

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**

**INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:**

**DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE MEDICIÓN MEDIANTE UNA  
APLICACIÓN WEB CON MONITOREO DESDE LA NUBE**

**AUTOR:**

**BRYAN NICOLÁS CISNEROS CUASTUMAL**

**JUAN CARLOS CISNEROS CUASTUMAL**

**TUTOR:**

**CARLOS GERMÁN PILLAJO ANGOS**

**Quito, septiembre 2021**

## CESION DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Bryan Nicolás Cisneros Cuastumal y Juan Carlos Cisneros Cuastumal , con documentos de identificación N° 171643039-0 Y N° 171646192-4, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: **DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE MEDICIÓN MEDIANTE UNA APLICACIÓN WEB CON MONITOREO DESDE LA NUBE**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Electrónicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

.....

Bryan Nicolás Cisneros Cuastumal

C.I. 171643039-0

.....

Juan Carlos Cisneros Cuastumal

C.I. 171646192-4

Quito, septiembre de 2021

## DECLARACIÓN DE COUTORIA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico Académico, DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE MEDICIÓN MEDIANTE UNA APLICACIÓN WEB CON MONITOREO DESDE LA NUBE, realizado por Juan Carlos Cisneros Cuastumal y Bryan Nicolás Cisneros Cuastumal, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre de 2021.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a dotted line.

.....  
Ing. Carlos Germán Pillajo Angos. PhD.

C.I. 1709255119

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de grado, a mis padres, Juan Carlos Cisneros Molina y Cecilia Elizabeth Cuastumal Romero, quienes han sido parte fundamental en mi formación tanto personal como profesional, ellos son quienes me llenaron de esperanzas y sueños y son los principales protagonistas de este logro.

Bryan Nicolás Cisneros Cuastumal

Dedico este trabajo de grado, a mi familia, las personas más importantes de mi vida, a mi madre por ser un apoyo incondicional a lo largo de mis estudios, por sus consejos y perseverancia, a mi padre por acompañarme durante este largo camino, a mi pareja por su motivación y apoyo, a mi hermano, mi compañero de trabajo, junto con el culminamos una meta más en nuestras vidas y a todas las personas que me acompañaron en esta etapa.

Juan Carlos Cisneros Cuastumal

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por su comprensión, apoyo constante y por darme la fortaleza de continuar

A mis amigos, compañeros y maestros, que me han acompañado en este viaje a punto de concluir.

A mi pareja y amigos más cercanos, que vieron en mí el potencial para lograr cualquier meta que me proponga.

Bryan Nicolás Cisneros Cuastumal

A mis padres, por todo su apoyo, esfuerzo y sabiduría, por inculcarme buenos valores y principios para ser un excelente ser humano.

A mi hermano, por compartir todos sus conocimientos y enseñanzas, por ser un gran compañero de trabajo, por toda su motivación y perseverancia.

A la Universidad Politécnica Salesiana por todas las enseñanzas impartidas para convertirme en un excelente profesional, a los educadores que impartieron sus conocimientos y sabiduría que fue clave en mi aprendizaje. Finalmente, a todas las personas que siempre me brindaron su apoyo y creyeron en mí muchas gracias.

Juan Carlos Cisneros Cuastumal

## TABLA DE CONTENIDO

CESION DE DERECHOS DE AUTOR.....	ii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
TABLA DE CONTENIDO.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE TABLAS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	xv
CAPÍTULO 1 .....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Justificación.....	1
1.3. Objetivos .....	2
1.3.1. Objetivo General .....	2
1.3.2. Objetivo Especifico .....	2
CAPÍTULO 2 .....	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1. Sistemas Embebidos .....	4
2.1.1. Selección del Sistema Embebido .....	4
2.2. Módulo NODE MCU ESP32.....	6
2.3. Convertidor Análogo Digital .....	7
2.3.1. Muestreo.....	7
2.3.2. Cuantificación .....	8
2.3.3. Codificación .....	8
2.4. Módulo ADS1115 .....	8

2.4.1. Impedancia de entrada del módulo .....	9
2.4.2. Amplificador de Ganancia Programable (PGA) del módulo .....	10
2.4.3. Programación I2C del módulo .....	11
2.5. Bluetooth 4.0 (BLE).....	13
2.6. Módulo Bluetooth HM-10.....	14
2.7. Servicios en la Nube.....	15
2.8. Herramientas para el desarrollo de la aplicación Web .....	15
2.8.1. Plataforma Firebase.....	15
2.8.2. Firebase Realtime Database .....	16
2.8.3. Firebase Hosting .....	16
2.8.4. Autenticación de usuarios con Firebase .....	16
2.8.5. ANGULAR .....	17
2.8.6. HTML5 .....	17
2.8.7. CSS 3.....	17
2.8.8. BOOTSTRAP .....	18
CAPÍTULO 3 .....	19
DISEÑO E IMPLMETACIÓN .....	19
3.1. Características generales del Dispositivo de medición .....	19
3.1.1. Diagrama de bloques.....	19
3.2. Conexión del Wifi del dispositivo de medición .....	20
3.3. Conexión Bluetooth con el accesorio para gafas .....	22
3.4. Autenticación y registro de usuarios Web con Firebase .....	23
3.5. Registro del dispositivo de medición en la aplicación Web .....	25
3.6. Toma y almacenamiento de medidas en la aplicación Web .....	27
3.7. Alarmas y reporte de datos.....	28
3.8. Ubicación del dispositivo de medición .....	29
3.9. Alimentación del dispositivo de medición .....	31

3.10. Medición de voltaje AC .....	32
3.11. Medición de Voltaje DC .....	37
3.12. Medición de corriente AC y DC .....	42
3.13. Medición de continuidad eléctrica y diodos .....	43
3.14. Medición de resistencias .....	46
3.15. Estructura del dispositivo de medición .....	47
3.16. Accesorio para Gafas Bluetooth.....	50
3.16.1. Componentes electrónicos .....	50
3.16.2. Óptica implementada .....	51
3.16.3. Estructura del accesorio .....	54
CAPÍTULO 4.....	56
PRUEBAS Y RESULTADOS .....	56
4.1. Prueba de conexión a una red Wifi .....	56
4.2. Prueba de conexión bluetooth del dispositivo con el accesorio.....	59
4.3. Prueba de conexión con la aplicación Web.....	59
4.4. Prueba de la obtención de la ubicación.....	61
4.5. Prueba del toma y almacenamiento de mediciones en la aplicación Web.....	62
4.6. Prueba de reporte y alarma.....	64
4.7. Prueba de mediciones de variables eléctricas .....	65
4.7.1. Voltaje DC .....	66
4.7.2. Corriente DC .....	68
4.7.3. Voltaje AC .....	69
4.7.4. Corriente AC .....	70
4.7.5. Resistencia.....	71
4.7.6. Diodos y continuidad .....	72
4.8. Evaluación del error del dispositivo.....	73
4.9. Evaluación de viabilidad del dispositivo.....	74



CAPITULO 5 .....	77
CONCLUSIONES .....	77
RECOMENDACIONES .....	78
REFERENCIAS .....	79

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Arquitectura del microcontrolador ESP32.....	6
Figura 2.2. Digitalización de una onda analógica .....	7
Figura 2.3.Diagrama de bloques Conversión Análogo Digital .....	8
Figura 2.4. Conexión de 4 módulos ADS1115 .....	12
Figura 3.1. Diagrama de bloques general del sistema.....	20
Figura 3.2. Menú principal del dispositivo de medición.....	21
Figura 3.3. Listado de redes Wifi disponibles.....	21
Figura 3.4. Teclado táctil para clave para el Wifi .....	22
Figura 3.5. Dirección para la conexión Bluetooth .....	22
Figura 3.6. Login de usuarios para la aplicación Web .....	23
Figura 3.7. Registro de usuario para la aplicación Web .....	24
Figura 3.8. Interfaz sin dispositivos de medición. ....	25
Figura 3.9. Creación del registro para un nuevo dispositivo de medición.....	26
Figura 3.10. Configuración del número de mediciones y del temporizador.....	27
Figura 3.11. Botón táctil para la toma de muestras.....	28
Figura 3.12. Interfaz de configuración de alarmas.....	28
Figura 3.13. POST enviado a la geolocalización de Google.....	29
Figura 3.14. Mapa de la ubicación del dispositivo en la aplicación Web .....	30
Figura 3.15. GET para obtener la dirección por Geocoding .....	31
Figura 3.16. Circuito de alimentación del voltaje del dispositivo.....	32
Figura 3.17. Circuito de medición del voltaje AC .....	33
Figura 3.18. Representación de una onda con 14 muestras .....	36
Figura 3.19. Diagrama de flujo de la medición del voltaje AC .....	37
Figura 3.20. Circuito de medición de voltaje DC .....	38
Figura 3.21. Circuito Shunt con LM4040 .....	39
Figura 3.22. Etapa dos de la medición de voltaje DC .....	40
Figura 3.23. Diagrama de flujo de la medición del voltaje DC .....	41
Figura 3.24. Circuito de medición de corriente AC y DC .....	42
Figura 3.25. Onda de corriente AC con un offset de 2.5v .....	43
Figura 3.26. Circuito para la medición de continuidad y diodos .....	44
Figura 3.27. Circuito del Buzzer .....	45
Figura 3.28. Circuito para la medición de resistencias .....	46

