiseta



La **Figura 42** indica que alrededor del 60% de los encuestados respondió que le resulto "fácil" colocar y retirar la camiseta al bebé, mientras que un 40% lo consideró "muy fácil". Este resultado indica que el 100% de las personas encuestadas consideran que el prototipo es de uso

positivo, no reporta ninguna dificultad para su uso y que su diseño fue aceptado. En conclusión, no presenta ninguna dificultad en la colocación de la camiseta.

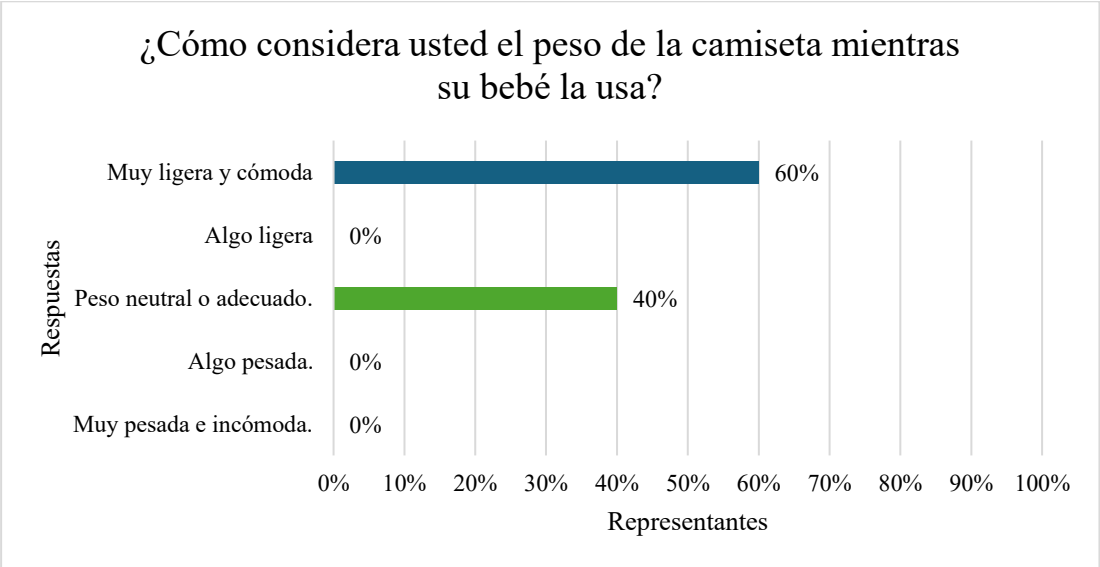
Los representantes de los niños encuestados no indicaron dificultades para el uso de la camiseta, pues dicho prototipo cumple con los criterios de comodidad, suavidad, movilidad y muy práctico para su implementación, los cuales son factores favorables para los bebés, donde la facilidad debe ser una característica primordial en la experimentación de su uso. Es posible que el tipo de tejido, diseño de la camiseta, las costuras y las aperturas desarrollaron un papel importante para la percepción favorable de dicho prototipo.

El 60% de los encuestados respondieron como "fácil" y el 40% eligieron "muy fácil" el uso del prototipo, está diferencia podría deberse a una apreciación individual por el esfuerzo y más no por el diseño. Esta diferencia abre una oportunidad para mejorar ciertas características del prototipo, con el fin de perfeccionar su uso entre las personas que podrían adquirir el prototipo.

En conclusión, el resultado refleja un notable uso en la funcionalidad del prototipo por su facilidad en la colocación y retiro de la camiseta, reflejando también que el diseño es un factor importante en el uso con bebés. Este nivel de aceptación permite fortalecer la posibilidad del producto y avala su implementación en el entorno.

Figura 43

Peso de la camiseta



En la **Figura 43** es importante conocer la percepción sobre el peso del prototipo mientras el bebé la usa. El 60 % de los encuestados respondió que la camiseta es "muy ligera y cómoda",

mientras que el 40% la describió como un “peso neutral o adecuado”. Es importante indicar que no se registraron respuestas por parte de los representantes en las opciones de “algo ligera”, “algo pesada” o “muy `pesada e incómoda”.

La totalidad de los encuestados que representan el 60% de los encuestados respondieron favorablemente al peso de la camiseta, este refleja un resultado positivo y demostrando un nivel de aceptación. La mayor parte de participantes perciben el prototipo como muy ligera y cómoda, demostrando que el diseño permite a los niños tener comodidad y su uso sea fácil, lo que representa características importantes en productos que van dirigidos a niños y niñas de 6 meses a 24 meses, quienes requieren de camisetas fáciles de usar y cómodas.

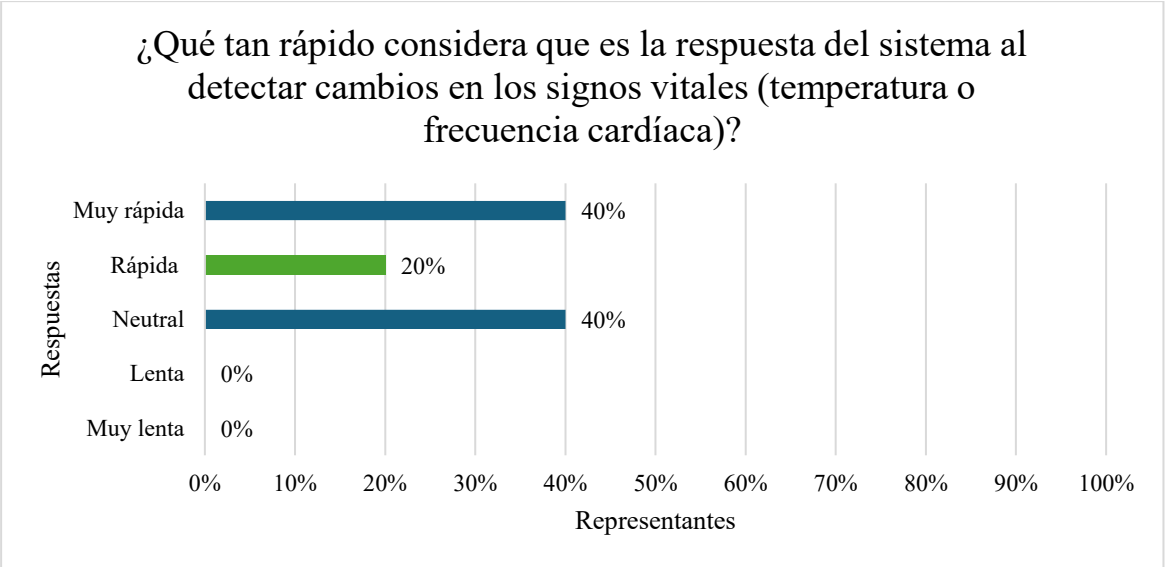
El 40% de los representantes encuestados manifestaron que el peso de la camiseta es “neutral o adecuado”, valorando dicha característica como positiva, en vista que no la categorizan como extremadamente ligera, es decir los encuestados expresaron que la camiseta cuenta con parámetros aceptados para su uso. La respuesta de este grupo de personas puede variar por temas subjetivos como la sensibilidad, comparación con otras prendas y el cuidado del niño.

De las personas encuestadas no se obtuvo respuestas en los extremos negativos de los parámetros de peso excesivo o incomodidad, demostrando así que el uso de la tela 100% Co, gramaje de la tela y diseño de la camiseta fueron elegidos de forma técnica. Demostrando así que el uso de la camiseta no genera molestias en el movimiento del bebé y es confortable.

En conclusión, la percepción del peso de la camiseta es positiva generando un respaldo en su uso, diseño, ergonomía y comodidad, características importantes en la aceptación de productos textiles dirigidos a niños y niñas entre 6 a 24 meses de edad.

