

---

**Diseñar un Sistema de Información para el Monitoreo de Variables Fisiológicas que Permita la Captura, Almacenamiento y Seguimiento de Datos Relacionados con la Frecuencia Cardíaca en Deportistas**

---

Autores

Leonardo Leal Romero  
Geraldine Vanesa Pedraza Bernal  
Jesús Eduardo Consuegra Fontalvo

Director

Edgar Jose Ruiz Dorantes

Co-Director

Mauricio Garcés Restrepo



**Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano**  
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería  
*Especialización en Desarrollo de Bases de Datos*

Bogotá - Colombia, Mayo de 2025

# Índice

	Página
<b>Resumen</b>	<b>v</b>
<b>Abstract</b>	<b>VI</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Descripción del Problema</b>	<b>2</b>
<b>3. Objetivos</b>	<b>4</b>
3.1. Objetivo General . . . . .	4
3.2. Objetivos Específicos . . . . .	4
<b>4. Requerimientos</b>	<b>5</b>
4.1. Requerimientos Funcionales . . . . .	5
4.2. Requerimientos no Funcionales . . . . .	6
4.3. Requerimientos Técnicos . . . . .	6
<b>5. Estado del Arte</b>	<b>7</b>
5.1. Sistema autónomo de monitoreo de señales fisiológicas con gestión de emergencias para seguridad vial de ciclistas amateur . . . . .	7
5.2. Sistema experto para determinar la frecuencia cardíaca máxima en deportistas con factores de riesgo . . . . .	7
5.3. Selección de módulos incorporados en placa electrónica y el procedimiento para el diseño e implementación de captura de variables físicas . . . . .	7
<b>6. Marco Teórico</b>	<b>9</b>
6.1. Internet of Things (IoT) . . . . .	9
6.2. Dispositivos IoT . . . . .	9
6.3. Arquitecturas IoT . . . . .	9
6.4. Sistema de Monitoreo . . . . .	10
6.5. Frecuencia Cardíaca (FC) . . . . .	11
6.6. Frecuencia cardíaca máxima . . . . .	11
6.7. Frecuencia cardíaca de reposo . . . . .	11
6.8. Bases de datos . . . . .	12
6.9. Bases de datos relacionales . . . . .	12
6.10. Bases de datos no relacionales . . . . .	13
6.11. Diseño de bases de Datos . . . . .	13
<b>7. Solución propuesta</b>	<b>15</b>
7.1. Descripción general de la solución . . . . .	15
7.2. Modelo conceptual . . . . .	16
7.3. Condiciones de diseño, propuesta de implementación y evaluación . . . . .	17

<b>8. Planeación del Trabajo</b>	<b>19</b>
8.1. Estructura de descomposición de trabajo (WBS) . . . . .	19
8.2. Descomposición de actividades WBS . . . . .	20
8.3. Diagrama de Gantt . . . . .	21
<b>9. Presupuesto</b>	<b>24</b>
<b>10. Conclusiones</b>	<b>25</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>27</b>

## Índice de figuras

1.	Diagrama funcional . . . . .	15
2.	Mapa Conceptual . . . . .	16
3.	Diagrama de implementacion . . . . .	17
4.	Paquete de trabajo (WBS) . . . . .	19
5.	Diagrama de Gantt . . . . .	21

## Índice de tablas

1.	Actividades . . . . .	21
2.	Presupuesto . . . . .	24
3.	Tabla de Gastos Resumen de mi Proyecto . . . . .	24

## Resumen

---

El Internet de las Cosas (IoT) ha revolucionado múltiples sectores, incluido el deportivo, permitiendo el monitoreo en tiempo real de variables fisiológicas mediante dispositivos “wearables”. Sin embargo, a pesar de los avances en la captura de datos, persisten desafíos en su almacenamiento, procesamiento y análisis, limitando la toma de decisiones estratégicas en el entrenamiento.

Actualmente, muchos deportistas dependen únicamente de la experiencia de sus entrenadores o utilizan dispositivos sin capacidad de análisis avanzado, lo que restringe su potencial de optimización del rendimiento. Además, la falta de integración entre dispositivos y sistemas de información impide aprovechar plenamente los datos recopilados.

Para abordar esta problemática, se propone el diseño de un Sistema de Información para el monitoreo y análisis de la frecuencia cardíaca en deportistas. Este sistema permitirá capturar, almacenar y procesar datos en tiempo real, brindando herramientas avanzadas para el análisis y facilitando la generación de estrategias de entrenamiento más efectivas. Su implementación contribuirá a mejorar el rendimiento de los atletas y optimizar la planificación deportiva mediante el uso de tecnologías emergentes.

## Abstract

---

This project proposes the design of an information system for monitoring and analyzing athletes' heart rate using wearable devices and the Internet of Things (IoT). The goal is to overcome current limitations in the storage, processing, and analysis of physiological data, thus facilitating strategic decision-making in training. The system captures real-time data, stores it securely, and applies analysis algorithms to generate useful reports. Its implementation aims to optimize athletic performance and can be extended to other areas such as healthcare, physical education, and research.

## 1. Introducción

El Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) se ha consolidado como una de las tendencias más disruptivas en diversos sectores, incluidos la salud y el deporte, al transformar cómo las organizaciones gestionan y analizan datos en tiempo real. En particular, su aplicación en el ámbito deportivo ha abierto nuevas posibilidades para optimizar el rendimiento de los deportistas mediante el monitoreo constante de variables fisiológicas, como la frecuencia cardíaca, a través de dispositivos wearables. Esta revolución tecnológica ha permitido a entrenadores y técnicos obtener información más precisa y oportuna, lo que facilita la toma de decisiones estratégicas que impactan directamente en los resultados deportivos.[1].

Sin embargo, a pesar de los avances en la captura de datos, muchos deportistas enfrentan limitaciones relacionadas con el almacenamiento y procesamiento de la información generada por estos dispositivos. Los sistemas actuales carecen de herramientas especializadas que permitan no solo la recolección de datos en tiempo real, sino también el análisis y la visualización eficaz de estos, lo que restringe el potencial de los entrenadores para aplicar algoritmos avanzados que optimicen los entrenamientos y prevengan lesiones. Este desafío, sumado a la falta de sistemas integrados de información que gestionen tanto el almacenamiento como el análisis de datos, resalta la necesidad de diseñar soluciones más robustas que permitan a los entrenadores y deportistas acceder a información valiosa y procesada de manera eficiente.

El presente proyecto propone el diseño de un Sistema de Información para el monitoreo y análisis de la frecuencia cardíaca de los deportistas, que utilice tecnologías wearables existentes para facilitar el seguimiento detallado de su rendimiento. Este sistema busca no solo almacenar los datos de manera segura, sino también aplicar algoritmos de análisis que permitan generar recomendaciones personalizadas para optimizar los entrenamientos y mejorar los resultados deportivos, promoviendo una mayor eficiencia en el proceso de toma de decisiones. [2].

## 2. Descripción del Problema

Actualmente, una de las tendencias más destacadas en el campo de la ingeniería es el Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés). “Este concepto se refiere a la interconexión de dispositivos y objetos físicos en una red abierta, con la capacidad de autogestión, intercambio de información, datos y recursos, así como de responder y adaptarse a cambios en su entorno”. [3]. La creciente proliferación de dispositivos electrónicos, junto con el potencial del Big Data para procesar grandes volúmenes de información y obtener conocimientos valiosos, ha impulsado de manera significativa el desarrollo y adopción del IoT. [1].

