



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**

**"DESARROLLO DE CAMISETA INTELIGENTE PARA MONITOREO DE
HUMEDAD Y TEMPERATURA CORPORAL PARA PERSONAS QUE REALIZAN
ACTIVIDAD FÍSICA"**

AUTOR: Santillán Picuasi Huayta Liseth

DIRECTOR: MSc. Lara Castro Lenin Omar

IBARRA-ECUADOR

2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte, dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de tener textos completos en formato digital para apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004498596		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Santillán Picuasi Huayta Liseth		
DIRECCIÓN:	Carabuela		
EMAIL:	hlsantillanp@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2946-156	TELF. MÓVIL	0994755341

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"Desarrollo de camiseta inteligente para monitoreo de humedad y temperatura corporal para personas que realizan actividad física"
AUTOR(ES):	Santillán Picuasi Huayta Liseth
FECHA:	20 de enero de 2025
CARRERA/PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Textil
DIRECTOR:	MSc. Lara Castro Lenin Omar

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **Santillán Picuasi Huayta Liseth**, con cédula de identidad Nro. **100449859-6**, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 20 días del mes de enero de 2025

EL AUTOR:

Firma: 

Nombre: Santillán Picuasi Huayta Liseth

CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 20 días del mes de enero de 2025

EL AUTOR:



Firma:.....

Nombre: Santillán Picuasi Huayta Liseth

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, a los 20 días del mes de enero de 2025

MSc. Lara Castro Lenin Omar

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 pertinente.

(f).....

MSc. Lara Castro Lenin Omar

C.C:1002748125

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular **“DESARROLLO DE CAMISETA INTELIGENTE PARA MONITOREO DE HUMEDAD Y TEMPERATURA CORPORAL PARA PERSONAS QUE REALIZAN ACTIVIDAD FÍSICA”** elaborado por Santillán Picuasi Huayta Liseth, previo a la obtención del título del Ingeniera Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f).....

MSc. Lara Castro Lenin Omar

C.C:1002748125

(f).....

MSc. Naranjo Toro Marco Francisco

C.C: 170687046

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios por ser una guía constante e inquebrantable en este camino de estudios, por ser mi fortaleza y mi refugio en momentos de debilidad y mi inspiración en la búsqueda del conocimiento.

A mis padres y hermanas quienes han sido mi motor y fuente de inspiración para seguir adelante con su inmenso amor y apoyo incondicional a lo largo de este viaje académico y por ser un impulso que me ha permitido llegar hasta la consecución de mis metas.

A mis perritas Luna, Peluche y a mi gatita Sakura: quienes me han acompañado en mis noches de desvelo y especialmente a mi perrito Toby, que a pesar de haber partido siempre estuvo a mi lado cuando más lo necesitaba.

Santillán Picuasi Huayta Liseth

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte y Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios y convertirme en una profesional.

Santillán Picuasi Huayta Liseth

RESUMEN

Los avances recientes de textiles inteligentes han facilitado el desarrollo de herramientas de seguimiento de bajo costo utilizadas para fines preventivos de salud. Este estudio se enfoca en el desarrollo de un prototipo de camiseta inteligente para la monitorización de la humedad y temperatura corporal de los sujetos durante la actividad física. El sistema propuesto está compuesto por un microcontrolador Arduino LilyPad, sensores específicos como el Mlx90614 para la temperatura y el DHT11 para humedad y un módulo bluetooth HC-05 para la recolección y transmisión de datos en tiempo real. La metodología utilizada en la investigación combina el enfoque experimental y descriptivo; se implementó hilos conductores de acero inoxidable para la conexión de los componentes y la alimentación y el funcionamiento se realizó mediante la batería de litio. El resultado obtenido demostró que los datos de las variables pueden visualizarse al sujeto con la aplicación móvil desarrollada. Los hallazgos de esta investigación indican que la humedad y la temperatura corporal varían mucho según el tipo de deporte, posición y las diferencias individuales en las respuestas fisiológicas de cada individuo, lo que refleja diferencias en la termorregulación y el metabolismo.

Palabras clave: Arduino LilyPad, hilo conductor, prototipo, deporte

ABSTRACT

Recent advancements in smart textiles have eased the development of low-cost tracking tools used for preventive health purposes. This study focuses on the development of a smart T-shirt prototype for monitoring moisture and body temperature of subjects during physical activity. The proposed system consists of an Arduino LilyPad microcontroller, specific sensors such as the MLX90614 for temperature and the DHT11 for humidity, and an HC-05 Bluetooth module for real-time data collection and transmission. The research method combines experimental and descriptive approaches; stainless steel conductive threads were used for part connections, and the system was powered and ran using a lithium battery. The results obtained have proved that data on variables can be visualized by the subject using the developed mobile application. The findings of this research show that body moisture and temperature vary depending on the type of sport, position, and individual differences in physiological responses, reflecting differences in thermoregulation and metabolism.

Keywords: Arduino LilyPad, conductive thread, prototype, sport

LISTA DE SIGLAS

AgCl	Cloruro de plata
AgNW	Nanocables de plata
Cu	Cobre
HR	Humedad Relativa
IMC	Índice de Masa Corporal
PEDOT: PSS	Poli (estireno sulfonato)
PWM	Modulación por ancho de pulsos
SEBS	Estireno, etileno, butileno, estireno
STS	Sistema de Textil Inteligente

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
Problema de investigación	1
Justificación.....	1
OBJETIVOS	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos	2
CAPÍTULO I	3
MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 Estudios previos	3
1.1.1 Indumentaria inteligente	3
1.1.2 Monitorización.....	4
1.1.3 Sensores	5
1.1.4 Actividad física	5
1.2 Marco legal	7
1.2.1 Constitución de la República del Ecuador	7
1.2.1 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte	7
1.3 Marco Conceptual.....	8
1.3.1 Indumentaria inteligente	8
1.3.2 Poliéster.....	8
1.3.3 Hilo conductor	9
1.3.4 Arduino	11
1.3.5 Sensores	15
1.3.6 Humedad.....	17
1.3.7 Temperatura corporal	18
1.3.8 Audaces 360.....	19
1.3.9 Corte y confección	20
CAPÍTULO II.....	22
MARCO METODOLÓGICO.....	22
2.1 Enfoque de la investigación	22
2.2 Tipos de investigación	22
2.2.1 Investigación deductiva	22
2.2.2 Investigación descriptiva	23
2.3 Técnicas de investigación	23
2.3.1 Diseño experimental	23

2.4	Flujograma	23
2.4.1	Flujograma general (diseño de prenda y de prototipo)	24
2.4.2	Flujograma muestral funcionamiento de sensores).....	26
2.5	Materiales.....	27
2.5.1	Arduino LilyPad USB.....	27
2.5.2	Hilo conductor de acero inoxidable	27
2.5.3	Sensores	28
2.5.4	Batería de litio.....	29
2.5.5	Módulo Bluetooth.....	30
2.2	Procedimiento	30
2.2.1	Elaboración de la camiseta (tejido).....	30
2.2.2	Descripción del proceso	31
2.2.3	Diseño electrónico	35
2.3	Norma ISO 25010	40
CAPÍTULO III.....		41
RESULTADOS Y ANÁLISIS.....		41
3.1	Resultados.....	41
3.1.1	Análisis de resultados por deporte	42
3.2	Análisis estadístico ANOVA.....	48
3.3	Evaluación de camiseta.....	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		58
Conclusiones		58
Recomendaciones.....		60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		61
ANEXOS		69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tasa de sudoración en los diferentes deportes.....	6
Tabla 2 Resistencia de los metales	10
Tabla 3 Características técnicas del Arduino LilyPad.....	14
Tabla 4 Tipo de sensor y material	16
Tabla 5 Tipo de sensor y material	16
Tabla 6 Índice de calor en función de la temperatura ambiente y humedad relativa	17
Tabla 7 Temperatura corporal del ser humano	18
Tabla 8 Rango de temperatura corporal según la ubicación	19
Tabla 9 Especificaciones del LilyPad USB.....	27
Tabla 10 Sensor de temperatura Mlx90614	28
Tabla 11 Sensor DHT11	29
Tabla 12 Características de tejido jersey poliéster	31
Tabla 13 Características de la población.....	41
Tabla 14 Datos recopilados de la humedad y temperatura corporal en el fútbol	42
Tabla 15 Datos recopilados de la humedad y temperatura corporal en el básquet	43
Tabla 16 Datos recopilados de la humedad y temperatura corporal en el voleibol.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Camisa de polímero electroactivo en función de la corriente eléctrica.....	4
Figura 2 Hilo conductor para textiles	9
Figura 3 Placa de Arduino Uno.....	12
Figura 4 Partes de Arduino LilyPad.....	13
Figura 5 Audaces patrones.....	20
Figura 6 Máquina recta industrial Rinnove	20
Figura 7 Máquina overlock Siruba	21
Figura 8 Máquina recubridora Jack	21
Figura 9 Proceso de elaboración de camiseta	24
Figura 10 Flujograma general de prototipado de camiseta.....	25
Figura 11 Flujograma muestral de funcionamiento y lectura de sensores.....	26
Figura 12 Hilo conductor de acero inoxidable.....	28
Figura 13 Batería de litio	29
Figura 14 Módulo Bluetooth HC-06.....	30
Figura 15 Camiseta deportiva con cuello redondo y manga raglán corta.....	31
Figura 16 Camiseta con manga raglán.....	32
Figura 17 Tizado de la prenda.....	32
Figura 18 Impresión del patrón.....	33
Figura 19 Flujograma de proceso de ensamblaje de camiseta.....	34
Figura 20 Código de programación de sensor MLX90614	35
Figura 21 Código de programación de sensor DHT	36
Figura 22 Funcionamiento de circuito en monitor serial.....	36
Figura 23 Serial plotter	37
Figura 24 Aplicación móvil	38
Figura 25 Bloques de integración de conexión y desconexión del módulo bluetooth	38
Figura 26 Bloque de temporización.....	39
Figura 27 Costura de lilypad con sensores	40
Figura 28 Temperatura corporal de los sujetos en los diferentes deportes	45
Figura 29 Humedad de los sujetos en los diferentes deportes	47
Figura 30 Análisis de varianza de humedad/transpiración	49
Figura 31 Análisis ANOVA de la temperatura corporal.....	50
Figura 32 Frecuencia de actividad física	51
Figura 33 Tiempo de actividad física.....	51
Figura 34 Tiempo de lectura de la aplicación móvil.....	52

Figura 35 Comodidad del prototipo.....	52
Figura 36 Transpirabilidad del prototipo	53
Figura 37 Consistencia de la aplicación móvil	53
Figura 38 Aplicación del prototipo en diferentes contextos	54
Figura 39 Compatibilidad de la aplicación móvil.....	54
Figura 40 Conexión del prototipo	55
Figura 41 Posibilidad de fallos en la aplicación móvil.....	55
Figura 42 Estabilidad de la aplicación.....	56
Figura 43 Comodidad del prototipo en el uso.....	56
Figura 44 Diseño del prototipo	57

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Tejido jersey poliéster	69
Anexo 2 Patrón de camiseta manga ranglán.....	69
Anexo 3 Circuito de conexión de módulo bluetooth y sensores en Arduino Uno.....	70
Anexo 4 Funcionamiento del circuito en la plataforma Arduino	70
Anexo 5 Carga de sketch al LilyPad.....	71
Anexo 6 Confección de camiseta	71
Anexo 7 Prototipo de camiseta	72
Anexo 8 Conexión de Lilypad con sensores y módulo Bluetooth.....	72
Anexo 9 Fútbol	73
Anexo 10 Basquetbol.....	73
Anexo 11 Voleibol	74
Anexo 12 Sujetos usando el prototipo (camiseta)	74
Anexo 13 Monitorización individuo 01	75
Anexo 14 Monitoreo de individuo 02.....	76
Anexo 15 Monitoreo de individuo 03.....	76
Anexo 16 Monitoreo de individuo 04.....	77
Anexo 17 Monitoreo del individuo 09.....	77
Anexo 18 Monitoreo de individuo 10.....	78
Anexo 19 Monitoreo de individuo 11	78
Anexo 20 Monitoreo de individuo 12.....	79
Anexo 21 Encuesta de evaluación de camiseta	80
Anexo 22 Datasheet de sensor de temperatura corporal MLX90614.....	81
Anexo 23 Especificaciones del sensor de humedad DHT11	82

INTRODUCCIÓN

Problema de investigación

La práctica de la actividad física es uno de los factores que permiten tener un control de la salud y bienestar general. Estudios como el de Damatto et al. (2019) evidencian que el ejercicio regular tiene sus beneficios, tales como la mejora de la postura corporal, la disminución de la insulina y la hipertensión arterial. Sin embargo, es crucial considerar factores que pueden influir significativamente durante la actividad física, como es el caso de la temperatura corporal.

Por ejemplo, Chen (2023) afirma que, la temperatura corporal es una variable primordial para el estado fisiológico de la salud del individuo durante la actividad física; la cual, es influenciada por varios factores como la humedad o temperatura ambiente, la producción de calor del cuerpo y la salida de este; de la misma forma, Nichols (2014) enfatiza que la falta de control de esta puede provocar sobrecalentamiento y deshidratación las cuales, pueden afectar negativamente el rendimiento, y en casos extremos, poner en peligro la salud del individuo.

Por ello, el monitoreo continuo de factores fisiológicos es esencial para garantizar la seguridad y la salud de los individuos; en ese contexto, se requiere desarrollar una camiseta inteligente con tecnología innovadora, como sensores de humedad y temperatura corporal para el monitoreo en tiempo real del ejercicio físico, con el objeto de tener un control del estado de salud.

Justificación

La integración de tecnologías en textiles ha revolucionado la moda y el diseño de vestuarios, permitiendo no solo un enfoque estético sino también funcional, como es el monitoreo de la salud del individuo. Por ello, las prendas inteligentes en su mayoría tienen como objetivo monitorear en tiempo real la fisiología de las personas activas, fusionando materiales textiles con tecnología electrónica.

Es así como, en un entorno de constante cambio donde el deseo de llevar un estilo de vida activo y los beneficios que proporciona la actividad física han aumentado significativamente el número de personas que practican diversos tipos de ejercicios, lo cual hace evidente la necesidad de soluciones tecnológicas avanzadas. Actualmente, faltan soluciones tecnológicas adecuadas para monitorizar variables como la humedad y la

temperatura corporal durante el ejercicio físico; por lo que, esta carencia representa un problema significativo para el ser humano, ya que al no contar con un control adecuado puede afectar su bienestar y rendimiento.

Por tanto, según Khundaqji et al. (2020) esta ausencia de tecnologías específicas subraya la necesidad de desarrollar herramientas más efectivas en este ámbito, de modo que, el presente proyecto de investigación se centra en la integración de componentes de Arduino LilyPad y sensores en una camiseta para monitorizar parámetros fisiológicos en tiempo real durante la actividad deportiva, por lo cual, este enfoque presenta varios aspectos importantes:

- Facilita el acceso de monitorización mediante la utilización de camisetas deportivas con sensores, ofreciendo una alternativa asequible y eficaz para quienes desean mejorar su capacidad de control durante el ejercicio (Enescu et al., 2017).
- La humedad y la temperatura del cuerpo son dos variables importantes en las respuestas corporales durante la actividad física; por lo que, la monitorización sincrónica ofrece una mayor comprensión de la condición física y las habilidades ayudando a promover un esfuerzo físico seguro.

OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar una camiseta inteligente para monitoreo de humedad y temperatura corporal para personas que realizan actividad física.

Objetivos Específicos

- Establecer una base teórica relacionada con textiles inteligentes en actividad física mediante recopilación de información relevante de estudios previos para el desarrollo de la investigación.
- Seleccionar sensores adecuados para la medición de la humedad y la temperatura corporal, integrándolos con la plataforma Arduino LilyPad para el procesamiento de datos.
- Desarrollar un prototipo de camiseta inteligente que integre sensores mediante la conexión con hilos conductores para la recopilación de datos a una aplicación móvil.
- Procesar y analizar los datos recopilados por los sensores y actuadores, proporcionando información sobre las mediciones precisas de humedad y temperatura corporal.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Estudios previos

En este apartado, se exponen los factores relacionados con la investigación, los argumentos que contribuyen al estudio y las investigaciones previas.

1.1.1 *Indumentaria inteligente*

La ropa es una de las necesidades básicas del ser humano, puesto que, desde la época antigua, los textiles se utilizaban como vestuario y se extendieron desde el uso doméstico hasta técnico, como tiendas de campaña, cuerdas, entre otros (Ajmera, 2024).

Actualmente, las prendas incluyen elementos electrónicos e-textiles fabricados con materiales inteligentes capaces de percibir, reaccionar y adaptarse al entorno cambiante. Asimismo, son conocidos como dispositivos portátiles que evolucionaron a partir de elementos de control, como monitores de frecuencia cardiaca, instrumentos de actividad física y relojes inteligentes (Mahmud et al., 2020). Para Fernández y Fraga (2018), estos textiles establecen conexión y comunicación con aparatos móviles para procesar y recopilar información de valores biométricos.

Por su parte, Imbesi y Scataglini (2021) señalaron que la indumentaria inteligente incorpora un elemento tecnológico de naturaleza íntima y se relaciona con el cuerpo, con lo que surge como una herramienta esencial para las personas que requieran del cuidado del estado de salud. Para Yang et al. (2024), la tecnología puede capturar datos para evaluar el rendimiento deportivo durante la actividad física, lo que facilita la recuperación de lesiones, el tiempo de sueño y la alimentación.

Igualmente, Scataglini et al.(2020) indicaron que el uso de una prenda inteligente es beneficioso en el ejercicio físico, debido a que ayuda a la toma de decisiones rápidas y movimientos acrobáticos en ambientes desfavorables y cualquier obstáculo que represente un riesgo. Para Lam Po Tang (2015), la biorretroalimentación en tiempo real puede ser utilizada para brindar información sobre la mejora del movimiento y la reducción del error humano durante las actividades recreativas. De este modo, es aplicable para obtener datos fisiológicos como rendimiento antes, durante y después de cualquier actividad física, puesto que, al recopilar datos de sesiones de ejercicios, los sistemas podrían sugerir patrones de movimientos más seguros, emitir alertas en tiempo real integradas en la prenda o evitar lesiones en la actividad.

1.1.2 Monitorización

La monitorización se desarrolla por medio de sensores accesibles y económicos con aplicaciones en distintos campos, como agricultura, salud y deporte (Chiuchisan et al., 2019). Para su aplicación, es preciso considerar factores como el número y la posición óptima de los sensores con base en la fisiología del cuerpo, lo que se asocia con los indicadores fisiológicos a medir (Laufer et al., 2023). A través de ello, es posible realizar un “seguimiento continuo y discreto del movimiento y los parámetros biofísicos” (Laufer et al., 2023, p. 1).

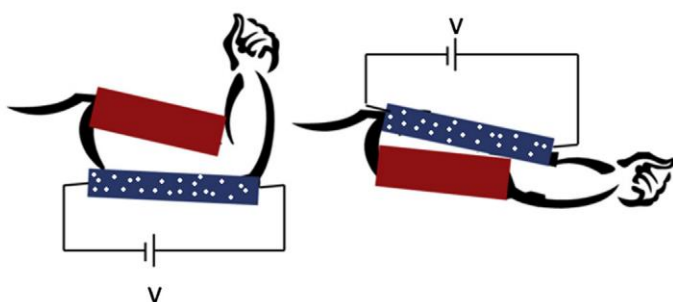
Por lo tanto, en el ámbito de la actividad física, un caso de monitorización es el control de la temperatura con la aplicación de sensores portátiles y refrigeración inteligente, los que se integran en la prenda para mejorar la comodidad y el bienestar del individuo (Mahmud et al., 2020).

Así, Mattila (2015) ejemplificó el uso de sensores fijados a las piernas, lo que posibilita el seguimiento preciso de los movimientos de una persona al correr o caminar sobre una alfombra de ejercicio. Esto es beneficioso para asegurar la correcta trayectoria de la extremidad, particularmente en situaciones de rehabilitación, como aprender a caminar después de sufrir una lesión grave en la pierna.

En la **Figura 1**, se expone el ejemplo de una manga de camisa fabricada con este material, lo que se expandiría y contraería en respuesta a la tensión eléctrica, con un aumento o disminución en la fuerza muscular.

Figura 1

Camisa de polímero electroactivo en función de la corriente eléctrica



Fuente: (Mattila, 2015)

1.1.3 Sensores

Los textiles electrónicos pueden conectarse con extensas regiones del cuerpo humano para obtener información acerca del estado fisiológico y del entorno, por ello, se han desarrollado distintos sensores capaces de identificar variables fisiológicas, como glucosa, lactato, cortisol y otros indicadores fisiológicos. Además, se investigan sensores versátiles, dispositivos textiles microfluídicos y sensores textiles electrónicos para detectar patógenos, así como varios compuestos químicos peligrosos (Du et al., 2022).

Así, los sensores en textiles se utilizan con diversos propósitos, sea para mejorar la funcionalidad o la interactividad de las prendas. Bonaldi (2018) expuso algunas de las aplicaciones comunes de los sensores en textiles para la actividad física que incluyen:

- Sensores térmicos integrados en textiles capaces de ofrecer datos de variaciones de temperatura, lo que es útil en ámbito médico y sanitario para evaluaciones fisiológicas, como en aplicaciones asociadas con la comodidad y las prendas deportivas. Algunos ejemplos de estos sensores abarcan termopares, sensores resistivos, entre otros.
- Otra aplicación es el estudio de un grupo de investigadores, quienes presentaron un sensor de humedad textil que emplea algodón como material higroscópico. Por otro lado, Investigadores de la ETH de Zúrich miniaturizaron sensores de humedad impresos en una cinta de polímero e introducidos en una estructura tejida.

1.1.4 Actividad física

La actividad física ejerce un impacto en la salud humana, por lo que es preciso adoptar un estilo de vida activo para promover la salud general. Esta perspectiva permite reducir el riesgo de trastornos físicos y la disminución de gastos relacionados con la salud (Esfahani y Nussbaum, 2019). Asimismo, la evaluación de ejercicio físico mediante la captura de movimiento es una práctica habitual en contextos como la fisioterapia y disciplinas vinculadas (Greenspan y Lobo, 2020).

En tal marco, es necesario comprender que llevar un estilo de vida sedentario es perjudicial para la salud humana y el bienestar emocional del individuo. Así, factores como el aumento del Índice de Masa Corporal (IMC) y la eficacia de la respiración generan un mayor riesgo de desarrollar cáncer, enfermedades cardiovasculares y diabetes. “Un Sistema de Textil Inteligente (STS) puede ser útil para cuantificar el sedentarismo con el objetivo de modificar un estilo de vida mayoritariamente pasivo por uno más activo” (Esfahani y Nussbaum, 2019). Para Damatto et al. (2019), el ejercicio regular optimiza la composición corporal y la aptitud

física, lo que reduce la resistencia a la insulina y la hipertensión arterial para una buena calidad de vida.

Por otro lado, una de las principales variables fisiológicas de la actividad física es la temperatura. Para Singh (2023), la temperatura corporal central (T_c) de un deportista incrementa en la ejecución del ejercicio físico intenso, puesto que las vías metabólicas y la locomoción son térmicamente ineficientes en la generación de energía para contracciones musculares. Así, alrededor de un 20 %-25 % de la energía utilizada se transforma en movimiento y el resto se libera en forma de calor.

Igualmente, otro factor clave en el deporte es la humedad relativa. Para Friedman (2023), si la humedad es alta, se sugiere realizar actividades físicas suaves y cortos aumentando parcialmente la intensidad y la duración. Este factor influye en el incremento de la temperatura corporal, por lo que es pertinente mantener una piel fresca durante el ejercicio para evitar la deshidratación o el golpe de calor.