Figura 44

Tiempo de lectura en signos vitales



En la **Figura 44** se obtuvo los siguientes resultados un 40% de las personas encuestadas respondió que el sistema al detectar cambios de los signos vitales es “muy rápida” obteniendo un nivel de confianza eficiente del prototipo, es decir, esto permite una reacción inmediata antes posibles alteraciones fisiológicas. Este dato obtenido permite reflejar un desempeño optimo del prototipo en caso de alguna emergencia, al tratarse de niños entre 6 y 24 meses la rapidez de los resultados es importante para garantizar la seguridad de los mismos.

Por otro lado, otro 40% de personas encuestadas calificó el sistema al detectar signos vitales, como “neutral”, esto podría demostrar una aceptación moderada expresando también que el funcionamiento del sistema es óptimo, pero sin importar su rapidez. Este grupo de personas obtuvo una respuesta que no cumplió sus expectativas en comparación con métodos tradicionales.

Finalmente, otro 20% de los encuestados eligió la opción rápida sobre el sistema en detectar cambios de signos vitales y permite obtener una valoración positiva, aunque en menor calificación a la máxima y a su vez refuerza la aceptación del sistema en forma adecuada, pero con una posibilidad de mejora.

Es importante mencionar que en las opciones “lenta” y ”muy lenta” los representantes de los niños encuestados no eligieron ninguna de estas opciones es decir no experimentaron un retraso en respuesta del sistema.

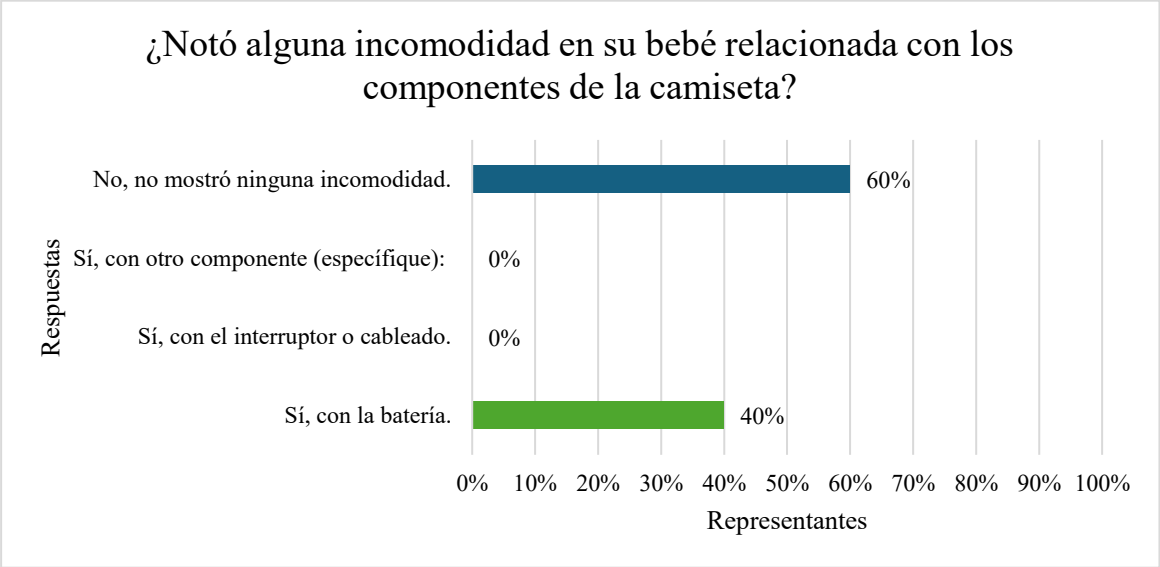
Estos resultados expresan un porcentaje favorable en la funcionalidad del sistema, sin embargo, se debe de considerar la necesidad de evaluar condiciones o características que con lleva una valoración neutral, este grupo de personas son significativos en la encuesta. Es

importante mejorar continuamente el algoritmo de detección, calibración de sensores o la respuesta del software que en un tiempo no muy corto podría lograr el 100% de aceptación con los cambios en estas características.

La mayoría de los encuestados considera que el sistema es eficiente, es decir, tiene una buena aceptación en términos de funcionalidad y es oportuno para la detección de cambios en los signos vitales de niños y niñas de 6 a 24 meses, al existir un grupo de encuestados que eligió la opción neutral propone y a su vez permite reforzar los procesos de validación técnicas y funcionamiento óptimo antes de una producción masiva.

Figura 45

Componentes de la camiseta



Los resultados obtenidos en la **Figura 45** refleja la percepción de los encuestados respecto a la comodidad de sus bebés al utilizar la camiseta principalmente en los componentes tecnológicos complementados el 60% de las personas encuestadas manifestó que “no, mostró ninguna incomodidad” en el bebé, esto refleja una aceptación positiva hacia el diseño, la comodidad y materiales utilizados lo que favoreció al funcionarse con componentes electrónicos en el área textil. Este porcentaje predominante expresa que el prototipo cumple con características mínimas de comodidad, evitando molestias y alergias infantiles, características importantes para la aceptación del producto.

Otro grupo de personas en un 40% manifestó incomodidad “con la batería”, que constituye un factor clave a ser considerado. A pesar de que existió una aceptación mayoritaria del prototipo por el peso, el tamaño, sin embargo, la batería podría estar generando molestias.

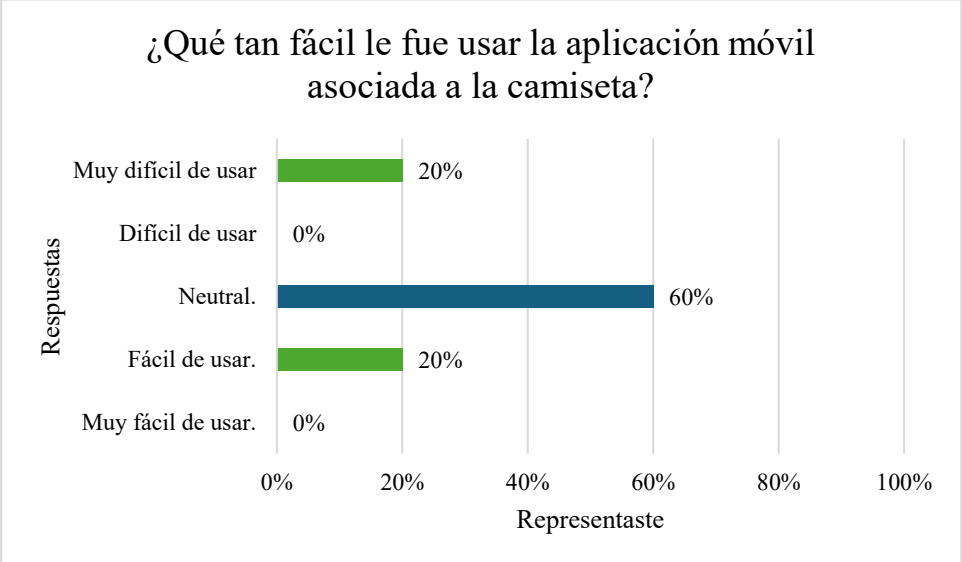
De las personas encuestadas no reportó incomodidad con el cableado, interruptor y componentes, es decir, el diseño del prototipo en general ha sido efectivo, sin embargo, hay que considerar el componente de energía.

Al existir este 40% de disconformidad que tiene dirección directa con la batería, es un factor importante que podría incidir negativamente en la percepción de seguridad y comodidad del prototipo si no se toma los correctivos necesarios a tiempo. Esta característica negativa propone rediseñar el sistema Arduino, siendo una posibilidad cambiar la fuente de energía, permitirá una mejor comodidad para niños y niñas.