El IoT se ha implementado en diversos sectores, incluyendo la monitorización de variables ambientales como apoyo a sistemas de alertas tempranas, el seguimiento de parámetros fisiológicos en proyectos de salud, la agricultura de precisión, el desarrollo de infraestructuras para ciudades inteligentes y la automatización del hogar, entre otros [4]. Para la implementación de sistemas IoT en distintos ámbitos, es común utilizar la arquitectura Lambda, la cual establece cuatro capas fundamentales para el desarrollo de sistemas de seguimiento IoT: la Capa de Captura de Datos, la Capa de Almacenamiento o Seguridad, la Capa de Velocidad o Procesamiento y la Capa de Consulta. La primera de estas, la Capa de Captura, tiene como función principal la recolección de variables mediante el uso de sensores. [3]

En el sector de la salud, la aplicación del IoT a través de diversos sensores permite la monitorización en tiempo real de parámetros médicos y funciones vitales, como la temperatura, la presión arterial, la frecuencia cardíaca y los niveles de colesterol. Esto resulta especialmente útil en el caso de enfermedades con síntomas silenciosos, donde un diagnóstico temprano puede facilitar la prevención y la implementación de soluciones que podrían salvar vidas. Los datos recopilados son transmitidos mediante tecnologías de comunicación estándar o especializadas, como Bluetooth, ZigBee, WirelessHART e ISA100, para que el personal médico pueda realizar el diagnóstico y supervisar el estado de salud de los pacientes [5]. Por otro lado, en una industria tan exigente como el deporte, cualquier detalle, por pequeño que sea, puede marcar la diferencia debido a su alta competitividad. Actualmente, existen diversos dispositivos en el mercado que monitorean a los deportistas y facilitan la toma de decisiones para optimizar su rendimiento. “Estas mediciones actúan como indicadores clave para evaluar el estado funcional del cuerpo, permitiendo determinar si el atleta está alcanzando su máximo potencial, identificar posibles mejoras en su desempeño, detectar golpes de calor que puedan representar un riesgo para su salud y analizar cómo su organismo se adapta al entrenamiento”. [6]

En el ámbito de la gestión deportiva, las nuevas tecnologías proporcionarán a los administradores una perspectiva integral de su labor, además de ofrecer información clave sobre competiciones, como clasificaciones, participantes y resultados. También permitirán medir y registrar tiempos en diversas pruebas deportivas, analizar movimientos técnicos y evaluar las exigencias físico-condicionales de cada disciplina. Esto les facilitará el diseño de nuevas estrategias comerciales y la optimización de sus resultados. [7] “Del mismo modo, los entrenadores requieren herramientas que les permitan descubrir, intercambiar, clasificar y generar conocimiento a partir de estos datos, con el propósito de mejorar la toma de decisiones y prever resultados en el ámbito deportivo”. [8]

Diseñar un Sistema de Información para el Monitoreo de Variables Fisiológicas que Permita la Captura, Almacenamiento y Seguimiento de Datos Relacionados con la Frecuencia Cardíaca en Deportistas

---

En este contexto, muchos deportistas aún no utilizan dispositivos electrónicos y confían únicamente en la experiencia de sus entrenadores, sin tener en cuenta que las señales biológicas son herramientas esenciales para controlar y evaluar las cargas de entrenamiento, así como los efectos que estas generan en el organismo a corto y largo plazo. Por otro lado, algunos emplean dispositivos como manillas y cinturones, que solo muestran su estado actual sin almacenar datos históricos ni proporcionar información procesada mediante algoritmos de análisis, lo que limita su utilidad en la toma de decisiones estratégicas para mejorar el rendimiento deportivo. [8]

“El monitoreo de la frecuencia cardíaca juega un papel clave en el entrenamiento, ya que permite evaluar el desempeño y la condición física de los atletas en tiempo real”. [9] Actualmente, existen diversos dispositivos comerciales para capturar esta información; sin embargo, muchos tienen una capacidad de almacenamiento limitada, lo que dificulta la aplicación de técnicas de análisis de datos y la generación de información valiosa a partir de ellos. [10]

En respuesta a esta necesidad, se propone el diseño de un Sistema de Información para el monitoreo y análisis de la frecuencia cardíaca en deportistas, aprovechando los dispositivos existentes en el mercado. Este sistema permitirá la captura de datos en tiempo real, brindando a los expertos en entrenamiento deportivo información valiosa y de valor agregado. A través de esta herramienta, los entrenadores podrán diseñar estrategias más precisas para optimizar el rendimiento de los deportistas y mejorar los resultados obtenidos en sus entrenamientos.

Dado el creciente interés en la tecnología aplicada al deporte, la implementación de este sistema representa una oportunidad para mejorar los procesos de análisis y toma de decisiones, contribuyendo a una planificación y evaluación más eficiente del desempeño de los deportistas. [9]

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo General**

Diseñar un Sistema de Información que permita la captura, almacenamiento y seguimiento de datos relacionados con la frecuencia cardíaca en deportistas, utilizando dispositivos electrónicos que se usan en el cuerpo para recopilar o transmitir datos (“wearables”), con el fin de optimizar el análisis del rendimiento y facilitar la toma de decisiones en el entrenamiento deportivo.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- Generar una base conceptual sobre tecnologías y técnicas necesarias para el diseño del Sistema de Información.
- Analizar los requerimientos técnicos y funcionales del sistema de información para garantizar la captura, almacenamiento y procesamiento eficiente de datos fisiológicos de los deportistas.
- Seleccionar e integrar dispositivos electrónicos "wearables" adecuados para la recopilación de datos fisiológicos en tiempo real, asegurando compatibilidad con el sistema de información.
- Diseñar una arquitectura del sistema de información que permita la gestión eficiente de los datos recopilados, garantizando seguridad, accesibilidad y escalabilidad.

## **4. Requerimientos**

### **4.1. Requerimientos Funcionales**

#### **1. Captura y Adquisición de Datos**

- Permitir la conexión con dispositivos wearables (relojes inteligentes, bandas de frecuencia cardíaca, sensores biométricos).
- Capturar en tiempo real la frecuencia cardíaca y otras variables fisiológicas relevantes.
- Integrar múltiples protocolos de comunicación (Bluetooth, Wi-Fi, ANT+) para la transmisión de datos.

#### **2. Almacenamiento y Gestión de Información**

- Implementar una base de datos segura para almacenar el historial de cada deportista.
- Registrar y organizar los datos por usuario, fecha y sesión de entrenamiento.
- Garantizar la persistencia de datos para su análisis a corto y largo plazo.

#### **3. Análisis y Procesamiento de Datos**

- Aplicar algoritmos para calcular métricas clave, como zonas de entrenamiento, variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) y carga de trabajo.
- Generar análisis de tendencias en el rendimiento deportivo basados en datos históricos.
- Implementar herramientas de machine learning para la detección de patrones y la predicción de riesgos, como sobreentrenamiento o fatiga.

#### **4. Visualización y Reportes**

- Diseñar una interfaz para visualizar datos en tiempo real.
- Generar reportes automáticos sobre el rendimiento del deportista y su evolución.
- Permitir la exportación de datos en formatos CSV o PDF para su análisis externo.

#### **5. Alertas y Notificaciones**

- Configurar alertas en tiempo real para detectar anomalías en la frecuencia cardíaca.
- Notificar a los entrenadores y deportistas sobre riesgos de salud o cambios en el rendimiento.

#### **6. Gestión de Usuarios y Seguridad**

- Crear perfiles diferenciados para deportistas, entrenadores y administradores.
- Garantizar autenticación segura mediante credenciales cifradas y protocolos de acceso.
- Proteger los datos personales y fisiológicos mediante cifrado y normativas de seguridad (GDPR, HIPAA).

## 4.2. Requerimientos no Funcionales

- **Escalabilidad:** Capacidad de gestionar múltiples usuarios y dispositivos sin afectar el rendimiento.
- **Interoperabilidad:** Compatibilidad con diferentes marcas y modelos de dispositivos wearables.
- **Usabilidad:** Interfaz amigable y accesible desde distintos dispositivos (PC, tablet, smartphone).
- **Disponibilidad:** Sistema accesible en la nube con disponibilidad 24/7.
- **Eficiencia:** Optimización de procesamiento para asegurar respuestas rápidas en la visualización de datos.
- **Seguridad:** Implementación de cifrado SSL/TLS y autenticación de doble factor para proteger la información.

## 4.3. Requerimientos Técnicos

- **Arquitectura del Sistema:** Basada en la nube con modelo cliente-servidor.
- **Base de Datos:** MySQL, PostgreSQL o NoSQL (MongoDB) para almacenar y procesar datos.
- **Lenguajes y Frameworks:** Desarrollo en Python, JavaScript (React, Node.js) y herramientas de análisis de datos (TensorFlow, Pandas).
- **Integración con APIs:** Uso de APIs de dispositivos wearables (Garmin, Polar, Fitbit, etc.).
- **Protocolos de Seguridad:** Implementación de OAuth para autenticación y cifrado AES para almacenamiento de datos sensibles.

