



# UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**“Diseño y construcción de un prototipo para el análisis  
de postura dorsolumbar con uso de un sensor IMU.”**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO ELECTRÓNICO

Autor:

CHRISTIAN JAVIER ARIAS CÁRDENAS

Director:

ING. OMAR ALVARADO CANDO. Mgt

CUENCA, ECUADOR

2022

# Diseño y construcción de un prototipo para el análisis de postura dorsolumbar con uso de un sensor IMU.

## Resumen

Este artículo describe la aplicación de un dispositivo diseñado y construido para analizar la postura dorsolumbar con el uso de un sensor IMU. Para ello se realizó una primera etapa para indagar con respecto de los dispositivos diseñados para analizar la posición dorsolumbar. En una segunda parte se construyó el dispositivo con las necesidades planteadas y finalmente se procedió a la aplicación del dispositivo a 10 usuarios con diferentes características. En la evaluación de los resultados se pudo concluir que el dispositivo contiene la fiabilidad y usabilidad necesaria para el análisis de la posición dorsolumbar. Con el fin de complementar el hardware, se diseñó una interfaz móvil para la recolección y análisis de los datos a través de Wifi. Los datos alcanzados sirvieron para realizar un análisis comparativo entre usuarios, y además para establecer un seguimiento del paciente en sus tratamientos médicos. Finalmente, este proyecto abre las puertas para ampliar la investigación sobre el análisis de la posición dorsolumbar en diferentes usuarios y en contextos de enfermedades específicas.

**Palabras Clave**— Postura dorsolumbar, Sensor IMU, dispositivo, Wifi, prototipo.



---

Ing. Daniel Iturralde Piedra. PhD.  
Coordinador de Carrera



Firmado electrónicamente por:  
**OMAR SANTIAGO  
ALVARADO CANDO**

---

Ing. Omar Alvarado Cando. Mgt  
Director de Trabajo de Titulación



---

Christian Javier Arias Cárdenas  
Autor

# Design and Construction of a Prototype used for the Analysis of Thoracolumbar Posture using an IMU Sensor.

## Abstract

This article describes the application of a device designed and built to analyze the thoracolumbar posture with the use of an IMU sensor. To do so, during the first stage, an investigation was carried out to explore the existing devices designed to analyze the thoracolumbar position. During the second stage, the device was built with the settled needs and finally applied to 10 users with different characteristics. While evaluating the results it was possible to conclude that the device contains the reliability and usability required for a thoracolumbar position analysis. In order to complement this hardware, a mobile interface was designed for data collection and its analysis through Wi-Fi. The data obtained served as evidence to carry out a comparative analysis between users, and also to establish a follow-up of the patients\ in their medical treatments. Finally, this project opens the doors to expand research based on the analysis of the thoracolumbar position in different users and in the context of specific diseases.

**Keywords** - Thoracolumbar posture, IMU Sensor, Device, Wi-Fi, Prototype.



---

Engr. Daniel Iturralde Piedra. PhD.

Major Coordinator



Firmado electrónicamente por:  
**OMAR SANTIAGO  
ALVARADO CANDO**

---

Engr. Omar Alvarado Cando. Mgt

Final Project Director



---

Christian Javier Arias Cárdenas

Author



---

Language Unit

**Translated by**



---

Christian Javier Arias Cárdenas

# *Diseño y construcción de un prototipo para el análisis de postura dorsolumbar con uso de un sensor IMU.*

Christian Javier Arias Cárdenas  
Escuela de Ingeniería Electrónica  
Universidad del Azuay  
Cuenca, Ecuador  
chri\_jav29@es.uazuay.edu.ec

**Resumen**— Este artículo describe la aplicación de un dispositivo diseñado y construido para analizar la postura dorsolumbar con el uso de un sensor IMU. Para ello se realizó una primera etapa para indagar con respecto de los dispositivos diseñados para analizar la posición dorsolumbar. En una segunda parte se construyó el dispositivo con las necesidades planteadas y finalmente se procedió a la aplicación del dispositivo a 10 usuarios con diferentes características. En la evaluación de los resultados se pudo concluir que el dispositivo contiene la fiabilidad y usabilidad necesaria para el análisis de la posición dorsolumbar. Con el fin de complementar el hardware, se diseñó una interfaz móvil para la recolección y análisis de los datos a través de Wifi. Los datos alcanzados sirvieron para realizar un análisis comparativo entre usuarios, y además para establecer un seguimiento del paciente en sus tratamientos médicos. Finalmente, este proyecto abre las puertas para ampliar la investigación sobre el análisis de la posición dorsolumbar en diferentes usuarios y en contextos de enfermedades específicas.

**Palabras Clave**— Postura dorsolumbar, Sensor IMU, dispositivo, Wifi, prototipo.

## I. INTRODUCCIÓN

La lumbalgia o dolor lumbar, es un problema de salud pública que nace de la parte inferior de la espalda y cintura y puede ser tanto de evolución aguda como crónica (dolor crónico es el que persiste al pasar el tiempo) [1]. Las afecciones lumbares también pueden darse por el dolor en el nervio ciático, por una compresión de este nervio o de alguna raíz nerviosa que lo forman [1]. Existen varios síntomas que se deben conocer para identificar este dolor: uno de los principales es el dolor en la zona lumbar baja identificada como la parte posterior de la cintura, que se produce cuando se permanece de pie y mejora con el descanso en la cama; también puede presentarse en la parte inguinal e incluso en los genitales. Frecuentemente se genera un dolor en la cara posterior del glúteo, en la cara posterior y lateral del muslo y, menos frecuente, en la pantorrilla y cara lateral de la pierna y en el talón. Una de las consecuencias es la dificultad al momento de caminar debido al dolor en la parte lumbar y extremidad inferior [2].

La causa principal del dolor lumbar crónico es la degeneración de los discos intervertebrales y las articulaciones posteriores. Es un proceso normal a partir de

los 20 años de edad, como pasa con otras partes de nuestro cuerpo y organismo, depende de la musculatura abdominal y lumbar que tenga cada persona.

El sobrepeso ocasiona que la columna trabaje con un peso mayor al que debería trabajar. También afecta permanecer mucho tiempo de pie y las posturas forzadas continuamente en flexión lumbar [1].

El diagnóstico de este dolor se basa en la historia clínica del paciente y de la exploración física que realiza el médico, también las radiografías, tomografías o resonancias complementan las pruebas para diagnosticar el dolor lumbar [1].

Para mejorar esta condición, existen algunas alternativas:

- La estabilización de la columna lumbar: esto se puede realizar con el uso de medios externos como fajas, corsés y principalmente en tonificar la musculatura abdominal y espinal, mediante la realización de ejercicios llamados isométricos, es decir, que no requieren la movilización de la columna [2].
- Medidas de higiene postural: utilizando sillas y muebles ergonómicos en el puesto de trabajo, esto evita que la columna se flexione y se mantenga los pesos pegados al cuerpo [2].
- Adecuado índice de masa corporal.
- Tomar antiinflamatorios como corticoides, analgésicos y relajantes musculares pueden ser útiles cuando el dolor se agudiza, pero solo por un tiempo corto porque puede generar otras consecuencias.
- También sirve la estimulación eléctrica, masajes, tracciones y fuentes de calor en la rehabilitación puede mejorar temporalmente este dolor [2].
- Si ninguno de los métodos anteriores funciona, la cirugía es la última opción [2].

La dorsalgia o dolor dorsal, se origina en las vértebras de la zona dorsal compuesta de 12 vértebras que se sitúan entre la columna cervical y la columna dorsal. Para entender de mejor manera este dolor es necesario aclarar dos características anatómicas de la zona dorsal: a) cada una de las 12 vértebras está a cargo de la disposición de las

costillas tanto del lado izquierdo como del derecho, formando la conocida caja torácica que reduce la movilidad y aumenta la rigidez de la columna vertebral a este nivel, b) en la columna dorsal se encuentra la salida de las raíces nerviosas a nivel de cada vértebra. Es decir, los dolores que el usuario siente en la columna dorsal alta, pueden tener origen en la columna cervical, por el contrario, los dolores que se señalan en la columna lumbar pueden originarse en la columna dorsal baja, este dolor es más difícil de diagnosticar [3][4].

Por esta razón se diseñó y construyó un dispositivo que permite realizar el análisis continuo de la postura del usuario que lo lleva puesto con el fin de mejorar su calidad de vida, muestreando los valores o el ángulo en que la persona se encuentra para que de esta manera se pueda lograr un análisis amplio de los ángulos de inclinación.

El dispositivo es capaz de enviar una pequeña vibración si se considera una postura incorrecta y de esta manera alertar al usuario y así este corrija la postura, además los datos analizados son enviados a la nube mediante una aplicación de Google y así se guardan estos en la base de datos.

También se diseñó una aplicación móvil para una mayor accesibilidad al momento de la obtención de datos, para elaborar este dispositivo se utilizó un sensor de unidad de medida inercial (IMU por sus siglas en inglés), y un microcontrolador con características especiales.

Sensor IMU (MPU6050), este se usó para que detecte los datos de la posición en la que se encuentra el usuario y luego estos se envían al microcontrolador para el análisis deseado. Es un transductor de aceleración que mide su propio movimiento en el espacio, mide aceleración gravitacional estática, lo que permite determinar el ángulo de desviación del objeto medido, así como las mediciones de aceleración dinámica debido a movimientos, golpes, etc.