Por consiguiente, la humedad absorbida por el cuerpo se evapora o sale en forma de sudor. Según Sawka (2011), en entornos con altas temperaturas, las personas experimentan una sudoración oscilante entre 0,3 y 1,2 litros por hora en la realización de actividades físicas profesionales. La **Tabla 1** expone la transpirabilidad de los deportistas en los ámbitos del deporte, como baloncesto, fútbol, tenis y running, en consideración con la condición de la actividad.

Tabla 1

Tasa de sudoración en los diferentes deportes

Tasa de sudoración		
Deporte	Condición	Rango ($l \cdot h^{-1}$)
Baloncesto	Entrenamiento femenino	0,98
Baloncesto	Entrenamiento masculino	1,37
Fútbol	Entrenamiento masculino	1,46
Tenis	Competencia (masculino)	1,6
XC-Running	Entrenamiento masculino	1,77

Nota: Los valores son con base a HR 95% como rango de referencia. Fuente: (Sawka et al., 2011).

Los atletas que se ejercitan y participan en competiciones experimentan variados niveles de sudoración, lo que se debe a la diversidad de intensidades de ejercicio, la duración de las actividades, el tipo de ropa/equipo empleado y las condiciones ambientales.

1.2 Marco legal

1.2.1 Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador (2018) estableció los siguientes artículos relacionados con la tecnología y el deporte:

“Art. 24 indica: “Las personas tienen derecho a la recreación y al esparcimiento, a la práctica del deporte y al tiempo libre” (pág. 17).

“Art. 340 menciona: “El sistema se compone de los ámbitos de la educación, salud, seguridad social, gestión de riesgos, cultura física y deporte, hábitat y vivienda, cultura, comunicación e información, disfrute del tiempo libre, ciencia y tecnología, población, seguridad humana y transporte” (pág. 170).

1.2.1 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

Para el desarrollo del estudio, se consideraron 10 líneas de investigación en vigencia que indica la Universidad Técnica del Norte (2023):

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 socio económico.
10. Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibernética)”

De las líneas expuestas para la carrera de textiles, la investigación se orientó en la línea nueve:

9. Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socio económico.

1.3 Marco Conceptual

1.3.1 *Indumentaria inteligente*

Las prendas inteligentes “son tejidos a los que se pueden incorporar componentes digitales como una batería, una luz (incluidos pequeños procesadores) y componentes electrónicos” (A. Hassabo et al., 2022, pp. 29-39).

“La ropa inteligente combina la última tecnología con el diseño y la tecnología de textiles y prendas de vestir tradicionales. La integración de los últimos avances tecnológicos en textiles y ropa inteligentes está entrando en muchos campos industriales como la medicina, la moda, los deportes y el fitness” (Jiang et al., 2021, p. 124).

Para Stoppa y Chiolerio (2014), los textiles inteligentes desempeñan un rol clave en el mejoramiento del bienestar social. Estos textiles incorporan un nivel elevado de inteligencia y se clasifican en tres categorías:

- a) **Textiles pasivos:** tienen la capacidad de detectar el entorno o usuario basado en sensores.
- b) **Textiles activos:** responden de manera reactiva a estímulos del entorno, al integrar funciones de actuadores y dispositivos de detección.
- c) **Textiles muy inteligentes:** cuentan con la capacidad de percibir, reaccionar y ajustar su comportamiento conforme con las circunstancias dadas.

1.3.2 *Poliéster*

De acuerdo con Bashyal (2023), el poliéster es un material que, por su capacidad de resistencia y resiliencia, es útil en distintas situaciones y es accesible para la realización de prendas deportivas.

Asimismo, las principales propiedades físicas del tejido de poliéster son las siguientes:

- Presenta resistencia a la degradación por la prolongada exposición al sol.
- Peso ligero ideal para prendas deportivas.
- Buena absorción de humedad.
- Resistente a productos químicos y duradero.
- Es resistente al encogimiento, las arrugas, el moho y la abrasión.
- Al ser un tejido de naturaleza hidrófoba, las moléculas de agua se secan rápidamente, por ello, se utiliza como material aislante.

1.3.3 *Hilo conductor*

Conforme con Fernández (2021), “un hilo conductor es aquel hilo que tiene características y un comportamiento idéntico al de un cable eléctrico, como son las de transferir conductividad o la de comportarse como un biosensor” (como se citó en Lima, 2018, p.28).

Figura 2

Hilo conductor para textiles



Fuente: (Textile Technology, 2019).

Por medio de este elemento, la información se procesa por sensores en proximidad al cuerpo antes de ser transmitida a un dispositivo externo o punto de acceso inalámbrico (Cleary et al., 2021) diseñado para incorporarse en los procesos textiles convencionales, como tejer o bordar. De igual modo, posee la capacidad de estirarse hasta un 7 % sin afectar la resistencia eléctrica (Rotsch et al., 2010), lo que facilita la incorporación de conductividad en los materiales textiles que forman parte de una prenda de vestir (Stavrakis et al., 2022). Por otro lado, estos hilos conductores (Du et al., 2022) son elaborados con la integración de hilos y recubrimiento de materiales conductores con las siguientes características:

- Robustez contra lavado.
- Permeable al agua.
- Alta conductividad.

Por su parte, Rumon (2023) indicó los tipos de hilos conductores utilizados en textiles, cada uno con propiedades y aplicaciones particulares. A continuación, se describen algunos de los tipos más empleados:

a) **Hilos conductores metálicos:** son fabricados con diversos metales, como cobre, plata y oro altamente conductores y resistentes, lo que los hace apropiados para aplicaciones textiles inteligentes de alto rendimiento. Para Cork (2015), los polímeros modernos presentan una notable resistencia, como se evidencia en casos como el nylon y las para aramidas.

Por otro lado, los metales se destacan por su baja resistencia eléctrica; la **Tabla 2** muestra la resistencia de los metales más comunes.

Tabla 2

Resistencia de los metales

Tipo de metal	Resistividad a 20 °C
Plata	1,59x10 ⁻⁶
Cobre	1,72x10 ⁻⁶
Oro	2,44x10 ⁻⁶
Hierro	1,0x10 ⁻⁵

Fuente: (Cork, 2015)

En consideración con la resistividad de los metales, Suh (2015) enfatizó que la plata es el material predominante en la fabricación de sensores textiles, aunque se pueden encontrar otros materiales conductores como el platino, debido a ventajas como una excelente conductividad eléctrica, buena resistencia a la corrosión, maleable y dúctil; así, puede ser utilizado con otros conductores como oro, cobre y acero inoxidable. Para Lee (2022), los hilos recubiertos con plata se utilizan por sus propiedades físicas inherentes: elasticidad y apariencia; cabe añadir que estas particularidades son alteradas con la deposición de partículas metálicas en la superficie del hilo, lo que impacta en las propiedades mecánicas y la sensación táctil en la ropa inteligente.

b) **Hilos conductores de carbono.** Para Suh (2015), este hilo es un compuesto de material carbonoso que se mezcla con polímeros para crear un material conductor flexible y elástico; aunque son menos conductores que los hilos metálicos, son más asequibles y proporcionan una buena capacidad de estiramiento.

c) **Hilos conductores no metálicos.** Son elaborados a partir de materiales no metálicos, como polímeros o fibras conductores, con una conductividad inferior a la de los hilos metálicos.

Igualmente, Aracil (2017) estudió las diversas maneras de adquirir hilos conductores, como las siguientes:

- Reducción de la dimensión del acero para convertirlo en una forma fibrosa e hilar a partir de estas fibras de acero.
- Transformar fibras de carbono en hilos de carbono por medio del proceso de hilado; según Elmogahzy (2020), los hilos conductores se pueden basar en el carbono, con diversas formas de este elemento, como fibras de carbono, nanotubos, nanopartículas y grafeno.
- Generar fibras conductoras a través de la hilatura húmeda o de fusión, técnica que implica hilar fibras no conductoras poliméricas, junto con cables delgados de cobre, fibras de acero o fibras de carbono.
- Utilizar materiales conductores como revestimiento o capa protectora sobre las fibras de hilos no conductores; estos materiales pueden incluir plata (Ag), níquel (Ni), cobre (Cu) o carbón negro. Para Pu et al. (2023), el revestimiento de fibras e hilos aislados con materiales conductores es uno de los procedimientos más sencillos para la obtención de materiales fibrosos.

Respecto con la integración de los materiales conductores, Tseghai (2020) señaló que estos materiales se introducen en el textil con diversas tecnologías o técnicas, como bordado, tejido plano, tricotado y tratamientos químicos que confieren propiedades como un comportamiento hidrofóbico controlado, impresión y demás. Por ello, las técnicas de integración de estos materiales conductores varían y se describen a continuación:

- Bordado:** implica la aplicación de hilos conductores o fibras filamentosas sobre un tejido textil u otros materiales con el uso de una aguja.
- Tejido de calada:** en el proceso de desarrollo de tejido electrónico, es factible incorporar hilos o filamentos conductores en la urdimbre y en la trama.
- Tejido de punto:** este proceso permite la incorporación de elementos activos e hilos conductores en la fabricación, integrándolos en la estructura textil.

1.3.4 *Arduino*

Para Carrillo (2021), el Arduino es “una placa o plataforma de hardware libre basada principalmente en un microcontrolador, y un entorno de desarrollo (software), diseñado para facilitar el uso de la electrónica en los diversos proyectos multidisciplinarios” (p.1).

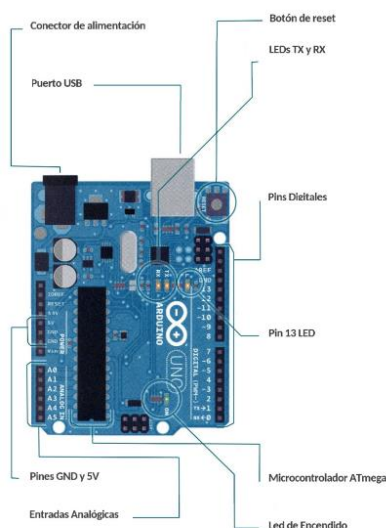
Asimismo, Shiloh y Fitzgerald (2012) señalaron los componentes de la placa Arduino (**Figura 3**):

- **Conector de alimentación:** se emplea para alimentación de la placa en caso de que no esté conectado al puerto USB.

- **Puerto USB:** se utiliza para alimentar y cargar programas de Arduino.
- **Pines GND y 5V:** proporciona tensión.
- **Entradas Analógicas**
- **Botón reset:** puesta a cero del microcontrolador.
- **LEDs TX y Rx:** indican la comunicación que se realiza entre el Arduino y el ordenador.
- **Pines digitales:** instrucciones digitalRead(), digitalWrite() y analogWrite().
- **Pin 13 LED:** actúa como dispositivo de salida.
- **Microcontrolador ATmega:** parte principal del Arduino uno.
- **Led de encendido:** es la placa se encuentra en un estado de alimentación.

Figura 3

Placa de Arduino Uno



Fuente: (Shiloh y Fitzgerald, 2012).

En este sentido, existen diversas placas de Arduino, así, para Monk (2019), el dispositivo estándar y el más utilizado es el Arduino Uno, sin embargo, la mayoría está programada en el mismo lenguaje y tiene las mismas conexiones. Dentro de la familia de Arduino, se evidencian los siguientes tipos de Arduino:

- **Arduino Uno:** suministra una tensión de 3,3 V, equipado con ATmega328.
- **Mega:** incluye 54 pines de entrada y salida, 128 KB de memoria USB, y memoria de 8KB de RAM.
- **Bluetooth:** incluye *bluetooth*, lo que permite la programación de forma inalámbrica.

- **LilyPad:** placa de Arduino pequeña y delgada, lo que es útil para prendas textiles. Cabe añadir que no presenta conexión USB.

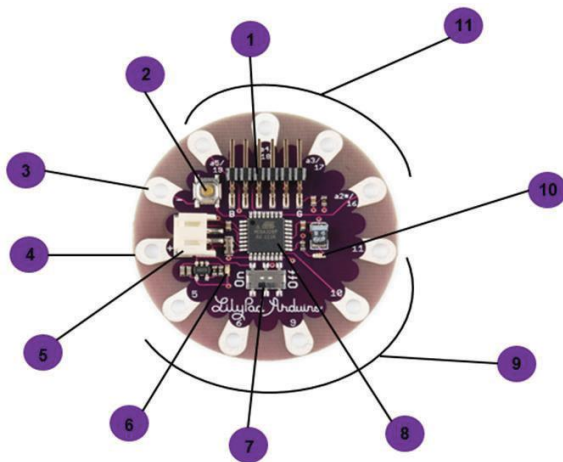
1.3.4.1 Arduino LilyPad.

De acuerdo con Kocer et al., (2021), el Arduino LilyPad “es una tarjeta de desarrollo Arduino. Fue desarrollado especialmente por Leah Buechley y SparkFun para coser la tarjeta a la tela a través de los agujeros en la parte superior” (p. 6). Para Barrett (2022), “el complemento de base del hardware, como la fuente de alimentación y los dispositivos de entrada y salida, se conectan al LilyPad mediante un hilo conductor” (p. 52).

Así, Tituaña (2016) expuso la estructura de la placa Arduino LilyPad que se compone de los siguientes elementos (Figura 4):

Figura 4

Partes de Arduino LilyPad



Fuente: (Tituaña, 2016).

1. **Conector de 6 pines FTDI:** permite la conexión del FTDI con el computador, mediante el cable USB mini-B.
2. **Botón reset:** para reinicio del microcontrolador.
3. **Terminal a tierra:** alimentación negativa de la placa.
4. Terminal positivo.
5. **Conector JST:** permite acoplar fuentes de alimentación externa.
6. **Led ON:** indica cuando el LilyPad está encendido.
7. Interruptor *On/Off*.
8. **Microcontrolador:** parte principal del LilyPad, microcontrolador ATmega328.

9. **Entradas y salidas digitales:** posibilita la conexión de varios componentes electrónicos.
10. **Led pin 13:** indica el estado del LilyPad.
11. **Entradas analógicas:** presenta cuatro pines.

Asimismo, Watson (2018) detalla en la Tabla 3 las características técnicas del Arduino LilyPad:

Tabla 3

Características técnicas del Arduino LilyPad

Características	Datos
Microcontrolador	ATmega168 o ATmega328U4
Pines de E/S digitales	14
Canales de entrada analógica	6
Oscilador de cristal	8MHz
EEPROM	512 bytes
Tensión de funcionamiento	2 a 5 voltios
Corriente CC por pin de E/S	40mA

Fuente: (Watson, 2018).

Por lo tanto, existen diversas placas de *hardware* Arduino LilyPad según Muñoz y Córcoles (2018):

- **LilyPad USB:** placa diseñada para el uso en dispositivos wearables y prendas textiles, asimismo, utiliza microcontrolador ATmega32u4, mismo que Arduino Leonardo. Posee nueve pines de entrada y salidas digitales, 32 KB de memoria *flash*.
- **LilyPad Main Board:** placa con menos memoria que LilyPad USB y menos capacidad de procesamiento, pese a ello, cuenta con un elevado número de entradas y salidas digitales, y puede ser conectado por medio de un adaptador a la USB.
- **LilyPad simple:** presenta el mismo microcontrolador que la placa Arduino UNO R3, con la capacidad de memoria de 32 KB de memoria flash, nueve entradas y salidas digitales.

1.3.5 Sensores

Los materiales inteligentes están compuestos por sensores que “son transductores que nos permiten medir la variable física de un sistema de fuerza física, presión entre otros. Dentro de los materiales textiles inteligentes actúan como un sistema nervioso detectando las señales del entorno” (Pambaquishpe, 2017). Para Sabry (2022), dichos sensores están compuestos de telas o mallas metálicas recubiertos con plata o núcleos metálicos conductores tejidos en la tela.

1.3.5.1 Clasificación de sensores.

Se evidencia una variedad de sensores que se clasifican de acuerdo con el enfoque (Eren, 2004), sea según propiedades físicas del proceso, el principio operativo del sensor o la combinación de ambas. El primer enfoque es la naturaleza de detección para medir parámetros de variables físicas (temperatura, presión, entre otros), por su parte, el segundo se basa en la naturaleza de las señales de salida (resistivo), lo que permite el diseño del sistema de medición y procesar la salida por *hardware* y *software*. Por último, el tercer enfoque se asocia con la entrada y salida de energía (modificador, autogenerador, modulador).

En este orden de ideas, los sensores se clasifican conforme con las aplicaciones para las que fueron fabricados (Eren, 2004):

- **Magnéticos y electromagnéticos:** son capaces de detectar propiedades de materiales magnéticos, por ejemplo, detección de fuerza, métodos de campo, entre otros.
- **Temperatura y calor:** se emplean sensores resistivos, termostatos, termopares, entre otros.
- **Químicos:** algunos son aplicados para medir calidad de aire y agua, el nivel de contaminación, la toxicidad, entre otros.

De igual forma, Du y Lin (2022) señalaron otro tipo de clasificación de sensores de acuerdo con la medición de parámetros físicos y bioquímicos:

- d) **Sensores físicos:** los textiles electrónicos pueden medir propiedades físicas de textiles subyacentes. Entre los sensores físicos, se resaltan los sensores de humedad, de temperatura y de tensión para detectar la flexión y rotación del individuo.

En la **Tabla 4**, se muestra la compilación de sensores físicos de e-textiles respecto con materiales, donde la mayor parte de estos incorporan sustratos textiles como tejidos.

Tabla 4*Tipo de sensor y material*

Tipo de sensor	Material
Presión	Grafeno + Polímero + Partículas de Cu
	AgNW + algodón
Humedad térmica	Polímero hidrofílico + polímero hidrofóbico

Fuente: Adaptado de (Du et al., 2022, p. 5)

- e) **Sensor bioquímico:** permiten detectar marcadores químicos y ambientales externos asociados con la vida diaria. La mayoría de los sensores bioquímicos basados en textiles están en contacto con la piel humana, lo que posibilita rastrear en tiempo real a los biomarcadores de sudoración. La **Tabla 5** expone una compilación de varios sensores bioquímicos y su grado de complejidad.

Tabla 5*Tipo de sensor y material*

Tipo de sensor	Material
Biofluido (sudor)	PEDOT: PSS + hilo
	Tejido de carbono estructurado poroso dopado con nitrógeno
Químico	Lycra + SEBS + Ag/AgCl

Fuente: (Du et al., 2022, p. 6)

1.3.5.2 Aplicaciones de sensores.

Para Sabry (2022), los sensores posibilitan la creación de prendas electrónicas para moda y dispositivos portátiles; a continuación, se detallan las aplicaciones:

- Ubicación/Posicionamiento: monitoreo de bebés/niños pequeños/niños activos, supervisión geriátrica, integración de GPS, rastreo de activos, entre otros.
- Respuesta Ambiental: cambio de color, variación de densidad, ajuste de calefacción, entre otras funciones.

- Médico: hospitales, centros médicos, unidades de vida asistida, entre otros (Xue et al., 2005).

1.3.6 Humedad

La humedad se vincula con dos conceptos importantes: el primero se relaciona con la sudoración definida como “la liberación de un líquido salado por parte de las glándulas sudoríparas del cuerpo; este proceso también se denomina transpiración” (Berman, 2023, párr. 1), función esencial que permite al cuerpo humano permanecer fresco. “El sudor se presenta comúnmente debajo de los brazos, en los pies y en las palmas de las manos” (Berman, 2023, párr. 2).

El segundo concepto se asocia con la humedad relativa, lo que “influye en la capacidad del aire para admitir o no la evaporación del sudor. La eficacia del enfriamiento por evaporación que produce el sudor depende del nivel de humedad ambiental” (Instituto Sindical de Trabajo, 2019, p. 10). En la **Tabla 6**, de acuerdo con los datos recopilados de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA), se clasifica el índice de calor en tres niveles de riesgos.

Tabla 6

Índice de calor en función de la temperatura ambiente y humedad relativa

		Humedad Relativa								
		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
Temperatura °C	40	37	39	43	48	54	>54	>54	>54	>54
	39	36	38	41	46	52	>54	>54	>54	>54
	38	35	37	39	43	49	54	>54	>54	>54
	37	34	35	38	41	46	51	>54	>54	>54
	36	33	34	36	39	43	48	54	54	>54
	35	32	33	35	37	41	45	50	54	>54
	34	31	32	33	35	38	42	47	52	>54
	33	31	31	32	34	36	40	43	48	>54
	32	30	30	31	32	34	37	40	44	49
	31	29	29	30	31	33	35	38	41	45
	30	28	28	29	30	31	33	35	38	41

Nota: Temperatura >54 es extremo peligro (rojo), 39-35 peligro (naranja), 32-38 extrema precaución (amarillo oscuro) y 27-31 precaución (amarillo claro). Fuente: (McDonald et al., 2008)

De este modo, uno de los factores relacionados con la humedad relativa es la temperatura ambiental, la que, según el índice de calor, es la sensación térmica experimentada por el cuerpo humano. Según la Tabla 7, a medida que la humedad aumenta, la temperatura sufre un incremento en comparación con la temperatura real.

Para Sobolewski et al., (2021), la temperatura del aire tiene una relación en intercambio de calor entre el cuerpo humano y el medio ambiente. Conforme con Aynés (2019), “la evaporación del sudor se vuelve más ineficiente en un ambiente de calor, lo que dificulta la reducción de la temperatura interna”. Para Ford (2019), “durante el ejercicio en condiciones templadas, una persona promedio perderá entre 1,5 y 2 litros de líquido a través del sudor”.

1.3.7 *Temperatura corporal*

Este parámetro físico se asocia con el funcionamiento de un individuo y proporciona información de todos los procesos fisiológicos de un organismo durante su vida, sin embargo, la temperatura varía por su actividad física, género, edad, raza y entorno (Castañeda et al., 2023).

En consecuencia, el rango térmico normal en los seres humanos es de alrededor de 36.5 hasta 37.2, valores que se definen como un buen estado de salud alterado debido a “transformaciones bioquímicas y biofísicas que al desarrollarse en el cuerpo consumen o liberan energía” (Castañeda et al., 2023, p. 54).

Asimismo, Billones (2016) planteó que el cuerpo humano tiene un sistema natural de autorregulación térmica conocido como termorregulación; si bien la temperatura corporal promedio es de 37 °C (98,6 grados Fahrenheit), puede oscilar hasta 0,6 grados Celsius (1 grado Fahrenheit), por encima o por debajo de este valor de referencia. La **Tabla 7** detalla los rangos de temperatura corporal de un ser humano:

Tabla 7

Temperatura corporal del ser humano

Rango de Temperatura °C	Referencia
>41 °C	Hiperpirexia
39,5 °C -41°C	Fiebre alta
37,5 °C - 39,5 °C	Fiebre
36 °C - 37,5 °c	Normal
35 °C o menos	Hipotermia

Fuente: Adaptado de (Reis, 2022).

Desde esa perspectiva, Sobolewski (2021) estableció que un incremento en la temperatura corporal de 1,0 a 1,5 °C, junto con el mantenimiento de la temperatura interna en 38 °C, es seguro para la salud. Así, la fiebre es cuando la temperatura corporal alcanza o supera los 38 grados Celsius (Billones et al., 2016).

Así, la **Tabla 8** especifica la temperatura corporal de una persona según la ubicación o localización medida, de esta forma, las medidas tomadas comúnmente son la boca, la oreja, la axila, la frente y el recto.

Tabla 8

Rango de temperatura corporal según la ubicación

Rango de Temperatura Corporal			
Ubicación	3-10 años	11-65 años	65 años
Oral	35.5C-37.5C	36.4C-37.6C	35.8C-36.9C
Rectal	36.6C-38.0C	36.6C-38.0C	36.2C-37.3C
Oreja	35.9C-36.7C	35.2C-36.9C	35.6C-36.3C
Axila	36.1C-37.8C	35.9C-37.6C	35.8C-37.5C
Centro	36.4C-37.8C	36.8C-37.9C	35.9C-37.1C

Fuente: (Billones et al., 2016).