Figura 3.29. Diseño de los circuitos elaborados en EasyEDA.....	48
Figura 3.30. Dispositivo de medición .....	48
Figura 3.31. PCB del dispositivo de medición.....	49
Figura 3.32. Diagrama de Bloques del Accesorio para Gafas. ....	50
Figura 3.33. Lente convergente vs lente divergente. ....	52
Figura 3.34. Representación gráfica de la imagen al pasar por el lente.....	52
Figura 3.35. Comparación de la lente de Fresnel con una lente Convencional .....	54
Figura 3.36. Diseño del Accesorio para Gafas.....	55
Figura 3.37. Estructura real del Accesorio para Gafas.....	55
Figura 4.1. Conexión exitosa a la red guardada mostrada en la consola .....	56
Figura 4.2. Mensaje de conexión exitosa al conectar una red Wifi .....	57
Figura 4.3. Conexión exitosa mostrada en la interfaz del dispositivo .....	57
Figura 4.4. Dispositivo no conectado a una red Wifi.....	58
Figura 4.5. Direcciones obtenidas de la página de configuración del router .....	58
Figura 4.6. Prueba de conexión bluetooth con el accesorio para gafas.....	59
Figura 4.7. Dispositivo creado en la aplicación Web.....	60
Figura 4.8. Validación del código de la aplicación Web .....	60
Figura 4.9. Base de datos de Firebase de los dispositivos de medición creados.....	61
Figura 4.10. Obtención exitosa de la ubicación del ESP32 por consola.....	61
Figura 4.11. Prueba de toma de medidas almacenadas en la aplicación Web .....	63
Figura 4.12. Mensaje de éxito de envío de datos .....	63
Figura 4.13. Mensaje del temporizador configurado. ....	64
Figura 4.14. Reporte final de las mediciones registradas.....	64
Figura 4.15. Dispositivos de medición usados para la comparación .....	65
Figura 4.16. Fuente de voltaje DC Yaxun PS-305D.....	66
Figura 4.17. Comparación de las mediciones AC con el dispositivo Truper.....	70
Figura 4.18. Dispositivo de medición marca OWON .....	75

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Tabla comparativa de los Sistemas Embebidos .....	5
Tabla 2.2. Características del módulo ADS1115 .....	9
Tabla 2.3. Tabla de Impedancias de entrada según el rango.....	10
Tabla 2.4. Tabla de la Amplificación de Ganancia Programable según el rango .....	10
Tabla 2.5. Tabla del valor de voltaje por cada bit del rango del PGA .....	11
Tabla 2.6. Tabla de direcciones disponibles para la comunicación <i>I2C</i> .....	11
Tabla 2.7. Características del Módulo HM-10.....	14
Tabla 3.1 Tabla de posiciones del selector del dispositivo .....	49
Tabla 4.1. Tabla de resultado de la prueba de toma de mediciones.....	62
Tabla 4.2. Tabla de mediciones de voltaje DC positivas .....	67
Tabla 4.3. Tabla de mediciones de voltaje DC negativas .....	67
Tabla 4.4. Tabla de mediciones de Corriente DC positivas.....	68
Tabla 4.5. Tabla de mediciones de Corriente DC negativas .....	69
Tabla 4.6. Tabla de mediciones de voltaje AC .....	70
Tabla 4.7. Tabla de mediciones de corriente AC .....	71
Tabla 4.8.Tabla de mediciones de resistencias comerciales .....	71
Tabla 4.9. Tabla de medidas de resistencias superior a $1M\Omega$ .....	72
Tabla 4.10. Tabla de mediciones de Diodos .....	72
Tabla 4.11. Tabla de mediciones de continuidad eléctrica .....	73
Tabla 4.12. Tabla de costos del dispositivo de medición.....	74
Tabla 4.13. Tabla de costos del accesorio para gafas .....	75

## RESUMEN

El dispositivo de medición permite, al usuario final, administrar de mejor manera la información obtenida de las mediciones de variables eléctricas realizadas a lo largo de la jornada, ya que está dotado de un sistema embebido que utiliza el internet de las cosas (IoT) cuyo objetivo es almacenar y monitorear la información, donde se busca aprovechar las tecnologías de comunicación las cuales mediante redes inalámbricas como Wifi, enviando todos los datos los cuales serán recibidos y posteriormente procesados mediante programación por la aplicación web, una herramienta que los usuarios acceden a un servidor web a través de internet obteniendo toda la información con una interfaz de usuario amigable usando un navegador web o su celular.

El dispositivo se compone principalmente del SOC (System On a Chip) ESP32, el cual es el encargado de procesar las variables eléctricas recibidas por los sensores mediante el ADC y enviar la información a través de la red y al accesorio de Gafas vía bluetooth, permitiendo la comunicación sin la necesidad de una conexión física, utilizando la plataforma Firebase, ya que permiten un acceso rápido y fácil al mundo del Internet de las Cosas y es compatible con Servidores IoT. Una de las limitaciones es la latencia que existe en el intercambio de datos en tiempo real, lo que no afecta al dispositivo, ya que no tener una respuesta instantánea con el servidor, no influye en su desempeño, adicional está cifrado mediante los protocolos TLS / SSL, garantizando así una comunicación segura y protegida.

## ABSTRACT

The measurement device allows the end user to better manage the information obtained from the measurements of electrical variables carried out throughout the day, since it is equipped with an embedded system that uses the Internet of Things (IoT) whose objective is to store and monitor the information, where it is sought to take advantage of communication technologies such as wireless networks such as Wi-Fi, sending all the data which will be received and later processed programming by the web application, a tool that users can use by accessing to a web server through the internet obtaining all the information with a friendly user interface using a web browser or your cell phone.

The device is mainly composed of the SOC (System On a Chip) ESP32, which is in charge of processing the electrical variables received by the sensors through the ADC and sending the information through the network and to the Glasses accessory via bluetooth, allowing communication without the need for a physical connection, using the Firebase platform, as it allows quick and easy access to the world of the Internet of Things and is compatible with IoT Servers. One of the limitations is the latency that exists in the exchange of data in real time, which does not affect the device, since not having an instant response with the server, does not influence its performance, additionally it is encrypted through the TLS / SSL, thus guaranteeing a secure and protected communication.

## INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto técnico se basa en el desarrollo de un dispositivo electrónico para la medición de variables eléctricas, una innovación para los actuales dispositivos tradicionales disponibles actualmente en el mercado ya que cuenta con un accesorio para Gafas, el cual se comunica directamente con el dispositivo permitiendo la visualización en tiempo real de las medidas tomadas, permitiendo al usuario evitar distracciones durante su trabajo, reduciendo así el porcentaje de accidentes. Este accesorio tendrá modo de ultra bajo consumo de energía, mientras no se está utilizando, para mayor durabilidad de la batería y se activará automáticamente al activar el dispositivo. Mientras el usuario realiza las mediciones, estas se enviarán a través del internet a una aplicación Web para su posterior almacenamiento y visualización posterior a través de un ordenador o dispositivo móvil.

En el capítulo 1 se detalla el planteamiento del problema y los distintos objetivos a realizar en el presente proyecto técnico de acuerdo con el dispositivo de medición planteado.

En el capítulo 2 se realizará una investigación teórica de distintos factores que intervienen en la elaboración del dispositivo de medición.

En el capítulo 3 se procederá a desarrollar los circuitos de medición y la aplicación Web con el fin de poder realizar posteriormente las diferentes pruebas de funcionamiento.

En el capítulo 4 se desarrollará las pruebas de cada etapa del dispositivo de medición evidenciándolas con contenido multimedia para de esta manera mostrar resultados obtenidos.

# CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES

### 1.1. Planteamiento del Problema

Las dificultades que enfrentan las industrias al no disponer de las herramientas correctas para realizar las tareas por los técnicos, en este caso específico, al medir variables eléctricas necesarias para el correcto funcionamiento de esta, provocan accidentes laborales. Según la OIT (Organización Internacional del Trabajo) se calcula que cada año se producen 250 millones de accidentes aproximadamente que terminan en permisos de trabajo, esto equivale a 685.000 accidentes diarios, 475 por minuto y 8 por segundo (OIT, 2020). Un porcentaje de estos se podrían evitar ya que no se producen por errores o falta habilidad, sino porque, están obligados a utilizar dispositivos que no se adaptan a las necesidades actuales. La mayoría de las industrias no cuentan con los recursos necesarios ya que las soluciones disponibles tienen un costo el elevado y una alta dificultad logística para aplicarlos, implicando cambiar toda su matriz productiva, por ende, cada vez se vuelven menos competitivas.

Por todo esto se visualiza un problema por a la falta de dispositivos que sin la necesidad de hacer cambios grandes y costos en la infraestructura en la industria utilizada, aplicable para cualquiera, sin importar el estado actual de su matriz productiva, permitiendo monitorear variables eléctricas con datos fiables, siempre disponibles, de fácil accesibilidad que eviten accidentes provocados por la toma de estos, provocando la baja productividad, por el aumento los gastos generados por las indemnizaciones médicas y perdida o reemplazo de personal.

### 1.2. Justificación

En el Ecuador, según el Seguro General de Riesgos del Trabajo, sólo durante el período de 2014-2016 se calificaron un total de 61,984 accidentes laborales. (Sotolongo, Obando, & Villa, 2019). Por lo que es indispensable tener los dispositivos adecuados necesarios para realizarlas las tareas, en este caso para la medición de variables



eléctricas, de manera eficiente y segura, siendo los técnicos los más beneficiados ya que constantemente pierden la concentración al momento de visualizar los dispositivos de medida y al tener que registrar los datos posteriormente de forma escrita, poniendo en riesgo su vida y la de sus compañeros.