Su funcionamiento se basa en medir la fuerza de aceleración en la unidad g y puede medir en los tres planos. Si la aceleración en cualquier plano está en la dirección opuesta a la dirección del sensor su aceleración será negativa, caso contrario será positiva. Si el acelerómetro no se ve afectado por una aceleración externa, medirá la aceleración gravitacional, es decir, la fuerza de gravedad, si esto pasa el valor en el eje  $X=0g$ ;  $Y=1g$ ;  $Z=0g$ .

Entonces si existe una vibración o movimiento, este sensor se opone al objeto que vibra o se mueve, lo que permite convertir la energía de vibración en una señal eléctrica que es proporcional a la aceleración de ese objeto [5].



Fig. 1. Sensor MPU6050 [6].

El microcontrolador que se utilizó es el ESP8266, mediante el cual se obtienen los datos que envía el sensor IMU a través de la nube y también permite que el dispositivo se conecte a una red Wifi. Está compuesto por una unidad central de proceso CPU, memorias ROM y RAM y periféricos de entrada y salida.

El ESP8266 se puede usar para varias aplicaciones como: manejo de sensores, control de motores, robots, alarmas, etc. [23-27]. Para usar este chip se debe programar por software e indicar lo que este dispositivo va a hacer y lo que va a controlar, leer, entre otros. Estos datos se guardan en la memoria y el CPU lo procesa paso a paso según lo que el programa indique. Se puede programar en C, C++, mikro C, arduino, etc. [7].



Fig. 2. ESP8266 NodeMCU [8].

También se utilizó un módulo de carga (TP4056), para que el dispositivo funcione sin necesidad de conectar a una fuente de corriente, su función es cargar baterías de litio de la serie SD 18650, SD 16550 o pilas recargables AA y otras baterías de litio. La duración del tiempo de carga es de 3 horas aproximadamente. Se puede alimentar a este módulo a través de una fuente de 4 a 5 voltios [9].



Fig. 3. Modulo Carga TP4056 [9].

Otro de los dispositivos que se utilizó es un motovibrador, este objeto es el que producirá la pequeña vibración para que el usuario sepa que debe corregir su postura. Un motovibrador es un motor que genera una vibración grande o pequeña dependiendo del tamaño del motor y de la programación que se le aplique a éste. Para alimentar a este dispositivo se utilizará una batería de litio de 3.7V [9].



Fig. 4. Motor Vibrador [9].

## II. ESTADO DEL ARTE

Existen diversos artículos e investigaciones que se han realizado enfocados en cuál debe ser la postura correcta de las personas cuando realizan cierta actividad, a continuación, se presentarán varios de estos estudios relacionados con la correcta e incorrecta postura de la columna vertebral.

Wilmer Albarracín, Francisco Jurado, Luis Chuquitarco y Iveth Proaño, en su trabajo de titulación nombrado *"Análisis y corrección de la postura empleando la tecnología de la cámara KINECT"*, en donde el dispositivo implementado capta los movimientos de cuerpo como los gestos y voz del usuario. El sistema inicia con un análisis de datos enviados por la cámara del Kinect, que por medio del programa elaborado muestra tres pantallas de las cuales la primera, muestra la representación gráfica del usuario; la segunda muestra la imagen en color RGB y la última muestra la profundidad. En base a la programación desarrollada se obtienen los datos para saber si el usuario está en posición correcta o no [10].

Juan Cabrera Zeas y Edison Pugo Mendez en su trabajo *"Diseño y construcción de un sistema inteligente para la detección de malas posturas sobre la columna vertebral"*, realizan un sistema embebido que posee una superficie sensorial resistiva flexible que adopta la forma de la columna vertebral para obtener la postura del usuario, en caso de ser incorrecta muestra alertas a través de una aplicación Android [11].

En la Escuela Politécnica Nacional, se realizó un trabajo de titulación denominado *"Diseño e implementación de un sistema para el análisis ergonómico de la postura del tronco al estar sentado mediante el uso de dispositivos de unidad de medida inercial"*, desarrollaron e implementaron un sistema que, por medio de una aplicación móvil, emite alarmas que alertan al usuario acerca de las posturas inadecuadas que adopta. Se identifica la postura del tronco de usuario al estar sentado, procesando los datos de los dispositivos IMU ubicados en la zona cervical y del trocánter mayor por medio de los prototipos desarrollados, clasificando las posturas como aceptable o inadecuadas en

base a la norma ISO 11226:2000 y al estudio ergonómico que se realizó del tronco en la postura de sentado [12].

La revista Ciencias de la Salud en el año 2014, presenta un artículo científico titulado como *"Influencia de los movimientos lumbopélvicos en la percepción de dolor lumbar en postura sedente prolongada en conductores, realizados a partir de un dispositivo colocado sobre el asiento"*, el estudio se realizó en base a un dispositivo que se desarrolló específicamente para las personas que pasan el mayor tiempo sentadas. Existe una asociación entre dolor lumbar y postura sedente, razón por la cual, se utilizan los macro reposicionamientos que son la respuesta natural del cuerpo debido a la incomodidad percibida en un tiempo prolongado. El estudio demuestra que los movimientos que las personas hacen ante esta incomodidad no disminuyen el dolor lumbar y la incomodidad aumenta. Por esta razón, se desarrolló un dispositivo que se coloca en el asiento y que, con la descripción de las siguientes variables, ayuda a saber si la postura es correcta: 1) la variación del ángulo del asiento bajo los criterios de menor demanda biomecánica y menor percepción de comodidad, 2) la velocidad de variación del ángulo del asiento bajo el criterio de menor percepción de inestabilidad, 3) la frecuencia en que se deben efectuar estos reposicionamientos [13].

Lloret Fuster en su trabajo *"Diseño y validación de un dispositivo para la cuantificación de la lordosis lumbar basado en sensores inerciales"*, desarrolló una tecnología textil, diseñando y construyendo un cinturón llamado lumbatex que es capaz de medir y cuantificar de forma válida y fiable la curvatura específica del raquis lumbar mediante la utilización de los sensores inerciales como acelerómetros, tra-axiales y giroscopios integrados en el textil del dispositivo. Este dispositivo resultó ser cómodo para el usuario y cumplió la función de determinar cuándo alguien está en una mala posición [14].

La revista de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la Universidad Central nos presenta un artículo denominado *"Sistema indicador de exceso de cargas y posturas inadecuadas a nivel dorsal"*, se desarrolló un dispositivo indicador de exceso de carga y malas posturas para prevenir el dolor y las patologías causadas por la mala postura, carga excesiva, etc. Este dispositivo se ubica en la maleta e indica el peso y postura, si el peso y la postura superan los umbrales el dispositivo envía alertas, para el dispositivo se utilizó un sensor inercial de 3 ejes conocido como acelerómetro [1].

Juan Luna Jaramillo de la Pontificia Universidad Católica del Perú nos presenta su tesis de grado denominada *"Desarrollo de un sistema de adquisición para la evaluación del balance corporal en base a la medida del movimiento del tronco"*, se desarrolló con la finalidad de conocer la velocidad con la que las personas reaccionan al realizar movimientos impredecibles, se realizó un sistema electrónico que permite medir en tiempos real el ángulo del movimiento del tronco mientras el usuario realiza

movimientos laterales, esto es evaluado por una interfaz gráfica, en la cual se hace la evaluación. Este sistema ocupa un sensor IMU (MPU6050) cuya información es procesada por un microcontrolador Arduino Nano y para procesar estos datos se usa un filtro complementario y un filtro Kalman. Para desarrollar la interfaz gráfica se utilizó una Raspberry Pi 3B, para que de esta forma el usuario vea su rendimiento [15].

Oliver Craven, en su trabajo *“Desarrollo de una APP para la mejora de la técnica de un ciclista mediante monitorización de su postura a través de sensores inerciales”*, realizó una aplicación que, por medio de una camiseta con sensores IMU y un microcontrolador para procesar los datos, se analiza la postura del ciclista o del deportista, con el fin de que mejore su postura al momento de estar en conducción de la bicicleta [16].

En la Universidad de Coruña se realizó un trabajo de titulación denominado *“Análisis de la postura del tronco en terapias de rehabilitación mediante robots”*, en donde se realizó un software que permite al terapeuta conocer la postura del tronco del paciente, la posición de la extremidad afectada y el porcentaje del movimiento del realizado con el tronco, este se implementó dentro de un robot de rehabilitación UHP, para de esta manera el terapeuta ser más exacto al momento de realizar la rehabilitación [17].

Zamir Castillo Sanchez en su trabajo de grado *“Órtesis de asistencia motriz para adultos mayores con dificultades en la transición de la postura sedente a la bípeda”*, exhibe un dispositivo que busca brindar una solución a los adultos mayores, debido a que, por el paso del tiempo o el envejecimiento ellos pierden musculatura, este dispositivo potencia la ejecución de actividades al brindar una fuerza adicional para que ellos realicen actividades normales y no tengan que depender de nadie [18].