De conformidad con Ford (2019), “cuando la temperatura corporal aumenta debido al ejercicio, el calor, el estrés o los cambios hormonales, la sudoración ayuda a mantener la temperatura interna a unos cómodos 98,6 grados Fahrenheit”. En este contexto, a partir del sudor se libera el calor y se mantiene la temperatura del cuerpo.

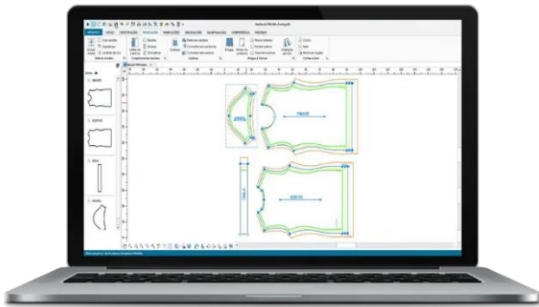
1.3.8 Audaces 360

Es un *software* que integra etapas creativas y productivas de la industria de la confección, lo que incrementa la rentabilidad de las empresas (Figura 5). Asimismo, proporciona diversos beneficios tales como:

- Visión completa del proceso de producción, partiendo desde el diseño hasta la entrega final, con un conjunto de herramientas que se integran entre sí.
- Información precisa y actualizada en cada proceso, con una rápida toma de decisiones.
- Creación de vestuario variable con posibilidad de inventario reducido, minimización de gastos y aumento de ganancias (AUDACES, 2024a).

Figura 5

Audaces patrones



Fuente: (AUDACES, 2024b).

1.3.9 Corte y confección

El Instituto Técnico Imbabura (2024) definió el corte y la confección como términos que se relacionan con la industria de la moda, con enfoque en el proceso de fabricación de prendas desde el principio. Esto consiste en diseñar el modelo, realizar el corte y coser la pieza de tela hasta formar la prenda, con el uso de máquinas de costura como: recta y overlock.

1.3.9.1 Máquina recta.

Esta máquina es una de las más utilizadas en la confección de prendas de vestir (**Figura 6**), pues entrelaza el hilo superior con el inferior (Encalada, 2014). Para Sarkar (2018), esta máquina realiza puntadas de la clase 301, conocidas como puntadas de pespunte. Generalmente, se emplea para la unión de dos o más capas de tela, sea de materiales livianos, medianos y pesados.

Figura 6

Máquina recta industrial Rinnove



Fuente: (Dismatex, 2021).

1.3.9.2 Máquina overlock.

Son conocidas como máquinas remalladoras (**Figura 7**) y se caracterizan por realizar costuras internas en la prenda, es decir, coser encima de una o dos capas de tela para brindar firmeza (Merceria, 2022). Está formada por cuchillas que permiten recortar la tela sobrante en toda la extensión del borde, con el fin de que no se deshilache.

Figura 7

Máquina overlock Siruba



Fuente: (Inducon, 2024)

1.2.1.1 Máquina recubridora

La máquina recubridora (**Figura 8**) se conoce como *coverlock*, debido a que cose la puntada de pespunte por el derecho y por el revés, y el tipo de puntada de cobertura es similar al *overlock* (García, 2020). Sirve para costuras de dobladillo, pespuntes, decorativos, acabados que tengan elásticos y ribetes.

Figura 8

Máquina recubridora Jack



CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

La metodología aplicada es clave para el desarrollo de la investigación, con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados.

2.1 Enfoque de la investigación

El paradigma de la investigación se basa en dos enfoques principales: cuantitativo y cualitativo. El primero se sustenta en la recopilación y análisis de datos numéricos para abordar interrogantes de investigación, así, Otero (2018) mencionó que para este tipo de enfoque es necesario plantear un problema de estudio definido y delimitado. Por su parte, el segundo enfoque se encarga de explorar y comprender fenómenos desde el punto de vista del participante (Vizcaíno et al., 2023).

El presente estudio tiene un enfoque mixto que utiliza el enfoque cuantitativo y el cualitativo, con el propósito de lograr un razonamiento más profundo y completo con una combinación de técnicas como la recopilación detallada de datos para su análisis estadístico en relación con el diseño experimental, lo que permitió evaluar la eficacia de la camiseta inteligente, así como el uso de encuestas para evaluar la satisfacción del prototipo.

2.2 Tipos de investigación

De acuerdo con Faneite (2023), la investigación es el proceso sistemático y metódico para adquirir conocimiento y comprensión acerca de un tema o fenómeno particular de estudio. Este estudio se desarrolló con la aplicación de diferentes tipos de investigación que permitieron obtener resultados detallados.

2.2.1 Investigación deductiva

Se parte de un marco teórico y se definen los conceptos y variables involucrados en la teoría. El objetivo de este tipo de investigación es comprobar la validez con la aplicación de conceptos y variables a un conjunto de datos, para lo que se definen, operacionalmente, los términos teóricos y se analizan los datos para observar si apoyan o refutan la teoría (Gallardo, 2017).

Esta aproximación incluye la revisión crítica de teorías, la identificación de vacíos en el conocimiento actual y la formulación de nuevas perspectivas o enfoques; además, implica una sólida base teórica para el diseño y desarrollo.

2.2.2 Investigación descriptiva

Para Vizcaíno y Cedeño (2023), la investigación descriptiva se centra en describir un fenómeno o situación, así, no se enfoca en la causa, sino en proporcionar una imagen clara y precisa del objeto de estudio. Conforme con García Moyano et al. (2016), este tipo de investigación se caracteriza por el diseño experimental como análisis de documentos.

En este sentido, la investigación descriptiva se enfocó en brindar una visión completa de la camiseta inteligente, con sus componentes, funciones y su impacto en el monitoreo de la actividad física.

2.3 Técnicas de investigación

Las técnicas de investigación permiten recopilar información, analizarla sistemáticamente y llegar a conclusiones, por lo tanto, este estudio se enfocó en la investigación y diseño experimental del prototipo (camiseta).

2.3.1 Diseño experimental

La investigación experimental es un método científico para establecer relaciones causa-efecto entre variables con un diseño controlado y sistemático (Faneite, 2023). En este enfoque, Cortes e Iglesias (2018) hicieron énfasis en los investigadores, quienes manipulan deliberadamente variables independientes para evidenciar su impacto en una variable dependiente específica.

El enfoque experimental se materializó con la ejecución de pruebas controladas y simuladas, con el fin de analizar los datos del individuo, identificando patrones y cambios a lo largo del tiempo. Además, el prototipo debería usarse durante un período prolongado para recopilar datos de humedad y temperatura corporal en distintas condiciones y momentos del día.

2.4 Flujograma

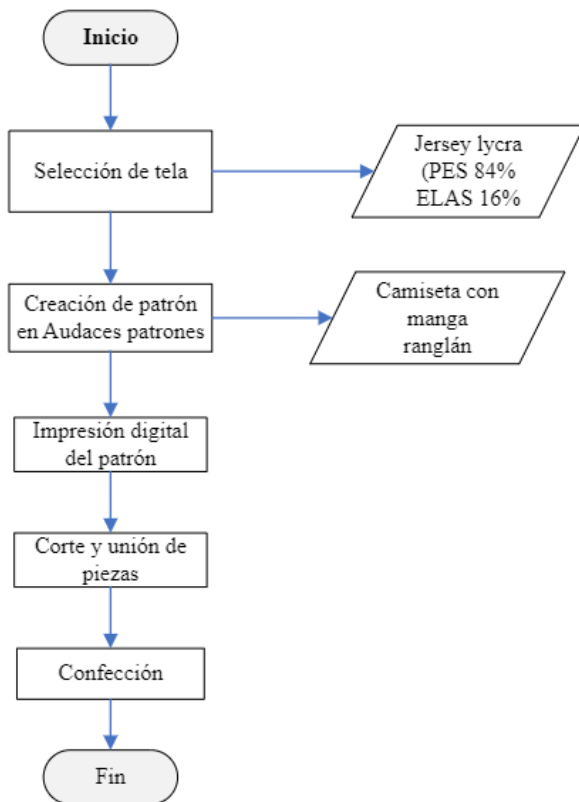
Para Allawi (2020), el diagrama de flujo es la “representación gráfica de pasos en orden secuencial y se usa ampliamente para presentar el flujo de algoritmos, de trabajo o procesos. Normalmente, un diagrama de flujo muestra los pasos como cuadros de varios tipos y su orden conectándolos con flechas” (p.2). Por ello, existen dos tipos de flujograma: general y muestral.

2.4.1 Flujograma general (diseño de prenda y de prototipo)

En la Figura 9, se exponen los pasos para el desarrollo de la camiseta a partir del diseño en el programa Audaces patrones, especificando el tipo de manga y el tipo de tejido y composición, así como la confección de la prenda.

Figura 9

Proceso de elaboración de camiseta

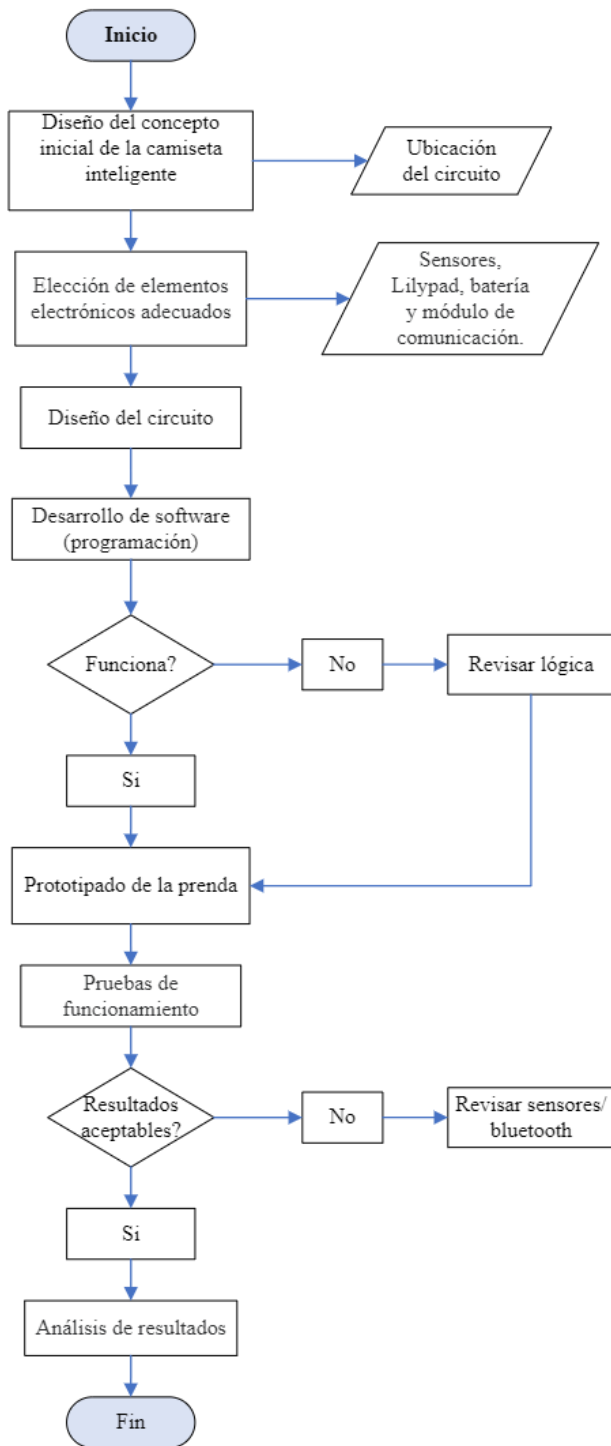


Fuente: Propia

En la Figura 10, se representa el flujograma del prototipado de la camiseta, donde se visualiza sistemáticamente cada etapa del proceso, desde el diseño del prototipo hasta la evaluación de la monitorización, en función de la interconexión y dependencia entre las etapas del proyecto.

Figura 10

Flujograma general de prototipado de camiseta



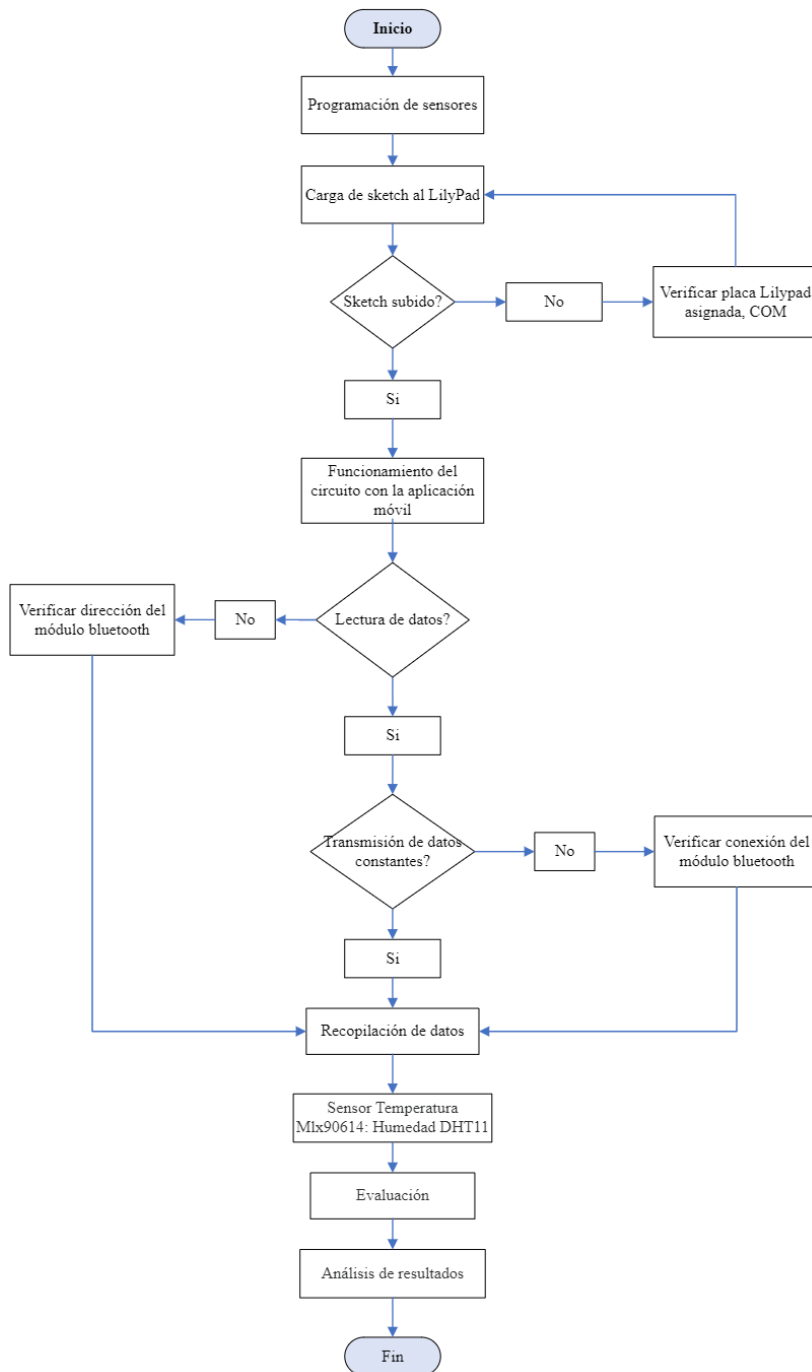
Fuente: Propia

2.4.2 Flujograma muestral funcionamiento de sensores)

En la Figura 11, se presenta el funcionamiento de cada proceso, desde la programación de sensores hasta la sincronización de la aplicación móvil que recaba los datos para su evaluación y análisis de precisión de lectura.

Figura 11

Flujograma muestral de funcionamiento y lectura de sensores.



Fuente: Propia

2.5 Materiales

Para el desarrollo del prototipo, se emplearon los siguientes materiales en consideración con su calidad y precisión:

2.5.1 *Arduino LilyPad USB*

Es una placa de desarrollo diseñada para proyectos de electrónica portátil y wearables (Arduino, 2024). En la **Tabla 9**, se esbozan las principales características de la placa LilyPad USB, tales como voltaje de alimentación, número de pines disponibles, compatibilidad de comunicación y memoria.

Tabla 9

Especificaciones del LilyPad USB

LilyPad USB	Especificaciones técnicas
	3,3V
	ATmega328P (32KB)
	9 pines digitales E/S
	4 entradas analógicas (A0-A11)
	Compatible con I ² C

Fuente: Propia

2.5.2 *Hilo conductor de acero inoxidable*

Es un hilo de acero inoxidable compuesto de fibras cortas (Piñeyro, 2018), lo que se utilizó para la conexión de dispositivos electrónicos integrados en prendas por medio de la costura manual (**Figura 12**). Este hilo conductor tiene las siguientes particularidades:

- Peso aproximado de 60-360 yardas.
- Es lavable.
- Está compuesto de fibras de acero inoxidable.
- Tiene una resistencia de 28 Ohms/ft.

Figura 12

Hilo conductor de acero inoxidable



Fuente: Propia.

2.5.3 Sensores


La selección de sensores precisos y confiables es un aspecto primordial para obtener mediciones confiables y asegurar la utilidad práctica de la camiseta inteligente. Por ello, se optó por integrar dos tipos de sensores para registrar las variables de estudio durante la actividad física, en consideración con las características de cada sensor y la precisión de respuesta. Se tomaron en cuenta factores como la comodidad y tamaño de estos para integrarse en la camiseta, sin limitar el movimiento del individuo en el ejercicio físico.

2.5.3.1 Sensor de temperatura infrarrojo GY-906 Mlx90614.

Este sensor de temperatura es altamente preciso y confiable (**Tabla 10**), con las siguientes características:

Tabla 10

Sensor de temperatura Mlx90614

Mlx90614 BAA	Especificaciones técnicas
	3,3 V-5 V
	-70°C hasta + 380 °C
	± 0,5°C
	Resolución de medición: 0,02°C
	Salida de PWM de 10 bits
	I ² C

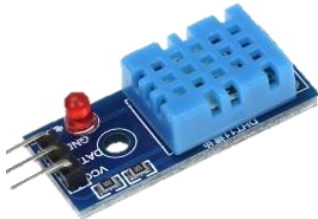
Fuente: Propia.

2.5.3.2 Sensor de Humedad DHT11

De acuerdo con la **Tabla 11**, este sensor posee las siguientes particularidades: alimentación, precisión de los datos de humedad y temperatura, rango de °C y %HR, la interfaz de comunicación utilizada.

Tabla 11

Sensor DHT11

DHT11	Especificaciones técnicas
	3 a 5,5 V
	$\pm 5\%$ HR y $\pm 2^{\circ}\text{C}$
	0 a 50 °C
	20 a 90% HR
	Interfaz de comunicación One wire

Fuente: Propia

2.5.4 Bateria de litio

En la Figura 13, se visualiza el tipo de batería utilizada, la que es útil para proyectos textiles y tiene las siguientes características:

- Voltaje de alimentación: 3,7 V.
- Amperaje: 1000 mAh.
- Batería recargable

Figura 13

Batería de litio



Fuente: Propia.

2.5.5. Módulo Bluetooth

La Figura 14 presenta las características del módulo Bluetooth HC-06, lo que permite establecer conexión del Arduino a un celular de forma inalámbrica, a través de un puerto serial.

- Actúa como esclavo.
- Voltaje de alimentación de 3,3 a 5 DV.
- Corriente de alimentación menor a 40 mA.
- Interfaz de comunicación por puerto serial.
- Compatibilidad con Android.
- Velocidad asincrónica de 2,1 Mbps y sincrónica de 1Mbps.
- Comunicación de alcance de máximo 10 metros.

Figura 14

Módulo Bluetooth HC-06



Fuente: Propia.

2.2 Procedimiento

El proceso de elaboración del prototipo de camiseta considera el uso de plataformas de *hardware* y *software* adecuados, así como la elección del tejido para su elaboración, por lo que se emplearon varios componentes electrónicos adaptables a prendas textiles. A continuación, se detalla el enfoque de las fases de diseño, desde la elaboración de la camiseta hasta el desarrollo del prototipado de la prenda.

2.2.1 Elaboración de la camiseta (tejido)

La camiseta se realizó en un tejido poliéster, por los beneficios que este brinda al individuo, además, es un tejido con propiedades de ligereza y resistencia, por lo que permite

mantener el cuerpo fresco (Anexo 1). La **Tabla 12** describe las características del tejido empleado para la elaboración de la camiseta:

Tabla 12

Características de tejido jersey poliéster

Descripción	Especificaciones técnicas
Tipo de tejido	Jersey
Composición	Pes 100 %
Gramaje	145 g/ m ²
Ancho	1,50 m
Rendimiento	4,5 kg/m

2.2.2 Descripción del proceso

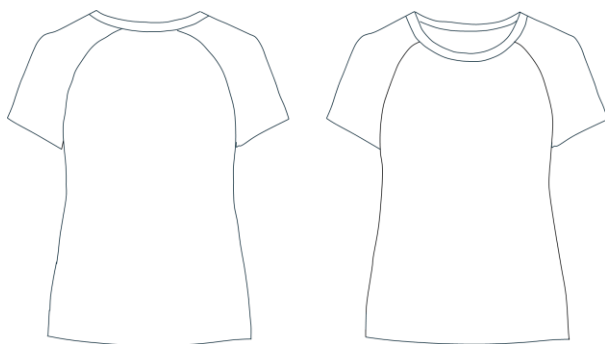
La elaboración de la camiseta se desarrolló en varias fases: diseño, boceto y proceso de ensamblaje.

2.2.2.1 Diseño.

Para el diseño de la prenda, se utilizó el programa Audaces especializado en crear patrones de vestuario, lo que permite un control de cada aspecto del diseño, desde formas hasta líneas de la prenda. En el **Anexo 2**, se visualiza el patrón de camiseta con manga raglán o raglán, asimismo, en la **Figura 15** se observa el modelo simulado completo de la parte anterior y posterior de la camiseta con manga raglán corta:

Figura 15

Camiseta deportiva con cuello redondo y manga raglán corta



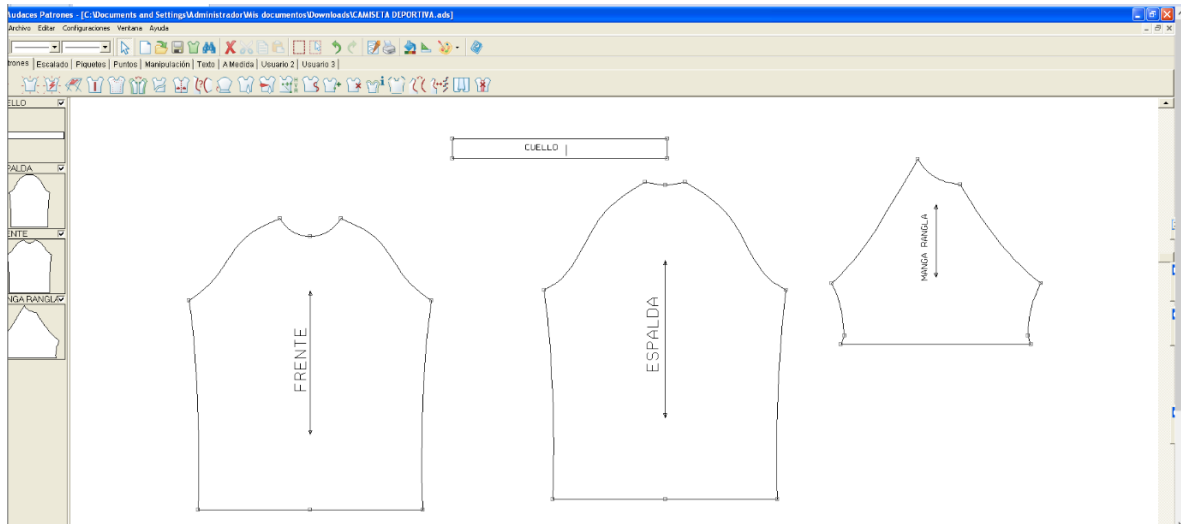
Fuente: Adaptado de (Freepik, 2024).