## **5. Estado del Arte**

### **5.1. Sistema autónomo de monitoreo de señales fisiológicas con gestión de emergencias para seguridad vial de ciclistas amateur**

Este artículo propone el desarrollo de un sistema autónomo de monitoreo de señales fisiológicas con gestión de emergencia para seguridad vial de ciclistas amateur. El prototipo consta de dos partes, una parte fija ubicada en la bicicleta y un dispositivo portátil incorporado en la indumentaria del ciclista. La parte móvil está instalada en la indumentaria habitual del ciclista por lo que se considera un sistema wearable, esta estación se encarga de procesar los datos. Por otro lado, la parte fija se encuentra ubicada en la bicicleta y es responsable de administrar las alertas de emergencia generadas por el sistema en el caso que el ciclista sufra cambios importantes en sus señales fisiológicas, realizando él envío de las variables monitoreadas a través de un SMS hacia un servidor para almacenar la información en una base de datos. A pesar de los beneficios que ofrece el sistema, respecto al seguimiento de las variables fisiológicas y el almacenamiento de estos datos, este no tiene un software el cual posibilite almacenar en una base de datos toda la información suministrada por los wearables. [11]

### **5.2. Sistema experto para determinar la frecuencia cardíaca máxima en deportistas con factores de riesgo**

En este escrito presentan un sistema experto que establece la frecuencia cardíaca en términos de porcentaje de intensidad, la duración de una sesión de entrenamiento y la frecuencia en días por semana. La base del sistema es el conocimiento de profesionales de medicina y del deporte que ayuda a los deportistas con padecimiento de enfermedades o factores de riesgo a tomar mejores decisiones al momento de realizar ejercicio físico. El sistema lo desarrollaron en un ambiente web para facilitar la adquisición de los datos por parte de los profesionales, permitiendo la incorporación de varios criterios donde la aplicación del algoritmo del sistema y de minería de datos proveen a los deportistas resultados con soporte médico. El sistema ha sido incorporado a un software que se encarga de monitorizar la frecuencia cardíaca en tiempo real en una disciplina deportiva, donde se evidenció el buen funcionamiento del Sistema. El hecho de que el sistema experto se haya desarrollado en un ambiente web facilita el acceso a los datos y la interacción con los profesionales de la salud y el deporte desde cualquier lugar, Además, la integración con la monitorización de la frecuencia cardíaca en tiempo real mejora la precisión y utilidad del sistema durante el entrenamiento.[12]

### **5.3. Selección de módulos incorporados en placa electrónica y el procedimiento para el diseño e implementación de captura de variables físicas**

El desarrollo de redes de sensores inalámbricas (WSN) ha cobrado gran importancia en el monitoreo del rendimiento deportivo, especialmente en disciplinas como el fútbol. La capacidad de capturar y transmitir datos en tiempo real ha permitido mejorar la toma de decisiones médicas y deportivas. En este contexto, se han explorado diversas arquitecturas y tecnologías para optimizar la eficiencia y confiabilidad de estas redes. Los datos adquiridos de la red de sensores se envían a la plataforma Thingsboard, donde pueden ser visualizados en tiempo real desde una computadora o aplicación móvil. Esta integración facilita la supervisión remota y la toma de decisiones basada en métricas objetivas, el uso de redes de sensores inalámbricas

Diseñar un Sistema de Información para el Monitoreo de Variables Fisiológicas que Permita la Captura, Almacenamiento y Seguimiento de Datos Relacionados con la Frecuencia Cardíaca en Deportistas

---

en el deporte ha permitido la recolección de datos de manera eficiente y en tiempo real. La implementación de tecnologías como ESP32-S, XBee 3 y sensores inerciales ha mejorado la precisión en el monitoreo del rendimiento de los jugadores. La adopción de plataformas IoT como Thingsboard facilita la supervisión y el análisis de los datos, optimizando la toma de decisiones en el ámbito deportivo. [6]

## **6. Marco Teórico**

### **6.1. Internet of Things (IoT)**

Hoy en día, la arquitectura de la información basada en Internet permite el intercambio de bienes y servicios entre todos los elementos, equipos y objetos conectados a la red. “La IoT se refiere a la interconexión en red de todos los objetos cotidianos, que a menudo están equipados con algún tipo de inteligencia” [32]. En este contexto, Internet puede ser también una plataforma para dispositivos que se comunican electrónicamente y comparten información y datos específicos con el mundo que les rodea. Así, la IoT puede verse como una verdadera evolución de lo que conocemos como Internet añadiendo una interconectividad más extensa, una mejor percepción de la información y servicios inteligentes más completos. [13]

### **6.2. Dispositivos IoT**

Sensores y actuadores posibilitan que objetos de la vida cotidiana interactúen entre ellos y los seres humanos a través de Internet o redes dedicadas, recopilando información del entorno o interactuando con él. Estos dispositivos son cada vez de menor tamaño, facilitando su integración en cualquier objeto.

La tendencia de estos dispositivos es la miniaturización y la creación de redes inteligentes de elementos simples. La nanotecnología junto a la miniaturización permite que el tamaño de los dispositivos sea mínimo sin disminuir su velocidad de funcionamiento y capacidad. Junto a la miniaturización, la separación del proceso en elementos hardware con capacidades limitadas, que cuando actúen en conjunto puedan conseguir grandes cosas, de manera que cada elemento se comunique con los otros elementos a su alrededor mediante lenguajes muy básicos. IoT utiliza dispositivos electrónicos capaces de medir magnitudes físicas o químicas y transformarlas en señales eléctricas (sensores). Por otro lado, también utiliza dispositivos capaces de utilizar señales eléctricas para activar un determinado proceso (actuadores). Estos dos tipos de dispositivos combinados con la capacidad de conexión forman la capa de hardware de IoT. [14]

**Sensores:** la información recogida por los sensores es convertida al mundo digital para poder así tratarla, almacenarla y enviarla a otros dispositivos.

**Actuadores:** no están tan implantados como los sensores y a diferencia de éstos, los actuadores, a partir de una información digital, actúan en el mundo real.

### **6.3. Arquitecturas IoT**

Aunque se han propuesto diferentes arquitecturas para IoT, no existe un consenso generalizado, diferentes investigaciones han propuesto modelos de arquitectura que recogen con mayor o menor detalle los diferentes aspectos de IoT. A continuación, se muestran algunas de las arquitecturas más relevantes.

#### **1. Arquitectura de tres niveles:**

Una de las arquitecturas más básicas es la arquitectura de tres niveles: Nivel de percepción, nivel de red y nivel de aplicación. [14]

- El nivel de percepción es el nivel físico, donde los sensores recogen información del entorno.
  - El nivel de red es el responsable de conectar los sensores y servidores entre sí para transmitir y procesar los datos recogidos por los sensores.
  - El nivel de aplicación es donde IoT puede desplegarse en diferentes áreas de aplicación.
2. **Arquitectura Lambda (4 Niveles):** Es una arquitectura de referencia estándar que comprende al IoT es conocida como la arquitectura Lambda (Deshmane, 2015), la cual consta de cuatro componentes a saber:

Captura de Datos, capa de Velocidad o Procesamiento, la Capa de Almacenamiento o Seguridad y la Capa de Consulta. La capa de Captura de Datos, encargada del ingreso de la información, procesamiento de streaming o capa de velocidad, satisface todas las solicitudes que están sujetas a requisitos de baja latencia usando algoritmos rápidos e incrementales, considerando únicamente datos recientes. La capa de almacenamiento o lotes soporta la gestión de todo el conjunto de datos obtenidos, haciendo un histórico con estos. Finalmente, la capa de consulta donde se representa la información ya sea la obtenida en tiempo real o la parte almacenada.[15]

3. **Arquitectura de cinco niveles:** Formada por los niveles de percepción, transporte, proceso, aplicación y nivel de negocio. En este modelo de arquitectura, los niveles de percepción y aplicación son los mismos que en la arquitectura de tres niveles.[15]

En cuanto al resto de niveles:

- El nivel de transporte, los datos de los sensores mediante redes 3G, LAN, Bluetooth, RFID y NFC, desde el nivel de percepción al nivel de proceso y viceversa.
- El nivel de proceso almacena, analiza y procesa grandes cantidades de datos procedentes del nivel de percepción. Puede proporcionar y gestionar servicios a los niveles más bajos utilizando tecnologías de base de datos, computación en la nube y big data.
- El nivel de negocio gestiona las aplicaciones, el modelo de negocio y la privacidad.

#### 6.4. Sistema de Monitoreo

El monitoreo de variables fisiológicas mediante IoT se refiere al uso de dispositivos interconectados, sensores biomédicos y plataformas digitales para la captura, transmisión, análisis y visualización en tiempo real de parámetros vitales del cuerpo humano, como la frecuencia cardíaca, la saturación de oxígeno, la presión arterial y la temperatura. Esta tecnología permite

realizar un seguimiento continuo y remoto del estado de salud de los pacientes, facilitando la detección temprana de anomalías, la personalización de tratamientos y la mejora de la atención médica, tanto en entornos clínicos como domiciliarios [3].