En la Pontificia Universidad Javeriana desarrollaron un trabajo nombrado *“Lum desarrollo de objeto ergonómico para el mejoramiento de la postura lumbar en puestos de trabajo en modalidad de trabajo en casa”*, este es un dispositivo que se desarrolló para mejorar la postura y la calidad de vida para las personas en el ambiente laboral o los que trabajan en la modalidad home office, este dispositivo cuenta con una tecnología de sensores ubicados en puntos estratégicos a través de la columna vertebral, están basados en medicina alternativa shiatsu para dar mayor relajación en las zonas afectadas por el sedentarismo, cuenta con un lector de posición corporal, envía los datos a una aplicación móvil que muestra las estadísticas, alertas y notificaciones de la salud lumbar del usuario [19].

Jorge Cajas Ochoa en su trabajo de titulación *“Diseño de un entrenador electrónico para monitoreo de postura en ejercicios de halterofilia o levantamiento de peso”*, elaboró por medio de diversos circuitos propuestos y pruebas para adaptarse a la ejecución de sentadilla frontal y trasera, para

poder ayudar al entrenador y al atleta a mejorar, corregir la postura y mejorar el método para levantar peso. Este dispositivo monitorea al atleta, sus posiciones y va dando los datos o resultados que obtiene [20].

En la Universidad Autónoma del Estado de México se realizó un trabajo denominado *“Sistema de visión artificial para la detección y corrección de postura en ejercicios realizados por fisicoculturistas”*; este sistema permite reconocer y seguir los movimientos de los fisicoculturistas para determinar si sus posturas son correctas en tiempo real, por medio de la posición de sus articulaciones en el sistema de ejes de tres dimensiones. Este sistema utiliza algoritmos para comparar la posición del usuario con lo preestablecido del sistema, utilizando el Kinect para obtener estos datos [21].

Cubillos Morales Camilo, realizó un Sistema Podoscopio denominado *“Desarrollo de un sistema para la identificación de alteraciones en la postura mediante el análisis de la huella plantar”*; está diseñado para analizar las huellas plantares de las personas y de esta manera ver si el usuario está en una mala postura. Está basado en el procesamiento digital de imágenes que se adaptan a la plataforma usada que en este caso es Matlab y la interfaz gráfica está hecha con GUIDE, para de esta manera verificar mediante este examen si las posturas del usuario son las adecuadas [22].

Como se puede evaluar, se han realizado un número considerable de trabajos enfocados hacia el análisis y corrección de la postura de las personas, esto se presenta ya que existen diversas enfermedades que ocurren por no corregir la postura de manera adecuada a tiempo.

### III. MODELO DE ANÁLISIS DEL SISTEMA

El dispositivo electrónico creado se ha denominado FIX-POSTURE, que tiene como significado en español *corrector de postura*. Este dispositivo fue desarrollado con el objetivo de captar los datos de ángulos de inclinación y así poder analizar la postura dorsolumbar de las personas al estar sentadas, además de obtener datos, este dispositivo también cuenta con un modo de corrección de postura automático, el cual se activa presentando una vibración al momento de captar una mala posición por un tiempo determinado.

Para la explicación del sistema desde la perspectiva del usuario se manejó el lenguaje unificado de modelado (UML por sus siglas en inglés), este lenguaje de programación gráfica lo representamos por: requisitos funcionales, requisitos no funcionales, diagrama de actores y diagrama de casos de uso, en los requisitos funcionales se define la especificación y descripción de cada acción que se puede realizar con el dispositivo, estos se aprecian desde la Tab .1 hasta la Tab. 9, luego se describe cada uno de los requisitos no funcionales del dispositivo, posteriormente se determina un diagrama de actores que consiste en la

interacción de las personas con el dispositivo y el administrador del equipo, en la Fig. 5 se aprecia el diagrama mencionado y finalmente se define un diagrama de casos de uso como los mostrados en la Fig. 6 y Fig. 7, en los que se representan las operaciones que puede cumplir el administrador del equipo y el usuario.

#### A. Requisitos funcionales.

Denominación	RF1
Título	Interruptor de encendido y apagado
Especificación	Interruptor para el encendido y apagado del dispositivo
Descripción	Este interruptor tiene la función de apagar y encender el dispositivo.

**Tab. 1** Requisito funcional 1.

Denominación	RF2
Título	Pulsante de cambio de modo
Especificación	Pulsante para cambio a modo de corrector de postura
Descripción	Este pulsante al presionarlo una sola vez cambia a modo de corrector de postura, es decir adopta un modo automático, el cual presentará una vibración cuando el dispositivo sense un valor de una postura incorrecta y se encenderá un led indicativo color rojo.

**Tab. 2** Requisito funcional 2.

Denominación	RF3
Título	Pulsante para configuración de red o reinicio
Especificación	Pulsante para que el dispositivo entre en modo de configuración de red o se reinicie.
Descripción	Este pulsante al presionarlo por 1 segundo reiniciará el dispositivo y el led color verde parpadea, y al presionarlo por 5 segundos activará el modo de configuración en el que el led rojo y verde se mantienen encendidos, este modo nos permitirá conectar el dispositivo por medio de la aplicación creada a una Red Wifi.

**Tab. 3** Requisito funcional 3.

Denominación	RF4
Título	Botón app de configuración Wifi
Especificación	Botón para abrir configuración de Wifi
Descripción	Este botón se encuentra dentro de la app creada el cual abre la configuración Wifi.

**Tab. 4** Requisito funcional 4.

Denominación	RF5
Título	Ingreso de red Wifi
Especificación	Registro del nombre de la red Wifi y contraseña
Descripción	Este consta de:  Nombre de la Red Wifi a la cual queremos conectar el dispositivo. Contraseña de la red Wifi a la cual deseamos conectar el dispositivo. Botón de guardar red, el cual enviará los datos de la red al dispositivo y así este se podrá conectar.

**Tab. 5** Requisito funcional 5.

Denominación	RF6
Título	Botón app de Registros
Especificación	Botón para abrir los registros de datos.
Descripción	Este botón se encuentra dentro de la app creada el cual abre los registros de datos.

**Tab. 6** Requisito funcional 6.

Denominación	RF7
Título	Botón app Nuevo Usuario
Especificación	Botón para abrir los registros de un nuevo usuario
Descripción	Este botón se encuentra dentro de la app creada el cual abre los registros de datos.

**Tab. 7** Requisito funcional 7.

Denominación	RF8
Título	Botón app de Registros
Especificación	Botón para abrir los registros de datos.
Descripción	Este consta de:  Casilla para ingreso del nombre y apellido del nuevo usuario. Casilla para el ingreso de la edad del nuevo usuario.

**Tab. 8** Requisito funcional 8.

Denominación	RF9
Título	Usuario
Especificación	Ingreso a un usuario ya creado.
Descripción	Este consta de:  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Botón para la calibración del dispositivo, al presionarlo el dispositivo tomará un valor de la posición inicial del usuario y lo mostrará.</li> <li>• Selector de tiempo de registro, en este se podrá escoger cada que tiempo necesitamos ver el ángulo de la postura del usuario.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Botón para activar el modo de vibración, activará la vibración cada vez que el valor baje de la posición inicial</li> <li>• Botón para guardar datos, al activar este botón se comenzarán a guardar los datos en tiempo real de la posición del usuario.</li> </ul>
--	--

Tab. 9 Requisito funcional 9.

### B. Requisitos no funcionales.

**Usabilidad.** – El dispositivo ha sido desarrollado de manera que sea cómodo para el usuario, ya que se consideró cuidadosamente cada uno de los componentes electrónicos utilizados, además su carcasa fue modelada en 3d de manera que el dispositivo se acomode con correas ajustables a cualquier tipo de usuario sin incomodar a ninguno.

**Funcionalidad.** – Debido a que el dispositivo fue creado con un Módulo ESP8266, el cual nos permite realizar múltiples funciones de manera eficiente, sensando y guardando datos en tiempo real, esto resulta eficaz, entonces todas las funciones del dispositivo trabajan correctamente en cualquiera de sus modos de operación.

**Simplicidad.** - El dispositivo ha pasado por varias etapas y cada vez ha sido mejorado hasta llegar a un prototipo final que trabaja de manera óptima, además la aplicación móvil fue creada de manera que brinda una cómoda visualización y fácil interpretación.

**Flexibilidad.** – Tanto el dispositivo como la aplicación, están diseñados para ampliar sus capacidades en hardware y software, debido al uso de componentes electrónicos basados en Arduino y en Android.

**Portabilidad.** – Los datos obtenidos del usuario se pueden observar desde cualquier parte solo se necesita acceso a internet, además el dispositivo es pequeño de fácil transporte.

**Confiabilidad.** – Con la aplicación móvil se pueden guardar los datos sólo cuando sea necesario optimizando los datos en el servidor.

### C. Diagrama de actores

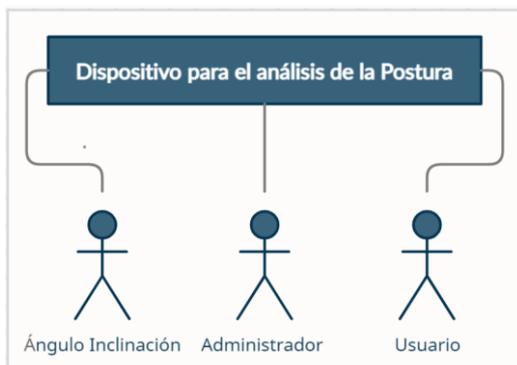


Fig. 5. Diagrama de Actores.