Actualmente los dispositivos que tenemos disponibles para realizar las mediciones de variables eléctricas no satisfacen estas necesidades, por esa razón es importante disponer de un dispositivo de medición portátil que contenga una adecuada interfaz que permita al trabajador la visualización directa de estas, reduciendo así las distracciones evitando accidentes, asegurando que se registren los datos automáticamente sin la necesidad de tener que registrarlos posteriormente de forma manual, reduciendo la probabilidad de extraviarlos, transcribirlos de forma errónea al momento de digitalizarlos, ser modificados o alterados, obteniendo información fiable, consiguiendo así disminuir los tiempos de reacción, mejorando la toma de decisiones, generando que la empresa se vuelva competitiva, tener un mejor control y registro de las actividades realizadas por sus empleados y por ende una mejor planificación para la realización de futuras tareas, también ahorrando tiempo y dinero debido a que se evitaría tener que volver a realizar nuevamente las mediciones por pérdida de la información.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Desarrollar un dispositivo de medición para la visualización, registro y monitoreo de voltaje y corriente en la nube mediante una aplicación Web usando Firebase.

#### **1.3.2. Objetivo Especifico**

- Investigar las diferentes tecnologías y métodos usados para la creación de aplicaciones web mediante herramientas de programación IoT y para la medición de variables eléctricas.

- Construir un dispositivo de medición y accesorio para gafas utilizando sistemas embebidos para la adquisición de variables eléctricas y con una interfaz para la visualización de los valores en tiempo real.
- Desarrollar en la nube una aplicación para la visualización de las mediciones de variables eléctricas de baja tensión utilizando comunicación inalámbrica con el dispositivo.
- Realizar pruebas del dispositivo comparando sus resultados con un dispositivo de medida comercial para validar su correcto funcionamiento y su factibilidad en base a su costo.

## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el presente capítulo se revisará la teoría utilizada para la elaboración del dispositivo de medición, el accesorio para gafas, la plataforma web que se usó para la aplicación, la interfaz gráfica amigable para el usuario, la base de datos que almacenaran toda la información proporcionada el dispositivo.

#### 2.1. Sistemas Embebidos

Cuentan con una placa base la cual posee un microcontrolador que se encarga de procesar todas las funciones dentro del sistema, posee entradas y salidas digitales o análogas con las cuales, mediante programación de lenguajes como C, C++, Java, entre otros, se controlan a disposición del usuario (Salvador Mayorga, 2019, pág. 3). En la actualidad la mayoría de los aparatos electrónicos poseen un sistema embebido, entre los más conocidos tenemos controles de acceso, taxímetros, máquinas expendedoras, entre otros.

Mayorga (2019) afirma que son populares y están al alcance de todos debido a su bajo costo y su alta productividad, por lo tanto, su uso es masivo, contribuyendo a un desarrollo continuo de la tecnología. Son de bajo consumo de energía gracias a que en la mayoría de los sistemas embebidos su voltaje de operación es de 3.3v por lo que no disipan grandes cantidades de calor y además poseen placas de pequeño tamaño con tecnología SMD.

##### 2.1.1. Selección del Sistema Embebido

En la Tabla 2.1 se observa la comparación entre los sistemas embebidos actualmente más utilizados para el desarrollo de proyectos IoT y de bajo costo los cuales son: NodeMCU V3, ESP32 NodeMCU y Arduino UNO WIFI R2. La Tabla permitirá visualizar las características en las cuales se basó para la selección del sistema utilizado

que cumplió con todos los parámetros necesarios para el correcto funcionamiento del dispositivo.

Tabla 2.1. Tabla comparativa de los Sistemas Embebidos

<b>Características</b>	<b>NodeMCU V3</b>	<b>ESP32 NodeMCU</b>	<b>Arduino UNO WIFI R2</b>
Microcontrolador	ESP8266	ESP32	ATmega4809
Tensión de funcionamiento	3,3 V	3,3 V	5V
Fuente de alimentación	7V - 12V	7V - 12V	7V - 12V
Consumo actual	15 $\mu$ A - 400 mA	20 mA - 240 mA	50 mA - 150 mA
Consumo de corriente Deep Sleep	0,5 $\mu$ A	5 $\mu$ A	35 mA
Pines de E / S digitales	16	36	14
Pines de E / S digitales con PWM	16	36	5
Pines de entrada analógica	1	15	6
SPI / I2C / I2S / UART	1/2/2/2	4/2/2/2	1/1/1/1
Corriente CC por pin de E / S	12 mA	20 mA	40 mA
Memoria flash	4 MB	4 MB	48 KB
SRAM	64 KB	520 KB	6 KB
EEPROM	512 bytes	-	256 bytes
Velocidad de reloj	80 MHz	80 / 160 MHz	16 MHz
WIFI	sí	sí	sí
Bluetooth	No	sí	No

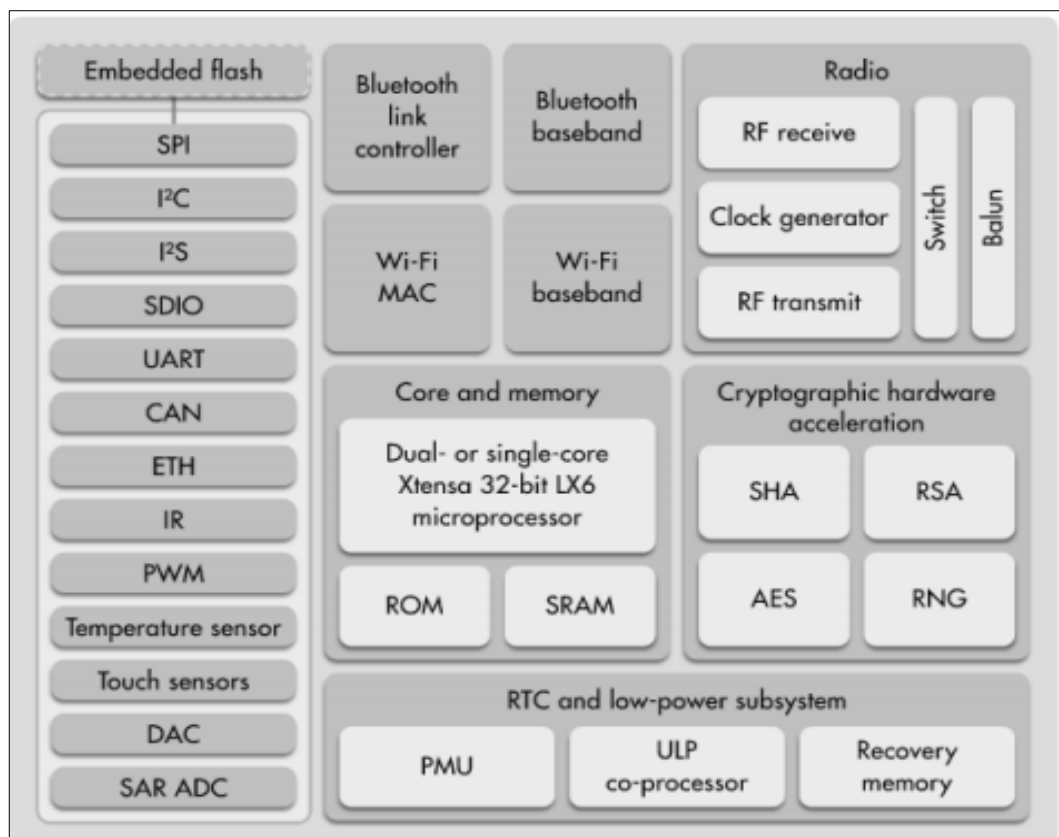
Características de los sistemas embebidos más utilizados para aplicaciones IoT. Elaborado por Juan Cisneros y Bryan Cisneros.

Con la información de la Tabla 2.1 se observa que el sistema embebido elegido que cumple con las necesidades para el proyecto es el ESP32 NodeMCU, ya que cuenta con un superior número de entradas y salidas digitales y analógicas necesarias para obtener todas las señales que se requieren para las mediciones de variables eléctricas, una velocidad de reloj la cual puede llegar hasta los 160 MHz para asegurar la velocidad del procesamiento de los datos, Memoria flash y SRAM suficientes, un voltaje de operación inferior que disipe menos calor y un bajo consumo en Deep Sleep lo que lo hace eficiente energicamente, posee Wifi y Bluetooth incorporados necesarios para la comunicación directa con el accesorio para gafas para la visualización de los datos. (Pillajo & Hincapie, 2018)

## 2.2. Módulo NODE MCU ESP32

Es un módulo que integra Wifi y Bluetooth basado en el microcontrolador ESP32, que es un System on a Chip (SOC), como se observa en la Figura 2.1. Cuenta con una gran parte de módulos que componen un computador o cualquier otro sistema electrónico. Este módulo fue creado con el objetivo principal de desarrollar aplicaciones IoT, aunque también se usa para una infinidad de aplicaciones, sobre todo las que impliquen aplicaciones portátiles o con uso de baterías, debido a que tiene un consumo inferior a 5  $\mu$ A en reposo (Haro Vilaña, 2019, pág. 40). Es versátil porque se conecta a cualquier red LAN, al internet y simultáneamente a cualquier dispositivo directamente a través de Bluetooth como un celular. Está diseñado para ser adaptable y escalable según las necesidades ya que cuenta con dos núcleos de CPU los cuales se controlan uno independiente del otro.