## 6.5. Frecuencia Cardíaca (FC)

La frecuencia cardíaca (FC) es una variable fisiológica fundamental que puede ser medida de forma sencilla y no invasiva. Su monitoreo es ampliamente utilizado para evaluar las respuestas cardiovasculares durante la actividad física, lo que la convierte en una herramienta esencial tanto en contextos clínicos como deportivos. [16]

La FCM es un indicador clave para determinar si un individuo ha alcanzado su límite fisiológico durante pruebas de esfuerzo progresivas, como los test ergométricos. Además, se utiliza como base para prescribir intensidades de entrenamiento, expresadas comúnmente como un porcentaje de la FCM o de la frecuencia cardíaca de reserva. [16]

Una de las primeras fórmulas fue propuesta por Robinson en 1938:  $FCM = 212 - 0.77 \times \text{edad}$ . Sin embargo, la fórmula más conocida y utilizada es:  $FCM = 220 - \text{edad}$ . A pesar de su popularidad, esta ecuación no fue validada originalmente como una herramienta predictiva, sino que fue mencionada en el contexto del uso de la frecuencia cardíaca de reserva por Karvonen et al. [16].

## 6.6. Frecuencia cardíaca máxima

La frecuencia cardíaca máxima (FCM) es un parámetro fisiológico clave utilizado para planificar la actividad física y evaluar la respuesta del sistema cardiovascular al esfuerzo. Su monitoreo permite controlar la intensidad del ejercicio, estimar el gasto energético, y detectar posibles anomalías cardíacas. La FCM también es útil en pruebas ergométricas para determinar el nivel de esfuerzo alcanzado y evaluar la recuperación post-ejercicio. Dado que la FCM puede variar entre individuos, es esencial contar con métodos precisos para su estimación y seguimiento. En este contexto, el uso de tecnologías IoT y dispositivos wearables ha facilitado el registro continuo y en tiempo real de la frecuencia cardíaca, permitiendo un análisis más detallado y personalizado del rendimiento físico y del estado de salud cardiovascular. [17]

## 6.7. Frecuencia cardíaca de reposo

La frecuencia cardíaca de reposo (FCR) se define como el número de latidos por minuto que el corazón realiza en condiciones de reposo absoluto, generalmente medido tras al menos cinco minutos de descanso en posición supina o al despertar por la mañana. Este valor representa la eficiencia del sistema cardiovascular en estado basal y está influenciado por factores como la edad, el sexo, el nivel de entrenamiento físico, el estado de hidratación y la actividad del sistema nervioso autónomo (Fletcher et al., 2013). En individuos entrenados, especialmente en deportistas de resistencia, la FCR suele ser más baja debido a adaptaciones fisiológicas como el aumento del volumen sistólico y la eficiencia del nodo sinusal. Por el contrario, valores persistentemente elevados de FCR pueden estar relacionados con un mayor riesgo cardiovascular, por lo que este indicador también es utilizado en la práctica clínica para el seguimiento del estado de salud general (Palatini y Julius, 2004).[18]

## 6.8. Bases de datos

La gestión de bases de datos constituye una de las áreas más relevantes dentro del ámbito de las tecnologías de la información, ya que permite administrar de manera eficiente grandes volúmenes de datos mediante el uso de herramientas y metodologías especializadas. Según lo expuesto en el documento de la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), la gestión de bases de datos abarca procesos orientados a garantizar la integridad, disponibilidad y confidencialidad de la información. [19]

Una base de datos puede definirse como un conjunto estructurado de datos que se almacenan y consultan de forma electrónica a través de sistemas informáticos. En este contexto, el modelo relacional, propuesto por Edgar F. Codd en 1970, ha sido ampliamente adoptado por su capacidad de organizar los datos en tablas que facilitan la manipulación, búsqueda y análisis de la información. [19]

Para lograr estructuras eficientes y libres de redundancia, se aplica un proceso denominado normalización. Este consiste en dividir una base de datos en tablas más pequeñas y relacionadas, siguiendo reglas denominadas formas normales, con el fin de preservar la integridad y reducir la duplicación de datos. [19]

Los Sistemas de Gestión de Bases de Datos (SGBD), por su parte, son programas que permiten a los usuarios interactuar con las bases de datos de forma sencilla y segura. Estas herramientas ofrecen funciones para la creación, modificación, eliminación y recuperación de datos, así como para el control de acceso y la protección contra fallos o accesos no autorizados. [19]

El conocimiento sobre estos fundamentos es indispensable para el diseño y mantenimiento de sistemas de información robustos. Además, permite a los profesionales en informática implementar soluciones eficaces ante la creciente demanda de procesamiento y análisis de datos en distintos sectores productivos.

## 6.9. Bases de datos relacionales

El modelo relacional de bases de datos fue propuesto por Edgar F. Codd en 1970 como una alternativa a los modelos jerárquico y de red que predominaban en la época. Este modelo organiza los datos en estructuras conocidas como relaciones o tablas, compuestas por filas (tuplas) y columnas (atributos), permitiendo una representación clara y flexible de la información. [20]

Una característica fundamental de este modelo es la independencia de los datos, lo cual significa que los cambios en la estructura de almacenamiento no afectan a las aplicaciones que los utilizan. Asimismo, el uso de claves primarias y foráneas permite establecer relaciones entre diferentes tablas, garantizando la integridad referencial. [20]

Además, las bases de datos relacionales se apoyan en el lenguaje SQL (Structured Query Language), que se ha estandarizado como el medio principal para la manipulación y consulta de datos. Este lenguaje permite realizar operaciones complejas como selección, proyección,

unión y agregación, fundamentales para el análisis y procesamiento de información. [20]

El proceso de normalización, compuesto por diferentes formas normales, se aplica para eliminar redundancias y asegurar la coherencia de los datos. Gracias a estas propiedades, los sistemas de gestión de bases de datos (SGBD) relacionales como MySQL, PostgreSQL, Oracle y SQL Server han sido ampliamente adoptados en múltiples industrias y sectores. [20]

## 6.10. Bases de datos no relacionales

Las bases de datos NoSQL han surgido como una solución ante las limitaciones de las bases de datos relacionales en contextos donde se manejan grandes volúmenes de datos, estructuras variables y requerimientos de alta disponibilidad. A diferencia de los modelos tradicionales, NoSQL no utiliza un esquema fijo, lo cual permite una mayor flexibilidad para almacenar y consultar datos no estructurados o semiestructurados. [20]

Estas bases de datos están diseñadas para escalar horizontalmente, es decir, distribuir la carga entre múltiples nodos o servidores. Este enfoque permite mantener el rendimiento incluso cuando aumenta la demanda del sistema. En lugar de seguir el modelo de consistencia estricta (ACID), muchas bases de datos NoSQL optan por el principio BASE (Basically Available, Soft state, Eventually consistent), favoreciendo la disponibilidad y la tolerancia a fallos. [20]

Se distinguen cuatro principales tipos de bases de datos NoSQL:

- **Clave-valor:** almacenan pares únicos de claves y valores; son útiles para almacenar sesiones o perfiles de usuario.
- **Documentales:** almacenan documentos en formatos como JSON o BSON; permiten consultas flexibles y estructuras anidadas.
- **Columnas:** almacenan datos por columnas; son óptimas para sistemas de análisis a gran escala.
- **Grafos:** representan relaciones complejas mediante nodos y aristas; ideales para redes sociales o sistemas de recomendaciones.

El uso de bases de datos NoSQL es común en aplicaciones web de alto tráfico, servicios en la nube, big data y análisis en tiempo real, debido a su escalabilidad, flexibilidad y rendimiento.

## 6.11. Diseño de bases de Datos

El diseño de bases de datos es un proceso fundamental en el desarrollo de sistemas de información, ya que permite estructurar y organizar los datos de manera eficiente y coherente. Este proceso se divide en varias etapas que facilitan la transición desde los requerimientos del mundo real hasta una implementación efectiva en un sistema gestor de bases de datos (SGBD).

La primera etapa es el diseño conceptual, donde se utiliza el modelo Entidad-Relación (ER) para representar las entidades relevantes del dominio de aplicación, sus atributos y las relaciones entre ellas. Este modelo proporciona una visión abstracta y comprensible de la estructura

Diseñar un Sistema de Información para el Monitoreo de Variables Fisiológicas que Permita la Captura, Almacenamiento y Seguimiento de Datos Relacionados con la Frecuencia Cardíaca en Deportistas

---

de los datos, independiente de cualquier consideración técnica o de implementación. Repositorio UAPA+1Scribd+1 Posteriormente, se realiza el diseño lógico, que consiste en transformar el modelo ER en un esquema relacional. En esta fase, se definen las tablas, claves primarias, claves foráneas y restricciones de integridad, adaptando la representación conceptual al modelo relacional que será implementado en el SGBD.UOC+1Scribd+1 Finalmente, el diseño físico aborda aspectos relacionados con el almacenamiento y acceso eficiente a los datos. Se consideran factores como la organización de archivos, índices, particionamiento y otros mecanismos que optimizan el rendimiento del sistema en función de las operaciones más frecuentes y los volúmenes de datos esperados. [21]

Es importante destacar que un diseño adecuado de la base de datos contribuye significativamente a la calidad, mantenibilidad y escalabilidad del sistema de información, facilitando su evolución y adaptación a futuros requerimientos.