En concusión al existir un porcentaje mayoritario positivo de acuerdo con las respuestas de los representantes de los niños al no detectar molestias en el uso del prototipo, puede validar el éxito del mismo porque cumple con sus expectativas, sin embargo, no hay que descartar el otro grupo de personas que si refleja incomodidad con la batería y es una oportunidad para mejorar el prototipo. Se deberá considerar pruebas adicionales con distintas fuentes de energía para el prototipo con el fin de eliminar la inconformidad con el uso de la batería y lograr la satisfacción antes de una producción.

Figura 46

Uso de la aplicación



En la **Figura 46** muestra la apreciación de las personas encuestadas respecto a la facilidad de uso de la aplicación móvil asociada a la camiseta. El 60% de los representantes de los bebés escogió la opción “neutral”, expresando una valoración intermedia, es decir, ni positiva ni negativa. Esta respuesta puede relacionarse con la falta de conocimiento u utilización

de la aplicación móvil o a su vez con la tecnología. Adicionalmente este resultado sugiere una mejora en cuanto el uso y la experiencia de parte del usuario a pesar de que la aplicación es funcional.

En cambio, un 20% manifestó que la aplicación móvil fue “fácil de usar”, lo que demuestra que ciertos encuestados encontraron diseño accesible y comprensible siendo un factor positivo para el prototipo. Otro grupo de personas en un 20% representado expresó que fue “muy difícil de usar” la aplicación móvil lo cual manifiesta una problemática significativa en los aspectos de navegación, instalación, conexión de la camiseta, lectura de datos o resultados.

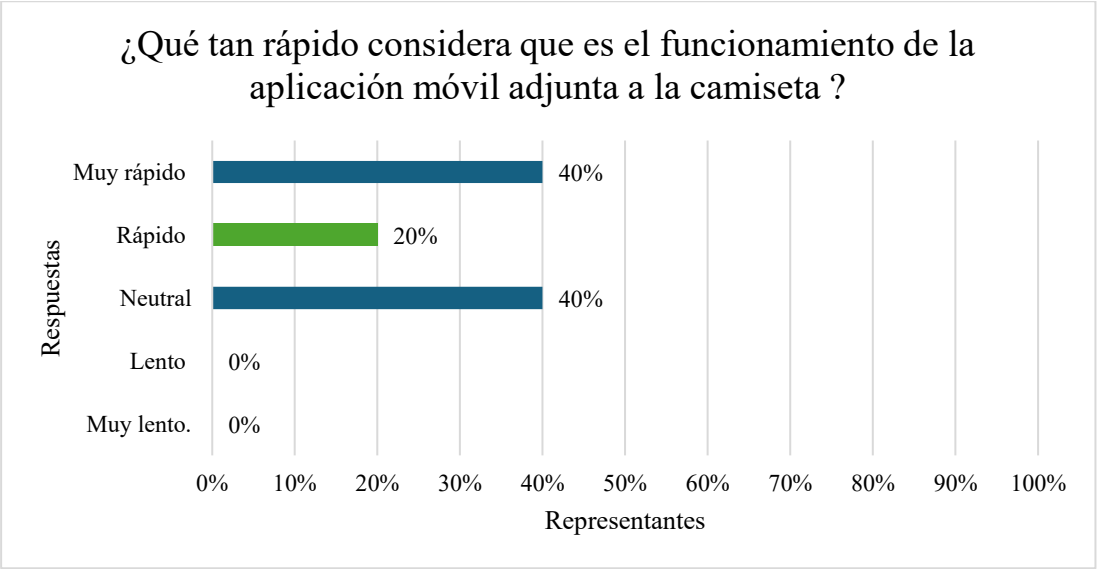
No se evidenciaron en los aspectos de “difícil de usar” o “muy fácil de usar” refleja que la mayoría de las opiniones de los encuestados se distribuyeron en las opciones de neutralidad o polaridad. Estos resultados sugieren que el sistema del prototipo no ha generado expectativas extremas, pero a su vez requiere de ciertos ajustes para incrementar los niveles de aceptación.

Los resultados obtenidos ponen en manifiesto la necesidad de efectuar ciertos cambios y mejoras en ,os resultados gráficos obtenidos, detallar las instrucciones de forma más clara o tener asistencia técnica con el objetivo de favorecer el uso de la aplicación móvil a un grupo más amplio. Al no tener respuestas en las opciones de “muy fácil de usar” permite reconsiderar el diseño de la aplicación y pueda adaptarse la aplicación a otros usuarios que tienen ciertas debilidades con la tecnología.

Finalmente, aunque un porcentaje de los encuestados no tuvo dificultad en usar la aplicación y los resultados generados, al existir un grupo que respondió en neutral y otro porcentaje alta dificultad recomienda mejorar el diseño de la aplicación con el fin de lograr mayor satisfacción en futuros usos del aplicativo.

Figura 47

Evaluación de la aplicación móvil



La **Figura 47** muestra los resultados relacionados con la velocidad obtenidos por la camiseta. El 40% de los encuestados manifestó que el funcionamiento de la aplicación fue muy rápido, otro grupo de personas representado con el 20% expresó como "rápido "el funcionamiento de la aplicación el otro 40% de encuestados calificó con una postura neutral. No se reportaron respuestas en los niveles de satisfacción "lento" y "muy lento".

Los resultados obtenidos en un 60% expresaron que tuvieron una respuesta positiva con respecto a la velocidad de la aplicación móvil, refleja un indicador positivo sobre el diseño del prototipo, es decir, en la obtención de resultados y carga de datos. Está respuesta favorable podría deberse al diseño del prototipo, la conectividad estable entre la camiseta y la aplicación de control de temperatura y un procesamiento de datos ágil.

Adicionalmente al existir la presencia de un 40% de respuestas neutrales expresa que este grupo de usuarios no identifica la velocidad como un factor destacado, podría ser por los factores compatibilidad de la aplicación o expectativas personales en el uso del prototipo. Este resultado de neutralidad en forma general podría ser una oportunidad de mejora con el fin de asegurar una experiencia fluida y aceptada del uso del aplicativo.

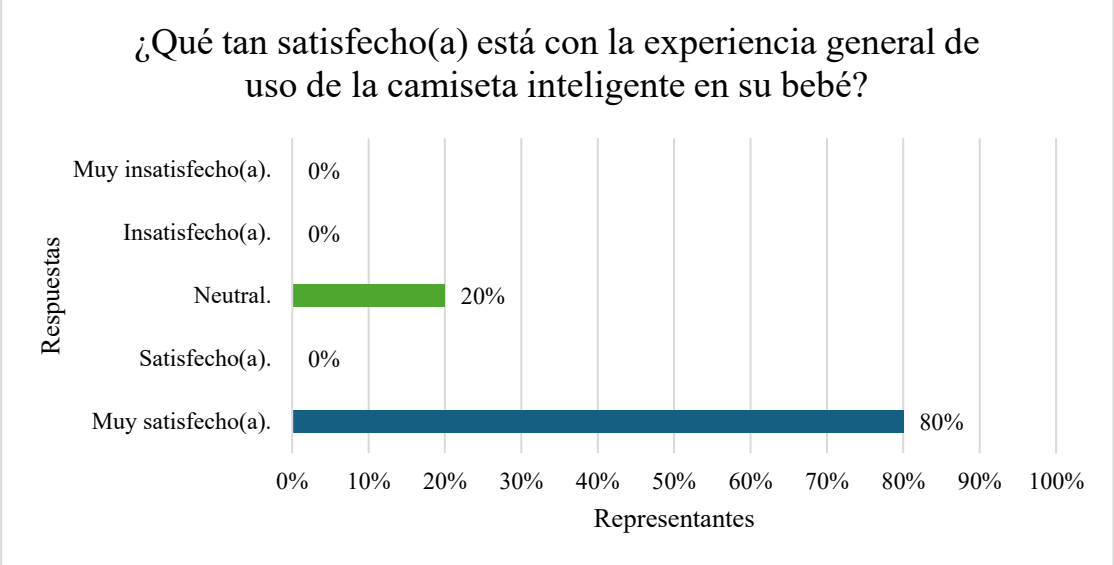
Al no existir valoraciones negativas con respecto funcionamiento de la aplicación móvil adjunta a la camiseta genera una percepción de confiabilidad de la propuesta. Sin embargo, es importante monitorear futuros usos de la aplicación debido a que la velocidad es un factor

primordial en temas de salud y bienestar del bebé, donde los padres o cuidadores de niños esperan respuestas rápidas entre cualquier cambio de la salud.