1.1.1.1 2.2.2.2 Boceto.

El boceto de la camiseta se diseñó con manga tipo raglán (**Figura 16**), en vista de que es un diseño más ergonómico que facilita la libertad de movimiento al ejecutar cualquier actividad física.

Figura 16

Camiseta con manga raglán

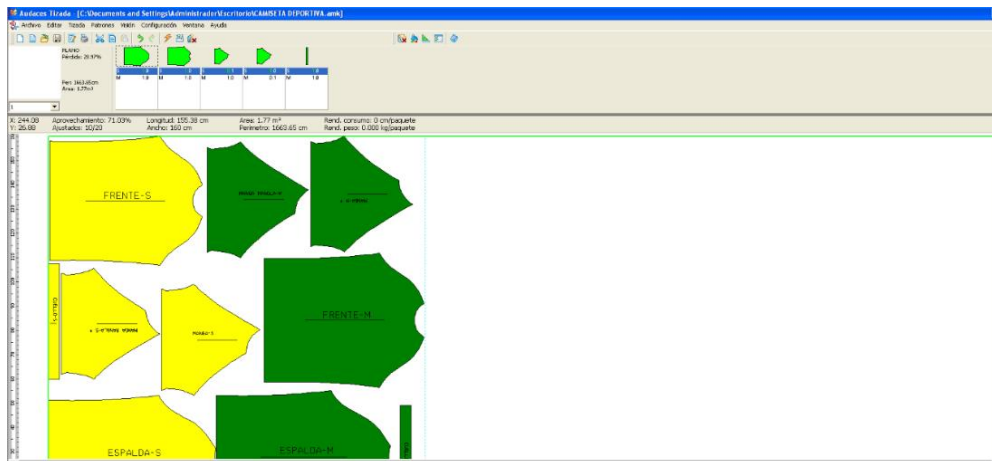


2.2.2.2 Impresión digital del diseño.

Luego de diseñar la camiseta en Audaces Patrones, se procedió al tizado automático en Audaces Tizada (**Figura 17**), lo que permitió visualizar el porcentaje de aprovechamiento y pérdida de la materia prima, con el fin de optimizar el espacio de la tela para minimizar el desperdicio.

Figura 17

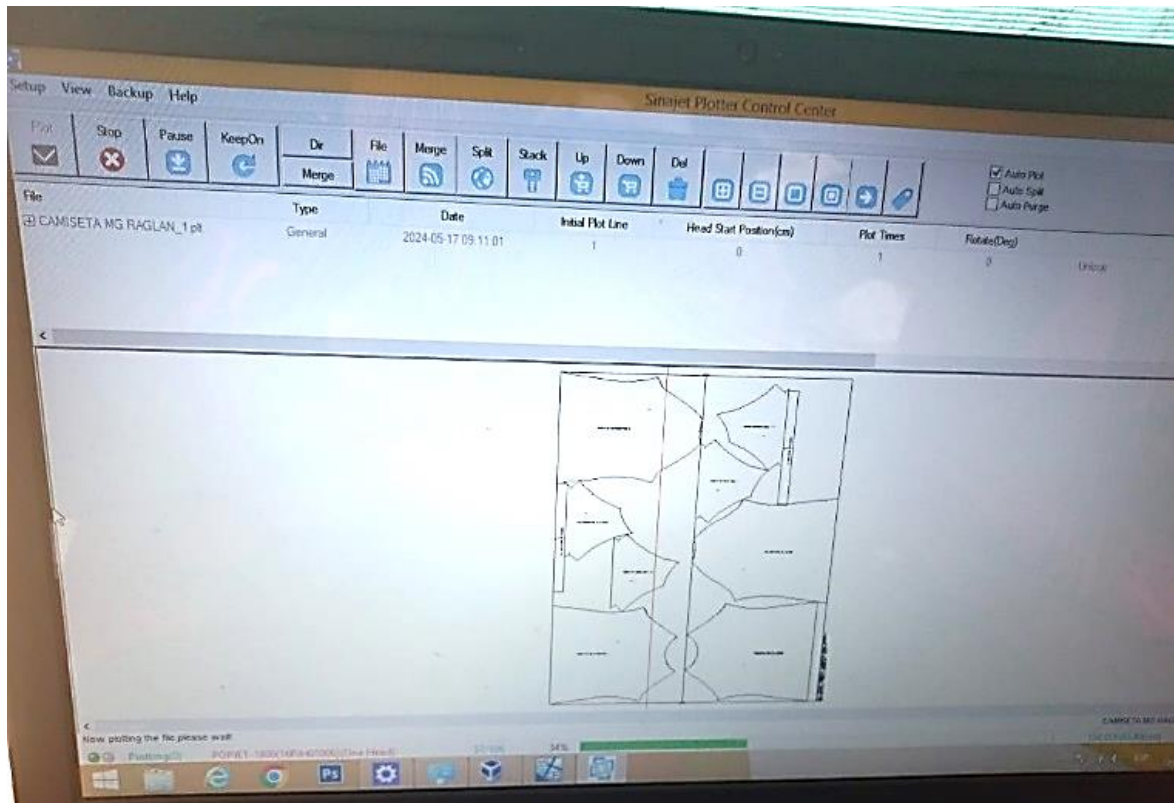
Tizado de la prenda



Posteriormente, el modelo se exportó en formato PDF para la impresión en plotter, para lo que se utilizó Sinajet Plotter Control Center.

Figura 18

Impresión del patrón

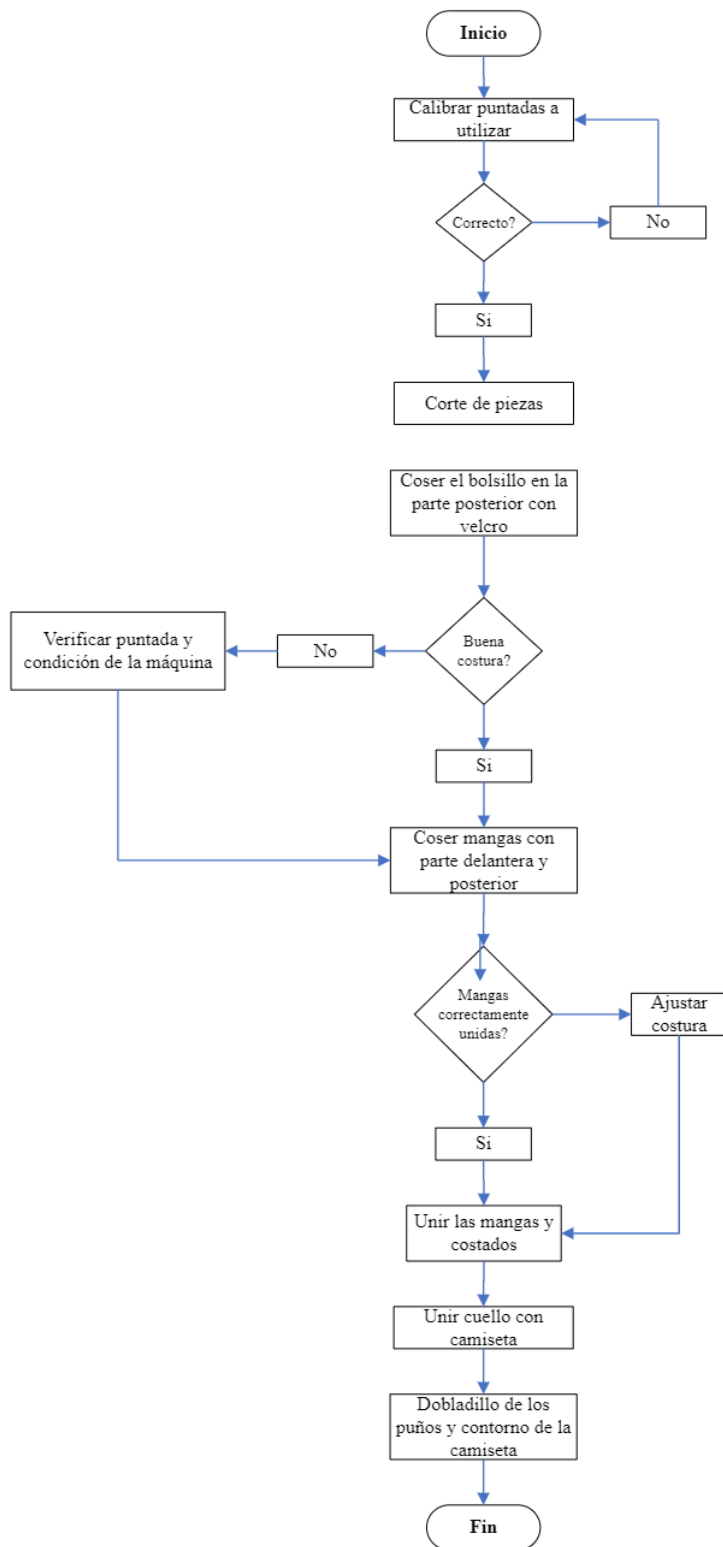


2.2.2.3 Proceso de ensamblaje

En la **Figura 19**, se detalla el proceso de ensamblaje de la camiseta, igualmente, en el **Anexo 7** se expone el resultado de la prenda.

Figura 19

Flujograma de proceso de ensamblaje de camiseta



Fuente: Propia.

Para la elaboración de la camiseta, se empleó la máquina *overlock* y *recubridora*, así como la ficha técnica del tejido, asimismo se sugiere utilizar la aguja FFG/SES; 75/11 con puntada de 12 para este tipo de tejido.

2.2.3 *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. De esta manera, la parte electrónica se desarrolló de la siguiente forma:

2.2.3.1 Selección de componentes.

En esta fase, se establecieron las bases del estudio con las especificaciones clave y los componentes fundamentales. Esto incluyó los siguientes aspectos:

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

2.2.1.1 Programación.

En esta fase, la programación se desarrolló en la plataforma de Arduino IDE, con los siguientes pasos para la programación de sensores:

- Programar el Arduino para verificar su funcionamiento: efectuar las conexiones en el protoboard del Arduino, uno con cada sensor e instalar las librerías y verificar que las lecturas sean precisas. Para la programación, se emplearon cuatro librerías: sensor de temperatura MLX90614 se instaló la librería Adafruit_MLX90614, para el sensor de humedad la librería DHT y dos librerías, Adafruit BuSIO y Unified sensor (**Figura 20** y **Figura**).

Figura 20

Código de programación de sensor MLX90614

```
1  #include <Wire.h>
2  #include <Adafruit_MLX90614.h>
3  #include <DHT.h>
4  #define DHTPIN 2
5  #define DHTTYPE DHT11
6  DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
7  Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();
8
9  void setup() {
10     Serial.begin(9600);
11     dht.begin();
12     mlx.begin();
13 }
14
```

Fuente: (Arduino IDE, 2024).

Figura 21

Código de programación de sensor DHT

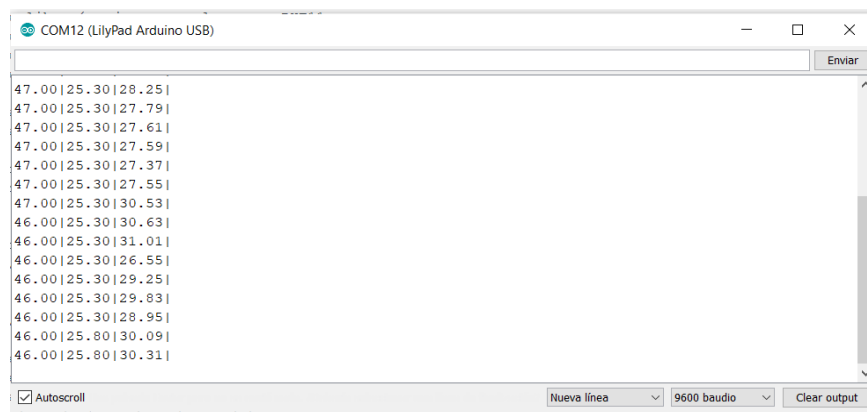
```
15 void loop() {
16     delay(5000);
17     // Leemos la humedad relativa
18     float h = dht.readHumidity();
19     // Leemos la temperatura en grados centígrados (por defecto)
20     float t = dht.readTemperature();
21
22     //sensor gy906
23     float h_gy906=mlx.readAmbientTempC();
24     float objeto=mlx.readObjectTempC();
25     Serial.print(h);
26     Serial.print("|");
27     Serial.print(t);
28     Serial.print("|");
29     Serial.print(objeto);
30     Serial.print("|");
31     Serial.print("\n");
32 }
33 }
```

Fuente: (Arduino IDE, 2024).

- Luego de ello, se almacenó y se guardó el código en la plataforma Arduino IDE
- Se realizó el circuito inicial de funcionamiento con los siguientes componentes: Arduino Uno, módulo *bluetooth*, sensores, cables de conexión en el *protoboard* para verificar el funcionamiento de esta en la plataforma (**Figura 22**). En el **Anexo 3**, se visualiza el circuito de conexión; cabe añadir que, para habilitar la transmisión inalámbrica de datos a dispositivos externos, se incorporó un módulo *bluetooth* que permite la comunicación con el *smarthphone*.

Figura 22

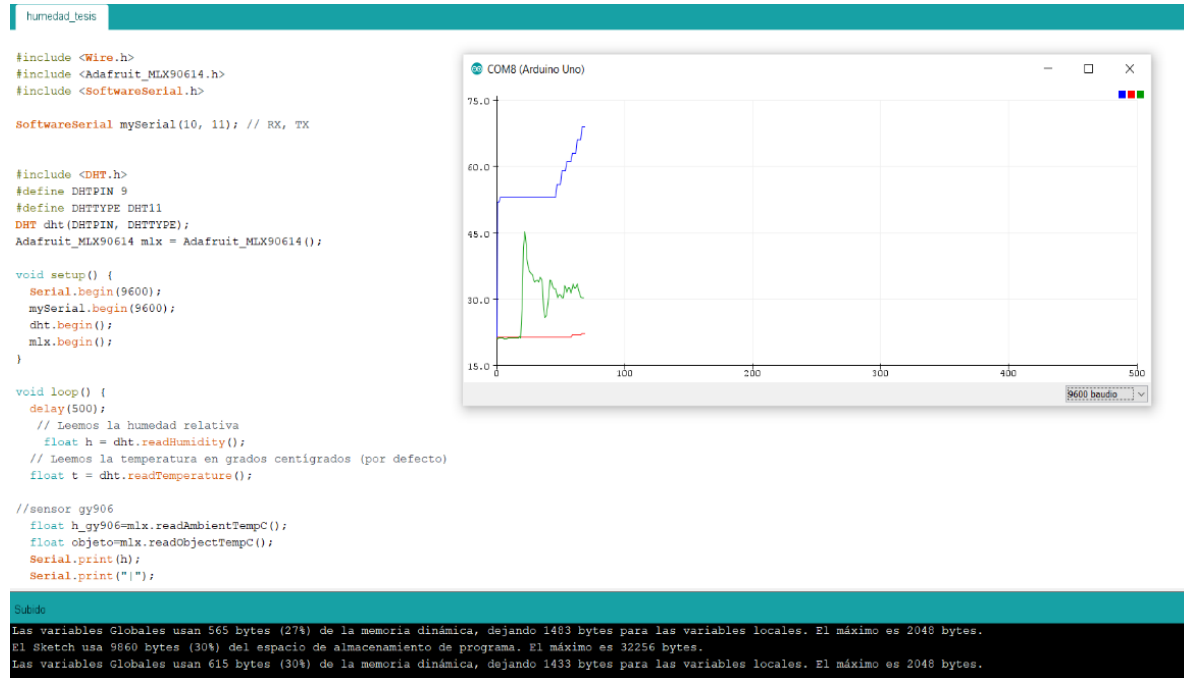
Funcionamiento de circuito en monitor serial



Fuente: Propia

Figura 23

Serial plotter



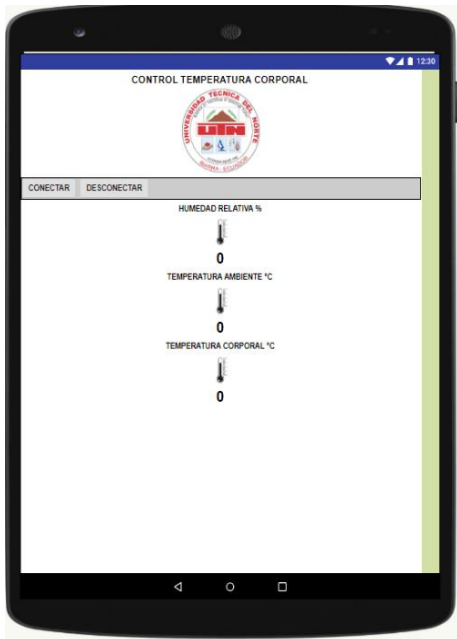
2.2.1.2 Desarrollo del sistema de control.

Esta etapa implicó la implementación de la tecnología de comunicación, con el propósito de lograr un monitoreo preciso y la transmisión efectiva de datos a dispositivos externos. Por lo tanto, para la culminación de esta fase, se consideraron los siguientes pasos:

- Se desarrolló la aplicación móvil en *app Inventor* (**Figura 24**) para la interacción entre individuo y *hardware*. Esta aplicación cumplió con dos funciones: recepción de datos que provienen del sistema wearable y visualizar los datos receptados por el usuario.
- La frecuencia de recepción de datos de los sensores es de 500 Hz para conocer el ascenso y descenso de las variables en la actividad física en tiempo real.

Figura 24

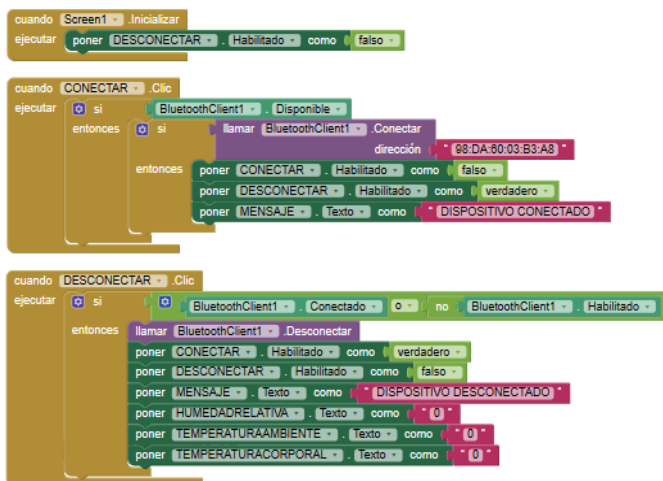
Aplicación móvil



- En la **Figura 25**, se visualiza el sistema de bloques de control para activar la conexión de MIT App inventor con Arduino y el módulo *bluetooth* HC-05.

Figura 25

Bloques de integración de conexión y desconexión del módulo bluetooth

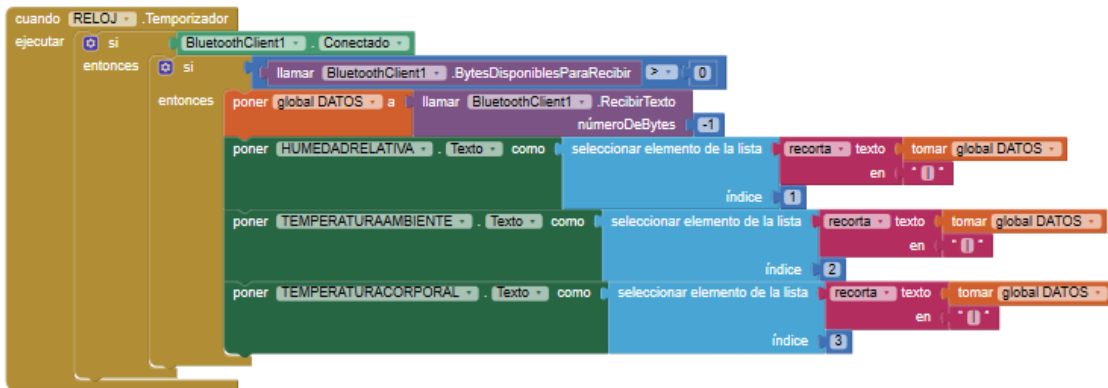


Fuente: Propia

- En la **Figura 26**, se detalla la integración del temporizador para la recepción y transmisión de datos con una frecuencia de 500 Hz.

Figura 26

Bloque de temporización



Fuente: Propia

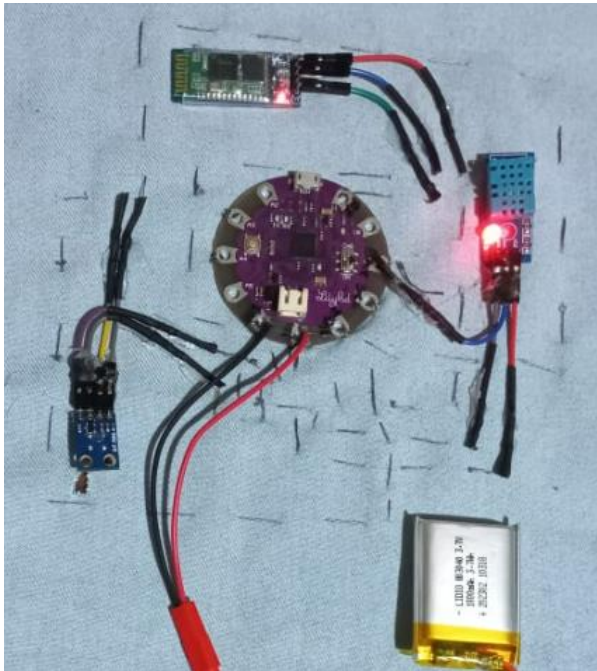
1.1.1.2 2.2.3.4 Diseño del prototipo.

Esta fase implicó la materialización del diseño con la integración de los sensores que garanticen la comodidad en la actividad física. Por ello, el diseño o construcción del prototipo se desarrolló de la siguiente manera:

- Verificar la conexión del LilyPad USB en la plataforma Arduino y subir el *sketch* a la misma (**Anexo 5**).
- Se realizó la conexión de los componentes electrónicos como sensores con hilo conductor de acero inoxidable, por medio de la costura manual (**Figura 27**) a cada una de las líneas del circuito que conecten los componentes al LilyPad a los pines correspondientes, con el fin de que se fijen los sensores en partes estratégicas (**Anexo 8**).
- Se integró un soporte de batería de litio de 3,7 V para la alimentación de los componentes electrónicos de la camiseta; este circuito fue colocado dentro del prototipo (camiseta) en un bolsillo para que no cause incomodidad al individuo, lo que está ubicado en la parte posterior del tórax (vertebras torácicas iniciales T1 hasta T5).

Figura 27

Costura de lilypad con sensores



Fuente: Propia.