## 7. Solución propuesta

### 7.1. Descripción general de la solución

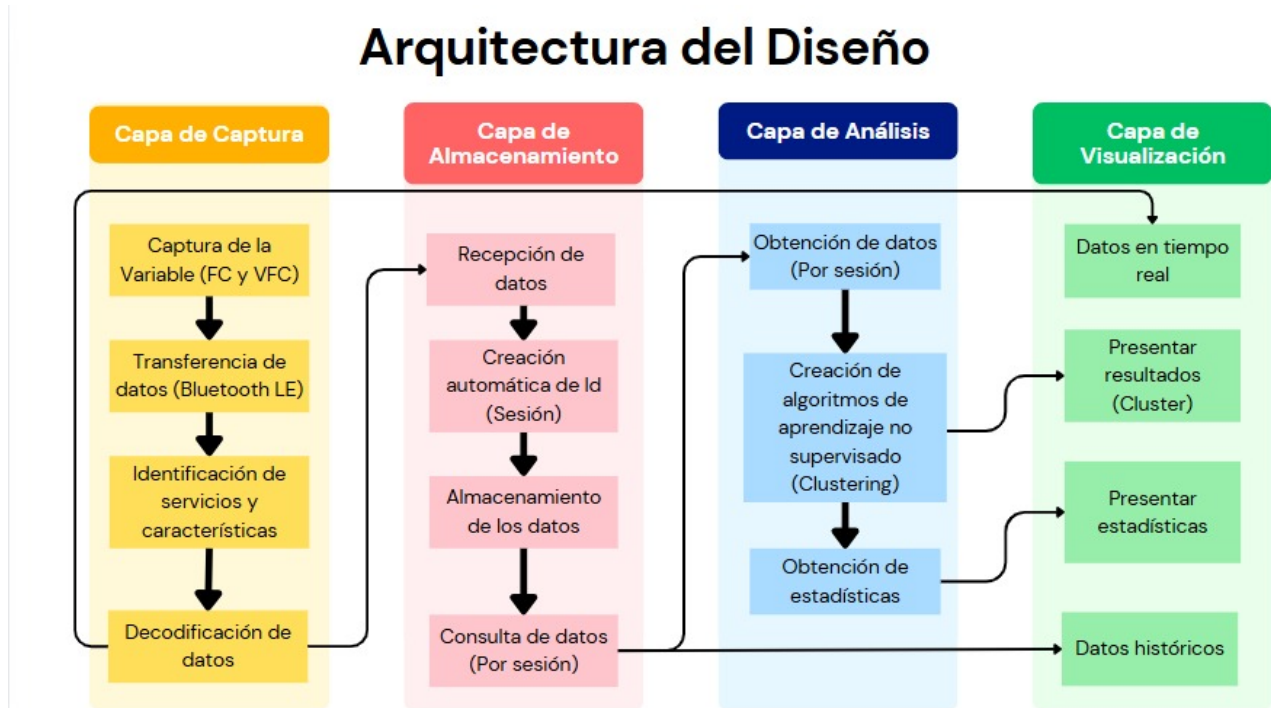


Figura 1: Diagrama funcional

El diagrama presentado en la Figura 1 ilustra la arquitectura funcional IoT del sistema de información para el análisis y seguimiento de la frecuencia cardíaca de atletas. Las distintas capas del diagrama contienen bloques funcionales que describen las operaciones necesarias para la captura, seguimiento, almacenamiento, visualización y análisis de la información.

El sistema inicia con la capa de captura, donde una banda pectoral obtiene la FC y VFC del deportista y las envía por Bluetooth LE a dispositivos receptores. Estos localizan los servicios Bluetooth LE necesarios para recibir los datos. La capa de almacenamiento toma estos datos, los decodifica de hexadecimal y los guarda en una base de datos, organizados por un ID de sesión de captura. Esta capa también sirve como fuente de datos para las siguientes etapas. La capa de análisis toma el historial de datos almacenados para realizar cálculos estadísticos y aplicar técnicas de clustering no supervisado con librerías de minería de datos. Finalmente, la capa de visualización presenta gráficamente la FC y VFC en tiempo real, así como los resultados de los análisis y el historial de datos por cada sesión.

## 7.2. Modelo conceptual



Figura 2: Mapa Conceptual

El sistema presentado en la Figura 2 integra tecnologías IoT, almacenamiento en la nube y aprendizaje automático para ofrecer una herramienta integral en el ámbito deportivo, enfocada en optimizar el rendimiento y cuidar la salud cardiovascular de los atletas.

Conceptos Calve:

- **Deportista:** El usuario del sistema.
- **Banda Pectoral (Dispositivo Wearable):** El dispositivo que mide las señales fisiológicas.
- **Frecuencia Cardíaca (FC):** La medida de la frecuencia del latido del corazón.
- **Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC):** La variación en el tiempo entre latidos del corazón.
- **Sesión de Captura:** Un periodo de tiempo definido durante el cual se recolectan datos.
- **Datos Crudos:** Los valores de FC y VFC obtenidos directamente de la banda pectoral en formato hexadecimal.
- **Datos Decodificados:** Los valores de FC y VFC convertidos a un formato utilizable.

Diseñar un Sistema de Información para el Monitoreo de Variables Fisiológicas que Permita la Captura, Almacenamiento y Seguimiento de Datos Relacionados con la Frecuencia Cardíaca en Deportistas

- **Almacenamiento de Datos:** La base de datos donde se guardan los datos decodificados, organizados por sesión.
- **Análisis Estadístico:** Los cálculos básicos realizados sobre el historial de datos.
- **Modelo de Aprendizaje No Supervisado (Clustering):** El algoritmo utilizado para identificar patrones en los datos.
- **Resultados del Análisis:** La información obtenida del análisis estadístico y del modelo de clustering.
- **Visualización Gráfica:** La representación visual de la FC y VFC en tiempo real.
- **Presentación de Resultados:** La exhibición de las estadísticas y los resultados del clustering por sesión.
- **Historial de Datos:** Los datos almacenados de sesiones anteriores.

### 7.3. Condiciones de diseño, propuesta de implementación y evaluación

## Implementación

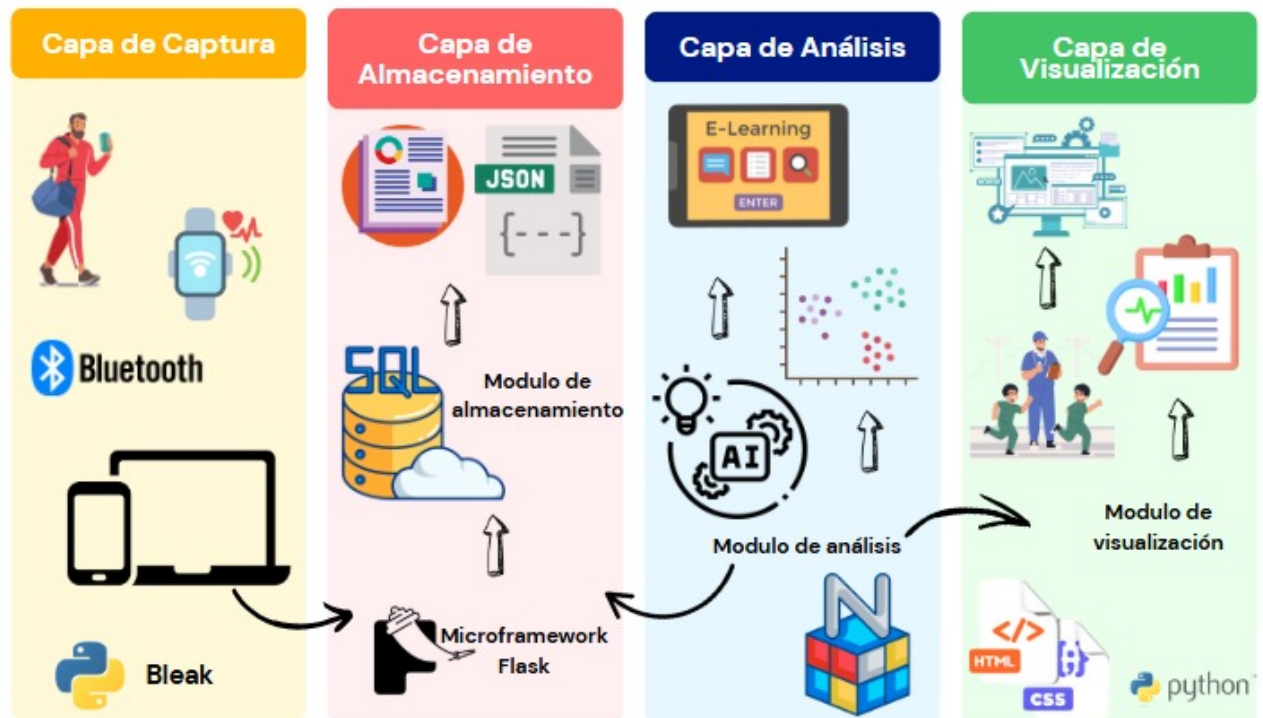


Figura 3: Diagrama de implementación

## Diseñar un Sistema de Información para el Monitoreo de Variables Fisiológicas que Permita la Captura, Almacenamiento y Seguimiento de Datos Relacionados con la Frecuencia Cardíaca en Deportistas

---

El diagrama de la Figura 3 ilustra cómo se implementa la arquitectura IoT para el sistema de análisis y seguimiento de la frecuencia cardíaca en deportistas. Esta representación visual especifica las diversas técnicas y tecnologías integradas en cada nivel, con el objetivo de llevar a cabo las funcionalidades descritas en la figura 1 (Diagrama funcional).