### D. Diagrama de casos de uso.

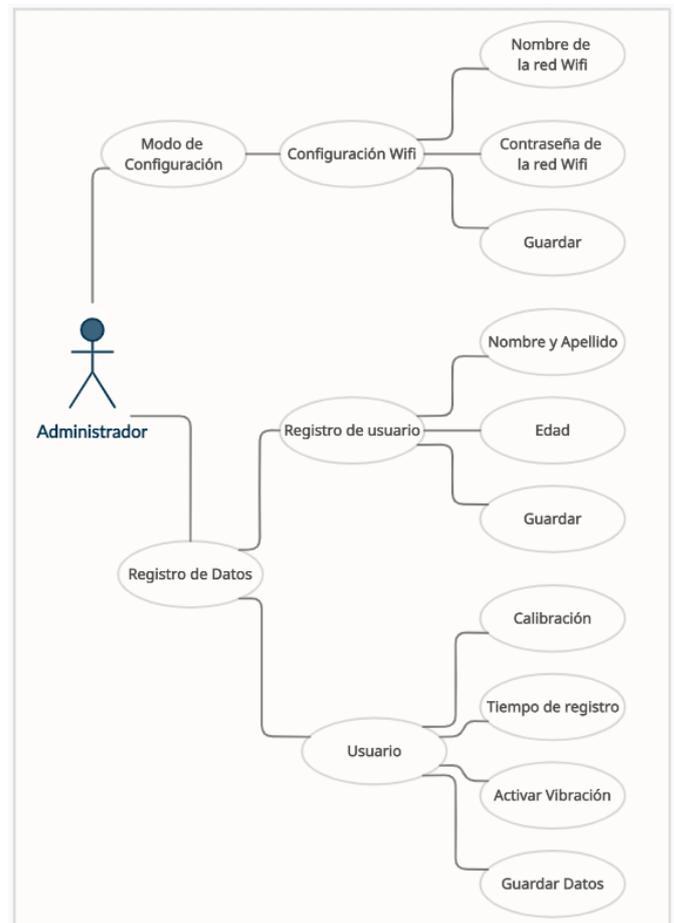


Fig. 6. Diagrama de casos de uso de Administrador.

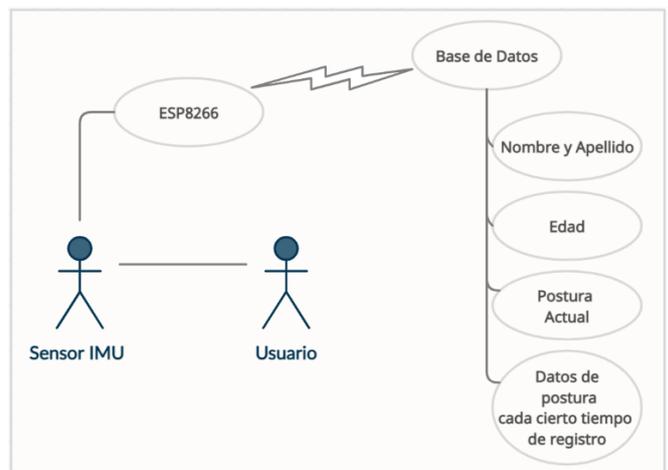


Fig. 7. Diagrama de casos de uso de Usuario.

## IV. IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE

Se elaboraron distintos tipos de diseños de PCB antes de llegar a un prototipo final en la Fig. 8 se puede observar el primer diseño de PCB y posteriormente en la Fig. 9 podemos ver el primer diseño ya montado en la placa y listo para su funcionamiento.

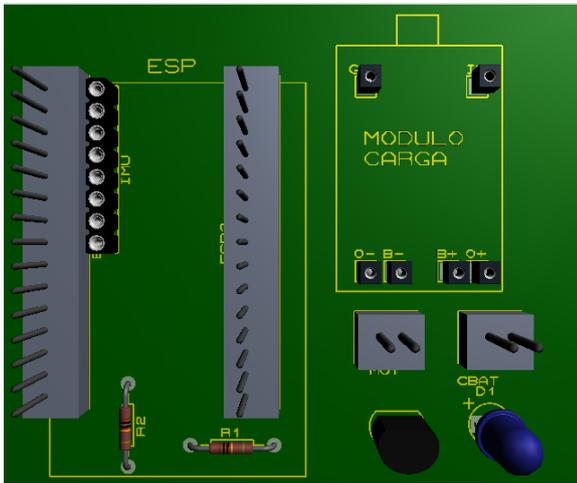


Fig. 8. Primer diseño de prototipo de PCB.



Fig. 11. PCB del segundo diseño.

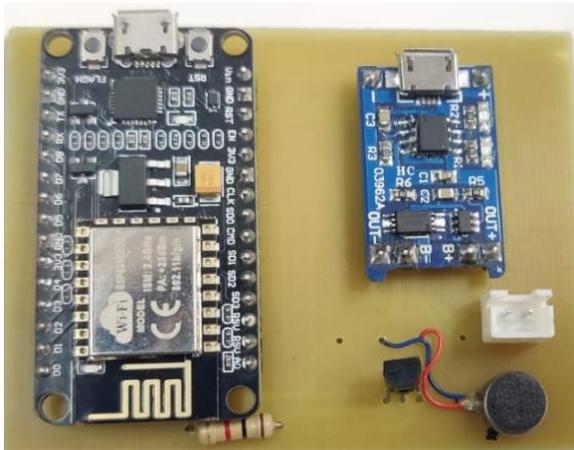


Fig. 9. PCB de primer diseño.

Luego de haber realizado un primer prototipo y cumplir distintas pruebas, se prosiguió a la elaboración de un segundo prototipo. Como se puede observar en la Fig. 10 se diseñó un PCB que se pueda colocar en la espalda del usuario con cintas ajustables y así obtener los datos requeridos para el análisis posterior, en la Fig. 11 se muestra el PCB terminado y listo para ser colocado en cualquier persona y realizar las pruebas necesarias.

En la Fig. 12 se mira el segundo PCB colocado en la espalda de un usuario con cintas ajustables, en esta etapa el dispositivo está captando los datos de los ángulos de inclinación de manera óptima.

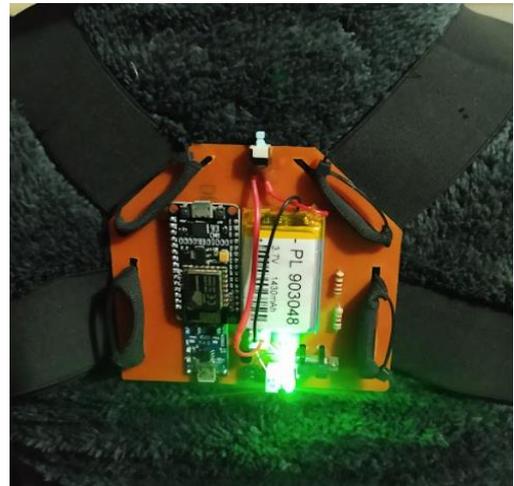


Fig. 12. PCB del segundo diseño montado y funcionando.

Debido a que el segundo PCB era bastante robusto y además un poco incómodo para el usuario, se decidió elaborar un tercer y final PCB el cual se aprecia su diseño en la Fig. 13.

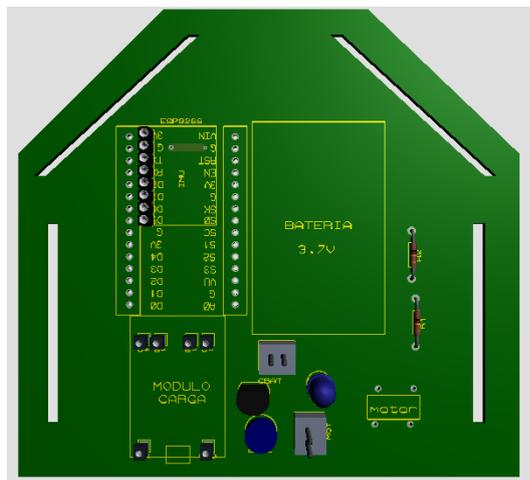


Fig. 10. Segundo diseño de prototipo de PCB.

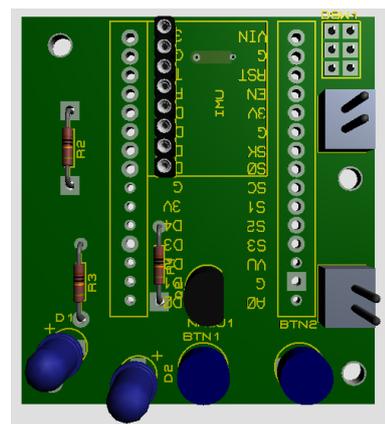
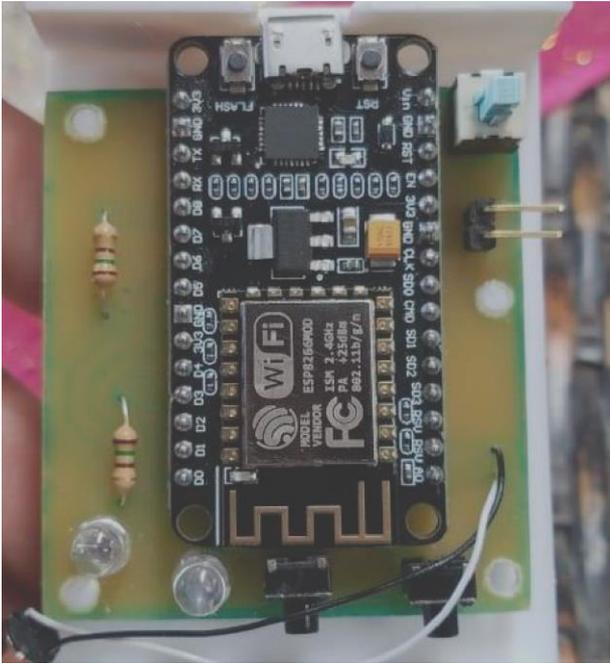


Fig. 13. Diseño de PCB final.