2.3 Norma ISO 25010

La norma ISO (2022) define este modelo como un conjunto de requisitos y criterios de evaluación para medir la calidad de los productos de *software* mediante requisitos que se clasifican en ocho atributos clave:

- Funcionalidad: capacidad de satisfacer las necesidades del usuario.
- Fiabilidad: capacidad de mantener el nivel de rendimiento en condiciones de uso normal.
- Usabilidad: los usuarios pueden comprender y aprender fácilmente el producto a utilizar.
- Eficiencia: utilizar de manera óptima los recursos para obtener resultados favorables.
- Mantenibilidad: capacidad de cambiar, modificar o mejorar el producto.
- Portabilidad: transferir y utilizarse en varios entornos.
- Seguridad: protección de información y recursos del sistema.
- Compatibilidad: interacción con otros sistemas o componentes.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Resultados

Una vez aplicados los instrumentos de recolección de la información, se procedió a realizar el tratamiento correspondiente para el análisis de los mismos. Este proceso permite obtener resultados que orienten las conclusiones de la investigación y muestren patrones relevantes en los datos recopilados. En este estudio se seleccionó una población de jóvenes con edades comprendidas entre los 12 y los 27 años para monitorear parámetros físicos mediante camisetas inteligentes que integran sensores de humedad y temperatura corporal. A continuación, en la **Tabla 13** se presentan los resultados preliminares del análisis:

Tabla 13

Características de la población

CÉDULA	NOMBRES APELLIDOS	FECHA NACIMIENTO	ESTATURA (CM)	PESO (KG)	POSICIÓN
1005177744	Lander Iñaki Jaya Nastacuaz	22/04/2009	157	55	Delantero
1755694666	Oscar David Cushcagua Cepeda	21/07/2007	162	60	Delantero
1005072408	Lenin Orlando Muenala Yamberla	16/09/2006	165	64	Delantero
1004345128	José Luis Tituaña Picuasi	10/08/2007	168	65	Delantero
1005031388	Camila Nohemi Lara Vaca	22/03/2012	156	53	Base
0450213996	Kamilla Desyre Garrido Urresta	11/07/2011	165	60	Alero
1005154024	Danna Valentina Yamuca Mejia	14/01/2012	165	58	Ala pívot
1005093594	Romina Sophie Idrovo Puga	01/03/2012	170	65	Pívot
1005184948	Inty Mateo Cachimuel Morán	02/11/2003	170	71	Colocador
1005114754	Dennis Isauro Picuasi Tamayo	11/12/2004	165	66	Colocador
1004371041	Jimmy Wilson Guaján Ramos	15/09/1997	157	54	Colocador
1005104052	Adonis Sebastián Ipiales Guitarra	22/07/1999	168	67	Colocador

3.1.1 Análisis de resultados por deporte

En esta sección se interpreta los datos recopilados de los doce sujetos de prueba durante las actividades realizadas según el deporte, esto permite comprender la tendencia y patrón de las variables: humedad y temperatura corporal durante los ejercicios físicos, así como, adicional la temperatura ambiente para comprender la influencia en el comportamiento corporal.

a) Fútbol

La Tabla 14 presenta los resultados de las mediciones realizadas en los individuos, durante la ejecución de la actividad en un período de 30 minutos, repartidos en tres momentos claves (inicio, durante y final), así como la diferencia entre los valores al inicio y final del ejercicio, con el fin de conocer el incremento de la temperatura y humedad del individuo. A continuación, se presenta de manera detallada los resultados obtenidos:

Tabla 14

Datos recopilados de la humedad y temperatura corporal en el fútbol

Variable	N.º	Inicio	Durante	Final	Diferencia (Fi-In)	Promedio
Temperatura corporal °C	I01	33,83	35,47	36,87	3,04	2,535
	I02	34,13	35,59	37,11	2,98	
	I03	34,45	35,37	36,25	1,8	
	I04	33,69	35,13	36,01	2,32	
Humedad %	I01	59,00	82,00	85,00	26,00	35,75
	I02	45,00	80,00	86,00	41,00	
	I03	43,00	72,00	77,00	34,00	
	I04	46,00	78,00	88,00	42,00	

Nota: La mayoría de los individuos son del género masculino. La temperatura normal de la piel es alrededor de 33 °C. En este caso la humedad relativa (%) se relaciona con el nivel de sudoración del cuerpo humano.

De acuerdo con la **Tabla 14** el jugador I02 presenta el aumento más relevante, con un incremento de 2,98 °C pasando de 34,13 °C al inicio o en estado de reposo hasta 37,11 °C (Anexo 14) al final de la actividad. Este notable incremento se debe a la intensidad del esfuerzo físico, la eficiencia del sistema termorregulador y la condición física del individuo.

Seguidamente, el jugador I04 muestra un aumento más moderado de 2,32 °C (Anexo 16), mientras I03 tuvo el menor incremento de 1,8 °C (Anexo 15), que refleja una mayor eficacia en la disipación del calor.

Por otra parte, la humedad en dicho caso refleja el nivel de sudoración de cada individuo durante la actividad. Un valor de 88% indica una intensa actividad sudorípara. Por ejemplo, el jugador I04, muestra una alta tasa de sudoración con un aumento del 46% hasta 88% (Anexo 16), que hace alusión a la respuesta natural del cuerpo para regular la temperatura interna.

b) Básquet

La Tabla 15 presenta los resultados de las mediciones realizadas de los individuos en el básquet. A continuación, se presenta de manera detallada los resultados obtenidos de dicho deporte:

Tabla 15

Datos recopilados de la humedad y temperatura corporal en el básquet

Variable	N.º	Inicio	Durante	Final	Diferencia (Fi-In)	Promedio
Temperatura corporal °C	I05	35,25	36,17	36,45	1,2	1,535
	I06	35,01	36,58	37,01	2	
	I07	35,49	36,23	36,55	1,06	
	I08	35,05	36,29	36,93	1,88	
Humedad %	I05	65,00	77,00	85,00	20,00	24,25
	I06	61,00	74,00	83,00	22,00	
	I07	60,00	76,00	88,00	28,00	
	I08	59,00	79,00	86,00	27,00	

Nota: La mayoría de los individuos son del género femenino. La temperatura normal de la piel es alrededor de 33 °C. En este caso la humedad relativa (%) se relaciona con el nivel de sudoración del cuerpo humano.

En la Tabla 15 se puede observar que el sujeto I05 presenta un incremento de 1,2 °C entre el inicio y el término de la actividad, en contraste, los individuos I06, I07 e I08 exhiben progresos similares con variaciones de 2 °C, 1.06 °C y 1,88 °C, respectivamente. Estos aumentos evidencian una reacción fisiológica normal ante la actividad física, en la que la temperatura corporal se eleva a causa del esfuerzo realizado. La media de las variaciones de

esta variable es de cerca de 1.535 °C, lo que indica que, por lo general, todos los participantes presentan un incremento moderado y constante en su temperatura interna conforme progresan en el ejercicio.

Respecto a la humedad, todos los sujetos en su mayoría mujeres evidencian un incremento considerable en la transpiración durante el ejercicio. El sujeto I05 presenta un salto del 20% entre el comienzo y el término de la actividad, en comparación, los individuos I06, I07 e I08 sufren fluctuaciones del 22%, 28% y 27% respectivamente. Este patrón señala que la humedad se incrementa gradualmente a medida que se ejecuta el ejercicio, lo cual es una evidencia de la reacción del organismo ante el esfuerzo físico y el ascenso de la temperatura corporal. El promedio de las variaciones de la variable es de 24,25%, lo que muestra que, en general, los participantes perciben un aumento relevante en la sudoración, siendo este incremento más relevante en individuos como I07.

c) Voleibol

La Tabla 16 presenta los resultados de las mediciones realizadas de los individuos en el voleibol, en un lapso de tiempo de 30 minutos. A continuación, se presenta de manera detallada los resultados obtenidos de dicho deporte:

Tabla 16

Datos recopilados de la humedad y temperatura corporal en el voleibol

Variable	N.º	Inicio	Durante	Final	Diferencia (Fi-In)	Promedio
Temperatura corporal °C	I09	33,87	35,47	36,89	3,02	2,59
	I10	34,07	35,81	37,55	3,48	
	I11	33,83	35,51	35,61	1,78	
	I12	33,99	35,01	36,07	2,08	
Humedad %	I09	53,00	87,00	91,00	38,00	42,00
	I10	58,00	90,00	98,00	40,00	
	I11	46,00	88,00	89,00	43,00	
	I12	45,00	88,00	92,00	47,00	

Nota: La mayoría de los individuos son del género masculino. La temperatura normal de la piel es alrededor de 33-35 °C. En este caso la humedad relativa (%) se relaciona con el nivel de sudoración del cuerpo humano.

La Tabla 16 muestra los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en un partido de voleibol en su mayoría del género masculino, en el que todos los participantes experimentan un ascenso en la temperatura al inicio y al final del partido. El jugador I09 presenta un aumento de 3.02 °C, variando entre 33.87 °C y 36.89 °C (*Anexo 17*), por su parte el jugador I10 muestra un incremento más alto con una variación de 3.48 °C (*Anexo 18*), lo que señala una elevada actividad física relacionada con factores como la intensidad y el ritmo de juego.

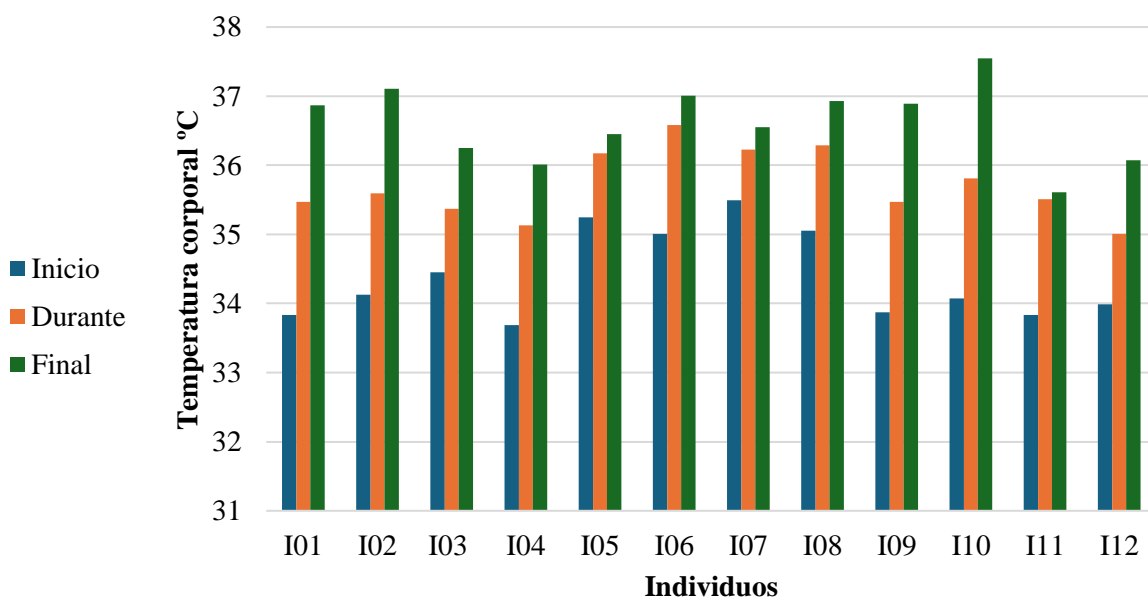
Por otra parte, la humedad tuvo un aumento promedio del 42% debido a la naturaleza del deporte, que comprende movimiento rápidos y saltos consecuentes. Estas actividades incrementan la producción de sudor, un factor esencial para prevenir el sobrecalentamiento corporal. Por ejemplo, I11 inicia con un 46%, que se eleva al 88% durante el juego y escasamente al 89% (*Anexo 19*) al concluir el partido.

3.1.2 Interpretación de resultados

En esta sección, se interpretará los resultados obtenidos de cada individuo por variable: humedad y temperatura corporal.

Figura 28

Temperatura corporal de los sujetos en los diferentes deportes



La Figura 28 muestra las variaciones de la temperatura corporal de distintos individuos en los diferentes tiempos: antes, durante y al final de la práctica de diferentes deportes: Fútbol (I01-I04), básquet (I05-I08) y voleibol (I09-I12). En los sujetos que practican fútbol, en su

mayoría son masculinos, se observa un aumento gradual en la temperatura desde el comienzo hasta el término de la actividad, la mayoría en posición de delantero. Desde el principio, las temperaturas oscilan entre 33,83 °C (I011) y 34,45°C (I03), lo que indica un estado de reposo previo al ejercicio. Por consiguiente, durante la actividad los niveles de esta variable se elevan desde 35,13 °C (I04) hasta 35,59 °C (I02), evidenciando la actividad metabólica generada por la actividad física. Seguidamente, al concluir la práctica, la temperatura se eleva a un punto más alto, oscilando entre los 36,01 °C (I04) y 37,11 °C (I02), que evidencia el efecto acumulativo del calor producido por la intensidad moderada a elevada del deporte. Además, debido a que la mayor parte de los sujetos ocupaban la posición de delantero, el esfuerzo continuo como sprints, cambios de dirección y remates a la portería provoca un incremento gradual del calor corporal.

En el básquet, los sujetos en su mayoría del género femenino inician con temperaturas elevadas (35,01 °C a 35,49 °C), lo que se atribuye a un calentamiento previo o a una condición basal más activa. En el transcurso de la práctica del deporte, las temperaturas incrementan gradualmente desde 36,17 °C a 36,58 °C, llegando a valores finales entre 36,45 °C y 37,01 °C. Estas fluctuaciones reflejan la intensidad física del básquetbol, en el que los individuos alternan movimientos rápidos como sprints, saltos, cambios de dirección para hacer pases y pausas breves. Los sujetos que presentan posiciones como alero (I05) y pívot (I08) tienen incrementos finales más altos debido a su continua participación en actividades ofensivas y defensivas intensas, por el contrario, la base (I05), desempeña un papel más estratégico, por lo que muestra un aumento de temperatura más moderado y homogéneo.

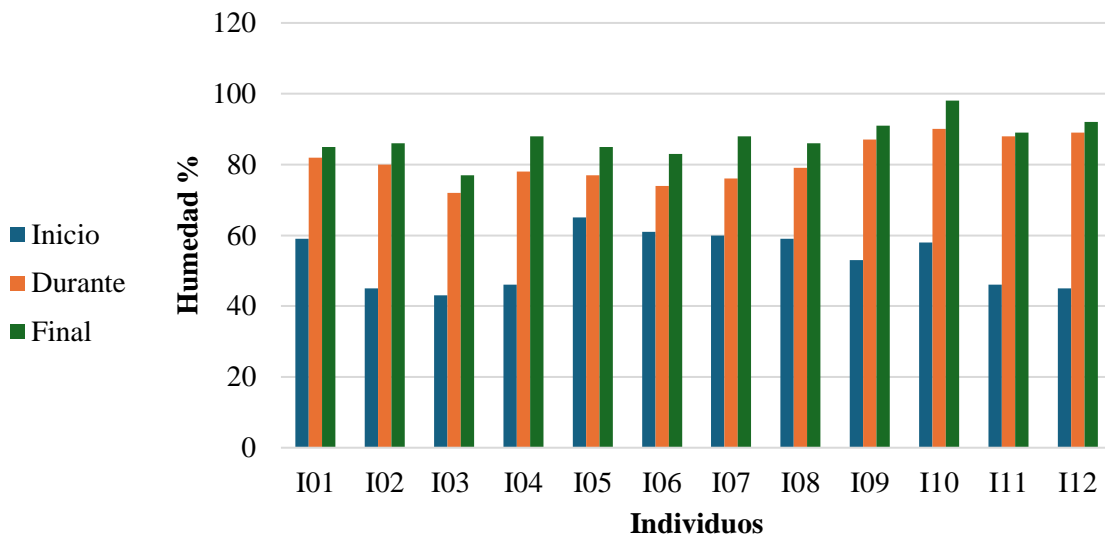
Por consiguiente, en el caso del voleibol los individuos (109-112) en su mayoría en la posición de colocador, también muestran un aumento progresivo en la temperatura. Desde el comienzo, los valores de esta variable varían entre 33,83 °C (I11) y 34,07 (I10) que indica un estado de reposo, seguidamente, en el transcurso de la actividad, la temperatura se incrementa desde 35,01 (I12) hasta 35,81 °C (I10), y al finalizar la práctica, alcanzan valores de 35,61 °C (I11) y 37,55 C (10), esto es debido al impacto del ejercicio en el sistema termorregulador, similar al fútbol o el nivel de exigencia, así como la posición del jugador como colocador desempeña un papel importante en la distribución del juego, a través de movimientos continuos para posicionarse bajo el balón y ejecutar toques precisos.

El incremento progresivo de la temperatura corporal es una reacción fisiológica esperada durante la actividad física, debido a que la contracción muscular y el metabolismo

producen calor como subproducto. La regulación térmica a través de la sudoración y el flujo sanguíneo ayudan a mantener el equilibrio corporal, a pesar que las temperaturas finales pueden variar ligeramente por factores como intensidad del ejercicio y la capacidad de termorregulación (Picón, Alejandro Orozco and Molina, Javier, Franky, 2020).

Figura 29

Humedad de los sujetos en los diferentes deportes



En la Figura 29 se muestra el nivel de humedad de los sujetos ante la práctica de diferentes deportes: fútbol (I01-I04), básquet (I05-I08) y voleibol (I09-I12). Las mediciones se realizaron con el sensor DHT11 integrado en una camiseta de poliéster colocado en la parte posterior de la misma. En el caso del fútbol, se utilizó dos capas de camiseta (prenda con sensores y del equipo), ya que se trataba de un campeonato escolar, por lo tanto, los valores de humedad pueden variar ligeramente. Por consiguiente, hay que hacer hincapié que los participantes tenían la posición de delantero. Al inicio los valores de humedad oscilan entre 43% (I03) y 59% (I01) haciendo alusión a poca acumulación de sudor antes de comenzar la actividad. En el transcurso del ejercicio, los niveles de sudoración incrementan considerablemente, alcanzando picos de 72% (I03) y 82% (I01), debido al esfuerzo físico y las actividades del deporte como sprints y cambios de dirección constantes, que demanda un rendimiento metabólico alto, activando mecanismos de sudoración para eliminar el calor producido. Finalmente, al concluir la actividad la índices de humedad alcanzan su pico entre rangos de 77% (I03) a 88% (I04), lo que muestra un notable acumulamiento de sudor en la región de la espalda.

Por otra parte, en el básquet, los participantes tienen diferentes roles: Base (I05), alero (I06), ala pívot (I07) y pívot (I08). Todos los sujetos indican un incremento en la humedad desde el inicio con 59% (I08) a 65% (I05) hasta la terminación de la actividad entre 83% (I06) y 88% (I07). Los niveles de sudoración más altos en individuos como pívot y ala pívot reflejan movimientos físicos intensos como rebotes y bloqueos, por el contrario, la base y el alero experimentan aumentos notables debido a su implicación en rápidas transiciones y ofensivas.

En el caso del voleibol, en su mayoría en la posición de colocadores presenta los valores de humedad más alto entre los tres deportes, al inicio los niveles varían alrededor de 45% (I12) y 58 (I11), señalando una acumulación mínima de sudor. Sin embargo, durante el ejercicio, estos valores aumentan significativamente entre 87% (I09) y 90% (I10), que indica una alta producción de sudor. Finalmente, al culminar la actividad sujetos como I10 e I12 experimentan los picos más altos de humedad de hasta 98% y 92% respectivamente, mientras el sujeto I11 alcanza un ligero aumento de 89%, que es debido a la disipación del calor. Este deporte tiene los niveles de humedad más altos debido a que el esfuerzo físico es más intenso que el fútbol y el básquet, así como la posición de colocador requiere mayor esfuerzo con actividades como movimientos rápidos para recibir el balón, saltos, bloqueos, desplazamientos cortos y rápidos, produciendo un esfuerzo anaeróbico significativo que estimula una respuesta de sudoración alta en intervalos cortos.

3.2 Análisis estadístico ANOVA

Al comparar estos datos con la literatura, de acuerdo con Craig (2009) la temperatura de la piel humana varía entre 32 y 35 °C, reflejando un estado de equilibrio térmico, mientras que un aumento gradual durante el ejercicio indica una activación de los mecanismos termorreguladores para disipar el calor producido por el metabolismo. Por lo tanto, las temperaturas iniciales recopiladas en el estudio se encuentran en un rango cercano a los 34-35 °C, indicando el estado de reposo o calentamiento inicial de los jugadores antes de comenzar la actividad intensa, así como las temperaturas finales alcanzadas 36.01–37.11 °C son una respuesta natural del cuerpo para mejorar la eficiencia metabólica y muscular.

Asimismo, el incremento de la humedad durante y después del ejercicio está relacionado con la acumulación de vapor de agua generado por el sudor. El aumento en los valores indica que los participantes produjeron más sudor a medida que sus cuerpos intentaban disipar el calor generado por la actividad física.

a) Humedad/Transpiración

Por consiguiente, la Figura 30 muestra el análisis ANOVA realizado en *Matlab* para analizar los niveles de humedad en tres deportes (fútbol, básquet y voleibol) en tres tiempos distintos (Inicio, durante y final) de la actividad. La variabilidad y el grado de significancia se analiza con el fin de identificar si el tipo de deporte, tiempo durante el ejercicio y la interacción entre ambos factores tienen un efecto significativo sobre los niveles de sudoración de los individuos.

Figura 30

Análisis de varianza de humedad/transpiración

Analysis of Variance					
Source	Sum Sq.	d.f.	Mean Sq.	F	Prob>F
Deporte	306.06	2	153.03	8.36	0.0015
Tiempo	7846.22	2	3923.11	214.2	0
Deporte:Tiempo	586.78	4	146.69	8.01	0.0002
Error	494.5	27	18.31		
Total	9233.56	35			

El resultado del deporte en la humedad/transpiración es significativo, como se evidencia en la sección "Deporte" con un valor $F = 8,36$ y un p-valor de 0.0015 que indica que los distintos deportes producen variaciones significativas en los niveles de humedad o transpiración de los individuos, ya que cada deporte tiene diferentes demandas físicas y metabólicas que afectan el porcentaje de sudoración. Cuánto más pequeño sea el valor p, los resultados del estudio son fiables.

Por consiguiente, en la fila tiempo el valor F es de 214,2 y el p-valor es 0 que destacan diferencias altamente significativas en la humedad en el transcurso de la actividad, es decir esta variable incrementa durante el ejercicio a medida que el cuerpo necesita regular la temperatura.

Finalmente, la interacción entre deporte y tiempo es significativa, con un valor F de 8,01 y un p-valor de 0.0002, que significa que el sudor varía según el deporte a practicar. Esto hace alusión a como diferentes deportes afectan el aumento de humedad durante la actividad física.

b) Temperatura corporal

Por consiguiente, la **Figura 31** indica el análisis ANOVA realizado en *Matlab* para analizar los tres deportes (fútbol, básquet y voleibol) en tres tiempos distintos (Inicio, durante y final) de la actividad. El análisis permite determinar la relación entre el tipo de deporte,

tiempo de actividad y la interacción entre ambos factores tienen un efecto significativo sobre la variable medida.

Figura 31

Análisis ANOVA de la temperatura corporal

Analysis of Variance					
Source	Sum Sq.	d.f.	Mean Sq.	F	Prob>F
Deporte	4,72470556	2	2,362352778	14,7699188	4,64114E-05
Tiempo	29,9605389	2	14,98026944	93,6597468	7,14625E-13
Deporte.Tiempo	1,49584444	4	0,373961111	2,33808231	0,080693261
Error	4,318475	27	0,159943519		
Total	40,4995639	35			

El análisis ANOVA para la temperatura corporal muestra diferencias significativas entre deportes, tiempo y la interacción entre estos factores. En el deporte, el valor F es de 14,76 que indica la diferencia en la temperatura en los diferentes deportes, son grandes en comparación con la variabilidad dentro de cada grupo. Y un p-valor 0, que es extremadamente pequeño que indica las diferencias entre los deportes son estadísticamente significativas. Es decir, la demanda física varía significativamente dependiendo el tipo de deporte afectando la temperatura corporal de los individuos durante la actividad.

Con relación al tiempo, el valor F es de 93,65 que es muy alto, lo que indica mayor diferencia en las temperaturas durante el tiempo transcurrido en la actividad ejecutada. El p-valor es 0, que es relativamente pequeño, lo que quiere decir que la temperatura corporal aumenta significativamente durante el ejercicio a medida que el cuerpo necesita regular la temperatura.