Utilizando una banda pectoral comercial Magene H64 como dispositivo wearable, se capturan la frecuencia cardíaca (FC) y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) en la capa de captura. Estos datos se transmiten a un equipo receptor a través del protocolo Bluetooth LE. La conexión entre el receptor y la banda pectoral se logra mediante adaptadores Bluetooth o el hardware interno del receptor, utilizando el ID del servicio y las características del dispositivo. Para facilitar esta conexión asíncrona en entornos Windows y Linux, se emplea la librería Bleak de Python. La técnica de Polling se implementa para la comunicación de datos desde la banda pectoral (servidor) hacia el dispositivo receptor (cliente). Una vez obtenidos y decodificados, los datos se almacenan en una base de datos no relacional, indexados por un ID de sesión de captura mediante el módulo de almacenamiento.

El módulo de análisis, ubicado en la capa de análisis, se encarga de procesar la información almacenada en la base de datos, llevando a cabo tareas como la generación de estadísticas y el clustering de datos. Este último proceso se realiza con el algoritmo K-Means de la librería scikit-learn de Python, el cual agrupa los datos en conjuntos (clústeres) según su distribución en el espacio, calculando un punto central para cada grupo. Por último, la capa de visualización utiliza CanvasJS y JavaScript para mostrar gráficamente tanto las variables en tiempo real como los datos históricos y los resultados del análisis. Esta presentación de la información es de gran utilidad para los entrenadores al momento de tomar decisiones sobre el rendimiento físico de los deportistas.

## 8. Planeación del Trabajo

Este trabajo se desarrolló basándose en la Estructura de Desglose del Trabajo (WBS), un método sugerido por el Project Management Institute (PMI). Según este enfoque, todas las tareas se organizan en los niveles más bajos, conocidos como paquetes de trabajo. Estos paquetes agrupan actividades similares que se programan, estiman, monitorean y controlan.

### 8.1. Estructura de descomposición de trabajo (WBS)

Para este proyecto específico, se definieron cuatro paquetes de trabajo principales, cada uno derivado de un objetivo específico:

- **WP1. Base conceptual:** Se enfoca en los fundamentos teóricos.
- **WP2. Análisis y requerimiento:** Cubre el estudio de necesidades y requisitos.
- **WP3. Selección e Integración:** Se dedica a la elección e incorporación de elementos.
- **WP4. Diseño e Implementación:** Abarca la fase de diseño y puesta en marcha.

(Ver Figura 4 para una representación visual).

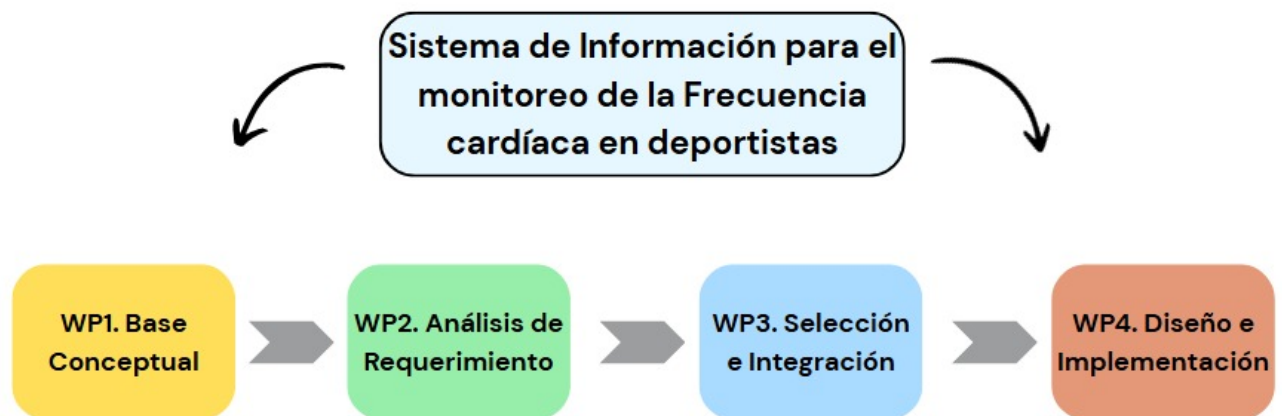


Figura 4: Paquete de trabajo (WBS)

A continuación, se detalla cada uno de estos los paquetes de trabajo por actividad o tarea:

## 8.2. Descomposición de actividades WBS

Paquete de Trabajo	Actividades
WP1: Base Conceptual	<p><b>Investigación de tecnologías de bases de datos:</b> Identificar las opciones más adecuadas para el almacenamiento de datos fisiológicos.</p> <p><b>Investigación de plataformas y lenguajes de desarrollo:</b> Explorar los lenguajes de programación y frameworks que mejor se adapten a la creación del sistema (backend y frontend).</p> <p><b>Estudio de protocolos de comunicación:</b> Analizar los estándares para la transmisión de datos desde dispositivos <i>wearables</i> al sistema.</p> <p><b>Revisión de estándares de seguridad y privacidad de datos:</b> Conocer las normativas y mejores prácticas para proteger la información sensible de los deportistas.</p> <p><b>Análisis de soluciones existentes o similares:</b> Estudiar cómo otros sistemas han abordado desafíos parecidos.</p>
WP2: Análisis de requerimientos	<p><b>Definición de usuarios y roles:</b> Identificar quiénes usarán el sistema y qué permisos tendrá cada uno.</p> <p><b>Levantamiento de requerimientos funcionales:</b> Determinar qué debe hacer el sistema desde la perspectiva del usuario.</p> <p><b>Levantamiento de requerimientos no funcionales:</b> Establecer las características de calidad del sistema (rendimiento, seguridad, usabilidad, etc.).</p> <p><b>Definición de tipos de datos fisiológicos:</b> Especificar qué datos se recopilarán y su formato.</p> <p><b>Análisis de flujos de datos:</b> Trazar cómo se moverán los datos desde la captura hasta el procesamiento y visualización.</p>
WP3: Selección e Integración	<p><b>Identificación de wearables potenciales:</b> Buscar dispositivos que midan los datos fisiológicos requeridos.</p> <p><b>Evaluación técnica de wearables:</b> Analizar las especificaciones, fiabilidad y precisión de los dispositivos.</p> <p><b>Verificación de la compatibilidad y APIs de los wearables:</b> Asegurar que los dispositivos puedan comunicarse con el sistema propuesto.</p> <p><b>Adquisición de wearables para pruebas:</b> Obtener los dispositivos seleccionados para realizar pruebas de concepto.</p> <p><b>Desarrollo de módulos de integración:</b> Construir el software necesario para conectar los wearables con el sistema.</p>

Diseñar un Sistema de Información para el Monitoreo de Variables Fisiológicas que Permita la Captura, Almacenamiento y Seguimiento de Datos Relacionados con la Frecuencia Cardíaca en Deportistas

<b>WP4: Diseño e Implementación</b>	<p><b>Diseño de la arquitectura general del sistema:</b> Definir los componentes principales y cómo interactuarán.</p> <p><b>Diseño de la base de datos:</b> Estructurar el almacenamiento de los datos fisiológicos y de usuarios.</p> <p><b>Diseño de la API (Application Programming Interface):</b> Definir cómo se comunicarán los diferentes módulos del sistema y las aplicaciones externas.</p> <p><b>Diseño de la interfaz de usuario:</b> Crear el aspecto y la experiencia de uso para los deportistas y el personal.</p> <p><b>Planificación de la seguridad:</b> Integrar medidas de protección de datos desde el diseño.</p> <p><b>Planificación de la escalabilidad:</b> Asegurar que el sistema pueda crecer sin comprometer el rendimiento.</p>
-------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 1: Actividades