Figura 2.1. Arquitectura del microcontrolador ESP32



Todos los módulos internos que conforman al microcontrolador ESP32. Fuente: (Haro Vilaña, 2019)

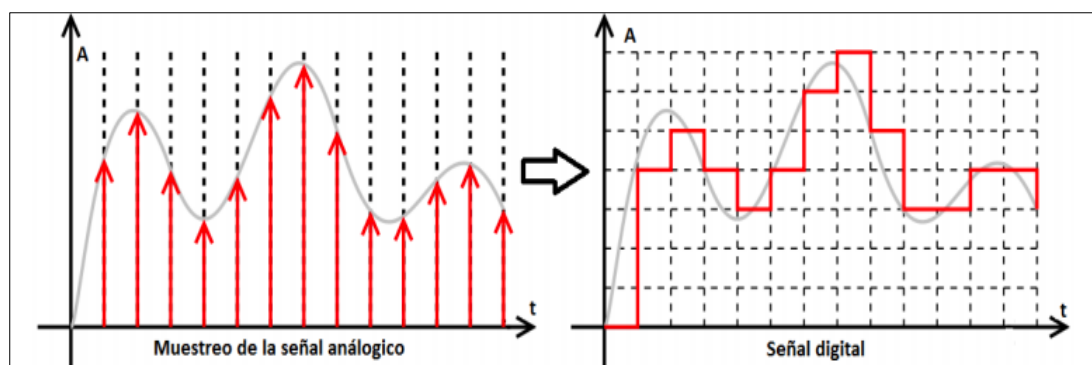
### 2.3. Convertidor Análogo Digital

Es un dispositivo electrónico diseñado para convertir una señal analógica en una señal digital, la mayoría de las veces en un valor de código binario el cual representa un solo valor. Mejía y Espinosa (2013) afirman: "La conversión analógica-digital, consiste básicamente en realizar de forma periódica medidas de la amplitud de la señal de entrada y traducirlas a lenguaje numérico". Para que este proceso sea realizado con éxito se necesita de tres herramientas fundamentales: muestreo, cuantificación y codificación.

#### 2.3.1. Muestreo

Es el proceso mediante el cual una señal en tiempo continuo se transforma en una señal de tiempo discreto, como se observa en la Figura 2.2, en la cual la onda de la izquierda se tiene una señal en tiempo continuo la cual es dividida en intervalos de tiempo iguales conocido como intervalos de muestreo y digitalizada en una onda discreta como se observa en la onda del lado derecho. Mejía y Espinosa (2013) afirman: "Según el teorema de Nyquist, si una señal continua en el tiempo se muestrea regularmente, con ritmo de al menos dos veces el valor del ancho de banda de dicha señal, las muestras obtenidas contienen toda la información digital".

Figura 2.2. Digitalización de una onda analógica

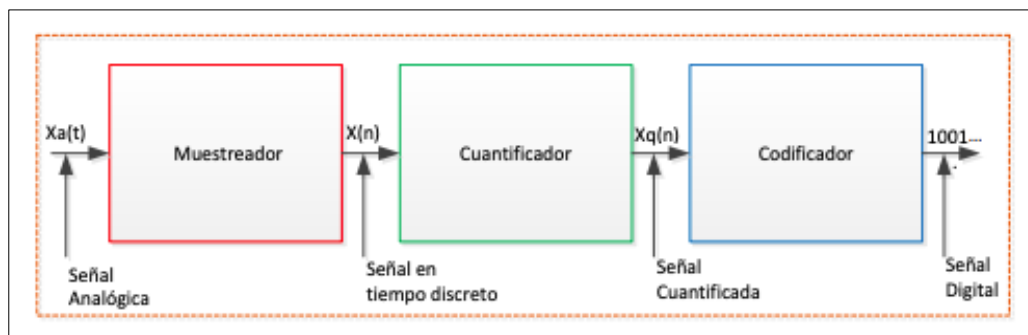


Obtención de la señal digital a partir de la toma de muestras en una onda analógica. Fuente (Bernal Mejía & Espinoza Sigüencia, 2013)

### 2.3.2. Cuantificación

Según Mejía y Espinosa (2013) la cuantificación consiste en transformar una señal en tiempo discreto con valores continuos, a una señal digital, con valores discretos en el tiempo discreto. El error de cuantificación se calcula mediante la diferencia entre la muestra sin cuantificar  $X(n)$  y la salida cuantificada  $X_q(n)$  que se observan en la Figura 2.3.

Figura 2.3. Diagrama de bloques Conversión Análogo Digital



Partes que componen la Conversión Análogo Digital. Fuente: (Bernal Mejía & Espinoza Sigüencia, 2013)

### 2.3.3. Codificación

En este proceso los valores tomados en la cuantificación son traducidos a un código binario. Se debe tomar en cuenta que no siempre se traduce a código binario, sin embargo, es el más utilizado ya que tiene como objetivo ser procesado por cualquier procesador o microcontrolador actual. (Bernal Mejía & Espinoza Sigüencia, 2013, pág. 43)

## 2.4. Módulo ADS1115

Es un módulo conversor análogo digital compatible con comunicación  $I^2C$ , es de 16 bits, viene en una placa de pequeño tamaño, de ultra bajo consumo. Todas las características se observan en la Tabla 2.2. Figueroa (2017) refiere que es un ADC que incorpora un PGA (Amplificado de Ganancia Programable) con una impedancia de entrada alta lo que facilita la adaptación de la señal en sus entradas y puede llegar hasta

860 muestras por segundo. Cuenta con un multiplexor el cual permite elegir si se desea 2 entradas diferenciales o 4 entradas normales. El PGA admite entradas de  $\pm 256\text{mV}$  a  $\pm 6.144\text{V}$  para ser programado con el objetivo de tener medidas precisas en señales grandes y pequeñas.

Cuenta con dos modos de operación disponible según las necesidades, en el uno toma muestras continuas y la otra una muestra solo cuando se requiera, en este modo mientras no se está tomando muestras, entra en un modo de bajo consumo para ahorrar batería. (Ramos Figueroa, 2017, pág. 77)

Tabla 2.2. Características del módulo ADS1115

Parámetro	Detalle
Resolución	16 Bits
Velocidad de muestreo programable	8 a 860 SPS
Voltaje de alimentación y niveles lógicos	2 a 5.5v
Modo Bajo Consumo	150uA
Voltaje de referencia interno	Bajo Rizado
Oscilador	Interno
Amplificador de ganancia programable	Hasta x16
Interfaz I2c	4 posibles direcciones
Entradas	4 simples o 2 Diferenciales
Comparador	Programable

Características del convertidor análogo digital ADS1115. Elaborado por: Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

#### 2.4.1. Impedancia de entrada del módulo

Figueroa (2017) refiere que se debe tomar en cuenta la impedancia de entrada que tiene el módulo ya que esta varía dependiendo el rango en el cual este haya sido programado para realizar las mediciones. La relación de impedancias se observa en la Tabla 2.3. Si la impedancia de la fuente es superior puede haber caídas de voltaje y se requiera un acople de impedancias para solucionarlo.



Tabla 2.3. Tabla de Impedancias de entrada según el rango

<b>FS(V)</b>	<b>DIFERENTIAL IMPUT IMPEDANCE</b>
±6.144V	22MΩ
±4.096V	15MΩ
±2.048V	4.9MΩ
±1.024V	2.4MΩ
±0.512V	710KΩ
±0.256V	710KΩ

Rango de impedancias de entrada del ADS1115 de acuerdo con los valores disponibles programables.

Fuente: (Ramos Figueroa, 2017, pág. 79)

#### 2.4.2. Amplificador de Ganancia Programable (PGA) del módulo

El módulo consigue medir valores tan bajos con tan alta precisión por su amplificador de ganancia programable de hasta x16 para el valor más bajo que se encuentra justo antes del conversor sigma delta. En la Tabla 2.4 se observa la amplificación aplicada para cada valor del rango disponible.