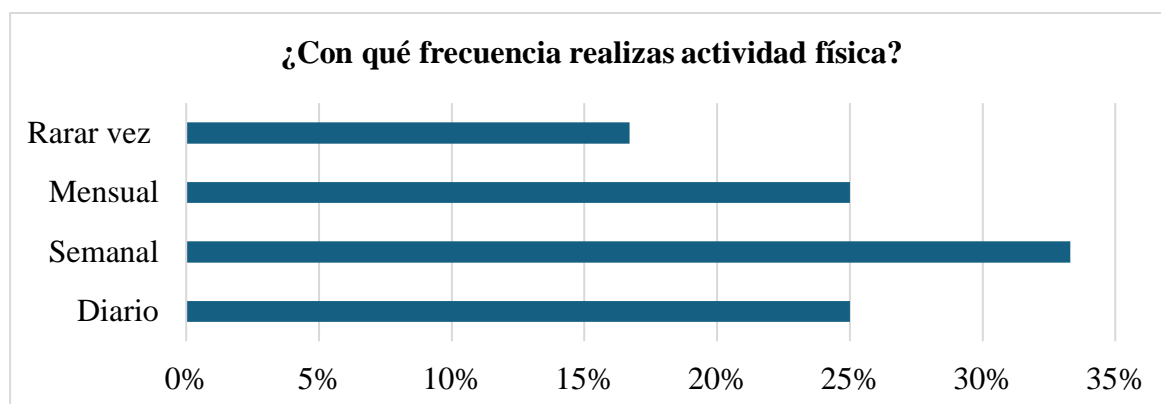
La interacción entre deporte y tiempo tiene un valor significativo, con un valor F de 2,33 y un p-valor de 0.08 que muestra el tipo de deporte y el momento o tiempo de ejecución son independientes.

3.3 Evaluación de camiseta

De acuerdo con la norma ISO 25010 para la evaluación de la camiseta se utilizaron métricas para conocer la perspectiva de los sujetos sobre el prototipo en términos fundamentales: comodidad, funcionalidad, portabilidad, compatibilidad, eficiencia, usabilidad y fiabilidad. Para lo cual, se aplicó encuestas a doce sujetos tomando en consideración los puntos relevantes de la investigación:

Figura 32

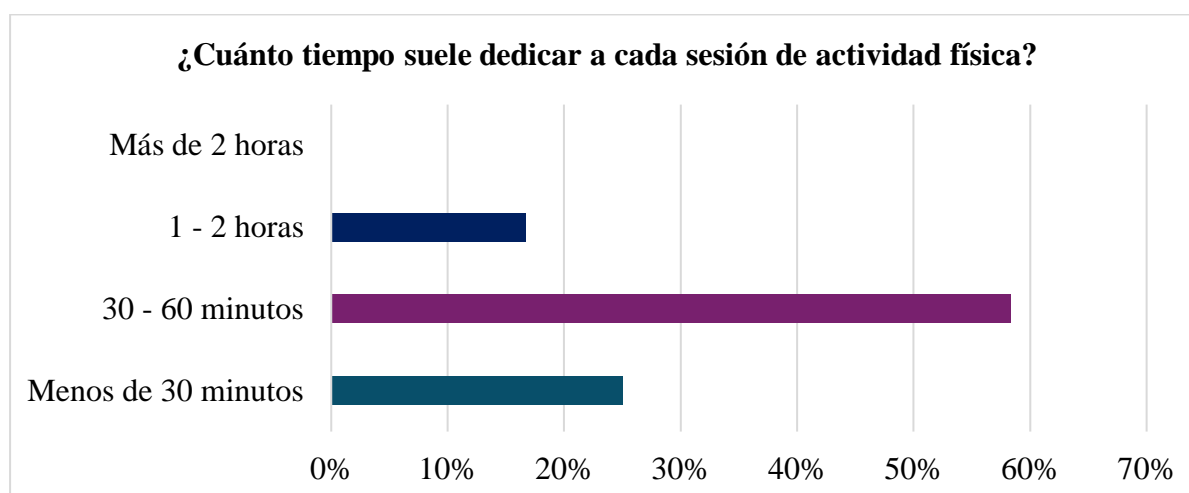
Frecuencia de actividad física



La Figura 32 indica que un 32 % de los encuestados realiza actividad física semanalmente, seguido de un 25 % que lo realiza mensual y diariamente, por el contrario, alrededor de 17 % realiza ejercicio físico rara vez, esto puede ser debido a factores como el tiempo, trabajo, y demás.

Figura 33

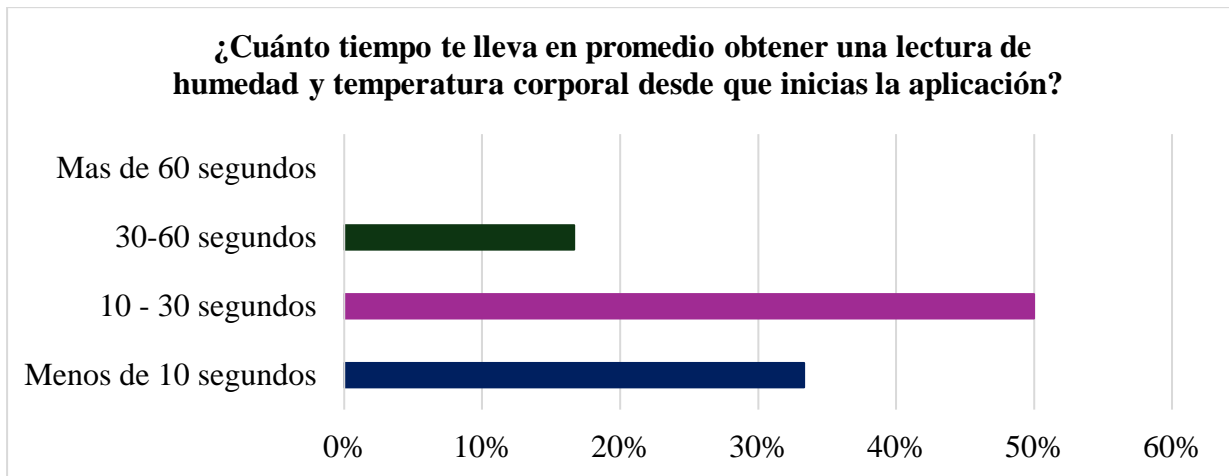
Tiempo de actividad física



En la Figura 33 se visualiza que el 58,3% de los encuestados dedica entre 30 y 60 minutos para la ejecución de la actividad física, lo cual es positivo y se alinea con las recomendaciones de la salud, seguido de un 25%, quienes realizan ejercicios durante al menos 30 minutos, por el contrario, un 16,7% se ejercita entre 1 a 2 horas, estos valores reflejan una tendencia a sesiones de ejercicios con tiempos de ejecución moderadas.

Figura 34

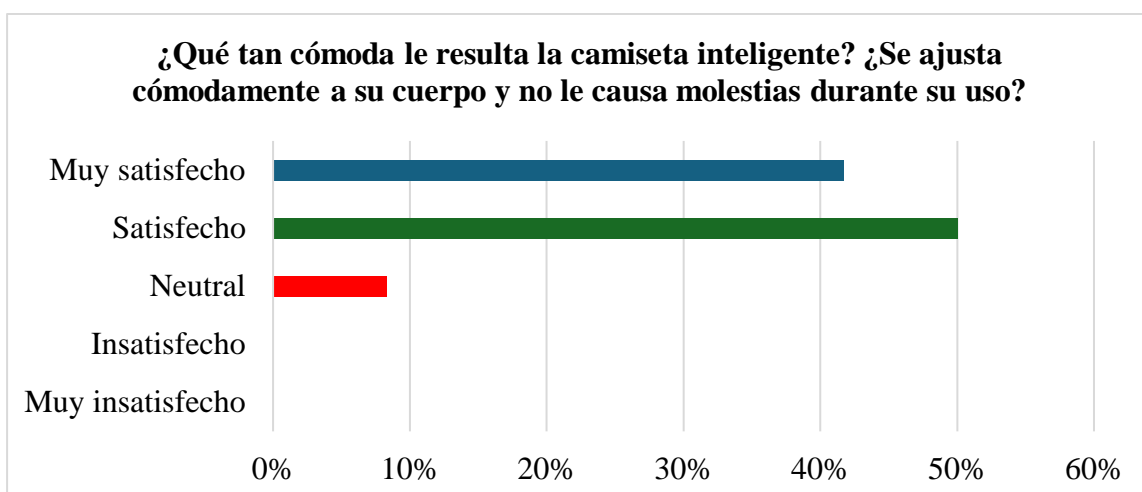
Tiempo de lectura de la aplicación móvil



La Figura 34 muestra que el 50 % de los encuestados logran obtener una lectura de humedad y temperatura corporal en 10-30 segundos desde que inicia la aplicación, lo que indica que el sistema es eficiente para la mayoría de los usuarios, lo cual es una característica positiva para el monitoreo en tiempo real durante la actividad física, mientras un 33,33% de los participantes logran vincularse con la aplicación en menos de 10 segundos, sugiriendo que el sistema puede ser rápido en ciertos casos. Por otro lado, el 16,67% necesitan entre 30 y 60 segundos para obtener la lectura, esto es debido a que el módulo bluetooth tiene interferencias.

Figura 35

Comodidad del prototipo

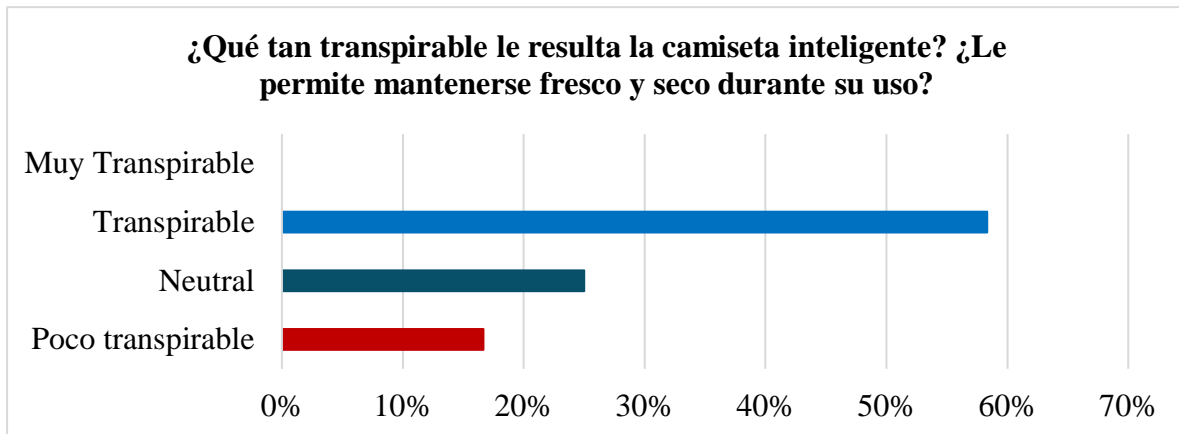


La Figura 35 indica que alrededor del 50 % de los encuestados se siente cómodo con la camiseta, mientras un 41,7% está muy satisfecho, lo que refiere una alta aceptación del

prototipo. Por el contrario, un 8,3% muestra una respuesta neutral. Por lo tanto, la mayoría de los usuarios encuentra que el prototipo se ajusta a la comodidad y no causa molestias durante el uso, destacando la eficacia del diseño en relación con el confort de las personas.

Figura 36

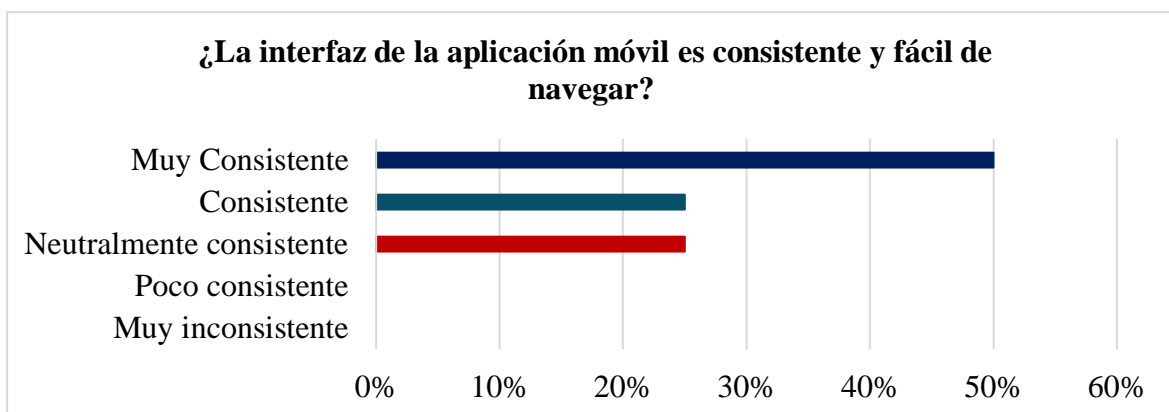
Transpirabilidad del prototipo



En la Figura 36 se visualiza que alrededor de un 58,3% de los usuarios percibe que la camiseta es transpirable, es decir, no sienten adherencia del prototipo durante la actividad física, lo cual produce sudor, por consecuente, este ayuda a mantenerse frescos y secos durante su uso, resaltando su eficiencia en términos de transpirabilidad y comodidad. Por otra parte, un 25% de los participantes, tiene una opinión neutral sobre ello, lo que sugiere que la camiseta no tiene un impacto relevante en su capacidad de mantenerse frescos. Y un 16,67% considera que es poco transpirable, lo que indica que una minoría no se siente satisfecho con la transpirabilidad de la prenda.

Figura 37

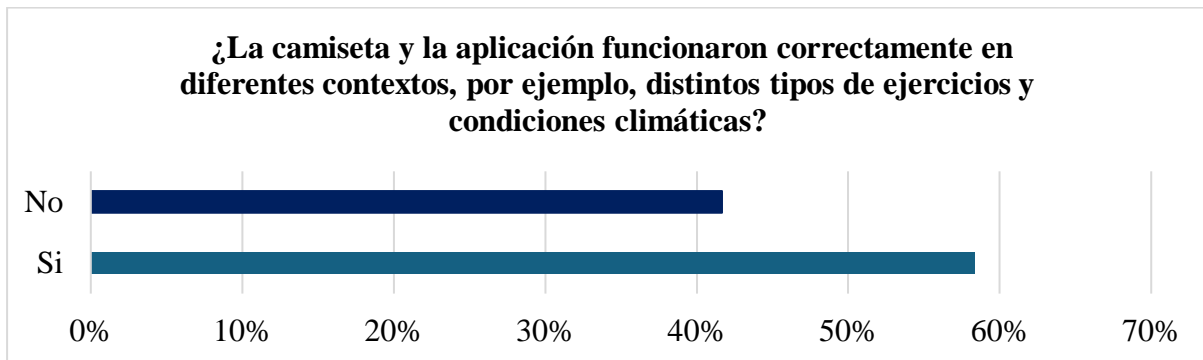
Consistencia de la aplicación móvil



En la Figura 37 se observa que el 50% de los individuos calificaron la interfaz como muy consistente, mientras el 25 % lo encuentra consistente y fácil de navegar, indicando que la aplicación es fluida e intuitiva y diseñada de manera comprensiva. y el otro 25% muestra una opinión neutralmente consistente sugiriendo que la interfaz podría mejorarse. Estos resultados destacan la facilidad y eficiencia de la aplicación.

Figura 38

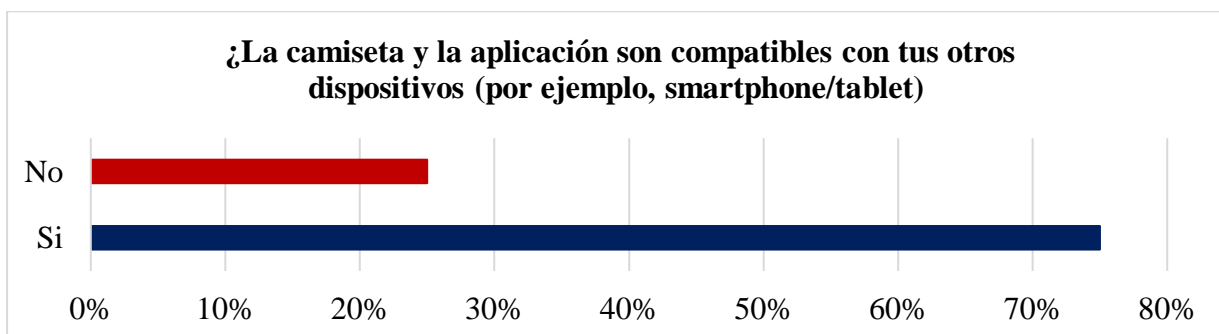
Aplicación del prototipo en diferentes contextos



En la Figura 38 se visualiza que el 58,33% de los encuestados afirma que el prototipo y la aplicación funcionaron correctamente en diferentes contextos, como distintos tipos de ejercicios y condiciones climáticas, por lo tanto, el prototipo es versátil con un rendimiento consistente y satisfactorio en diversas situaciones de uso. Sin embargo, un 41,67% informó que no funcionó correctamente en todos los contextos, sugiriendo que puede haber áreas de mejora para garantizar un desempeño consistente y la necesidad de seguir optimizando el sistema para mejorar su confiabilidad y eficacia.

Figura 39

Compatibilidad de la aplicación móvil

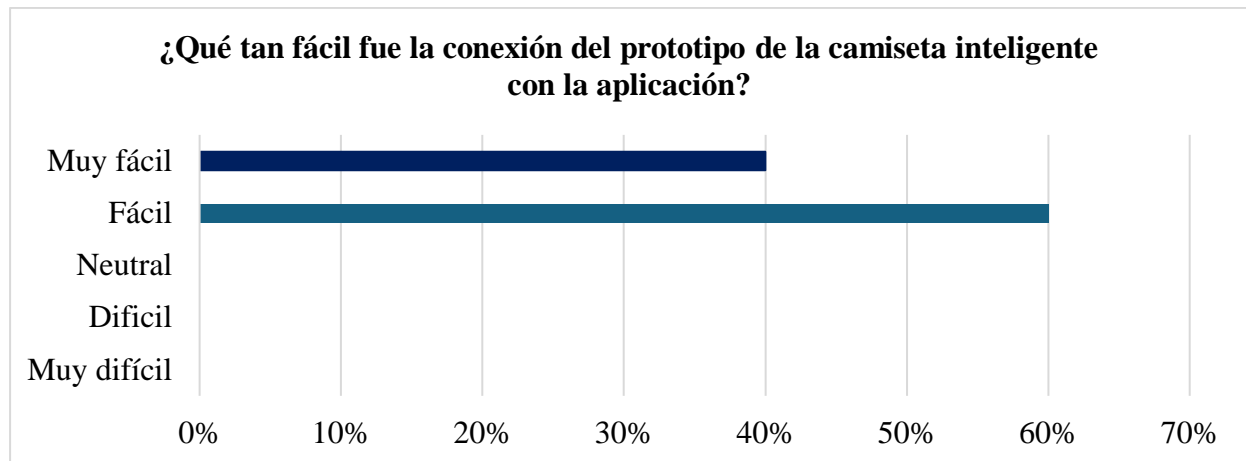


La Figura 39 indica que el 75% de los usuarios confirma que la aplicación es compatible con otros dispositivos, como smartphones y tablets, así pues, permite a los individuos integrarlo

fácilmente en su ecosistema tecnológico, ya sea mediante la APK o por código QR. Mientras el 25% reporto problemas de compatibilidad, debido a las configuraciones de las mismas.

Figura 40

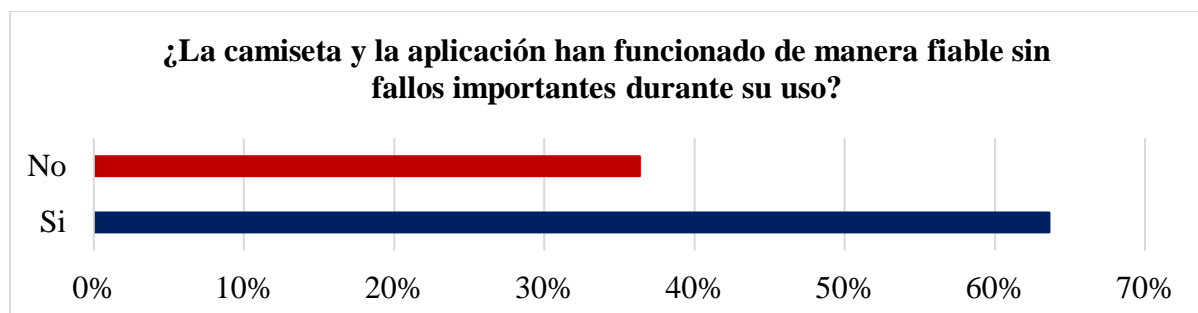
Conexión del prototipo



La Figura 40 muestra que alrededor del 40% de los usuarios encontró muy fácil la conexión del circuito en la camiseta y la aplicación, mientras que el 60% la consideró fácil, por ende, la mayoría de los sujetos no tuvo problemas al conectar ambos componentes, destacando la facilidad de uso en ese aspecto.

Figura 41

Posibilidad de fallos en la aplicación móvil

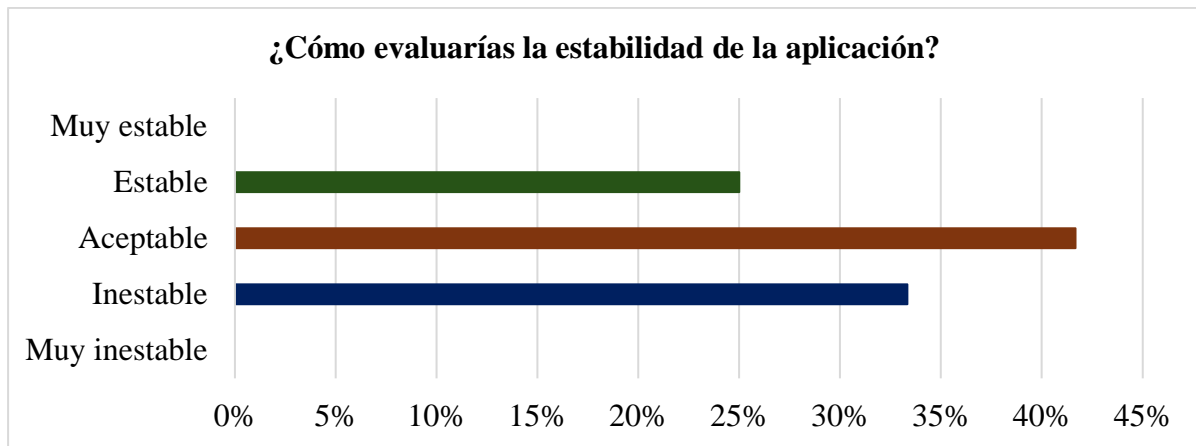


La Figura 41 muestra que un 66,67% de los participante consideran que tanto la camiseta y la aplicación han funcionado de manera fiable sin fallos importantes durante su uso, lo cual indica un alto nivel de satisfacción. Sin embargo, un 33,33 % de los encuestados reportaron que experimentaron fallos, lo que indica que hay un margen de mejorar para asegurar un funcionamiento más fiable y consistente. Hay que recalcar que deportes como el

básquet y voleibol, debido a las actividades como saltos continuos pueden afectar la conexión continua de la aplicación con el circuito.