Finalmente, los resultados obtenidos expresan un factor positivo en el uso de la aplicación móvil siendo el factor tecnológico el detonante de la efectividad, siempre buscando la satisfacción de más usuarios y contemplando mejoras futuras.

Figura 48

Satisfacción del prototipo



La **Figura 48** refleja los niveles de satisfacción general con la experiencia del uso de la camiseta inteligente en los bebés. El 80% de los encuestados respondió estar “muy satisfecho (a)”, y el 20% restante calificó con una postura “neutral”, es importante indicar que no se registraron respuestas en las opciones “satisfecho (a)”, “insatisfecho (a)” y “muy insatisfecho (a)”.

El resultado generado refleja un alto indicador de que el prototipo de la camiseta cumple con los aspectos de funcionalidad, comodidad, calidad y tecnología adaptada para la mayoría de los representantes encuestados, es importante indicar que los aspectos como diseño, peso, facilidad de colocación y desempeño de la aplicación móvil incidieron positivamente para obtener este porcentaje mayoritario logrando una buena expectativa en el uso de la camiseta inteligente.

Al presentarse un 20% de respuestas neutrales no podría deberse a insatisfacción, pero podría considerarse como una respuesta cautelosa por parte de los usuarios, probablemente porque buscaban otras expectativas o por observaciones mínimas que no tiene relación con la

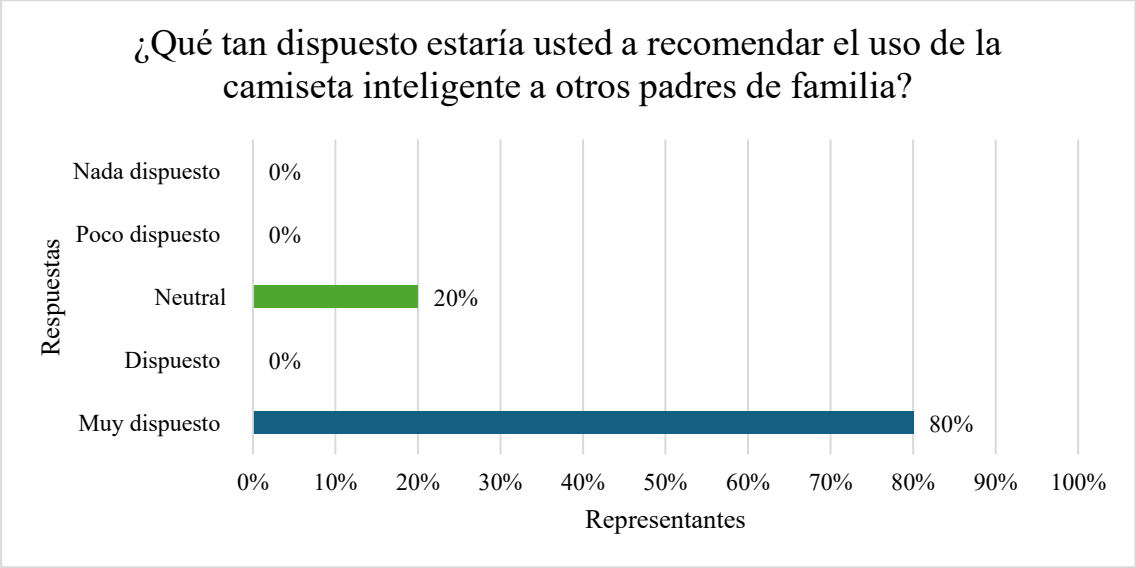
funcionalidad del producto. Esta respuesta neutral permite realizar una retroalimentación con el fin de mejorar detalles en el diseño o incorporar ciertos cambios en el producto.

Al no obtener respuestas negativas demuestra ausencia al rechazo o inconveniente en el uso del prototipo. Los resultados obtenidos sugieren una alta probabilidad de aceptación manteniendo los niveles de calidad en una futura comercialización.

En conclusión, los datos obtenidos reflejan una experiencia de uso altamente satisfactoria para la mayoría de los encuestados, se interrelaciona con la tecnología y el uso en el cuidado de los bebés con este producto. Se debería seguir construyendo una propuesta sólida con el fin de disminuir a los usuarios que tienen una respuesta neutral en el uso del prototipo.

Figura 49

Disposición a recomendar la camiseta



La **Figura 49** presenta el nivel de disposición de los representantes para recomendar el uso de la camiseta inteligente a otros padres de familia. El 80% de los representantes respondió estar “muy dispuesto”, mientras que el 20% calificó de forma “neutral”. No se registraron respuestas en las opciones “dispuesto”, “poco dispuesto” ni “nada dispuesto”.

Los resultados obtenidos en recomendar el uso de la camiseta inteligente a otros padres tuvieron una aceptación positiva del producto, esta estrategia de marketing de recomendación de usuario a usuario es fuertes y generan confianza entre ellos. El porcentaje obtenido refleja que el producto cumple con aspectos de calidad, diseño, tecnología, y a la vez una percepción favorable que motiva a otros usuarios a compartir las experiencias con otras personas, un factor importante para el posicionamiento del producto en el mercado.

El otro 20% de respuestas neutrales puede deberse a factores externos, la falta de experiencia en el uso del prototipo, falta de conocimiento en el desempeño del prototipo, con lleva a no recomendar dicho producto. No obstante, la inexistencia de respuestas negativas refleja que no existe rechazo en el uso del prototipo, lo que puede ser utilizado como una estrategia al futuro de marketing para la expansión del mismo.

En conclusión, los datos obtenidos muestran un nivel de recomendación altamente favorable, manifiesta una experiencia positiva y una ventaja competitiva basada en el marketing WOMM (marketing boca a boca). El prototipo al ser recomendado de usuario a usuario es una estrategia sólida ante posible inversionista o posibles emprendedores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La realización del estudio de indumentaria inteligente para la monitorización de bebé se desarrolló con la ayuda de fuentes bibliográficas especializadas en el uso de textiles tecnológicos, diseños electrónicos aplicados para la salud infantil, lo que permite sustentar el trabajo de forma teórica y práctica identificando los sensores como el pulso cardiaco, sensor de temperatura DHT22 adecuados para realizar la integración en prendas textiles, por esta razón se destaca la innovación aplicada en este campo de investigación, lo cual permitió el desarrollo de un prototipo funcional y adaptando las necesidades de monitoreo.
- El prototipo textil que se realizó con la tecnología presentando un confort y suavidad del tejido fue creado para supervisar los signos vitales del bebé, fue ideado como una solución innovadora ante las inquietudes de los padres sobre el estado de salud de sus hijos, especialmente en situaciones de incertidumbre o cuando el bebé podría estar enfermo. Su diseño se fundamentó en una investigación detallada sobre las medidas del bebé, así como en la selección del textil más adecuado tejido jersey Orlando Ab 100% algodón por sus propiedades de suavidad, hipoalergénicas y traspiración para evitar cualquier incomodidad, enfocándose en los parámetros más relevantes a evaluar.
- Se eligió el sensor de pulso cardíaco como el componente principal para medir la frecuencia cardiaca, debido a su compatibilidad con Arduino y su integración efectiva con el módulo Bluetooth HC-06, lo que facilitó la transmisión de datos en tiempo real. Permitiendo la integración con los sensores teniendo una monitorización continua para el bebé.
- El desarrollo del prototipo se realizó en dos fases principales: la confección de la ropa para bebé y la integración del sistema electrónico. El diseño del bebé se desarrolló utilizando el programa Audaces 360 para posteriormente realizar la unión de cada una de las piezas para el tejido. Sin embargo, para la elaboración del sistema electrónico fue necesario realizar la configuración del módulo bluetooth verificando su correcta comunicación con otros dispositivos, así como establecer la conexión utilizando el hilo conductor garantizando la relación del prototipo. Este proceso terminó con el App Inventor en el desarrollo del sistema Android se destacó como una solución práctica e intuitiva para crear

aplicaciones funcionales, favoreciendo una mejor conexión entre los aspectos textiles y la programación.