Tabla 2.4. Tabla de la Amplificación de Ganancia Programable según el rango

<b>PGA SETTING</b>	<b>FS(V)</b>
2/3	±6.144V
1	±4.096V
2	±2.048V
4	±1.024V
8	±0.512V
16	±0.256V

Rango de ampliación de ganancia programable PGA para todos los valores disponibles. Fuente:

(Ramos Figueroa, 2017, pág. 79)

Mediante la ecuación 2.1. Se calcula los valores de voltaje que varía por cada bit, para obtener la precisión que se tiene del módulo en cada valor del rango, estos valores se observan en la Tabla 2.5.

$$LSB = \frac{FSR}{2^{16}} \quad \text{Ec. (2.1)}$$

Tabla 2.5. Tabla del valor de voltaje por cada bit del rango del PGA

FSR	LSB SIZE
±6.144V	187.5 uV
±4.096V	125uV
±2.048V	62.5uV
±1.024V	31.25uV
±0.512V	15.625uV
±0.256V	7.8125uV

Valor del voltaje por cada bit obtenido de la Ecuación 2.1. Fuente: (Ramos Figueroa, 2017, pág. 79)

### 2.4.3. Programación $I^2C$ del módulo

Si se requiere más entradas para el ADC, gracias a que el módulo tiene comunicación  $I^2C$ , se pueden conectar hasta 4 módulos para aumentarlas. Los pines SCL y SDA se deben conectar con una resistencia pull-up para asegurar que los pines sean altos cuando no estén activos. La comunicación se lleva a cabo siempre y cuando existan un maestro y un esclavo, la información del bus  $I^2C$  guardada en los registros será transmitida siempre y cuando el maestro esté disponible, el SCL es el encargado de proporcionar la señal del reloj y el SDA transporta los datos bit a bit con cada pulso del reloj generado. (Ramos Figueroa, 2017, pág. 81)

Tabla 2.6. Tabla de direcciones disponibles para la comunicación  $I^2C$

ADDR PIN CONECTION	SALVE ADDRESS
GND	1001000
VDD	1001001
SDA	1001010
SCL	1001011

Direcciones generadas por la conexión del pin ADDR. Fuente (Ramos Figueroa, 2017, pág. 81)

Las 4 direcciones disponibles que soporta esta comunicación vienen definidas por el pin ADDR, depende de donde este se encuentre conectado, las direcciones de los esclavos que se generan se observan en la Tabla 2.6 y la conexión correcta para los 4 módulos en la Figura 2.4.

Figura 2.4. Conexión de 4 módulos ADS1115

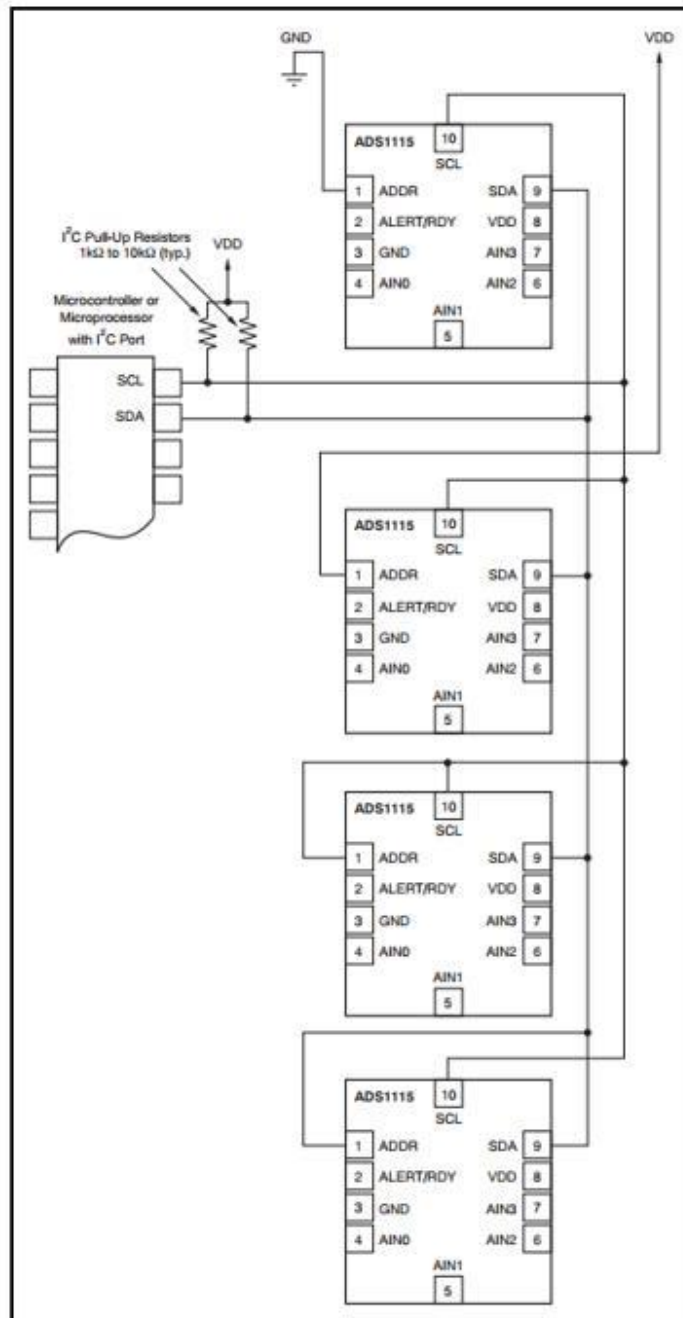


Diagrama de conexión bus  $I^2C$  para 4 módulos esclavos y un maestro. Fuente: (Ramos Figueroa, 2017, pág. 82)

## 2.5. Bluetooth 4.0 (BLE)

También conocido como Bluetooth Smart, el estándar abierto bluetooth BLE por sus siglas en inglés, (Bluetooth Low Energy), fue desarrollado por Bluetooth SIG, su principal objetivo es solucionar las nuevas necesidades en aplicaciones inalámbricas mediante el ultra bajo consumo de energía y conexiones rápidas. (Pereira Tapiro & Polo Poveda, 2015, pág. 30). Según Tapiro y Poveda (2015) entre las principales características que destacan al bluetooth 4.0 tenemos:

- **La transferencia de datos.** La velocidad de transferencia que admite es de 1 Mbps, con un paquete de datos con rango de 8 hasta 27 octetos.
- **Salto de frecuencia.** Consigue minimizar las interferencias a comparación con otras tecnologías en el 2,4 GHZ ISM Band usando el salto de frecuencia adaptable dando como ventaja rutas más eficientes.
- **Host de control.** Se consigue ahorrar una gran cantidad de corriente despertando, por el controlador, al huésped que se encuentra dormido por largos periodos de tiempo solo cuando este necesite realizar alguna acción.
- **Latencia.** Consigue transferir datos de autenticación en pocos milisegundos, ya que admite una configuración muy baja como por ejemplo 3ms, logrando así una comunicación efectiva en el corto periodo antes de que se destruya la conexión.
- **Rango.** Tiene un gran rango a comparación de otras tecnologías bluetooth ya que proporciona una distancia alrededor de 100 metros debido al aumento del índice de modulación.
- **Robustez.** Tiene solidez frente a las interferencias ya que posee una verificación CRC (redundancia cíclica) de 24 bits para todo el envío de los paquetes.
- **Fuerte de Seguridad.** Tiene una alta seguridad debido a que está altamente encriptada la información de autenticación de paquetes de datos usando el Counter Mode (CBC-MAC) y el estándar Advanced Encryption Standart (AES-128).

- **Topología.** Gracias a la topología en estrella que maneja y la dirección de acceso de 32 bits que se utiliza en cada paquete para los esclavos, es capaz de permitir miles de millones de dispositivos conectados, optimizado para conexiones punto a punto.

## 2.6. Módulo Bluetooth HM-10

Esté módulo fue elaborado por la empresa China JN Huamao Technology Co., Ltd. el cual permite conectar proyectos haciendo el uso del Bluetooth BLE con la facilidad de operación de un puerto serial interfaz UART, con una velocidad de transmisión por defecto de 115200bps, no tiene paridad y con 8 bits de información y 1 bit de parada. Son basados en el chip CC2540 o CC2541. Tiene modos de operación configurables que son Scanner o Advertiser (Beacon) por medio de comandos AT como cualquier otro módulo bluetooth, las principales características se detallan en la Tabla 2.7. Gracias a estos comandos, que son un grupo de instrucciones, se consultan los parámetros configurados del módulo mediante un microcontrolador, computador o cualquier dispositivo que tenga la comunicación serial establecida con un monitor serial (Moya Velasco, 2019, pág. 35).

Tabla 2.7. Características del Módulo HM-10

Parámetro	Valor
Versión Bluetooth	V 4.0 BLE
Frecuencia	2.4 GHz
Modulación	GFSK
Potencia de transmisión	-23 dBm, -6dBm, 0dBm, 6dBm
Sensibilidad	~ -90dBm
Velocidad síncrona y asincrónica	2-6kbps
Seguridad	Autenticación y encriptación
Voltaje	+2.5 ~ +3.5 VDC
Corriente estado activo	8.5 mA
Corriente en ahorro de energía	50 ~ 200 uA
Temperatura	-20 ~ +105 °C
Tamaño	27mm x 13mm x 2.2mm
Chip	T1 CC2540/41
Memoria Flash	256kbits
Protocolo Beacon	iBeacon

Valores técnicos del módulo Bluetooth 4.0 HM-10. Fuente: (Moya Velasco, 2019, pág. 35)

## **2.7. Servicios en la Nube**

Gracias a los servicios en la nube, los usuarios son capaces de visualizar datos en cualquier parte del mundo a través del uso del internet. Las ventajas que se tiene al usar estos servicios son la seguridad, capacidad de almacenamiento, servicio siempre disponible, redundancia de la información entre otros, brindando una mayor potencia y más prestaciones que un computador de uso personal (Pérez Vargas & Torres Pachar, 2020, pág. 20). Los sistemas o software que los usuarios pueden acceder sin la necesidad de descargar ningún programa se considera un servicio en la nube debido a que todo el procesamiento se lo realiza en ella. Solo se necesita un dispositivo con acceso a internet, ya sea una laptop, un computador de escritorio, una tablet o un smartphone para acceder a estos servicios.