En la Fig. 14 se aprecia el PCB final listo para ser montado en su estructura, en este tercer diseño se optó por cambiar el módulo de carga visto en los diseños anteriores, para remplazarlo por otro de menor tamaño, pero de misma funcionalidad, de igual manera en este diseño se utilizó una batería de menor dimensión, con el fin de obtener un prototipo más compacto.



**Fig. 14.** PCB Final montado en la estructura impresa.

En base al PCB final se diseñó una carcasa que pueda ser acoplada con precisión a la placa y genere eficiencia al dispositivo, para su boceto se utilizó el software Fusion360, en la Fig. 15 y Fig. 16 se observa el diseño final.



**Fig. 15.** Diseño de la parte interna de la carcasa del dispositivo.



**Fig. 16.** Diseño de la parte externa de la carcasa del dispositivo.

La carcasa final fue impresa en una impresora 3D, para ello se utilizó un filamento llamado PLA, este material se deriva de materias primas naturales y renovables, el armazón se imprimió con un relleno al 20% para darle una mayor durabilidad y calidad al producto final. En la Fig. 17 se puede observar la carcasa final en proceso de impresión y en la Fig. 18 se mira la impresión final.



**Fig. 17.** Proceso de impresión de carcasa.



**Fig. 18.** Carcasa final impresa.

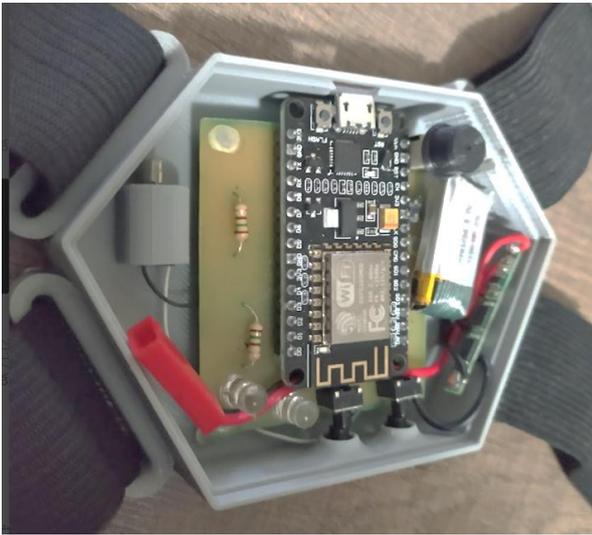


Fig. 19. PCB final montado en la carcasa.

En la Fig. 19 apreciamos la placa montada en la estructura final impresa, además en la Fig. 20 se muestran identificados los elementos que no se encuentran dentro de la placa, acotado con el número 1 se ve el motovibrador ajustado al armazón para que al momento de activarse este haga vibrar toda la carcasa y así el usuario se alerte, también observamos expresado con el número 2 al módulo de carga el cual se conecta a la batería mostrada con el número 3.



Fig. 20. Elementos acotados del interior de la carcasa final.

El dispositivo consta de dos pulsantes y un interruptor, el pulsante número 1 mostrado en la Fig. 21, nos permite adoptar un modo de vibración automática, es decir cambia de modo al dispositivo, y así este funcionará solamente como un corrector de postura, partiendo de una postura ideal ingresada por software. Por otro lado, el pulsante número 2 mostrado nos permite que el dispositivo entre en modo de configuración, y además este mismo pulsante nos ayuda a reiniciar el microcontrolador, esto depende de los segundos que mantengamos presionado este pulsante, a su vez se puede observar un interruptor acotado como número 3 el cual nos permite encender o apagar el dispositivo.

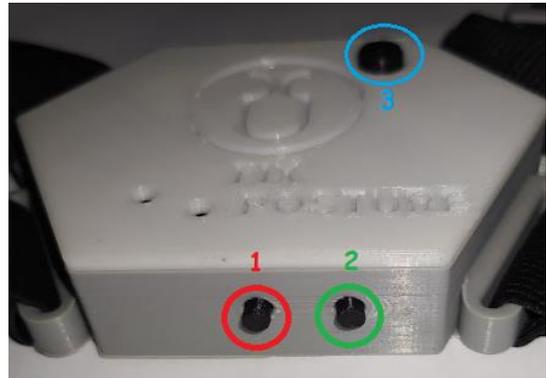


Fig. 21. Pulsantes en carcasa de prototipo final.

El dispositivo cuenta con un puerto V8 del módulo ESP8266 visible externamente, este tiene doble función tanto para enviar datos al microcontrolador y para cargar la batería del dispositivo, en la Fig. 22 se aprecia con claridad dicho puerto USB.



Fig. 22. Puerto V8 visible para carga de datos y de batería.

En la Fig. 23 se puede apreciar el diagrama esquemático de bloques que representa la implementación de interruptor, pulsantes, sensor, batería, motor, transistor y módulo de carga. Los valores del sensor ingresan al microcontrolador y son interpretados mediante programación para su respectivo análisis deseado.

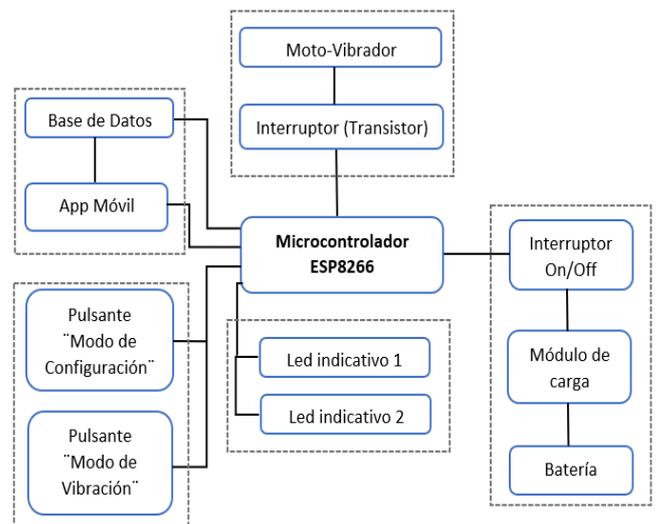


Fig. 23. Diagrama esquemático de bloques.

## V. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

Las funciones de este dispositivo han sido programadas para la obtención de los datos de inclinación por medio del sensor IMU y procesados por el módulo ESP8266 y este fue programado en el software libre de Arduino.

El software se basa en la obtención de datos del sensor IMU (MPU6050), la comunicación de este sensor es mediante I2C, teniendo en cuenta que la resolución de las lecturas es de 16 bits. Sabiendo que el sensor maneja datos de lectura de aceleración y giro en los ejes x, y, z, se tomó en consideración sólo los datos de variación en el eje y, ya que el dispositivo colocado se mueve en este eje y asimismo se procesa estos valores obtenidos para poder representar cada dato por un ángulo de inclinación, también se programó el módulo ESP8266 para que se pueda conectar a una Red Wifi y enviar la información hacia una base de datos y en esta puedan ser descargados y analizados posteriormente.

Con los datos del sensor procesados y representados en un ángulo se procedió a realizar una aplicación móvil en el Software Android Studio, el cual está basado en lenguaje Java, la app fue llamada FIX-POSTURE.

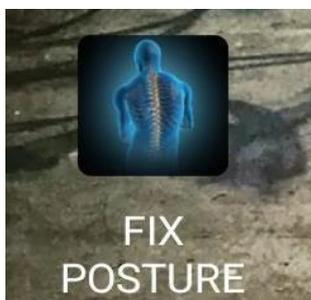


Fig. 24. Icono de la aplicación móvil creada y llamada FIX POSTURE.

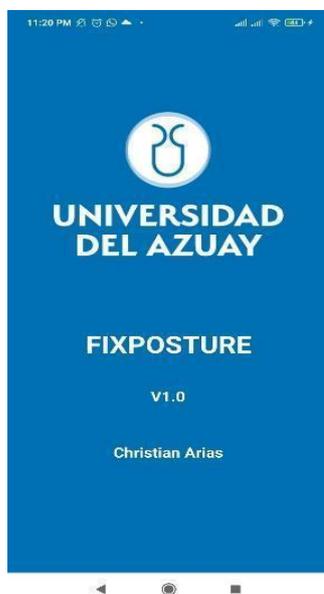


Fig. 25. Ventana de Inicio de aplicación móvil (FIX POSTURE).