- Los datos recolectados del manejo de los sensores dieron como resultado la confiabilidad de la camiseta inteligente para bebés. Las respuestas fisiológicas de la temperatura de los bebés se implementaron en la prueba F de Welch, adquiriendo un valor F= 25.47 con un p= 0.0009846 este resultado adquirido indica diferencias significativas en los grupos. No obstante, la falta de variación en el sujeto 104, el resto de los datos mostró un comportamiento constante mientras que el ANOVA reflejó un F= 31.74 con un p= 5.715×10^{-7}, confirmando diferencias significativas entre los grupos. Estos datos encontrados validan la efectividad del sistema su capacidad para detectar las condiciones fisiológicas en tiempos reales.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda complementar la información obtenida en el tema diseño de indumentaria inteligente para la monitorización de bebés con fuentes bibliográficas recientes sobre el uso de textiles inteligentes, dando prioridad a investigaciones de sensores, integración textil y como utilizar la conexión inalámbrica, esto permitiría mejorar la eficiencia de futuras versiones de este prototipo. Por lo tanto, se sugiere socializar el prototipo a nivel de los centros de salud púbico y privado, con el fin de dar a conocer los beneficios técnicos y prácticos en el monitoreo de niños entre 1 día de nacido y 24 meses.
- Se recomienda sustituir el sensor de frecuencia cardíaca por uno que se ha de mayor precisión lo cual mejorará la fiabilidad de la lectura de pulsaciones por minuto. Asimismo, se aconseja remplazar la batería utilizada por una de menor peso y mejor conexión con el Arduino Leonardo para no producir incomodidades al bebé durante el uso del prototipo. También es recomendable aplicar técnicas de costura más precisas y componentes electrónicos a fin de minimizar el riesgo de cortocircuitos para garantizar la comodidad, funcionalidad y seguridad del sistema.
- Se recomienda el uso de herramientas actuales de análisis de datos que permitan una interpretación más profunda y visual de la información recolectada. Esto contribuirá a la toma de decisiones sobre el diseño, funcionamiento y validación del sistema con la implementación de del sensor del pulso cardíaco en conjunto

con la aplicación móvil desarrollada en App Inventor permitirá que tanto los pediatras como los padres accedan fácilmente a los resultados, optimizando la toma de decisiones clínicas.

Referencias bibliográficas

Aguilar Lliguisupa, A. Nicolás. (2019). *Estudio del proceso productivo de los seis productos principales de ropa interior de caballero y la incidencia en la productividad de la empresa textiles pasteur de la ciudad de Ambato.*

Ahmadizadeh, C. y Galli, V. y Luder, V. y Menon, C. (2017). Inductive Textile Sensing for Movement Monitoring. *IEEE Sensors Letters*, *2(3)*, 1–4. https://doi.org/10.1109/LSENS.2023.3307088

Araya, M. (2015). Sensores De Temperatura: Sensores De Temperatura. *2015*, 4–5. http://snsoresdetemperatura.blogspot.com/2009/05/sensores-de-temperatura.html

Arduino LLC. (2008). Arduino micro-controller. *Technological Device*, *December*. https://www.arduino.cc/

Arduino.cc. (2024). *LilyPad Arduino Overview*. *14*, 7–8.

Audaces 360. (2023). *Molderia Digital - CAD AUDACES 360 ¿Qué es?* https://travellingpatterns.com.ar/blog/molderia-digital-cad-audaces-360-que-es/

Aviles-Espinosa, R. y Rendon-Morales, E. y Luo, Z. y Dore, H. y Anton, O. y Rabe, H. y Prance, R. J. (2019, May 3). Neo-SENSE: A non-invasive smart sensing mattress for cardiac monitoring of babies. *SAS 2019 - 2019 IEEE Sensors Applications Symposium, Conference Proceedings*. https://doi.org/10.1109/SAS.2019.8705971

Boards, D. y Boards, A. (2020). *LilyPad Arduino 328 Main Board (Clone) Product Variations :* 1–5. https://electropeak.com/lilypad-arduino-328-main-board

Bolaños, D. (2018). *Sensor de pulso cardiaco*. 1–7. https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/TeoriaSensorPulsos.pdf

Bouwstra, S. y Chen, W. y Oetomo, S. B. y Feijs, L. M. G. y Cluitmans, P. J. M. (2011). Designing for reliable textile neonatal ECG monitoring using multi-sensor recordings. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 2488–2491. https://doi.org/10.1109/IEMBS.2011.6090690

Cachimuel, E. (2018). *"Diseño y elaboración de una prenda textil inteligente para la trasmisión de biodatos utilizando un tejido conductor."*

Carmona, R. y Neto, J. A. y Ascúa, R. (2020). *Industria 4.0 en empresas manufactureras del Brasil*. www.cepal.org/apps

Carrera, P. y López, J. (2023). *Diseño esbelto de un folder de tipo sobre cinta con pie de sujeción para una máquina tiradora recta plana textil industrial mediante aplicación de software cad-cae.*

Cay, G. y Solanki, D. y Ravichandran, V. y Hoffman, L. y Laptook, A. y Padbury, J. y Salisbury, A. L. y Mankodiya, K. (2021). Baby-Guard: An IoT-based Neonatal Monitoring System Integrated with Smart Textiles. *Proceedings - 2021 IEEE International Conference on Smart Computing, SMARTCOMP 2021*, 129–136. https://doi.org/10.1109/SMARTCOMP52413.2021.00038

Cay, G. y Solanki, D. y Rumon, M. A. Al y Ravichandran, V. y Hoffman, L. y Laptook, A. y Padbury, J. y Salisbury, A. L. y Mankodiya, K. (2022). NeoWear: An IoT-connected e-textile wearable for neonatal medical monitoring. *Pervasive and Mobile Computing*, *86*. https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2022.101679

Cetina, J. (2022). *Sensores de temperatura: Cómo elegir entre termopares, RTD y termistores*. 1–15.

Chen, F. y Haibo, S. (2024). Scopus - Document details - Directly processing natural cotton into eco-friendly, highly thermal-insulating textiles via hierarchically self-locking structures _ Signed in. *SAGE Publications Ltd*. https://doi.org/10.1177/00405175241247338

Chen, M. y Ma, Y. y Song, J. y Lai, C. F. y Hu, B. (2016). Smart Clothing: Connecting Human with Clouds and Big Data for Sustainable Health Monitoring. *Mobile Networks and Applications*, *21*(5), 825–845. https://doi.org/10.1007/s11036-016-0745-1

Chen, W. y Oetomo, S. B. y Feijs, L. y Bouwstra, S. y Ayoola, I. y Dols, S. (2010). Design of an Integrated Sensor Platform for Vital Sign Monitoring of Newborn Infants at Neonatal Intensive Care Units. In *Journal of Healthcare Engineering* · (Vol. 1, Issue ·).