## **2.8. Herramientas para el desarrollo de la aplicación Web**

### **2.8.1. Plataforma Firebase**

Es una plataforma, utilizada para el desarrollo del prototipo, creada por Google la cual funciona en la nube y cuenta con soporte para iOS Android y Web. Cuenta con numerosas herramientas las cuales permiten desarrollar adaptar y combinar la aplicación de acuerdo con los requerimientos del usuario como la de detección de errores y de testeo, optimizando el tiempo y el desarrollo. Herramientas de métrica y analítica para un mejor control y toma de decisiones. (Pérez Vargas & Torres Pachar, 2020, pág. 23)

Permite un crecimiento exponencial gracias a su gestión de usuarios y la capacidad de captar nuevos mediante invitaciones o notificaciones personalizadas necesarias para cualquier proyecto. Es rápida gracias a que su API es intuitivo y contenido en un solo SDK permitiendo solucionar problemas puntuales con facilidad (Pérez Vargas & Torres Pachar, 2020, pág. 23). Ofrece soporte la plataforma a todos sus usuarios para todos sus requerimientos. Fundamentalmente para desarrollo del dispositivo se utilizó 3 herramientas de la plataforma las cuales se describirán a continuación.

### **2.8.2. Firebase Realtime Database**

Es una base de datos, para la plataforma Firebase, la cual se encuentra en la nube almacenando los datos en formato JSON, los cuales se sincronizan el tiempo real, manteniendo la disponibilidad de los datos inclusive cuando la aplicación no tiene conexión, ya que estos se almacenan temporalmente en el disco y se actualizan al momento de reestablecer la conexión. Adicional se accede a la información sin la necesidad de un servidor de aplicaciones aplicando las reglas de seguridad establecidas por la base de datos al momento de intentar leer o escribir los datos. (Sangucho Simbaña, 2019, pág. 14)

### **2.8.3. Firebase Hosting**

Es un servicio la cual proporciona un hosting rápido y seguro para cualquier aplicación web desarrollada en su plataforma, con contenido dinámico, estático y microservicios en una red de distribución de contenidos. Incluye por defecto SSL sin la necesidad de una configuración adicional para proporcionar una web moderna y segura protegiendo el contenido. Todo tipo de contenido es admitido en este hosting como CSS y HTML, inclusive API y microservicios de Express.js. (Firebase, 2020)

### **2.8.4. Autenticación de usuarios con Firebase**

Mediante algunos estándares como el OAuth 2.0 se realiza el proceso de autenticación de usuarios en la plataforma Firebase, cuyo objetivo es que, mediante cualquier aplicación, dispositivo o sistema operativo sea capaz de identificar la identidad de cualquier cliente, acceder y guardar los datos. Para que este proceso se lleve a cabo se debe proporcionar a la plataforma las credenciales correctas que identifican a cada usuario, a través de un correo electrónico y contraseña o por medio de un token generado por servicios externos como por ejemplo Facebook o Twitter, entre otros. (Chambilla Renjel, 2018, pág. 40)

### **2.8.5. ANGULAR**

Estructurado y mantenido por Google, Angular es un framework de código abierto, tiene como lenguaje TypeScript que se compila en JavaScript. Es útil para la gestión de aplicaciones de una sola página (SPA), simplificando la creación de clientes HTML. Tiene como objetivo que aumenten el desarrollo de aplicaciones basadas en el navegador permitiendo que el proceso sea menos engorroso con herramientas y bibliotecas listas para facilitar el trabajo. Permite la creación de bibliotecas personalizadas las cuales leen HTML representadas por variables en el estándar de JavaScript. (Moyano Mejía, 2015, pág. 39)

### **2.8.6. HTML5**

Es un lenguaje de marcas de Hipertexto, la quinta versión, que utiliza etiquetas para definir los elementos, ya sean textos, etiquetas, imágenes, audio, lista de textos o cualquier elemento que conforma la página Web. Las nuevas etiquetas de esta versión no son compatibles con las versiones anteriores, por lo que se recomienda al usuario final actualizarse. Todos los sitios web modernos están desarrollados en esta versión, aunque existen algunas etiquetas que mantienen su estructura, pero cambian su significado semántico. Se agregaron nuevas funcionalidades que se rigen a una interfaz estandarizada como por ejemplo para el audio y para el video. (Moyano Mejía, 2015, pág. 39)

### **2.8.7. CSS 3**

Es un lenguaje normalmente utilizado para crear y definir la presentación de un documento estructurado en HTML o XML2. Sirve para agregar los efectos visuales, colores, entre otras cosas de diseño a una página Web, su objetivo es separar la estructura del documento de su presentación visual. La entidad encargada de regularizar y formular la especificación de las hojas que servirán como estándar para los navegadores es el World Wide Web Consortium (W3C). CSS3 a diferencia de CSS2 está separada en módulos, que son varios documentos separados. Estos módulos comparten funcionalidades del CSS2 por lo que son totalmente compatibles. (Moyano Mejía, 2015, pág. 40)



### **2.8.8. BOOTSTRAP**

Originalmente desarrollado por Twitter, es un framework que permite crear varias interfaces Web con estilos de JavaScript, CSS3 y HTML5, con el objetivo de que la aplicación se adapte automáticamente en tamaño a la pantalla del dispositivo en el cual esta información sea visualizada, ya sea una computadora de escritorio, laptop, tablet, teléfono móvil, entre otros. También se lo conoce como “responsive design” el cual puede ser aplicado a cualquier proyecto de desarrollo Web. Es una gran ventaja para las aplicaciones Web ya que permite una flexibilidad total de toda la aplicación que se adapta a cualquier dispositivo ya que se encuentra optimizado para los actuales lenguajes de programación. (Rodríguez Lainez, 2016)

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En el presente capítulo se procederá al diseño e implementación de todo el sistema del dispositivo y de la aplicación web para que el usuario pueda administrarlo. Para poder llevar a cabo el cometido será indispensable revisar de forma complementaria los aspectos de la toma de las medidas de las variables eléctricas, el procesamiento y almacenamiento de esta información junto con la fecha, ubicación y alarmas, el accesorio para gafas y el servidor IoT.

#### **3.1. Características generales del Dispositivo de medición**

El dispositivo de medición es totalmente portátil, posee una batería de 9V intercambiable que es la encargada de suministrar la energía necesaria. Posee una apariencia parecida a la de un dispositivo de medición convencional, como se observa en la Figura 3.20, pero con una pantalla más grande que cuenta con un panel táctil, que facilitará su uso y un selector circular con 10 posiciones para seleccionar la medición y otras opciones. El dispositivo es capaz de medir y almacenar en la nube valores de voltaje y corriente eléctrica en el rango de 0 a 250 voltios para el caso del voltaje, y de 0 a 20 amperios para la corriente, continuidad eléctrica, diodos y valor de resistencia de 0 a 1Mohmio. Cuenta con un accesorio que se coloca en cualquier gafa o lentes para visualizar los datos reales medidos el cual se observa en la Figura 3.37.

##### **3.1.1. Diagrama de bloques**

En el diagrama de bloques que se visualiza en la Figura 3.1. Indica la conexión general de todo el sistema empleado para el dispositivo de medición. Tiene como base al módulo ESP32, el encargado de comunicarse con la Plataforma Firebase y Google Cloud Services vía Wifi, al accesorio para Gafas vía Bluetooth y con todos los sistemas de toma de datos de variables eléctricas. Cuenta con el convertidor análogo digital ADS1115, encargado de convertir las señales, recibidas por los sensores tomadas por

el usuario, a señales digitales. Para la visualización de la información se conectó una GLCD que posee un panel táctil y un menú con el cual se accede a una red Wifi necesaria para la comunicación. El usuario guarda y accede a la información posteriormente cuando lo requiera. La programación de la aplicación Web fue desarrollada en Angular, la cual es el la que se comunica simultáneamente con Firebase y con los dispositivos finales.

Figura 3.1. Diagrama de bloques general del sistema

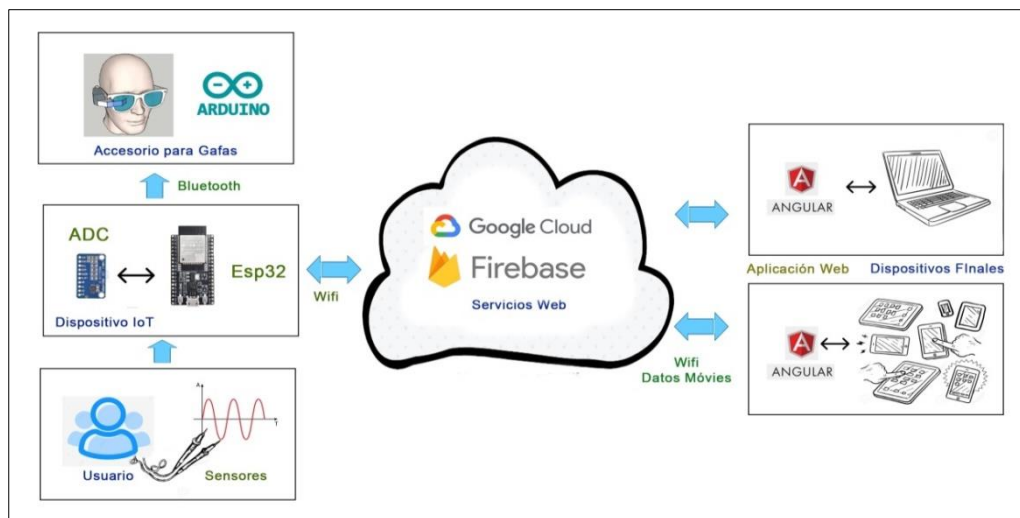
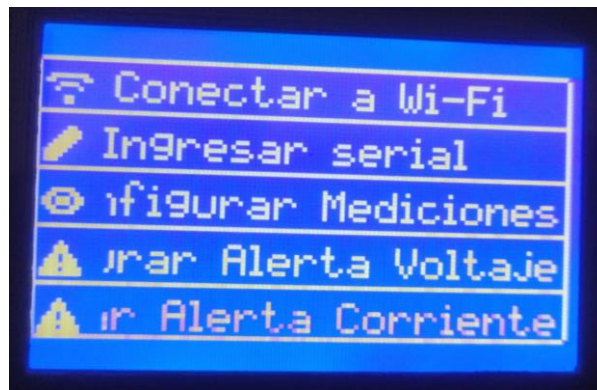