La aplicación móvil fue creada para que sea capaz de configurar, registrar y procesar distintos tipos de datos para

ser enviados en tiempo real hacia una base de datos, en la Fig. 26 observamos el menú principal de la app desarrollada.



Fig. 26. Menú Principal de la aplicación móvil (FIX POSTURE).

A continuación, en la Fig. 27 se ve el menú de configuración Wifi, en el cual se muestran dos cajones en los que se debe ingresar el nombre de la red Wifi y su respectiva contraseña, la aplicación móvil configura el dispositivo para que se conecte a un Red Wifi con mayor facilidad sin necesidad de manipular el código C.



Fig. 27. Menú de Configuración Wifi de la aplicación móvil (FIX POSTURE).

Así mismo esta app consta de un menú de ingreso de datos, en este menú se observa dos cajones en los que se debe ingresar nombre, apellido y edad, como se mira en la Fig. 28.



Fig. 28. Menú de Registro de usuario de la aplicación móvil (FIX POSTURE).

Ya con los nombres de los usuarios ingresados para proceder a registrar los datos de inclinación de cada usuario, una vez colocado el dispositivo en la persona, se procede a ingresar en el nombre deseado para ahí proceder a calibrar el dispositivo.

Luego se puede activar un modo de vibración con respecto a una posición inicial ya ingresada por computadora directamente al microcontrolador, o simplemente se puede continuar a guardar los datos cada cierto intervalo de tiempo que este se dispone en la misma aplicación móvil.

El intervalo de tiempo se puede seleccionar desde 1 segundo hasta 120 segundos, en la Fig. 29 a continuación se encuentra el menú de registro de datos mencionado.



Fig. 29. Menú de Registros de datos de la aplicación móvil (FIX POSTURE)

Toda la información escrita en la aplicación se envía hacia la base de datos en la nube, esta base fue programada con una aplicación de Google llamada Firebase. Una de las principales ventajas de trabajar con esta herramienta es que, comparada con otras páginas similares, esta nos entrega los datos con una latencia bastante baja, obteniendo los datos en tiempo real, en la Fig. 30 se puede observar el diagrama de funcionamiento del dispositivo.

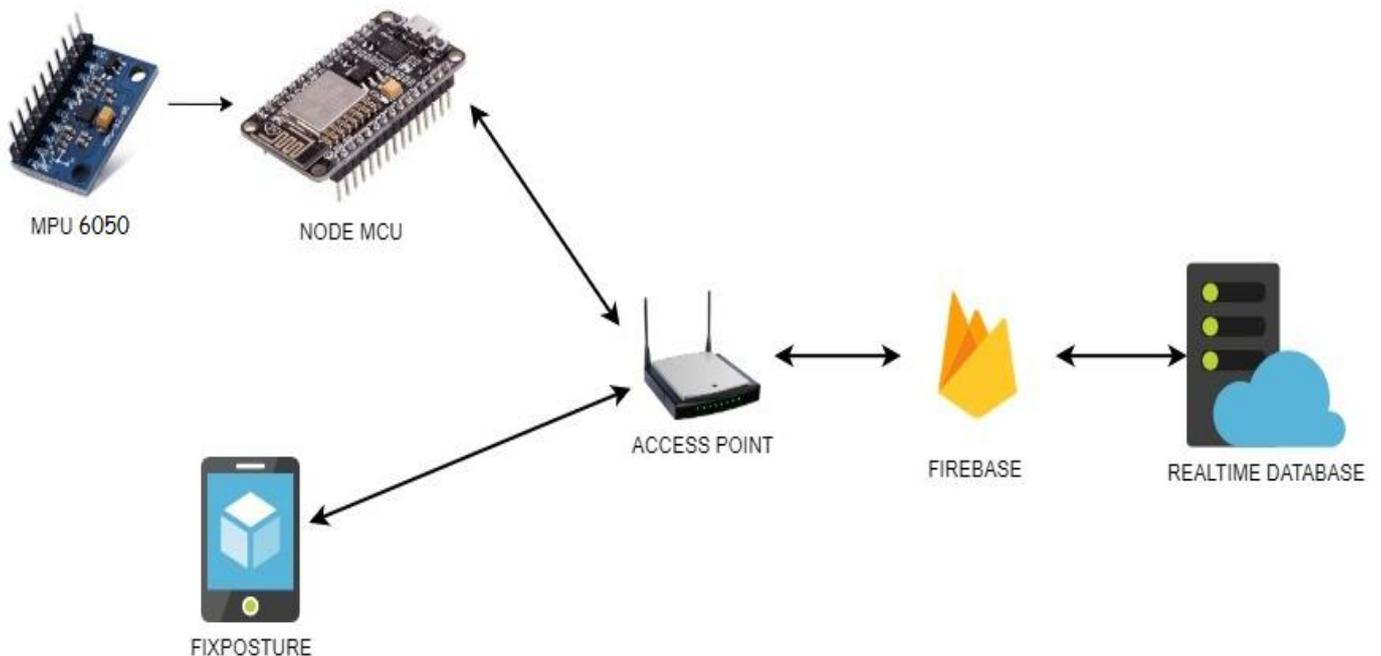


Fig. 30. Diagrama de funcionamiento del dispositivo.

## VI. RESULTADOS

Las pruebas de funcionamiento, fueron realizadas en el Distrito de Educación de la ciudad de Cuenca. Participaron 10 personas que realizan trabajo de oficina. Los participantes se ofrecieron de manera voluntaria a exponerse al uso del dispositivo, teniendo en consideración las características del dispositivo y sobre todo que este no es invasivo. Previamente, se constató que las personas

analizadas pasaron todo el tiempo del estudio sentadas, ya que realizan un trabajo de oficina netamente.

Los participantes fueron adultos entre los 33 años de edad hasta los 55 años de edad. En la Tab. 10 se puede ver la información de cada participante. Con ayuda del médico encargado del Distrito de Educación se calculó el índice de masa corporal (IMC) de cada una de las personas para analizar si el sobrepeso tiene relación con la postura correcta a la hora del trabajo.

No	NOMBRE	EDAD	GENERO	PESO	TALLA	IMC	IMC
1	Sujeto 1	52	F	57KG	150CM	25.3	SOBREPESO
2	Sujeto 2	33	F	65KG	157CM	26.4	SOBREPESO
3	Sujeto 3	46	F	55KG	155 CM	22.9	NORMAL
4	Sujeto 4	36	F	65KG	170CM	22.5	NORMAL
5	Sujeto 5	45	F	56KG	147CM	25.9	SOBREPESO
6	Sujeto 6	51	F	70KG	158CM	28.1	SOBREPESO
7	Sujeto 7	55	F	74KG	161CM	28.5	SOBREPESO
8	Sujeto 8	46	M	74KG	167 CM	26.5	SOBREPESO
9	Sujeto 9	45	M	67KG	166CM	24.3	NORMAL
10	Sujeto 10	33	M	78KG	168 CM	27.6	SOBREPESO

Tab. 10 Datos de las personas sometidas a la toma de muestras.

Para el desarrollo de las mediciones se realizaron varios pasos, que comprenden la coordinación de los usuarios con el dispositivo implementado.

El primer paso fue conectar el dispositivo a la red Wifi, ya con el dispositivo conectado a la red, se continuó a colocar el dispositivo en la persona. En este proceso, se realizó el ajuste del aparato a través de cintas ajustables. En la Fig. 31 y Fig. 32, se observa el dispositivo colocado en las personas sometidas al análisis.

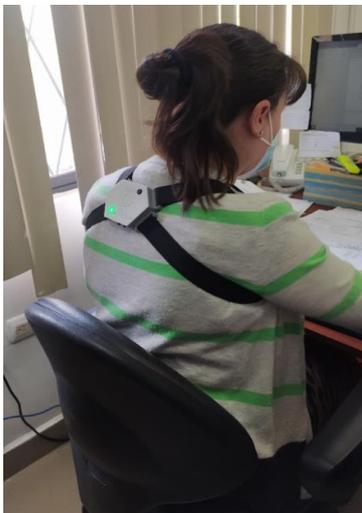


Fig. 31. Dispositivo colocado en la persona a ser sometida a la toma de muestras.



Fig. 32. Dispositivo colocado en la persona a ser sometida a la toma de muestras.

Con el dispositivo colocado en la espalda de la persona a ser sometida a la toma de muestras, se procede a abrir la aplicación móvil en la que se ingresan los datos básicos del usuario como: el nombre, apellido y edad, en la Fig. 33 se aprecia la interfaz de la aplicación móvil para el ingreso de datos mencionado.

**FIX POSTURE**

**Registro de usuario**

Nombre y apellido \_\_\_\_\_

52 \_\_\_\_\_

**GUARDAR**

**Fig. 33.** Ingreso de datos básicos en la aplicación móvil.

Antes de empezar a guardar los datos de los ángulos de inclinación, se procede a realizar una calibración del equipo, ya con el dispositivo colocado en la persona, se indica a ésta que se siente de manera correcta, así como se ve en la Fig. 34.



**Fig. 34.** Persona sentada correctamente para la calibración del dispositivo.

Dentro de la aplicación móvil se procede a presionar el botón de calibración mostrado en la Fig. 35, y así se obtiene el ángulo de la postura inicial de las personas sometidas al análisis dorsolumbar, estos ángulos se muestran en la Tab. 11.