Cía, J. F. (2015). Tejidos inteligentes: Lilypad Arduino, el corazón de la ropa que 'piensa.' *BBVA API_Market*, 1–11. https://bbvaopen4u.com/es/actualidad/tejidos-inteligentes-lilypad-arduino-el-corazon-de-la-ropa-que-piensa

Codigo, M. (2021). *El Sensor de Temperatura LM35 | PCexpertos*. 1–9.

Coronel, D. (2023). *Escuela de diseño textil y moda diseño de indumentaria infantil para skaters de 5 a 12 años de edad trabajo de graduación previo a la obtención del título de: diseñadora de textil y moda autora.*

Cotarelo y Mori, E. (2019). Capitulo Vii. *Ensayo Sobre La Vida y Obras de Don Pedro Calderón de La Barca.*, 199–232. https://doi.org/10.31819/9783865279224-009

De Jonckneere, J. y Jeanne, M. y Griller, A. y Weber, S. y Chaud, P. y Logier, R. y Weber, J. L. (2007). OFSETH: Optical fibre embedded into technical textile for healthcare, an efficient way to monitor patient under magnetic resonance imaging. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology - Proceedings*, 3950–3953. https://doi.org/10.1109/IEMBS.2007.4353198

DynamoElectronics Baterías Lipo. (2019). *Baterias LIPO*.

Escuela de Superior de Diseño y Moda S.L. (2011). *Tecnología del Patronaje Industrial Infantil Método Feli - (Barcelona 2011)*. 212.

Estela Rojas, B. C. (2024). *Universidad nacional Pedro Ruiz Gallo Facultad de Ciencias histórico sociales y educación unidad de posgrado programa de estudios de segunda especialidad trabajo académico obtener el título de segunda especialidad profesional, mención educación para el trabajo: Industria del vestido.* https://hdl.handle.net/20.500.12893/12853

Facultad de Medicina y Nutrición UJED. (2016). *Toma de signos vitales*.

Famatex. (2023). *Famatex _ Overlock Jack E4S*. https://famatex.pe/maquina-overlock-jack-e4s.php

Farias, G. (2017). *Fibras textiles naturales | Producción Textil responsable*. 1–11. https://gabrielfariasiribarren.com/fibras-textiles-naturales/

Fernández Martínez, R. y Ordieres Meré, J. B. y de Pisón Ascacíbar, F. J. y González Marcos, A. y Alba Elías, F. y Lostado Lorza, R. (2009). *Redes inalámbricas de sensores: teoría y aplicación práctica*.

Fraden, J. y Norton, H. N. y Middelhoek, S. y Audet, S. A. y Sensors, S. (2002). 2. Sensores 1. *Sensores*, *IV*, 33 Pag. https://www.ele.uva.es/~lourdes/docencia/Master_IE/Sensores.pdf

French consortium develops monitoring T-shirt. (2004). *Medical Textiles*, *JANUARY*, 9–10.

Garzón, A. (2016). *"Diseño de indumentaria de trabajo masculino mediante el uso de textiles inteligentes para construcción cívil."* 1–218.

Getu Temesgen, A. y Fırat, T. O. (2022). Conductive Fabrics and their Application in Technical Textiles via Arduino Uno Microcontroller. *Abyssinia Journal of Engineering and Computing Abyss. J. Engg & Comput*, *2*(2), 51–59.

Hatamie, A. y Angizi, S. y Kumar, S. y Pandey, C. M. y Simchi, A. y Willander, M. y Malhotra, B. D. (2020). Review—Textile Based Chemical and Physical Sensors for Healthcare Monitoring. *Journal of The Electrochemical Society*, *167*(3), 037546. https://doi.org/10.1149/1945-7111/ab6827

Hernández, L. (2019). *Escoger el mejor sensor de temperatura para Arduino.* 1–10. http://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/SensoresTemArdui.pdf

Herrero, J. y Sánchez, J. (2015). *Una mirada al mundo Arduino*. *Volumen XIII*, 4–28. http://www.uax.es/publicacion/una-mirada-al-mundo-arduino.pdf

Hidalgo, W. (2015). *Diseño e implementación de un sistema de adquisición de señales biométricas mediante mensajes sms*. 130. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3790/1/98T00060.pdf

Inducon. (2024). *Máquina Recta*. https://www.inducon.com.ec/producto/jt-0303d/

Indutexma. (2019). *Basic Pro Jersey Orlando Ab*.

Islam, G. M. N. y Ali, A. y Collie, S. (2020a). Textile sensors for wearable applications: a comprehensive review. *Cellulose*, *27*(11), 6103–6131. https://doi.org/10.1007/s10570-020-03215-5

Islam, G. M. N. y Ali, A. y Collie, S. (2020b). Textile sensors for wearable applications: a comprehensive review. *Cellulose*, *27*(11), 6103–6131. https://doi.org/10.1007/s10570-020-03215-5

Iverson, B. L. y Dervan, P. B. (2016). *La placa LilyPad de Arduino ha sido diseñada específicamente para su integración en ropa y textiles electrónicos. Esta placa, que puede ser cosida directamente en la tela, permite el montaje de baterías, sensores y dispositivos de interacción mediante hil*. 7823–7830.

Jakubas, A. y Łada-Tondyra, E. (2018a). A study on application of the ribbing stitch as sensor of respiratory rhythm in smart clothing designed for infants. *Journal of the Textile Institute*, *109*(9), 1208–1216. https://doi.org/10.1080/00405000.2017.1422308

Jakubas, A. y Łada-Tondyra, E. (2018b). A study on application of the ribbing stitch as sensor of respiratory rhythm in smart clothing designed for infants. *Journal of the Textile Institute*, *109*(9), 1208–1216. https://doi.org/10.1080/00405000.2017.1422308

Jalloul, C. (2014). Cómo funciona un termopar. *Blog de Instrumentación WIKA*, 1. https://www.bloginstrumentacion.com/productos/temperatura/cmo-funciona-termopar/

Jiang, S. y Stange, O. y Bätcke, F. O. y Sultanova, S. y Sabantina, L. (2021). Applications of Smart Clothing – a Brief Overview. *Communications in Development and Assembling of Textile Products*, *2*(2), 123–140. https://doi.org/10.25367/cdatp.2021.2.p123-140

Joselyne, T. y Rubio, S. (2020). *Implementación de chaleco inteligente para la prevención de accidentes viales de ciclistas*.

Lei, S. y Xiangfang, R. y Jianbin, W. y Han, C. y Jianyong, O. (2022). Study on body area network of smart clothing for physiological monitoring. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, *18*(2). https://doi.org/10.1177/15501477211061251

Leyton, W. y López, C. (2020). Manual-de-signos-vitales-en-la-poblacion-pediatrica. *Universidad de Los Lagos*, 11–52. https://editorial.ulagos.cl/wp-content/uploads/2021/04/Manual-de-signos-vitales-en-la-poblacion-pediatrica.pdf

Lima Lema, : Tamia Carolina. (2018). Elaboración de un tejido conductor para la fabricación de un textil inteligente. *New England Journal of Medicine*, *372*(2), 2499–2508. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7556065%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC394507%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.humpath.2017.05.005%0Ahttps://doi.org/10.1007/s00401-018-1825-z%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27157931

Löfhede, J. y Seoane, F. y Thordstein, M. (2012). Textile electrodes for EEG recording - a pilot study. *Sensors (Switzerland)*, *12*(12), 16907–16919. https://doi.org/10.3390/s121216907

Máquinas Ecuador. (2023). *Máquina Recubridora Multifunción Jontex*. https://maquinasecuador.com/wp-con

Martínez, I. y Reyes, D. y Rosero, F. (2011). La Constituyente. *Alteridad*, *2*(2), 74. https://doi.org/10.17163/alt.v2n2.2007.04

Mccoll, P. y Cohen, K. y Soto - Aguilar, F. y Caro, A. (2013). *Comparación de valores de temperatura obtenidos con termómetro ótico digital y con termómetros axilar y rectal de mercurio en menores de 5 años*.