Diagrama de bloques general del sistema. Elaborado por: Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

### 3.2. Conexión del Wifi del dispositivo de medición

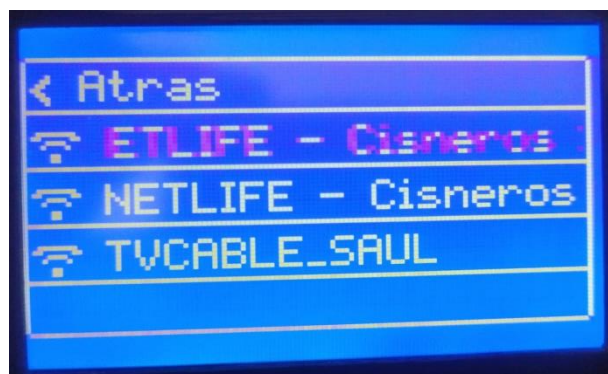
El dispositivo puede funcionar sin internet para realizar las mediciones de las variables eléctricas, pero para generar la comunicación y almacenar la información en la nube, es necesario como primer paso, acceder al menú como se observa en la Figura 3.2 y conectarse a una red Wifi seleccionando la opción "Conectar a Wi-Fi". Se programó la función del Wifi del ESP32 mediante Visual Studio Code, como se visualiza en la Figura 3.3, para que cada 5 segundos se actualicen las redes disponibles.

Figura 3.2. Menú principal del dispositivo de medición



Menú con todas las opciones del dispositivo de medición. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Figura 3.3. Listado de redes Wifi disponibles



Listado de las redes wifi disponibles que se actualizan cada cinco segundos. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Para crear la conexión se debe seleccionar una y colocar la contraseña una sola vez mediante el teclado táctil que el dispositivo dispone, el cual se observa en la Figura 3.4. Esta contraseña quedará guardada en la memoria no volátil, por lo que cada vez que se inicie, automáticamente buscará la contraseña guardada para generar la conexión. Si la conexión a la red es exitosa, se mostrará un mensaje como se observa en la Figura 4.2. Si se conecta a una red Wifi nueva, la anterior clave será reemplazada en su memoria, ya que solo tiene capacidad de almacenar una sola clave.

Figura 3.4. Teclado táctil para clave para el Wifi



Teclado utilizado para ingresar la clave Wifi para el dispositivo. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros

### 3.3. Conexión Bluetooth con el accesorio para gafas

Se crea la conexión con las gafas vía bluetooth automáticamente, cada vez que se enciende el dispositivo de medición, para ello solo se requiere que los dos dispositivos se encuentren encendidos, las gafas son el servidor y el dispositivo de medición el cliente. En la memoria no volátil del programa del dispositivo de medición se encuentra almacenada el Mac Address y el UUID del módulo bluetooth que se encuentra en el accesorio para gafas como se observa en la Figura 3.5. El dispositivo cada cierto intervalo de tiempo busca los dispositivos bluetooth disponibles hasta encontrar coincidencia con el que se encuentra en su memoria y crear la comunicación. Solo se puede conectar vía bluetooth con el accesorio para gafas, no permite ninguna otra conexión con algún otro dispositivo. Para comprobar que la conexión fue exitosa, la pantalla en el accesorio de gafas se enciende y se muestra los datos, caso contrario permanecerá apagada y el sistema en modo bajo consumo.

Figura 3.5. Dirección para la conexión Bluetooth

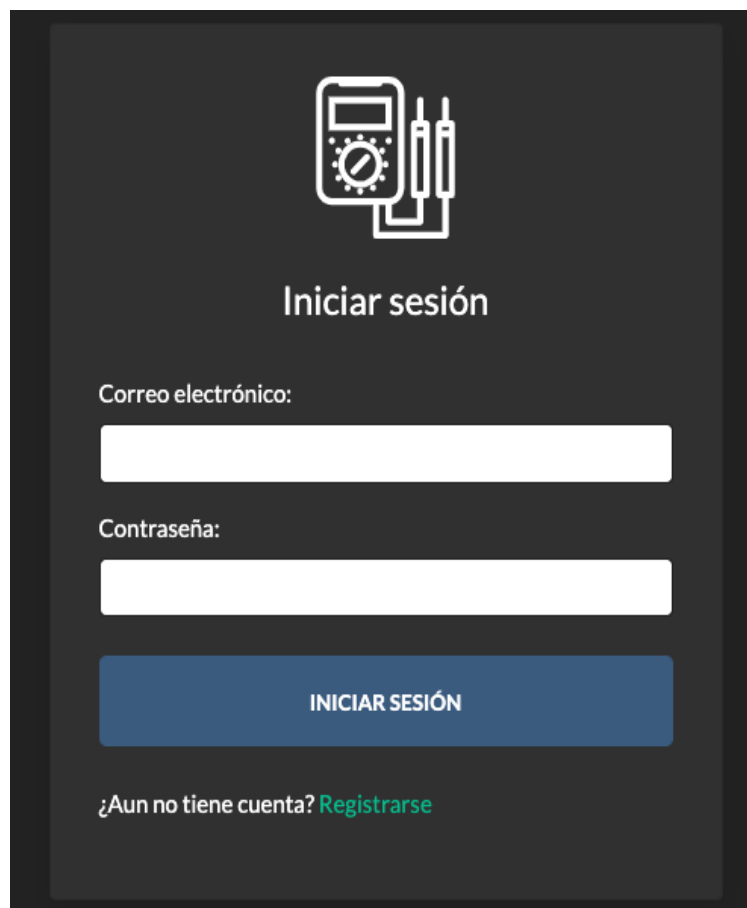
```
BLEGafas::BLEGafas(){
    serviceUUID = BLEUUID("ffe0");
    charUUID = BLEUUID("ffe1");
    macAddress = NimBLEAddress("44:EA:D8:2A:AC:AA");
    ClientCallback = new MyClientCallback(this);
    AdvertisedDeviceCallbacks = new MyAdvertisedDeviceCallbacks(this);
    doScan = false;
}
```

Dirección del módulo bluetooth en el dispositivo. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

### 3.4. Autenticación y registro de usuarios Web con Firebase

La aplicación Web elaborada, de nombre DigitalMess, cuenta con la autenticación para el acceso mediante la verificación del correo y la clave como se observa en la Figura 3.6. Cabe recordar que Firebase también permite la creación de varios métodos de control de acceso, como cuenta Google, Facebook, entre otros. Se consiguió realizar esta autenticación gracias a que la plataforma proporciona herramientas para poder desarrollar el proyecto, en este caso se usó un SDK (software development kit) que es propia para cada plataforma, se encuentra disponibles para Android, iOS y para Web.

Figura 3.6. Login de usuarios para la aplicación Web



Iniciar sesión

Correo electrónico:

Contraseña:

INICIAR SESIÓN

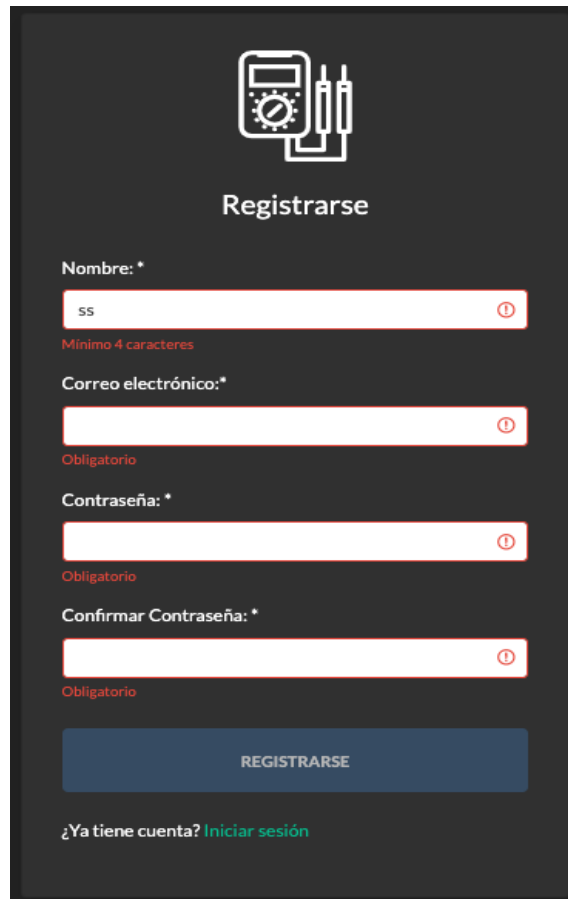
¿Aun no tiene cuenta? [Registrarse](#)

Acceso a la aplicación Web mediante correo electrónico y clave. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Se accede a la aplicación Web desde cualquier navegador con acceso al internet con la siguiente dirección: “<https://multimetro-iot.firebaseio.com/signin>”. Para que los

usuarios nuevos se registren, se agregó un redireccionador con la palabra “Registrarse”, la cual abre una nueva página en donde se debe llenar todos los campos para completar el registro como se visualiza en la Figura 3.7 y para volver a la página anterior otro redireccionador con la palabra “Iniciar Sesión”.