**FIX POSTURE**

**Registro**

Nombre: \_\_\_\_\_

Edad : 52

Postura : 71

**CALIBRACIÓN**

**Fig. 35.** Menú de ajuste de calibración en aplicación móvil.

DATOS	POSICIÓN INICIAL
Sujeto 1	71
Sujeto 2	72
Sujeto 3	63
Sujeto 4	62
Sujeto 5	96
Sujeto 6	76
Sujeto 7	65
Sujeto 8	64
Sujeto 9	68
Sujeto 10	65

**Tab. 11** Datos de las posiciones iniciales de las personas sometidas a la toma de muestras.

Para la captura de los datos, se determinó un tiempo de registro de 45 minutos por persona. Cada muestra se obtuvo en un intervalo de tiempo de 2 segundos, este fue seleccionado en la aplicación móvil como se aprecia en la Fig. 36.

**CALIBRACIÓN**

Tiempo de registro: 2

Vibración  sí

Guardar Datos  NO

Postura Actual : 0

**Fig. 36.** Menú de selección de tiempo de registro.

En el tiempo determinado, se alcanzó en total un promedio de 400 valores por cada persona, es decir se obtuvieron 4000 datos de ángulos de inclinación totales.

Una vez recopilado los datos de las 10 personas se registró de forma íntegra en una tabla con todos los datos de los ángulos obtenidos. En la Fig. 37 se puede observar representadas por un gráfico de dispersión comparativo las 400 muestras de cada una de las personas sometidas al estudio.

En la línea azul se representa la posición ideal marcada en 70 grados, este dato se obtuvo de un promedio de las posiciones iniciales mostradas en la Tab. 11.

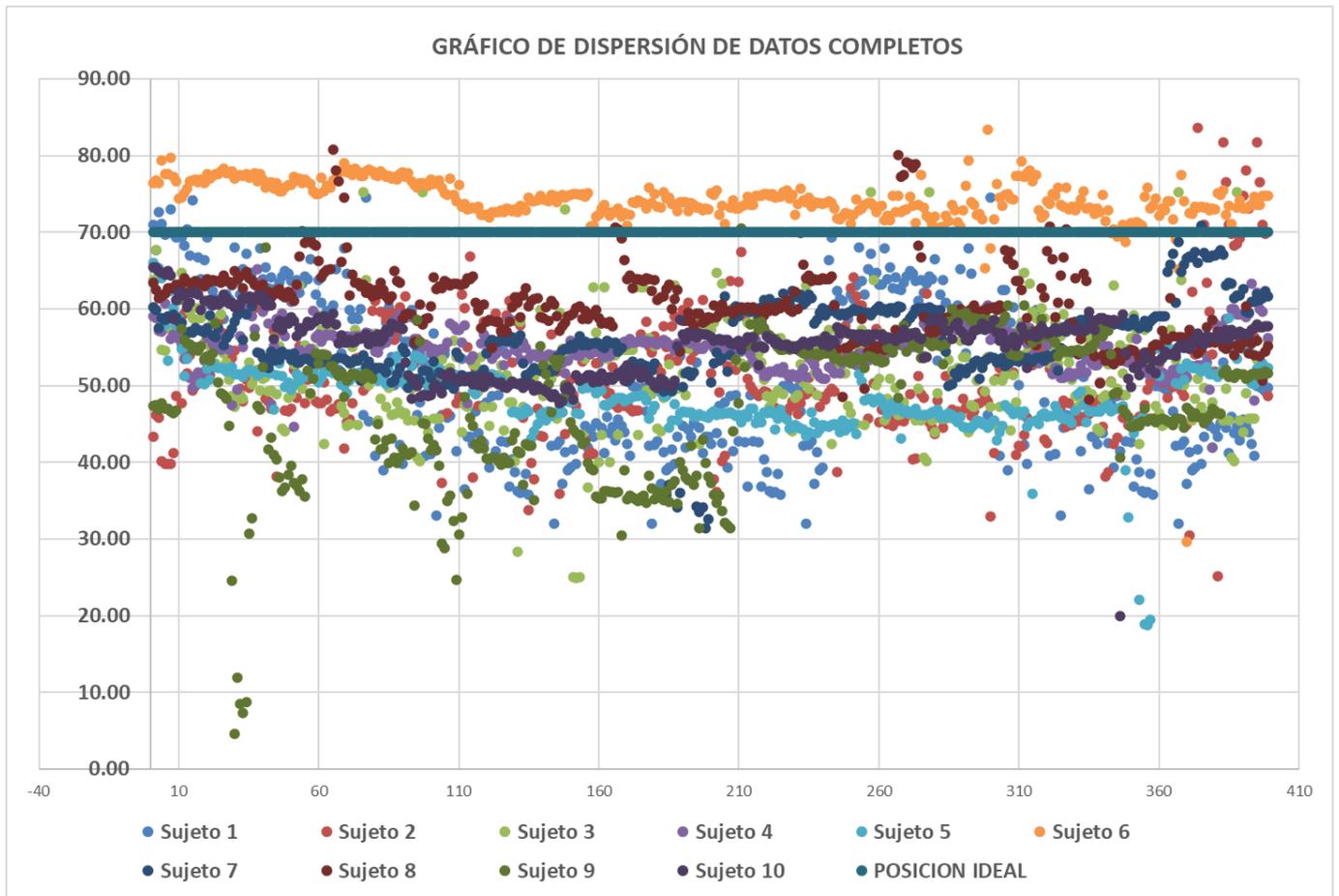


Fig. 37. Gráfica de dispersión de toma de ángulos de inclinación de 10 personas.

En la Fig. 37 se analiza que la mayor cantidad de personas mostradas en la gráfica de dispersión se mantienen en una postura entre 45 y 60 grados, siendo esta una postura poco aceptable. Luego, se procedió a realizar el cálculo de la media aritmética para obtener un promedio de cada una de las personas y así definir cuál de las personas estuvo sentada con mejor y peor postura.

Con el cálculo de la media aritmética mostrado en la Tab. 12 se puede definir cuál es la persona con mejor y peor postura.

DATOS	MEDIA
Sujeto 1	50.51
Sujeto 2	51.34
Sujeto 3	51.76
Sujeto 4	56.04
Sujeto 5	48.70
Sujeto 6	74.27
Sujeto 7	56.60
Sujeto 8	59.87
Sujeto 9	49.38
Sujeto 10	55.65

Tab. 12 Datos del cálculo de la media aritmética.

En la Fig. 38 se ve una gráfica de dispersión comparativa entre las personas con mejor y peor postura, además se observa una línea azul la cual representa la posición ideal de 70 grados, con esta gráfica se aprecia notoriamente que la persona con mejor postura se mantiene en una posición correcta ya que la mayor parte del tiempo que uso el dispositivo se conserva por encima de la posición ideal, por otro lado la persona con peor postura se mantiene todo el tiempo del análisis muy por debajo de la posición ideal.

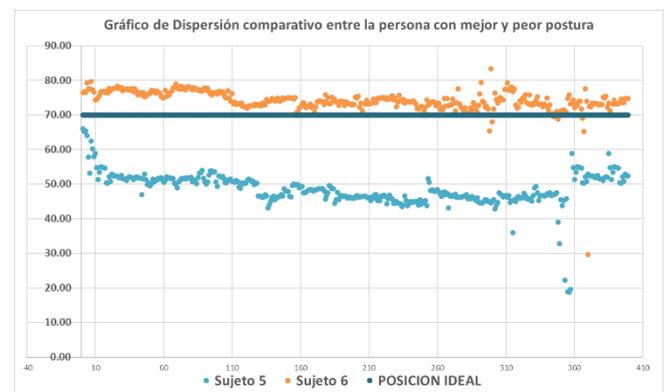


Fig. 38. Gráfica de dispersión comparativa entre la persona con mejor y peor postura.

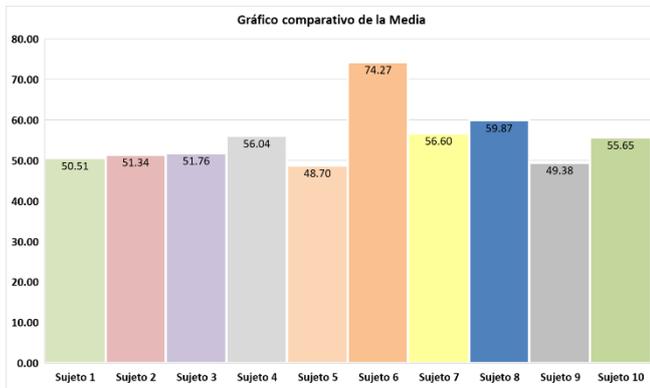


Fig. 39. Gráfico comparativo según el valor de la media aritmética de cada persona sometida a la toma de muestras.

En la Fig. 39 se muestra una comparación gráfica de las medias aritméticas obtenidas en la Tab. 12, la cual se obtuvo con el cálculo de la media aritmética de los 400 valores atrapados del análisis de cada usuario, en esta gráfica se identifica con facilidad a la persona con peor y mejor postura, siendo 74.27 grados el obtenido por la persona con mejor postura y 48.70 grados el valor obtenido por la persona con peor postura.