Megatronica. (2024). *SKU: KP964 Categoría: Módulos y sensores etiquetas: ARDUINO, arduino, módulos y sensores*. https://megatronica.cc/producto/modulo-bluiethoot-hc-06/

Memon, S. F. y Memon, M. y Bhatti, S. (2020). Wearable technology for infant health monitoring: A survey. *IET Circuits, Devices and Systems*, *14*(2), 115–129. https://doi.org/10.1049/iet-cds.2018.5447

Morales, J. R. y Pedro, P. y Pérez, A. (1998). *Mx9800004 Pruebas De Homogeneidad De Variancias Y Prueba De Medias Bajo Condiciones De Heterogeneidad En Anovas De Una Sola Via*. 15. https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/601130

Mucientes, D. (2021). Implementación de un entorno de comunicación Bluetooth basado en el módulo HC-06. *Escuela de Ingenierías Industriales*, 1.

Murillo, J. y Atenea, A. y García, L. y León, I. y García, E. y Gil, B. y Lea, R. (2023). *Métodos de investigación de enfoque experimental Asignatura: Métodos de investigación en Curso: 3º Educación Especial*.

Naylamp Mechatronics. (2023). *Sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht22-am2302*.

Novillo Vicuña, J. y Hernández Rojas, D. y Mazón Olivo, B. y Molina Ríos, J. y Cárdenas Villavicencio, O. (2019). *Arduino y el internet de las cosas*.

Parkova, I. y Valishevskis, A. y Ziemele, I. y Vilumsone, A. (2011). Integración de fibras ópticas en productos textiles. *Investigación de Materiales Avanzados*, *222*, 2010. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.222.162

Pasos, P. (2018). *Circuitos Textiles*.

Pirotte, F. y Depre, A. y Shishoo, R. y De Jonckheere, J. y Grillet, A. (2010). Smart Textiles Embedded with Optical Fibre Sensors for Health Monitoring of Patients. In *Medical and Healthcare Textiles* (pp. 463–471). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1533/9780857090348.463

Pla, J. (2017). *Caracterización de sensores integrados en prendas textiles deportivas para la práctica del triatlón*. 1–119. https://riunet.upv.es:443/handle/10251/76948

Prat-Bau, N. y Boixadós-Porquet, A. y Mesquida-González, J. M. y Palacin-Bartoli, C. (2012). Proyecto de Innovación docente: "Hilos conductores: transversalidad docente y pensamiento analítico en trabajo social." *Portularia*, *12*(Addenda), 159–168. https://doi.org/10.5218/prts.2012.0017

Ruiz, L. J. (2022). *Investigación Costos*. https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Investigación-experimental.pdf

Salazar, C. (2020). *Aplicación de los textiles inteligentes en el ámbito de la Conservación y Restauración*. https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/106492/WAOTFG_281.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Senati, C. (2023). *funciones más asombrosas que tienen las prendas del futuro*. 1–11.

Sesuconsa. (2024). *Tela de Neopreno*. https://www.tienda.sesuconsa.com/products/ses2107261801

Simini, F. (1980). *Métodos de medida de la variabilidad de la frecuencia cardíaca fetal y neonatal 3 Revisión bibliográfica y comparación de características perspectivas y unificación Ing. Franco Simini Centro Latinoamericano de Perinatologia y desarrollo humano (CLAP) casilla de correo 627, Montevideo , Uruguay.*

Sofronova, D. (2020). Application and technologies for textile sensors production used in pressure distribution measurement-a critical review. *E3S Web of Conferences*, *207*. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020703001

Sparkfun. (2019). LilyPad Temperature Sensor. *Sparkfun.Com*, 1–8. https://www.sparkfun.com/products/8777

Starešinič, M. y Javoršek, A. y Javoršek, D. (2014). Textiles Using Electronic Applications. In *Textiles: History, Properties and Performance and Applications* (pp. 447–464). Nova Science Publishers, Inc.

Stavrakis, A. K. y Simić, M. y Stojanović, G. M. (2021). Electrical characterization of conductive threads for textile electronics. *Electronics (Switzerland)*, *10*(8). https://doi.org/10.3390/electronics10080967

Stern, B. (2013). *Conductive Thread*. 1–19.

Swaminathan, A. y Khan, M. B. (2010). *Electrical Characterization of a Textile Sensor for Moisture Detection*. 35. http://bada.hb.se/handle/2320/9124

Theodoridis, T. y Kraemer, J. (2009). *Smart clothes and wearable technology*.

Theodoridis, T. y Kraemer, J. (2019). *Termosensores*.

Trujillo Meza, B. R. (2021). Implementación de la metodología 5s para mejorar la productividad en el taller de confección de una empresa de Lima. In *Universidad San Ignacio de Loyola*.

Tseghai, G. B. y Malengier, B. y Fante, K. A. y Nigusse, A. B. y Van Langenhove, L. (2020). Integration of conductive materials with textile structures, an overview. In *Sensors (Switzerland)* (Vol. 20, Issue 23, pp. 1–28). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/s20236910

Ultralaboratorio Tecnologías creativas. (2020). *Tabla Comparativa De Test*. 1–9.

Universidad Técnica del Norte. (2021). Capitulo Iii Las Fibras Textiles. *Guía Didáctica Virtual Para Los Procesos de Hilatura Fibras Largas.*, 49–72.

Vanegas, J. (2014). 3. Sensores y Transductores. 3.1. Sensores y Transductores. Un. *Universidad de Tarapacá*, 34. http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm_Ch03_mfuentesm.pdf

Vida, D. (2018). *Tipos de investigación*. 1–23. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74173-4_1

Villchis, A. (2020). *descarga*.

Virginia Anikwe, C. y Friday Nweke, H. y Chukwu Ikegwu, A. y Adolphus Egwuonwu, C. y Uchenna Onu, F. y Rita Alo, U. y Wah Teh, Y. (2022). Mobile and wearable sensors for data-driven health monitoring system: State-of-the-art and future prospect. In *Expert Systems with Applications* (Vol. 202). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117362

Wilgocka, K. y Krucińska, I. y Skrzetuska, E. y Sujka, W. (2023). Investigations of Three-Layer Systems Intended for Protective Clothing for Prematurely Born Babies. *Advanced Materials Technologies*, *8*(19), 2300457. https://doi.org/10.1002/admt.202300457

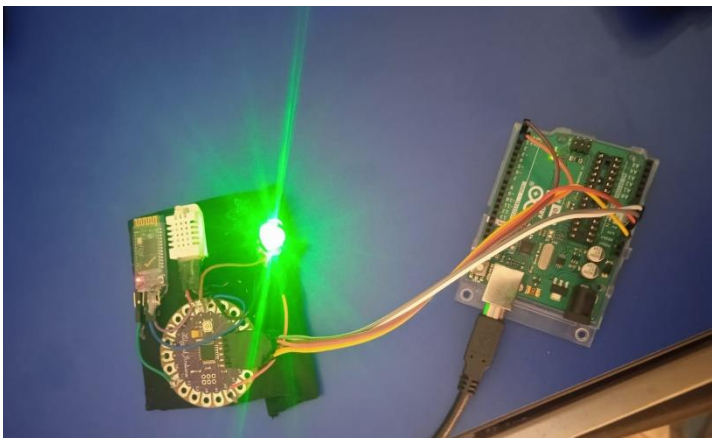
Wilgocka, K. y Skrzetuska, E. y Krucińska, I. y Sujka, W. (2023). Textronic Solutions Used for Premature Babies: A Review. *Autex Research Journal*, *23*(1), 18–28. https://doi.org/10.2478/aut-2021-0034