### 8.3. Diagrama de Gantt

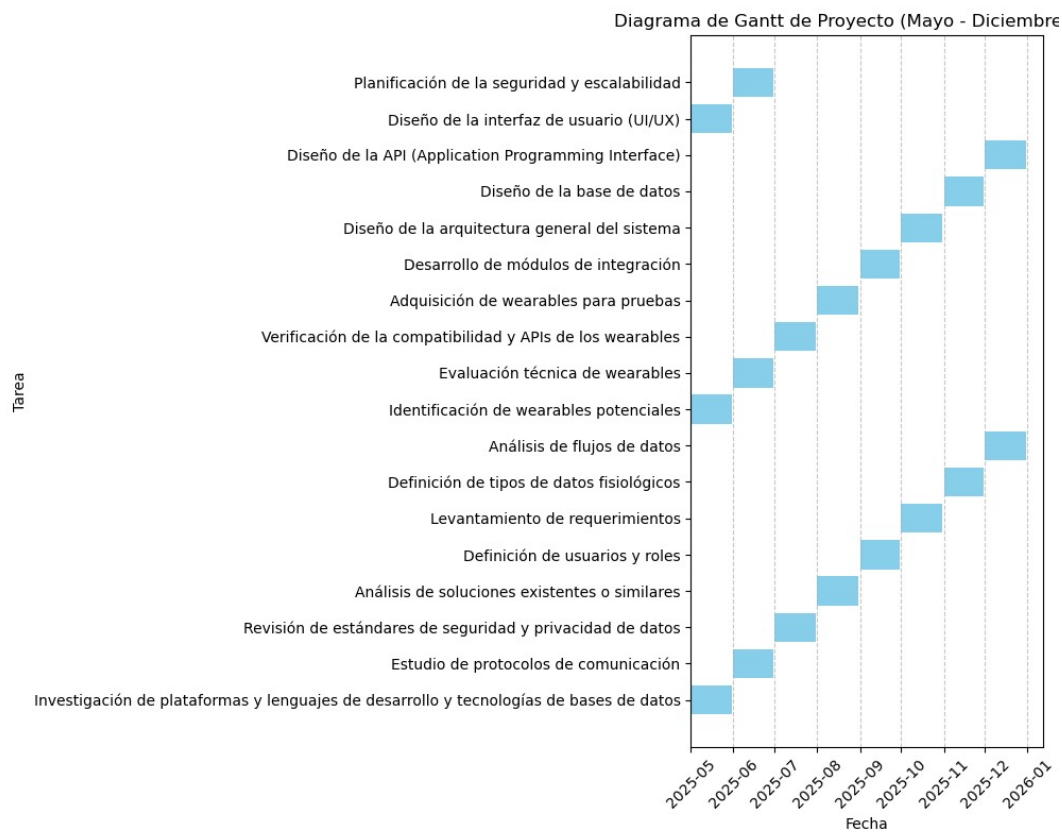


Figura 5: Diagrama de Gantt

## Diseñar un Sistema de Información para el Monitoreo de Variables Fisiológicas que Permita la Captura, Almacenamiento y Seguimiento de Datos Relacionados con la Frecuencia Cardíaca en Deportistas

---

El diagrama de Gantt muestra la planificación de diversas tareas de un proyecto, abarcando un período desde mayo de 2025 hasta principios de 2026. Cada barra horizontal representa una tarea, y su longitud indica la duración de dicha tarea a lo largo del tiempo, con las fechas de inicio y fin alineadas con el eje horizontal inferior.

### Estructura y Componentes Principales:

- Eje Vertical ("Tarea"): Lista las diferentes tareas del proyecto. Se pueden observar tareas relacionadas con la investigación, diseño (interfaz, API, base de datos, arquitectura), desarrollo, adquisición, verificación, evaluación, análisis, definición y revisión.
- Eje Horizontal ("Fecha"): Muestra el cronograma del proyecto, dividido en meses, comenzando en mayo de 2025 y extendiéndose hasta enero de 2026. Las líneas punteadas verticales ayudan a visualizar las divisiones mensuales.
- Barras de Tarea: Cada barra de color azul claro representa la duración de una tarea específica. La posición de la barra indica cuándo comienza y termina la tarea.

### Observaciones Clave del Cronograma:

- Tareas Iniciales (Mayo - Junio 2025): El proyecto parece comenzar con tareas de investigación, planificación y diseño, como la "Investigación de plataformas y lenguajes de desarrollo y tecnologías de bases de datos", "Estudio de protocolos de comunicación", "Revisión de estándares de seguridad y privacidad de datos", "Planificación de la seguridad y escalabilidad" y "Diseño de la interfaz de usuario (UI/UX)".
- Fase de Diseño Intensa (Junio - Septiembre 2025): Varias tareas de diseño se superponen o siguen de cerca, incluyendo el "Diseño de la API", "Diseño de la base de datos" y "Diseño de la arquitectura general del sistema".
- Adquisición y Verificación (Julio - Octubre 2025): La "Adquisición de wearables para pruebas" y la "Verificación de la compatibilidad y APIs de los wearables" son tareas importantes en esta fase, lo que sugiere un componente de hardware o dispositivos vestibles en el proyecto.
- Análisis y Definición (Agosto - Diciembre 2025): Tareas como la "Identificación de wearables potenciales", "Análisis de flujos de datos", "Definición de tipos de datos fisiológicos", "Levantamiento de requerimientos", "Definición de usuarios y roles" y "Análisis de soluciones existentes o similares" se extienden durante varios meses, indicando una fase de análisis y definición profunda.
- Desarrollo y Evaluación Técnica (Septiembre - Octubre 2025): El "Desarrollo de módulos de integración" y la "Evaluación técnica de wearables" están programados para esta fase, lo que sugiere la implementación de software y la validación técnica de los dispositivos.
- Tareas de cierre o continuación (Enero 2026): Algunas tareas como "Análisis de flujos de datos" y "Definición de tipos de datos fisiológicos" se extienden hasta enero de 2026, lo que indica que el proyecto podría continuar más allá de diciembre de 2025 o que estas tareas son de duración considerable.

Diseñar un Sistema de Información para el Monitoreo de Variables Fisiológicas que Permita la Captura, Almacenamiento y Seguimiento de Datos Relacionados con la Frecuencia Cardíaca en Deportistas

---

El diagrama de Gantt presenta una visión clara del cronograma de un proyecto con una fuerte inclinación hacia la investigación, diseño de software y hardware (especialmente wearables), análisis de datos y desarrollo de módulos de integración, distribuidas a lo largo de los últimos ocho meses de 2025 y principios de 2026.

Diseñar un Sistema de Información para el Monitoreo de Variables Fisiológicas que Permita la Captura, Almacenamiento y Seguimiento de Datos Relacionados con la Frecuencia Cardíaca en Deportistas

## 9. Presupuesto

En la tabla 2 se observa el presupuesto estimado el cual tiene un valor de \$22,610,000(COP) para la realización del proyecto.

Presupuesto			
Item	Cantidad	Precio Unitario(COP)	Total(COP)
Horas de trabajo de los estudiantes	600h	\$15.000	\$9.000.000
Horas de trabajo del asesor técnico (consultor IoT / salud deportiva)	20h	\$120.000	\$2.400.000
Banda Pectoral Magene H64 (Wearable)	3	\$230.000	\$690.000
Adaptadores Bluetooth BLE	2	\$60.000	\$120.000
Computador para procesamiento y visualización	1	\$4.500.000	\$4.500.000
Licencia CanvasJS (visualización web)	1	\$900.000	\$900.000
Almacenamiento en la nube (MongoDB Atlas / Firebase)	6 meses	\$100.000	\$600.000
Librerías y APIs de machine learning (scikit-learn, Bleak, etc.)	1	\$500.000	\$500.000
Desarrollo de la interfaz web (licencia front-end)	1	\$1.200.000	\$1.200.000
Costo del servidor de pruebas para backend	6 meses	\$150.000	\$ 900.000
Testeo de compatibilidad con dispositivos (varios wearables)	1	\$500.000	\$500.000
Licencia de software de análisis avanzado (p. ej., JupyterHub servidor multiusuario)	1	\$1.300.000	\$1.300.000
<b>TOTAL</b>			\$53.611.190

Tabla 2: Presupuesto

Ítem	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
Hardware	2.655.548 COP	4	10.622.192 COP
Software	1.456.010 COP	2	2.912.020 COP
<b>TOTALES</b>	<b>4.111.558 COP</b>	<b>6</b>	<b>13.534.212 COP</b>