DATOS	POSICIÓN INICIAL	MEDIA	DIFERENCIA
Sujeto 1	71	51	20
Sujeto 2	72	51	21
Sujeto 3	63	52	11
Sujeto 4	62	56	6
Sujeto 5	96	49	47
Sujeto 6	76	74	2
Sujeto 7	65	57	8
Sujeto 8	64	60	4
Sujeto 9	68	49	19
Sujeto 10	65	56	9

Tab. 13 Tabla comparativa de la diferencia entre la posición inicial y la media aritmética.

En la Tab. 13 se ve representada la diferencia entre la posición inicial y la media aritmética, así se puede observar que existe un contraste grande de la mayoría de personas, en el caso de la persona con mejor postura se observa que apenas tiene una variación de 2 grados, es decir que esta persona permaneció en perfecta postura los 45 minutos que utilizaba el dispositivo.

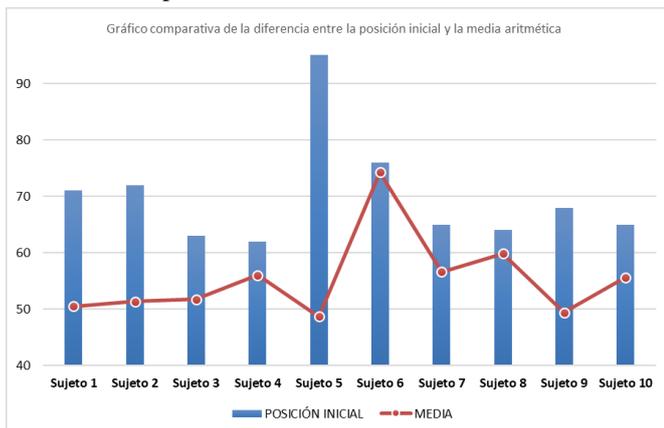


Fig. 40. Gráfico comparativo de la diferencia entre la posición inicial y la media aritmética.

En base a la Tab. 13 se plantea la Fig. 40 en donde apreciamos la diferencia con claridad entre las posiciones iniciales y las medias aritméticas, siendo notoria la diferencia que muestra el sujeto 5, ya que se mira que comenzó con una posición inicial muy por encima de la posición ideal de 70 grados y en el momento del análisis dorsolumbar que se realizó por 45 minutos, éste presentó la peor postura entre todas las personas sometidas a la toma de muestras.

## VII. CONCLUSIONES

El presente artículo muestra que tuvo como alcance principal el diseño de un dispositivo fiable que permite el análisis de la posición dorsolumbar ideal en pacientes de diferentes características, con el fin de determinar posibles recomendaciones y que los datos sirvan de complemento para el diagnóstico de los especialistas.

El análisis de la bibliografía y el estado del arte, permitió conocer a profundidad las características de la posición dorso lumbar y además conocer los diferentes dispositivos que se aplican en esta área. Esto sirvió de base para establecer las necesidades del prototipo y el dispositivo final. El dispositivo tuvo alcances importantes gracias al complemento entre hardware y software, su diseño adaptable y ergonómico para los usuarios, y la transmisión de datos en tiempo real hacia la nube que tuvo un rendimiento eficiente para la creación de la base de datos. Todo el sistema proporcionó los elementos suficientes para llegar al análisis de los datos a través de gráficos estadísticos

En las pruebas realizadas se pudo concluir las diferencias entre usuarios sobre sus posiciones dorsolumbares, con el análisis de un número considerable de datos por cada persona. Además, los datos se pueden contrastar con la información general de las personas y ampliar las conclusiones para un diagnóstico futuro.

El proyecto puede ampliar su campo de investigación como por ejemplo en la aplicación diaria del dispositivo para un análisis más a fondo, y determinar patrones de la posición dorsolumbar en distintos contextos o tipo de enfermedades.

Después de haber obtenido todo el análisis deseado, se pudo constatar que el dispositivo cumple con todos los objetivos planteados, este desempeña una comunicación eficiente a través de la red Wifi en tiempo real, y así se logró capturar y analizar los datos deseados a través de pruebas y mediciones en un grupo de 10 personas las cuales todo el tiempo de la toma de muestras permanecieron realizando sus actividades normales de trabajo diario.

## VIII. REFERENCIAS

- [1] E. L. Martínez Poveda, J. Moreno Diaz y A. Espitia Beltrán, «Sistema indicador de exceso de cargas y posturas a nivel dorsal,» *Ingeciencia*, vol. 3, 2018.
- [2] Álvarez, «Ineco,» [En línea]. Available: <http://www.ineco.org.ar/patologias/dolor-lumbar/>.
- [3] M. Olmos García, *Clínica Universidad de Navarra*, 2018.

- [4] «Discapnet,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.discapnet.es/areas-tematicas/salud/guias-y-articulos-de-salud/el-dolor-de-espalda/origen-del-dolor-de-espalda>.
- [5] «TME Electronic Components,» [En línea]. Available: <https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/22568/Como-funciona-y-que-hace-el-acelerometro/>.
- [6] «ElectronicWings,» [En línea]. Available: <https://www.electronicwings.com/sensors-modules/mpu6050-gyroscope-accelerometer-temperature-sensor-module>
- [7] «GEEKBOT ELECTRONIC,» [En línea]. Available: <http://www.geekbotelectronics.com/producto/modulo-wifi>
- [8] «ElectronicWings,» [En línea]. Available: <https://www.electronicwings.com/nodemcu/nodemcu-gpio-with-arduino-ide>
- [9] «Sherlin.Xbot:es,» [En línea]. Available: <http://sherlin.xbot.es/microcontroladores/introduccion-a-los-microcontroladores/que-es-un-microcontrolador>.
- [10] W. Albarracín, F. Jurado, L. Chuquitarco y I. Proaño, «Análisis y corrección de la postura empleando la tecnología de la cámara KINECT,» *Revista Ibérica de Sistema Y Tecnologías de la Información*, pp. 227-236, 11 noviembre 2019.
- [11] J. Cabrera Zeas y E. Pugo Méndez, «Diseño y construcción de un sistema inteligente para la detección de malas posturas sobre la columna vertebral al sentarse,» 2018.
- [12] C. Arguillín y J. Yanés Escarabay, «Diseño e implementación de un sistema para el análisis ergonómico de la postura del tronco al estar sentado mediante el uso de dispositivos de unidad inercial,» 2018.
- [13] M. Maradei y L. Quintana, «Influencia de los movimientos lumbopélvicos en la percepción de dolor lumbar en postura sedente prolongada en conductores, realizados a partir de un dispositivo colocado en el asiento,» *Ciencias de la salud*, 2013.
- [14] V. Lloret Fuster, «Diseño y Validación de un dispositivo para la cuantificación de la lordosis lumbar basado en sensores inerciales,» 2017.
- [15] J. M. Luna Jaramillo, «Desarrollo de un sistema de adquisición para la evaluación del balance corporal en base a la medida del movimiento del tronco,» 2020.
- [16] O. N. Craven, «Desarrollo de una APP para la mejora de la técnica de un ciclista mediante monitorización de su postura a través de sensores inerciales,» 2017.
- [17] A. Brull, E. Portillo, A. Rodríguez, A. Zubizarreta, A. Mancisidor y R. Berriozabalgoitia, «Análisis de la postura del tronco en terapias de rehabilitación mediante robots,» 2018.
- [18] Z. A. Castillo Sánchez, «Órtesis de asistencia motriz para adultos mayores con dificultades en la transición de la postura sedente a la bípeda,» 2020.
- [19] A. Palacios Pineda, N. Garzón Tejada y D. Rodríguez, «LUM desarrollo de objeto ergonómico para el mejoramiento de la postura lumbar en puestos de trabajo en modalidad de trabajo en casa,» Bogotá, 2020.
- [20] J. A. Cajas Ochoa, «Diseño de un entrenador electrónico para monitoreo de postura en ejercicios de halterofilia, Guatemala,» 2017.
- [21] J. Martínez, «Sistema de Visión Artificial para la Detección y Corrección de Posturas en Ejercicios realizados por Fisicoculturistas,» 2018.
- [22] N. C. Cubillos Morales, «Desarrollo de un sistema para la identificación de alteraciones en la postura mediante el análisis de la huella plantar,» 2019.
- [23] Aleksey V. Zinkevich, «ESP8266 Microcontroller Application in Wireless Synchronization Tasks,» 2021.
- [24] Lailis Syafa'ah, Agus Eko Minarno, Fauzi Dwi Setiawan Sumadi, Dwi Angraini Puspita Rahayu Zinkevich, «ESP 8266 For Control and Monitoring in Smart Home Application,» 2019.
- [25] Sadık Yıldız y Mustafa Burunkaya. «Web Based Smart Meter for General Purpose Smart Home Systems with ESP8266,» 2019.
- [26] Toca Trujillo, Luis Edison y Jami Quinatoa, Cristian Javier, «Diseño y construcción de un robot de desinfección de superficies en ambientes cerrados por medio de rayos ultravioletas controlado mediante una app,» 2019.
- [27] Brayan Nedzib Sastoque Rangel, Samuel Raúl López Blanco y Andrés Escobar Díaz, «Diseño e implementación de válvula controlada mediante interfaz Wifi,» 2018.