Figura 42

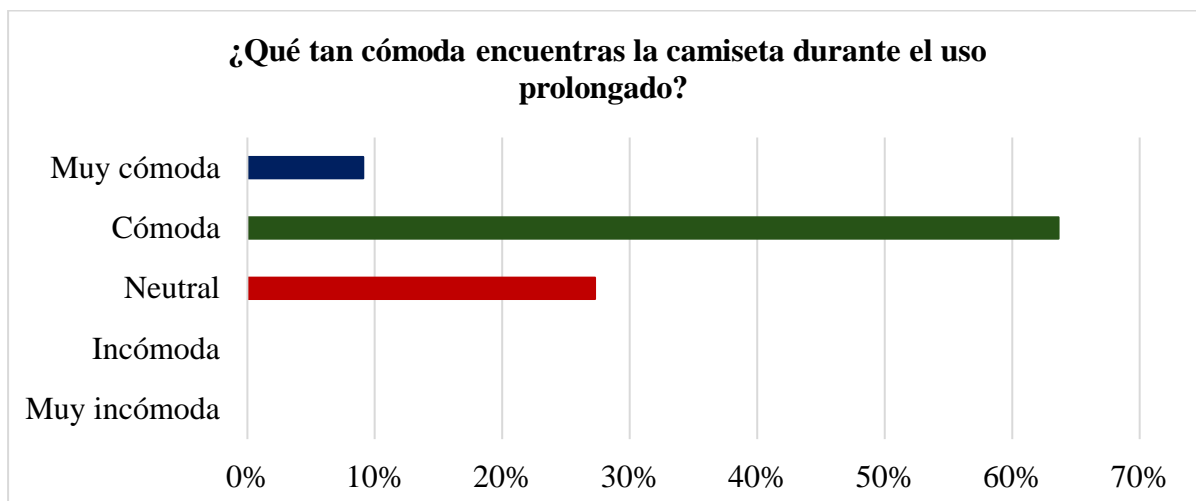
Estabilidad de la aplicación



Con relación a la Figura 42 muestra un 33,33% de los usuarios considera que la aplicación es inestable, lo que hace alusión a que un número considerable de los participantes ha experimentado problemas durante el uso. Sin embargo, el 42% lo califica como aceptable, estable, lo que indica que, si bien hay problemas, no impiden el funcionamiento general del sistema. Un 25% la considera estable, es decir no existe mayor interrupción, problemas o fallo durante la actividad física, por ende, es una respuesta favorable en términos de estabilidad de la aplicación.

Figura 43

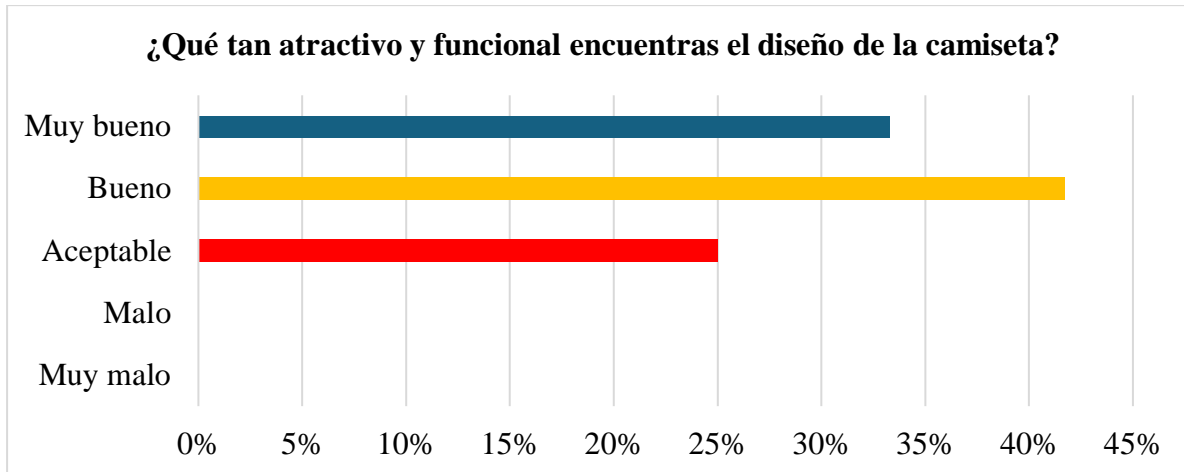
Comodidad del prototipo en el uso



La Figura 43 indica que el 9,09% considera la camiseta “muy cómoda” y otro 63,64% la percibe “cómoda”, lo que da una suma total de 72,73% de opiniones favorables, y el restante de 27,27% tiene una opinión neutral. En general, la mayor parte de los participantes valora positivamente la comodidad del prototipo en el uso prolongado.

Figura 44

Diseño del prototipo



La Figura 44 indica que un 41,7 % de los sujetos considera el diseño “bueno” y un 33,3% lo califica como “muy bueno”, obteniendo un total de 75% de opiniones positivas y un restante del 25% que lo encuentra aceptable, por consecuente, el diseño del prototipo es bien recibido.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Mediante la revisión de la literatura se identificó las principales aplicaciones de textiles inteligentes en el ámbito de la actividad física, así como los beneficios y desafíos que conlleva su implementación. Por tanto, la información recopilada fue fundamental para el diseño de la camiseta inteligente, ya que facilitó la definición de tendencias emergentes en la investigación y desarrollo de textiles que integren tecnología, lo cual es esencial para comprender el contexto y posibilidad de innovación en este ámbito.
- Los sensores de temperatura corporal Mlx90614 y humedad DHT11 fueron seleccionados debido a su precisión, costo, simplicidad y compatibilidad con la placa LilyPad USB, además, su adecuación al tipo de tela utilizada. Para la elaboración de la camiseta se utilizó un tejido jersey 100 % poliéster, porque es especialmente adecuado para deportistas debido a su mayor permeabilidad al vapor de agua y mejor regulación de la temperatura corporal proporcionando un aumento en la capacidad cardiorrespiratoria y rendimiento de los atletas como lo menciona Hassan (2012) en su investigación. Así, como es ideal para integrar los sensores por su flexibilidad y capacidad para adaptarse al cuerpo sin molestias, así como sus propiedades de buena transpiración y mantener el cuerpo fresco, beneficioso para la termorregulación de los individuos durante el ejercicio físico.
- Se desarrolló un prototipo funcional de camiseta inteligente en dos grandes fases: elaboración de la prenda y desarrollo del sistema propuesto. El primero, se divide en tres etapas partiendo desde el diseño inicial de la prenda, boceto y proceso de ensamblaje o confección haciendo uso de las máquinas: recta, overlock y recubridora con el tipo de aguja FFG: SES 75/14 y número de puntada 12, apto para tejidos jersey como poliéster; por consiguiente, la segunda fase parte del diagrama de conexión de los componentes, programación del Arduino que incluye: programación de sensores y configuración del módulo bluetooth para la transmisión de datos. Posterior, se conecta los elementos electrónicos al núcleo del sistema mediante el hilo conductor en un tejido o sistema desmontable a la prenda, aplicando la técnica de costura manual y finalmente, el desarrollo de la aplicación móvil para la transmisión inalámbrica de datos facilitando la visualización de información proporcionada por los sensores en tiempo real.

El proceso implicó desafíos relacionados con la programación, conexión y uso de componentes, pues para desarrollo de la parte electrónica especialmente los sensores, se necesita tener conocimiento de la interfaz de comunicación, funcionamiento, precisión y el tipo de código a utilizar dependiendo del modelo del mismo, para establecer la conexión con el LilyPad. Con relación al microcontrolador, al ser diseñada para proyectos textiles permite integrar fácilmente los componentes en la tela mediante la costura, sin embargo, para la parte electrónica hay que tener conocimiento básico de programación.

- El procesamiento de datos se llevó a cabo mediante el microcontrolador LilyPad que facilita la recepción y transmisión de datos de los sensores a la aplicación móvil, así como también se hace referencia que el poliéster, por su capacidad de generar electricidad estática a través de la fricción al entrar en contacto con la piel, hace posible el funcionamiento del sistema. Según el estudio Qaham et al., (2013), este proceso permite la acumulación de carga negativa, lo que activa y aumenta la sensibilidad de los sensores. Como consecuencia, al acumular carga se proporciona un pequeño voltaje que optimiza la funcionalidad de los componentes.
- Los valores de humedad y temperatura corporal recolectados mediante sensores (mlx90614 y dht11) ha mostrado variaciones significativas en las respuestas fisiológicas de los participantes dependiendo del tipo de deporte y la duración del ejercicio. En el ámbito del fútbol, de acuerdo con la **Tabla 14** se registró un aumento en la temperatura corporal desde 33,83 °C hasta 36,87, así como un incremento en la humedad desde el 59% al 88%. En el básquet, según la **Tabla 15** la temperatura tuvo un ascenso de 35,01 °C a 37,01 °C y la humedad desde el 65% al 88%. Mientras en el voleibol, de acuerdo con la **Tabla 16** hay un progreso de 33,87 °C a 37,55 °C de temperatura, mientras que la sudoración oscilo entre 57% y 98%. Los resultados muestran variaciones significativas en la temperatura corporal y la humedad en función de las características propias de cada disciplina. Asimismo, de acuerdo con el análisis ANOVA se valida que tanto el tipo de deporte como el tiempo de actividad física, sumando la interacción, influyen considerablemente en la variabilidad de la humedad y temperatura del cuerpo humano.

Recomendaciones

- Se recomienda actualizar la base teórica de revistas y libros en bases de datos especializados que involucren con los avances tecnológicos y nuevos estudios en textiles inteligentes en el deporte, como tejido, propiedades más usado, que permite mejorar la funcionalidad y diseño de la prenda.
- Utilizar sensores actualizados con un amplio rango de medición y tiempo de respuesta; por ejemplo, el sensor de humedad SHT31, con una precisión del 2% HR, que supera al sensor DHT11, que tiene una precisión del 5% HR, así como debido a sus pequeñas dimensiones de alrededor de 2.5 x 2.5 mm² y la interfaz de comunicación que presenta es de I²C, útil para la conexión de varios sensores en una sola línea (Sensirion, 2022). Por otro lado, para la temperatura corporal, se recomienda utilizar el sensor MAX3025, la cual ofrece una precisión de 0,1 °C en comparación a 0,5 °C del sensor MLX90614, además proporciona una alarma en caso de sobrecalentamiento (Mouse Electronics, 2024) lo cual es ideal para aplicaciones en el deporte.
- Asimismo, es importante elegir un tejido que no cause incomodidad al individuo o participante, ya que este, debe ser lo más flexible, liviano y adaptable para asegurar un contacto constante y adecuado entre los sensores y la piel, así como, ser transpirable para para gestionar la humedad hacia el exterior.
- Mejorar la integración de sensores en la prenda usando componentes reducidos y que cumplan con los parámetros de comodidad del usuario y adecuación con la placa Arduino; además, considerar la compatibilidad de los hilos conductores con el tejido para una conexión eficaz y duradera de los elementos electrónicos. Por tanto, al realizar la alimentación del sistema es importante tomar en cuenta que los hilos conductores nunca deben entrar en contacto, ya que puede producir un cortocircuito y dañar los elementos electrónicos.
- Se recomienda utilizar herramientas de análisis de datos actuales para una mejor interpretación y visualización de la información recolectados, esto permitirá la toma de decisiones con relación al diseño y funcionamiento del sistema, con base al análisis detallado de los resultados obtenidos. También se recomienda usar un software libre para desarrollar la aplicación móvil como MIT App Inventor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajmera, N. (2024). *Smart Textile*. <https://www.technicaltextile.net/articles/smart-textile-2592>
- Allawi, N. (2020). *What is the FlowChart*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25183.89767>
- Aracil, M. (2017). *Caracterización de sensores integrados en prendas textiles deportivas para la práctica del triatlón*. 1–119. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/76948>
- Arduino. (2024). *Placa principal Arduino LilyPad Especificaciones técnicas*. 3–5.
- Arduino IDE. (2024). *Adafruit_Mlx90614*. <https://www.melexis.com/en/documents/documentation/datasheets/datasheet-mlx90614>
- AUDACES. (2024a). *¡Conoce la multisolución Audaces360 y optimiza tu producción de inmediato!* <https://audaces.com/es/blog/audaces360#:~:text=Audaces Isa&text=Este software es un PLM,en más de un 30%25>.
- AUDACES. (2024b). *La solución que todo patronista quiere tener en sus manos*. <https://audaces.com/es/soluciones/patrones>
- Aynés, O. (2019). *Influencia de la temperatura y la humedad relativa sobre la variabilidad de la frecuencia cardiaca en deportistas de fondo aficionados*. <http://repositorio.ucam.edu/handle/10952/4003>
- Barrett, S. (2022). *Arduino I: Getting Started* (Springer I). https://www.google.com.ec/books/edition/Arduino_I/pu3eDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0
- Bashyal, J. (2023). *Polyester: Amazing Properties, Applications*. <https://scienceinfo.com/polyester-amazing-properties-applications/>
- Berman, J. (2023). *Sudoración*. 1–4. <https://medlineplus.gov/ency/anatomyvideos/000127.htm>
- Billones, R. K. C., Vicmudo, M. P., & Dadios, E. P. (2016). Fuzzy inference system wireless body area network architecture simulation for health monitoring. *8th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management, HNICEM 2015*, 940nm m. <https://doi.org/10.1109/HNICEM.2015.7393231>
- Bonaldi, R. R. (2018). 12a - Electronics used in high-performance apparel—Part 1/2. In J. McLoughlin & T. B. T.-H.-P. A. Sabir (Eds.), *Woodhead Publishing Series in Textiles*

- (pp. 245–284). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100904-8.00014-6>
- Carrillo, M. (2021). Introducción de Arduino. *Publicación Semestral*, 9(17), 4–8. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/issue/archive>
- Castañeda, B., Soto-puebla, D., Meza-figueroa, D., & Navarro-espinoza, S. (2023). *Temperatura corporal, termómetros y salud*. 53–57. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-81962021000100053&script=sci_arttext
- Chen, D. (2023). Temperature Regulation During Exercise and the Individual Differences. *SHS Web of Conferences*, 174. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202317403013>
- Chiuchisan, I., Geman, O., & Hagan, M. (2019). Wearable Sensors in Intelligent Clothing for Human Activity Monitoring. *2019 International Conference on Sensing and Instrumentation in IoT Era, ISSI 2019*. <https://doi.org/10.1109/ISSI47111.2019.9043649>
- Cleary, F., Henshall, D. C., & Balasubramaniam, S. (2021). On-Body Edge Computing Through E-Textile Programmable Logic Array. *Frontiers in Communications and Networks*, 2. <https://doi.org/10.3389/frcmn.2021.688419>
- Constitución de la República del Ecuador. (2018). *Constitucion de la republica del Ecuador 2008*. Registro Oficial 449 de 20 Oct. 2008. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf>
- Cork, C. R. (2015). *1 - Conductive fibres for electronic textiles: an overview* (T. B. T.-E. T. Dias (ed.); pp. 3–20). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100201-8.00002-3>
- Craig, A. D. (2009). Temperature Sensation. In L. R. Squire (Ed.), *Encyclopedia of Neuroscience* (pp. 903–907). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-008045046-9.01922-7>
- Damatto, R. L., Cezar, M. D. M., & Santos, P. P. Dos. (2019). Control of Body Temperature during Physical Exercise. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 112(5), 543–544. <https://doi.org/10.5935/abc.20190081>
- Dismatex. (2021). *Máquina recta industrial Rinnove*. <https://www.dismatex.com.ec/web/producto/recta-industrial-motor-normal-rnv-8700/>

- Du, K., Lin, R., Yin, L., Ho, J. S., Wang, J., & Lim, C. T. (2022). Electronic textiles for energy, sensing, and communication. *IScience*, 25(5), 104174. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104174>
- Elmogahzy, Y. E. (2020). 14 - Performance characteristics of technical textiles: Part I: E-textiles. In Y. E. B. T.-E. T. (Second E. Elmogahzy (Ed.), *The Textile Institute Book Series* (pp. 347–364). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102488-1.00014-9>
- Encalada, L. (2014). Recomendaciones de uso de las máquinas según la base textil. In *Universidad del Azuay*. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3854>
- Enescu, F.-M., Marinescu, A.-I., Chita, M.-A., Gaf-Deac, I. I., & Marinescu, C.-N. (2017). Smart clothes for monitoring temperature, heart rate, respiratory rate and humidity and state of confort. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 17(61), 967–976. <https://doi.org/10.5593/sgem2017/61/S25.127>
- Eren, H. (2004). Sensors. In *The Engineering Handbook, Second Edition* (2nd ed., pp. 1–31). CRC Press. https://www.researchgate.net/publication/295072199_Sensors
- Esfahani, M. I. M., & Nussbaum, M. A. (2019). Classifying diverse physical activities using “smart garments.” *Sensors (Switzerland)*, 19(14). <https://doi.org/10.3390/s19143133>
- Faneite, S. (2023). *Los enfoques de investigación en las Ciencias Sociales*. 3, 82–95. <https://doi.org/10.53595/rlo.v3.i8.084>
- Fernández, T., & Fraga, P. (2018). *Towards The Internet of Smart Clothing: A Review on IoT Wearables and Garments for Creating Intelligent Connected E-Textiles*. 7, 405. <https://doi.org/10.3390/electronics7120405>
- Fernández, Y. (2020). *Obtención de un hilo conductor mediante la aplicación de grafeno por el método de adsorción en hilos de pes/co* [Universidad Técnica del Norte]. [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10775/2/04 IT 281 TRABAJO GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10775/2/04_IT_281_TRABAJO_GRADO.pdf)
- Ford, H. (2019). *The Science of Sweat: Why Some People Perspire More*. <https://www.henryford.com/blog/2019/09/science-of-sweat-why-some-people-perspire-more#:~:text=The volume of sweat you,perspiration to cool it down.>

- Freepik. (2024). *Dibujo plano de camiseta con cuello redondo y manga raglán para mujer*.
https://www.freepik.es/vector-premium/dibujo-plano-camiseta-cuello-redondo-manga-raglan-mujer_30791334.htm
- Gallardo, E. (2017). Metodología de la Investigación. *Universidad Continental*, 1, 98.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf
- García, M. (2020). *Diferencia entre remalladora overlock y recubridora coverlock*.
<https://www.nairamkitty.com/2020/04/🔗-diferencia-entre-remalladora-overlock-y-recubridora-coverlock.html>
- García Moyano, L., Guerrero Portillo, S., Antón Solanas, I., Juárez Vela, R., Tabueña Acin, J., & Pellicer García, B. (2016). Guía de elaboración de un proyecto de investigación. Segunda parte. In *Revista de enfermería (Barcelona, Spain)* (Vol. 39, Issue 2).
- Greenspan, B., & Lobo, M. A. (2020). Design and initial testing of an affordable and accessible smart compression garment to measure physical activity using conductive paint stretch sensors. *Multimodal Technologies and Interaction*, 4(3), 1–10.
<https://doi.org/10.3390/mti4030045>
- Hassabo, A., Gamal, N., Sediek, A., Saad, F., Hegazy, B., Elmorsy, H., & Othman, H. (2022). SMART Wearable Fabric using Electronic Textiles – A Review. *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*, 0(0), 0–0.
<https://doi.org/10.21608/jtcps.2022.181611.1148>
- Hassan, M. (2012). Influence of Sportswear Fabric Properties on the Health and Performance of Athletes. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 20, 82–88.
- Imbesi, S., & Scataglini, S. (2021). A user centered methodology for the design of smart apparel for older users. *Sensors*, 21(8). <https://doi.org/10.3390/s21082804>
- Inducon. (2024). *Overlock de 5 hilos Siruba 757L*.
<https://www.inducon.com.ec/producto/overlock-de-5-hilos-siruba-757l/>
- Instituto Técnico Imbabura. (2024). *¿Qué es corte y confección?*
<https://www.institutoimbabura.edu.ec/que-es-corte-y-confeccion/>
- ISO. (2022). *ISO/IEC 25010*. <https://iso25000.com/index.php/11-espanol/iso-iec-25010>

- Khundaqji, H., Hing, W., Furness, J., & Climstein, M. (2020). Smart Shirts for Monitoring Physiological Parameters: A Scoping Review (Preprint). *JMIR MHealth and UHealth*, 8. <https://doi.org/10.2196/18092>
- Kocer, S., Dundar, O., & Butuner, R. (2021). *Programmable Smart Microcontroller Cards*. https://www.isres.org/books/Programlanabilir_Akilla_Mikrodenetleyici_Kartlar_01_16-12-2021.pdf
- Lam Po Tang, S. (2015). Wearable sensors for sports performance. In R. B. T.-T. for S. Shishoo (Ed.), *Woodhead Publishing Series in Textiles* (pp. 169–196). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-229-7.00008-4>
- Laufer, B., Krueger-Ziolek, S., Aldeen Jalal, N., Moeller, K., Docherty, P. D., Hoeflinger, F., & Reindl, L. (2023). Symmetry of Respiration Induced Upper Body Movements. *Current Directions in Biomedical Engineering*, 9(1), 479 – 482. <https://doi.org/10.1515/cdbme-2023-1120>
- Mahmud, A., Wickramaratne, T., & Kuys, B. (2020). Effects of smart garments on the well-being of athletes: A scoping review protocol. *BMJ Open*, 10, e042127. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-042127>
- Mattila, H. (2015). Chapter 15 - Yarn to Fabric: Intelligent Textiles. In R. B. T.-T. and F. Sinclair (Ed.), *Woodhead Publishing Series in Textiles* (pp. 355–376). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-1-84569-931-4.00015-5>
- Mcdonald, B. O. F., Shanks, N. J., & Fragu, L. (2008). *Improving safety in the Arabian Gulf oil and gas industry*. August, 31–36. https://www.researchgate.net/publication/239816991_Heat_Stress_Improving_Safety_In_the_Arabian_Gulf_Oil_And_Gas_Industry
- Melexis. (2024). *Datasheet for MLX90614*. <https://www.melexis.com/en/documents/documentation/datasheets/datasheet-mlx90614>
- Merceria, S. (2022). *Remalladora, ¿Qué es? ¿Para qué sirve?* <https://blog.merceriasarabia.com/remalladora-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-esta-maquina-de-coser/>
- Microbot. (2024). *DHT11 Humidity and Temperature Sensor*. <https://www.tme.eu/Document/7a4fd48d400b8c4c8309ef1e2b13cdd4/MR003-005-1.pdf>

- Monk, S. (2019). Programming Arduino. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (McGrawHill, Vol. 2).
- Mouse Electronics. (2024). *MAX30205*. <https://www.mouser.ec/new/analog-devices/maxim-max30205-sensor/>
- Muñoz, A. M., & Córcoles, S. C. (2018). *Arduino. Edición 2018 Curso práctico*. RA-MA S.A. Editorial y Publicaciones. <https://books.google.com.ec/books?id=tae6EAAAQBAJ>
- Nichols, A. (2014). Heat-related illness in sports and exercise. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 7(4), 355–365. <https://doi.org/10.1007/s12178-014-9240-0>
- Otero, A. (2018). *Enfoques de investigación*. https://www.researchgate.net/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION
- Pambaquishpe, L. (2017). *Evolución de los textiles ultra inteligentes o de tercera generación* [Universidad Técnica del Norte]. https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6060/1/04_IT_190_TRABAJO_DE_GRADO.pdf
- Picón, Alejandro Orozco, Y., & Molina, Javier, Franky, J. (2020). Control central de la temperatura corporal y sus alteraciones: fiebre, hipertermia e hipotermia. *Revisión de Tema*, 23(1), 118–130. <https://doi.org/10.29375/issn.0123-7047>
- Piñeyro, V. (2018). *Diseño De Indumentaria Inteligente Para La Termorregulación En Extremidades Inferiores*.
- Pu, J., Ma, K., Luo, Y., Tang, S., Liu, T., Liu, J., Leung, M., Yang, J., Hui, R., Xiong, Y., & Tao, X. (2023). Textile electronics for wearable applications. *International Journal of Extreme Manufacturing*, 5(4). <https://doi.org/10.1088/2631-7990/ace66a>
- Qaham, Y., Mohamed, M., & Ali, W. (2013). Electric static charge generated from the friction of textiles. *Journal of the Egyptian Society of Tribology*, 10(2), 46–56. <https://doi.org/10.21608/jest.2013.80545>
- Reis, M. (2022). *Cómo medir la temperatura normal en adultos y niños (y cuánto es fiebre) - Tua Saúde*. 1–10. <https://www.tuasaude.com/es/como-medir-la-temperatura/>
- Rumon, A. (2023). *Conductive materials for Smart Textiles*. 9, 1–3.

https://www.linkedin.com/pulse/conductive-materials-smart-textiles-md-abdullah-al-rumon/?trk=public_post

Sabry, F. (2022). *Textiles Electrónicos: Supervise la salud personal y detecte señales tempranas de enfermedades*. (M. M. De Conocimientos (ed.)).