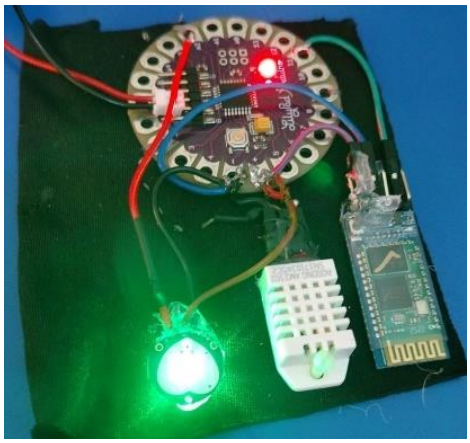
Yapici, M. K. y Alkhidir, T. E. (2017). Intelligent medical garments with graphene-functionalized smart-cloth ECG sensors. *Sensors (Switzerland)*, *17*(4), 875. https://doi.org/10.3390/s17040875

Yi, K. H. y Song, H. (2020). Development and usability test of baby vest prototypes with a body temperature sensing function. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, *44*(3), 427–440. https://doi.org/10.5850/JKSCT.2020.44.3.427

ANEXOS

Anexo 1
Prueba base y diseño del prototipo



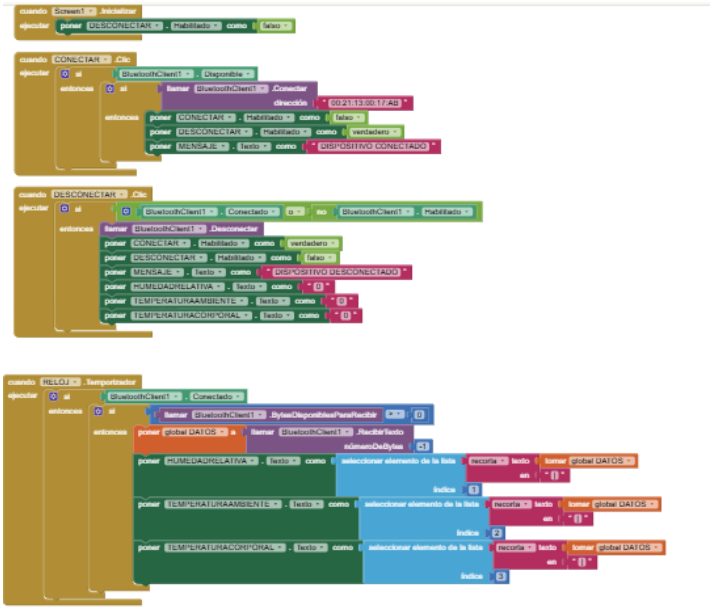


Anexo 2

Realización de los moldes para la camiseta

Anexo 3

Inicio de la aplicación



Anexo 4
Prototipo final

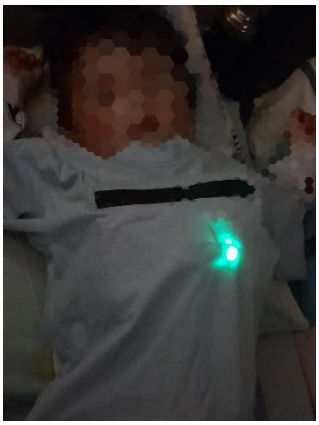
Pruebas realizadas dentro de la aplicación

Anexo 5
Resultados obtenidos de la aplicación

Sujeto 1

Sujeto 2

Sujeto 3

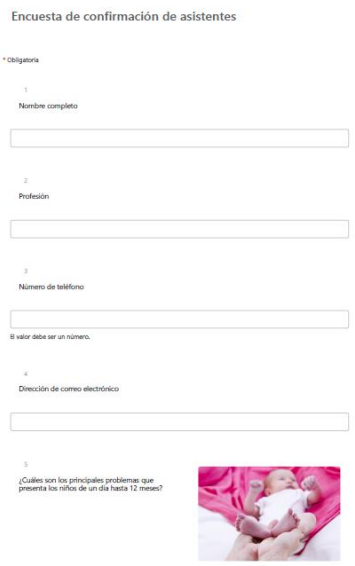


Sujeto 4

Sujeto 5

Anexo 6

Encuesta realizada a médicos pediatras


Encuesta de confirmación de asistentes

* Obligatoria

1 Nombre completo

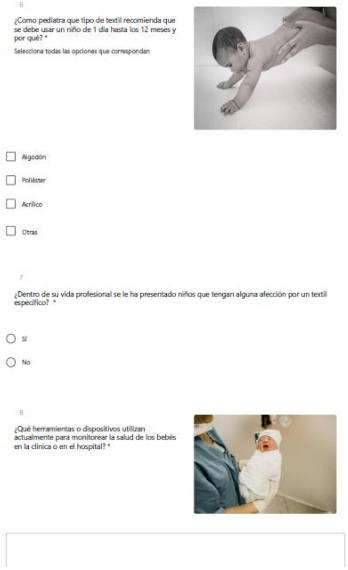
2 Profesión

3 Número de teléfono

El valor debe ser un número.

4 Dirección de correo electrónico

5 ¿Cuáles son los principales problemas que presenta los niños de un día hasta 12 meses?


6 ¿Como pediatra que tipo de textil recomienda que se debe usar un niño de 1 día hasta los 12 meses y por qué? *

Selecciona todas las opciones que correspondan

Algodón

Poliéster

Acrílico

Otras

7 ¿Dentro de su vida profesional se le ha presentado niños que tengan alguna afección por un textil específico? *

Si

No

8 ¿Qué herramientas o dispositivos utilizan actualmente para monitorear la salud de los bebés en la clínica o en el hospital? *

9 ¿Qué tipo de alergias presenta los recién nacidos a no usar prendas de algodón? *

10 ¿Usted cree que el implementar un prototipo con sensores para medir la temperatura y el pulso cardiaco ayudaría a los niños recién nacidos?

Si

No

11 ¿Cómo cree que los textiles inteligentes podrían integrarse en un enfoque más amplio para el cuidado infantil?

12 ¿Usted conoce alguna herramienta que se utilicen sensores para medir la temperatura y frecuencia cardiaca de un niño recién nacido de la industria textil?

Si

No

Otra

Anexo 7

Encuesta a padres de familia

Encuesta para Padres de Familia

1. Nombre del padre/ madre

2. Número de cédula

3. Número de teléfono

4. Correo electrónico

5. ¿Durante el uso del prototipo, ¿cómo considera usted el ajuste al cuerpo de su bebé, en términos de comodidad y funcionalidad?

Muy insatisfecho

Insatisfecho

6. ¿Está satisfecho(a) con el diseño general de la camiseta, incluyendo su color y material?

Totalmente satisfecho

Muy satisfecho

Moderadamente satisfecho

Poco satisfecho

Nada satisfecho

7. ¿Qué tan fácil le resultó colocarle y retirarle la camiseta a su bebé?

Muy difícil

Difícil

Neutral

Fácil

Muy fácil

8. ¿Cómo considera usted el peso de la camiseta mientras su bebé la usa?

Muy pesada e incómoda

Algo pesada

12. ¿Qué tan rápido considera que es el funcionamiento de la aplicación móvil adjunta a la camiseta?

Muy lento

Lento

Neutral

Rápido

Muy rápido

13. ¿Qué tan satisfecho(a) está con la experiencia general de uso de la camiseta inteligente en su bebé?

Muy satisfecho(a)

Satisfecho(a)

Neutral

Insatisfecho(a)

Muy insatisfecho(a)

14. ¿Qué tan dispuesto estaría usted a recomendar el uso de la camiseta inteligente a otros padres de familia?

Muy dispuesto

Dispuesto

Neutral

Poco dispuesto

Nada dispuesto

Enviar