Tabla 3: Tabla de Gastos Resumen de mi Proyecto

## 10. Conclusiones

- El diseño del sistema contempla el almacenamiento seguro del historial de datos por deportista y sesión de entrenamiento en una base de datos no relacional. Un logro clave es la incorporación de algoritmos de análisis, incluyendo el cálculo de métricas clave (zonas de entrenamiento, HRV, carga de trabajo) y la implementación de aprendizaje automático (K-Means) para la detección de patrones. La visualización de datos en tiempo real y la generación de reportes automáticos sobre el rendimiento son funcionalidades importantes que facilitan la toma de decisiones estratégicas. Además, se ha considerado la implementación de alertas y notificaciones para anomalías en la frecuencia cardíaca.
- Para potenciar el sistema, se propone ampliar las variables fisiológicas monitoreadas, integrar inteligencia artificial avanzada para predicción y personalización de entrenamientos, mejorar la interfaz de usuario con gamificación y soporte multiplataforma, asegurar compatibilidad con otros ecosistemas IoT deportivos, añadir módulos de comunicación y colaboración, y reforzar la seguridad y privacidad de los datos.
- El sistema propuesto se puede adaptar a otras actividades distintas al deporte de alto rendimiento, podría aplicarse por ejemplo en diversos campos como el monitoreo de la salud y el bienestar general, la optimización de rutinas en gimnasios, la investigación clínica y deportiva mediante la recolección de datos, la telemedicina para el seguimiento remoto de pacientes, la seguridad ocupacional en entornos de riesgo y la educación física para una mejor comprensión de las respuestas fisiológicas al ejercicio.
- Este proyecto aplicado al deporte enseña que el éxito depende de un enfoque multidisciplinario, combinando conocimientos de software, hardware y fisiología. La gestión de grandes volúmenes de datos en tiempo real y la compatibilidad entre diferentes dispositivos son desafíos importantes. La usabilidad del sistema es vital para su adopción, así como la seguridad y privacidad de la información personal de los atletas. El verdadero valor de recolectar datos, reside en su análisis inteligente para generar recomendaciones útiles, lo que requiere la colaboración con especialistas del deporte y la medicina.

## Referencias

- [1] M. Zito, «La sustentabilidad de Internet de las Cosas,» *Centro de Estudios en Diseño y Comunicación*, págs. 1-8, 2018, ISSN: 1668-0227.
- [2] L. Fava, D. Vilches, E. Ferrareso Alejandro Boccari y J. Díaz, «Inteligencia y tecnologías aplicadas al deporte de alto rendimiento,» *XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, págs. 1-5, 2020.
- [3] G. E. Chanchí Golondrino y M. A. Ospina Alarcón, «Arquitectura IoT para el desarrollo de sistemas de monitorización y análisis de variables fisiológicas en el área de asistencia médica,» *investigacion e innovacion en ingenieria*, págs. 1-13, 2020.
- [4] V. Alvear Puertas, P. Rosero Montalvo, D. Peluffo Ordóñez y P. José, «Internet de las Cosas y Visión Artificial, Funcionamiento y Aplicaciones: Revisión de Literatura,» *enfoque UTE*, págs. 1-13, 2017.
- [5] I. Bonilla Fabela, A. Tavizon Salazar, M. Morales Escobar, L. Guajardo Muñoz e I. Laines Alamina, «IOT, EL INTERNET DE LAS COSAS Y LA INNOVACIÓN DE SUS APLICACIONES,» *Vinculatégica efan*, págs. 1-15, 2016, ISSN: 2448-5101.
- [6] F. Arcos Coronel, J. Quezada Patiño y J. Inga Ortega, «Desarrollo de un Sistema de Monitoreo de Frecuencia Cardíaca y Variables Físicas Para Medir el desempeño en Sesiones de Entrenamiento de Futbolistas Usando Tecnologías de Comunicación inalámbrica,» *Cuenca - Ecuador*, págs. 1-110, 2023.
- [7] J. d. P. Pons, «Entrenamiento deportivo y nuevas tecnologías,» *EduSport - centro de recursos educacionales.cl*, págs. 1-15, 2018.
- [8] J. Consuegra Fontalvo, J. Calderón Velázquez y G. Chanchi Golondrino, «IoT System for Monitoring and Analysing Physiological Variables in Athletes,» *Revista Facultad de Ingeniería - Uptc*, págs. 1-21, 2022.
- [9] A. Hernández, M. Barrera Cortés, A. Ávila Barón., L. Téllez Tinjacá y H. Guío Ávila, «TECNOLOGÍA VESTIBULAR UNA VENTAJA COMPETITIVA EN EL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO,» *Ingenio Magno, Vol 11, No. 1*, págs. 1-15, 2020, ISSN: 2422-2399.
- [10] G. Chanchí G, L. Sierra M y W. Campo M., «Propuesta de una plataforma académica portable para la construcción de microservicios en entornos de IoT,» *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação - Risti*, págs. 1-15, 2019.
- [11] M. X. Bonilla Jerez, «SISTEMA AUTÓNOMO DE MONITOREO DE SEÑALES FISIOLÓGICAS CON GESTIÓN DE EMERGENCIAS PARA SEGURIDAD VIAL DE CICLISTAS AMATEUR,» *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*, págs. 1-153, 2019.
- [12] H. Crispancho Chinome, J. Otalora Luna y M. Callejas Cuervo, «Sistema experto para determinar la frecuencia cardíaca máxima en deportistas con factores de riesgo,» *Revista Ingeniería Biomédica*, págs. 1-9, 2016, ISSN: 1909-9762.
- [13] J. Salazar y S. Silvestre, «Internet de las cosas,» *Tech Pedia*, págs. 1-34, 2017.
- [14] J. Lopez V y X. Vilajosana G, «IoT: Dispositivos, tecnologías de transporte y aplicaciones,» *Telecomunicaciones UOC*, págs. 1-73, 2017.

- [15] E. A. Quiroga M, S. F. Jaramillo C, C. W. Yesid y C. G. Elías, «Propuesta de una Arquitectura para Agricultura de Precisión Soportada en IoT,» *Risti*, págs. 1-18, 2016.
- [16] M. Bouzas, D. Silva, B. Oliveira, C. Santos y B. Costa, «Frecuencia cardíaca máxima obtenida y predicha: estudio retrospectivo en brasileños,» *Medicina del deporte*, págs. 1-7, 2010.
- [17] M. Delgado F y C. Marlins, «EMPLEO DE ECUACIONES PARA PREDECIR LA FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA EN CARRERA PARA JÓVENES DEPORTISTAS,» *Medicina del deporte*, págs. 1-9, 2007.
- [18] M. Delgado F y C. Marlins, «Exercise Standards for Testing and Training A Scientific Statement From the American Heart Association,» *Scientific Statement*, págs. 1-62, 2013.
- [19] A. Pisco Gomez, R. J. Johnny, G. Jimmy, .Omar, M. Kleber y M. Javier, «FUNDAMENTOS SOBRE LA GESTIÓN DE BASE DE DATOS,» *Unesum*, págs. 1-82, 2017.
- [20] M. Marquez, «Bases de datos,» *Jaume*, págs. 1-175, 2011.
- [21] R. Camps Pare, L. Alberto, .Dolors, G. M. Gibert, C. Martín y .Oscar, «Bases de Datos,» *UOC*, págs. 1-460, 2005.
- [22] P. Sanmartín Mendoza, K. Ávila Hernández, C. Vilora Núñez y D. Jabba Molinares, «Internet de las cosas y la salud centrada en el hogar,» *Salud Uninorte*, págs. 1-110, 2016.
- [23] R. Arellano Colomina, «Internet en las Ciencias de la Actividad Física y Deportiva,» *Junta de Andalucía-Malaga*, págs. 1-15, 2006.
- [24] J. Salazar y S. Silvestre, «internet de las cosas,» *techpedia*, págs. 1-34, 2017.
- [25] J. G. Rivera Berrio y Lopera Sanchez, «internet de las cosas,» *Red digital educativa escartes*, págs. 1-141, 2024.
- [26] M. Pineda de Alcázar, «La Internet de las Cosas, el Big Data y los nuevos problemas de la comunicación en el Siglo XXI,» *Mediaciones Sociales*, págs. 1-14, 2018, ISSN: 1989-0494. DOI: 10.5209/MESO.60190.
- [27] L. Fava, D. Vilches, M. Díaz Javier Pagano y R. Romero Dapozo, «Tecnología aplicada al deporte de alto rendimiento,» *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, págs. 1-5, 2018.
- [28] A. Martin, C. Susana, R. Nelson, V. Adriana y M. Maria, «Bases de Datos NoSql en Cloud Computing,» *Ciencias de la computacion*, págs. 1-5, 2013.