Sarkar, P. (2018). *Different Types of Industrial Sewing Machines and Their Use*. *Online Clothing Study*. <https://www.onlineclothingstudy.com/2017/03/different-types-of-industrial-sewing.html>

Sawka, M., Leon, L., Montain, S., & Sanna, L. (2011). Integrated Physiological Mechanisms of Exercise Performance, Adaptation, and Maladaptation to Heat Stress. *Comprehensive Physiology*, 1, 1883–1928. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100082>

Scataglini, S., Moorhead, A. P., & Feletti, F. (2020). A Systematic Review of Smart Clothing in Sports: possible Applications to Extreme Sports. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 10, 333. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:220660390>

Sensirion. (2022). *Datasheet SHT3x-DIS*. https://sensirion.com/media/documents/213E6A3B/63A5A569/Datasheet_SHT3x_DIS.pdf

Shiloh, S., & Fitzgerald, M. (2012). *Arduino projects books*. INDEX. <https://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/IN1060/v21/arduino/arduino-projects-book.pdf>

Singh, G., Bennett, K., Taylor, L., & Stevens, C. (2023). Core body temperature responses during competitive sporting events: A narrative review. *Biology of Sport*, 40. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2023.124842>

Sobolewski, A., Młynarczyk, M., Konarska, M., & Bugajska, J. (2021). The influence of air humidity on human heat stress in a hot environment. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 27(1), 226–236. <https://doi.org/10.1080/10803548.2019.1699728>

Stavrakis, A. K., Simić, M., & Stojanović, G. M. (2022). A Study of the Performance Degradation of Conductive Threads Based on the Effects of Tensile Forces and Repeated Washing. *Polymers*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/polym14214581>

Stoppa, M., & Chiolerio, A. (2014). Wearable electronics and smart textiles: a critical review.

- Sensors (Basel, Switzerland)*, 14(7), 11957–11992. <https://doi.org/10.3390/s140711957>
- Suh, M. (2015). 12 - Wearable sensors for athletes. In T. Dias (Ed.), *Electronic Textiles* (pp. 257–273). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100201-8.00013-8>
- Textile Technology. (2019). *Highly conductive threads for machine embroidery*. 13234. <https://www.textiletechnology.net/technical-textiles/news/Madeira-Highly-conductive-threads-for-machine-embroidery-13234>
- Tituaña, C. (2016). *Desarrollo de un prototipo para el monitoreo de parámetros relacionados con actividades físicas del ser humano mediante la utilización de la tecnología wearable y una aplicación para el sistema operativo Android* [Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16887?mode=full>
- Tseghai, G. B., Malengier, B., Fante, K. A., Nigusse, A. B., & Van Langenhove, L. (2020). Integration of conductive materials with textile structures, an overview. *Sensors (Switzerland)*, 20(23), 1–28. <https://doi.org/10.3390/s20236910>
- Universidad Técnica del Norte. (2023). *Líneas de investigación*. <https://doi.org/10.32911/as.2017.v10.n1.178>
- Vizcaíno, P. I., Cedeño, R. J., & Maldonado, I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. In *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* (Vol. 7, Issue 4). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658
- Watson, D. (2018). *Introduction to Arduino LilyPad*. <https://www.theengineeringprojects.com/2018/09/introduction-to-arduino-lilypad.html>
- Xue, P., Tao, X., Leung, M.-Y., & Zhang, H. (2005). 5 - Electromechanical properties of conductive fibres, yarns and fabrics. In X. B. T.-W. E. and P. Tao (Ed.), *Woodhead Publishing Series in Textiles* (pp. 81–104). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845690441.81>
- Yang, K., McErlain-Naylor, S. A., Isaia, B., Callaway, A., & Beeby, S. (2024). E-Textiles for Sports and Fitness Sensing: Current State, Challenges, and Future Opportunities. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 24(4). <https://doi.org/10.3390/s24041058>

ANEXOS

Anexo 1

Tejido jersey poliéster



Fuente: Propia

Anexo 2

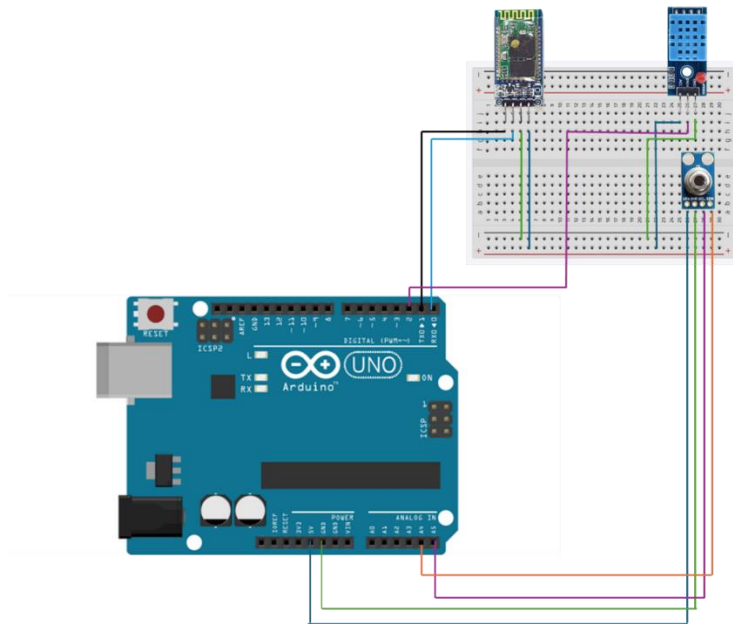
Patrón de camiseta manga ranglán



Fuente: Propia

Anexo 3

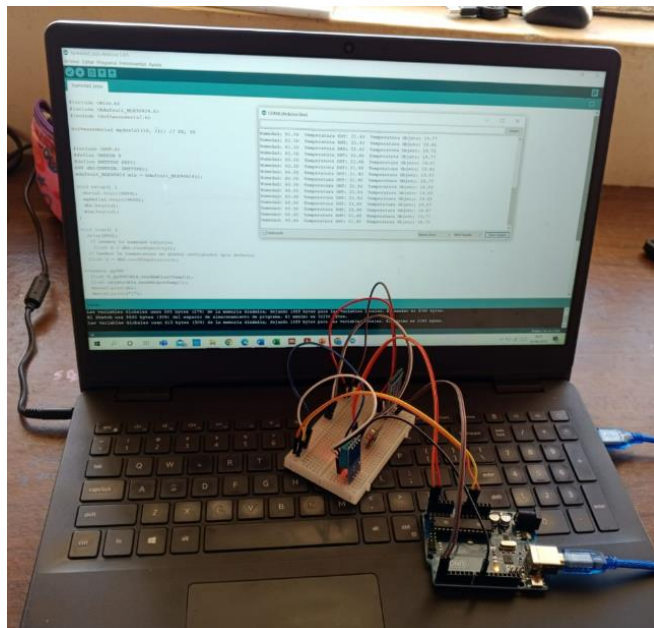
Circuito de conexión de módulo bluetooth y sensores en Arduino Uno.



Fuente: Propia

Anexo 4

Funcionamiento del circuito en la plataforma Arduino



Fuente: Propia

Anexo 5

Carga de sketch al LilyPad

```

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial mySerial(10, 11); // RX, TX

#include <DHT.h>
#define DHTPIN 9
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  mySerial.begin(9600);
  dht.begin();
  mlx.begin();
}

void loop() {
  delay(500);
  // Leemos la humedad relativa
  float h = dht.readHumidity();
  // Leemos la temperatura en grados centigrados (por defecto)
  float t = dht.readTemperature();

  //sensor qy906
  float h_gy906=mlx.readAmbientTempC();
  float objeto=mlx.readObjectTempC();
  Serial.print(h);
  Serial.print("\n");
  Serial.print(t);
  Serial.print("\n");
}

```

Subido

Las variables Globales usan 530 bytes (20%) de la memoria dinámica, dejando 2030 bytes para las variables locales. El máximo es 2560 bytes.

LilyPad Arduino USB en COM11

Fuente: Propia

Anexo 6

Confección de camiseta



Fuente: Propia

Anexo 7

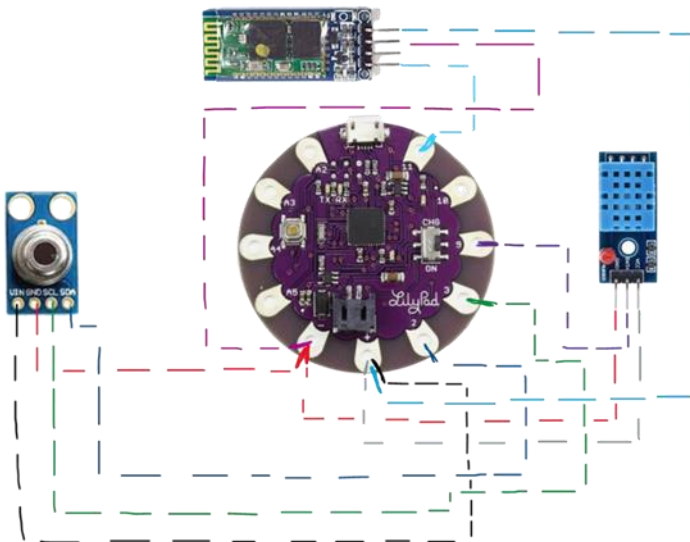
Prototipo de camiseta



Fuente: Propia

Anexo 8

Conexión de Lilypad con sensores y módulo Bluetooth



Anexo 9

Fútbol



Anexo 10

Basquetbol



Anexo 11

Voleibol



Anexo 12

Sujetos usando el prototipo (camiseta)

I01



I02



I03



I04





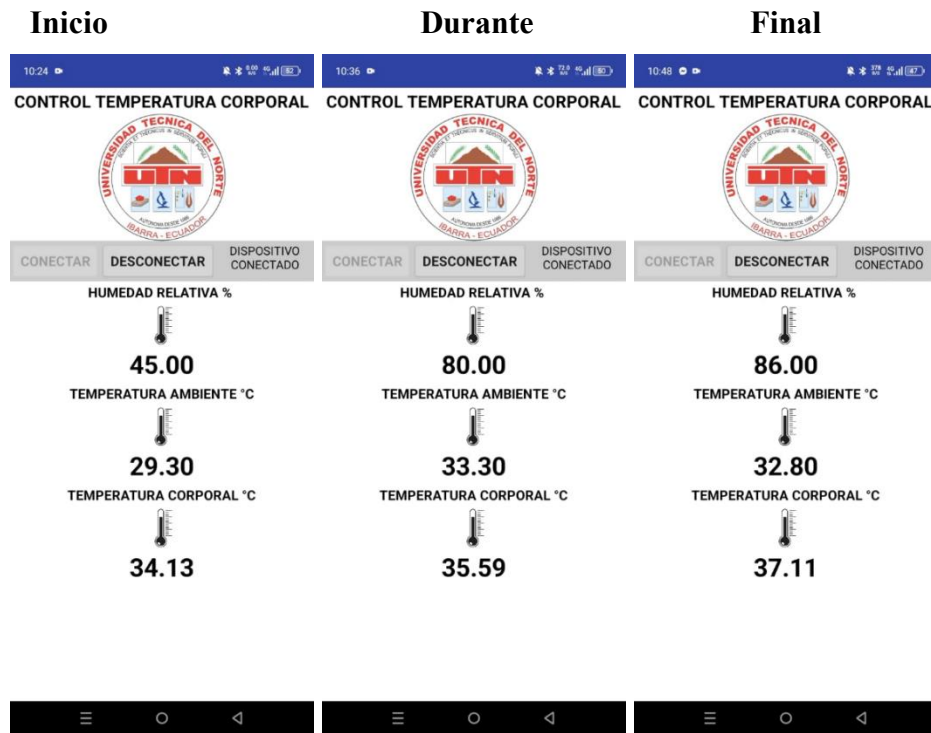
Anexo 13

Monitorización individuo 01



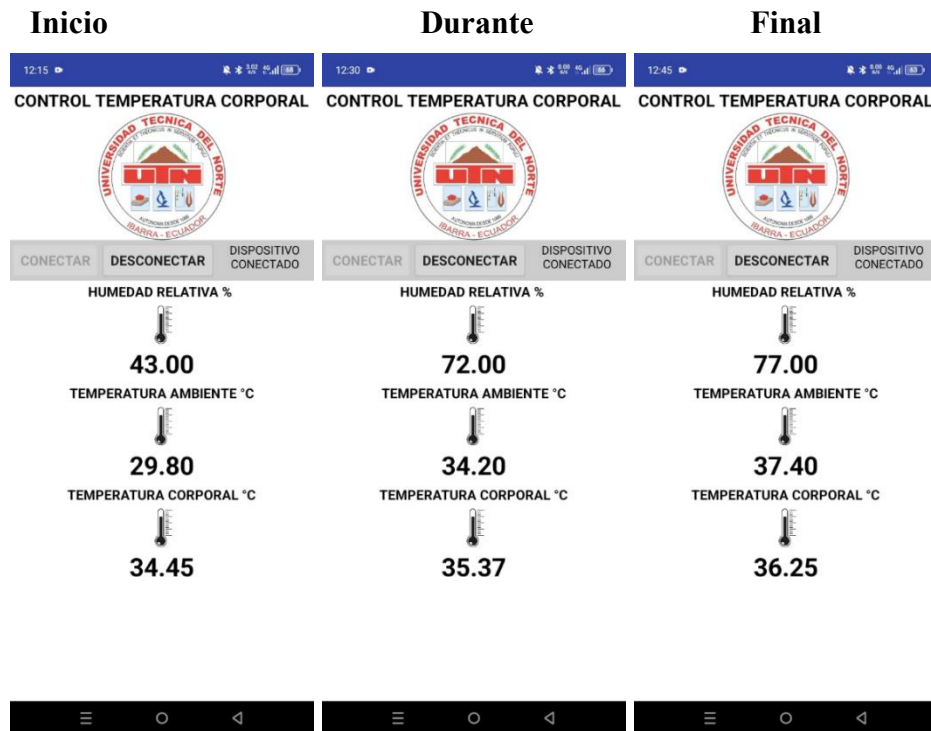
Anexo 14

Monitoreo de individuo 02



Anexo 15

Monitoreo de individuo 03



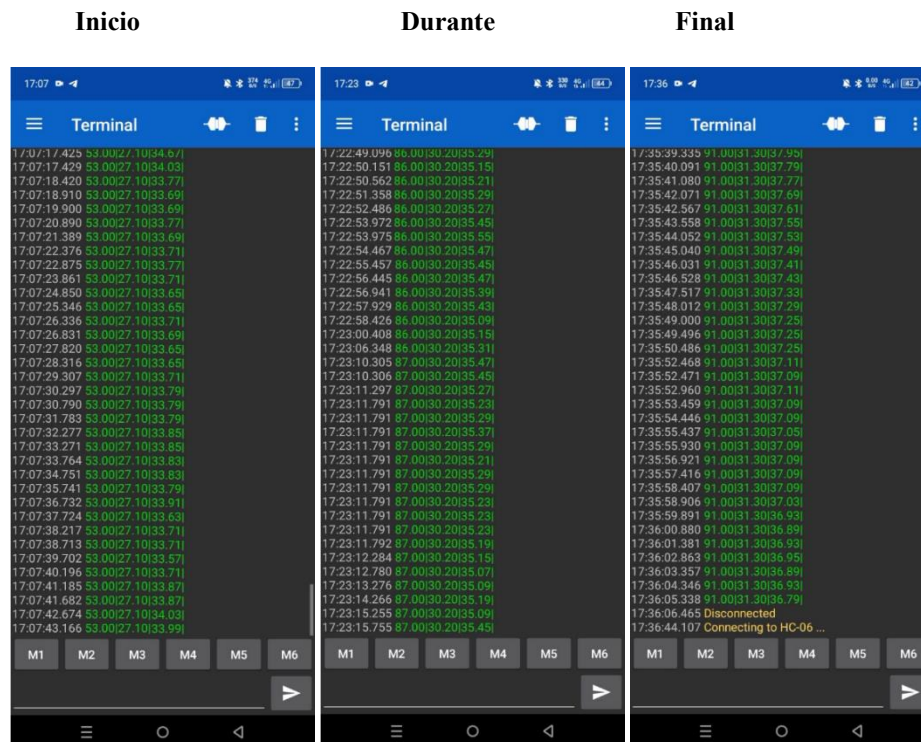
Anexo 16

Monitoreo de individuo 04



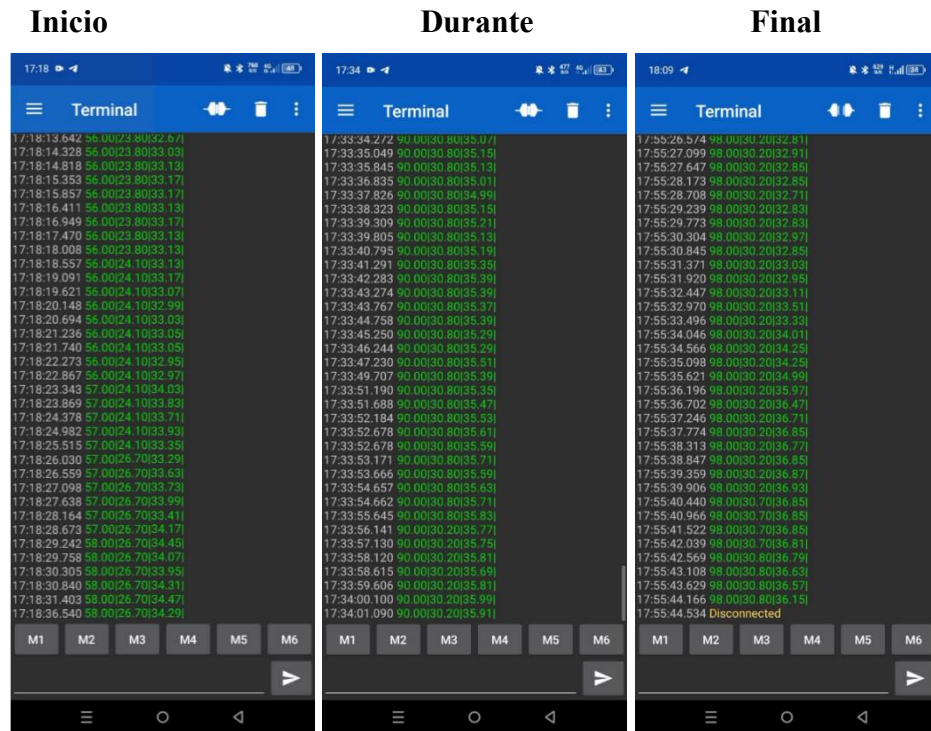
Anexo 17

Monitoreo del individuo 09



Anexo 18

Monitoreo de individuo 10



Anexo 19

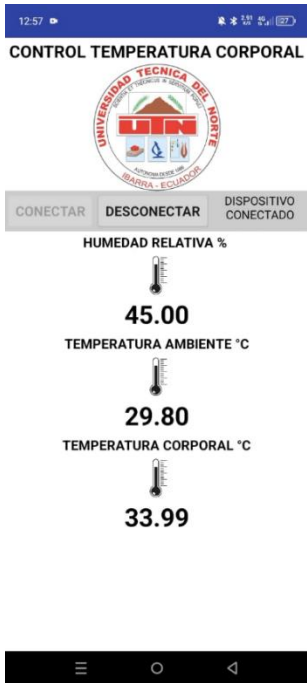
Monitoreo de individuo 11



Anexo 20

Monitoreo de individuo 12

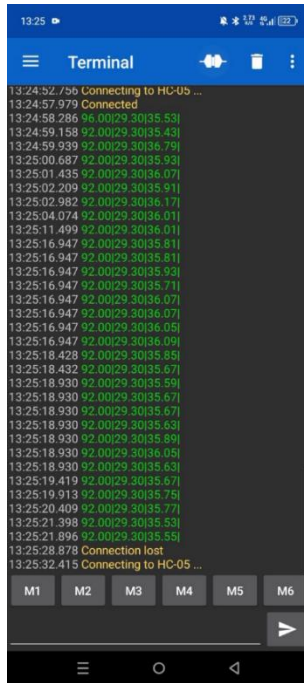
Inicio



Durante




Final




Anexo 21

Encuesta de evaluación de camiseta

Encuesta de Evaluación de Camiseta Inteligente

lisssanty06@gmail.com [Cambiar cuenta](#) 

 No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

Calidad de uso de la camiseta inteligente

1. ¿ Cuánto tiempo te lleva en promedio obtener una lectura de humedad y temperatura corporal desde que inicias la aplicación? *

Menos de 10 segundos

10 - 30 segundos

30 - 60 segundos

Más de 60 segundos

2. 1. ¿Qué tan cómoda le resulta la camiseta inteligente? ¿Se ajusta cómodamente a su cuerpo y no le causa molestias durante su uso? *

Muy insatisfecho

Inasistefecho

Neutral

Satisfecho

Muy satisfecho

Fuente: Propia

Anexo 22

Datasheet de sensor de temperatura corporal MLX90614

MLX90614 family



Datasheet Single and Dual Zone
Infra Red Thermometer in TO-39


Features and Benefits

- Small size, low cost
- Easy to integrate
- Factory calibrated in wide temperature range:
-40°C...+125°C for sensor temperature and
-70°C...+380°C for object temperature.
- High accuracy of 0.5°C in a wide temperature range (0°C...+50°C for both Ta and To)
- High (medical) accuracy calibration
- Measurement resolution of 0.02°C
- Single and dual zone versions
- SMBus compatible digital interface
- Customizable PWM output for continuous reading
- Available in 3V and 5V versions
- Simple adaptation for 8V...16V applications
- Sleep mode for reduced power consumption
- Different package options for applications and measurements versatility
- Automotive grade

Application Examples

- High precision non-contact temperature measurements
- Thermal Comfort sensor for Mobile Air Conditioning control system
- Temperature sensing element for residential, commercial and industrial building air conditioning
- Windshield defogging
- Automotive blind angle detection
- Industrial temperature control of moving parts
- Temperature control in printers and copiers
- Home appliances with temperature control
- Healthcare
- Livestock monitoring
- Movement detection
- Multiple zone temperature control – up to 127 sensors can be read via common 2 wires
- Thermal relay / alert
- Body temperature measurement

Ordering Information

Part No.	Temperature Code	Package Code	- Option Code	Standard part	Packing form
MLX90614	E (-40°C...85°C) K (-40°C...125°C)	SF (TO-39)	- X X X (1) (2) (3)	-000	-TU
					
(1) Supply Voltage/ Accuracy A - 5V B - 3V C - Reserved D - 3V medical accuracy		(2) Number of thermopiles: A – single zone B – dual zone C – gradient compensated*		(3) Package options: A – Standard package B – Reserved C – 35° FOV D/E – Reserved F – 10° FOV G – Reserved H – 12° FOV (refractive lens) I – 5° FOV K – 13° FOV	

Example:
MLX90614ESF-BAA-000-TU * : See page 2

Fuente: (Melexis, 2024)

Anexo 23

Especificaciones del sensor de humedad DHT11

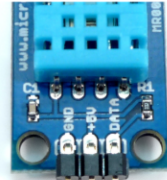


Fig. 1 - Signals

CHARACTERISTICS

Supply voltage	+5V
Supply current (running)	0.5mA typ. (2.5mA max.)
Supply current (stand-by)	100uA typ. (150uA max.)
Temperature range	0 / +50°C ±2°C
Humidity range	20-90%RH ±5%RH
Interface	Digital
Dimensions	1.05" x 0.7" (connectors excluded)
Weight	0.1 oz (2.7g)

Tab.2 - Characteristics

Fuente:(Microbot, 2024).