Figura 3.7. Registro de usuario para la aplicación Web



The image shows a registration form on a dark background. At the top, there is an icon of a computer monitor and a plug, followed by the title "Registrarse". Below the title are four input fields, each with a red border and a red error icon (a circle with an exclamation mark) on the right side. The first field is labeled "Nombre: \*" and contains the text "ss", with a red error message "Mínimo 4 caracteres" below it. The second field is labeled "Correo electrónico:\*" and has a red error message "Obligatorio" below it. The third field is labeled "Contraseña: \*" and has a red error message "Obligatorio" below it. The fourth field is labeled "Confirmar Contraseña: \*" and has a red error message "Obligatorio" below it. At the bottom of the form is a blue button labeled "REGISTRARSE". Below the button, there is a link that says "¿Ya tiene cuenta? [Iniciar sesión](#)".

Registro de nuevos usuarios mediante el uso de correo electrónico. Elaborado por: Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

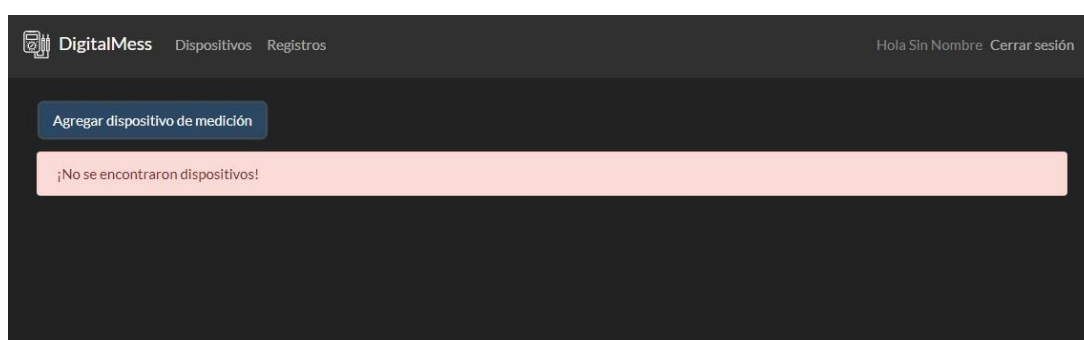
Se verifica cada cuadro de texto instantáneamente, ya que la programación usada es reactiva, si el usuario pasa sin escribir nada dejando el espacio en blanco, utiliza un correo ya registrado, un nombre de menos de 4 caracteres o contraseñas que no coincidan, será notificado impidiendo su registro. Esta validación se logró gracias a un componente en Angular para la realización de formularios. Cuando salta un error, se activa una clase en CSS para que se muestre el texto de error en rojo.

Se consiguió que las contraseñas sean más seguras obligando a que tengan un mínimo de caracteres, al menos una mayúscula o minúscula y un número, para validar toda esta información se utilizó regular expressions, que son un método con el cual, se realiza búsquedas dentro de cadenas de caracteres sin importar la amplitud para su validación. Se almacenó toda la información de los usuarios registrados utilizando las bases de datos que proporciona Firebase, las cuales se modifican mediante la librería mobizt que utiliza funciones REST API que permite crear, editar eliminar, autenticar información de esta. Es una librería que está escrita en C++ que utiliza el Framework de Arduino, lo que permite utilizar todos los servicios de Firebase en este entorno de desarrollo programado en el ESP32.

### 3.5. Registro del dispositivo de medición en la aplicación Web

Una vez dentro de la cuenta, desde la pestaña “Dispositivos”, saldrán todos los dispositivos de medición que se tienen registrados. Como se observa en la Figura 3.8, en el caso que no se tenga ninguno se visualizará un mensaje “¡No se encontraron dispositivos!”.

Figura 3.8. Interfaz sin dispositivos de medición.



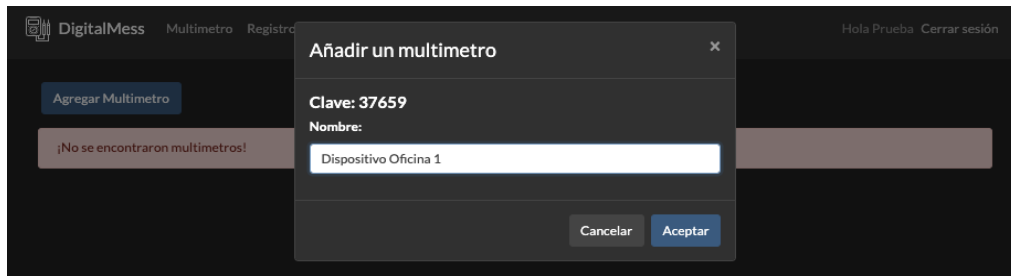
Mensaje de alerta que se muestra cuando no se tiene dispositivos agregados en la cuenta. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Se debe seleccionar en el botón “Agregar” para poder enlazar un nuevo dispositivo de medición a la aplicación Web, como se observa en la Figura 3.9. Se tiene que colocar



un nombre al dispositivo y se generará un código de enlace junto con este, el cual se registra en el dispositivo, desde el menú principal, esta información se va agregando como un nuevo nodo en la base de datos de Firebase, ya que esta trabaja en forma de árbol.

Figura 3.9. Creación del registro para un nuevo dispositivo de medición



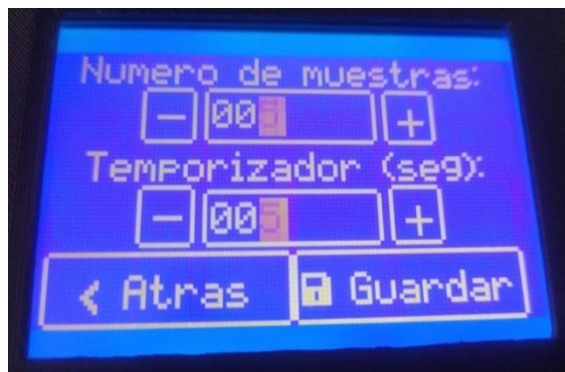
Interfaz para agregar un nuevo dispositivo a la aplicación Web. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Todos los dispositivos de medición tienen un solo usuario, con el cual se accede a todos los nodos de la base de datos con el objetivo de encontrar el código ingresado y crear la comunicación. Este código ingresado se guarda en la memoria no volátil del dispositivo, para que cada vez que el dispositivo sea prendido o apagado, mediante este código, realice la verificación de vigencia y mantenga la comunicación. Si el usuario borra el dispositivo desde la aplicación web, también borra el código, bloqueando la comunicación, debido a que este ya no encuentra en código en la base de datos. Automáticamente el botón de enviar muestras, que se encuentra en la esquina superior izquierda, desaparecerá del dispositivo de medición como se visualiza en la Figura 4.4, indicando al usuario que se perdió la comunicación con la aplicación. Si se desea nuevamente sincronizar, desde la aplicación web se debe agregar un nuevo dispositivo, con lo que se genera un nuevo código para volverlo a enlazar y así, entablar nuevamente la comunicación.

### 3.6. Toma y almacenamiento de medidas en la aplicación Web

Para almacenar las mediciones es necesario que el proceso de creación de un usuario en la aplicación web y el registro del dispositivo de medición se encuentren exitosamente completados. Para almacenar una medición primero, se debe configurar desde el menú cuántas se van a tomar con un tiempo fijo de 1 segundo como se observa en la Figura 3.11, teniendo como un máximo 10 medidas. También se debe configurar el temporizador, que es el tiempo que esperará para tomar la muestra una vez presionado el botón, que se observa en la Figura 3.11.

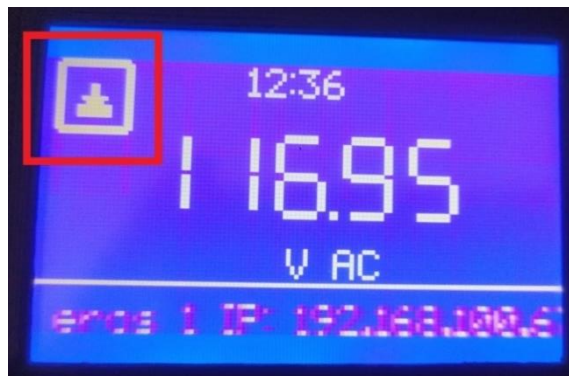
Figura 3.10. Configuración del número de mediciones y del temporizador



Interfaz para la modificación del temporizador y del número de muestras. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Se revisa las mediciones tomadas accediendo desde la aplicación Web, en donde están almacenada toda la información de todos los dispositivos de medición que se tienen registrados en la cuenta. El ESP32 internamente tiene un timer RTC, en donde se guarda la hora del sistema. Al acceder al internet, se conecta con un servidor NTP (Network Time Protocol) de donde obtiene un valor en formato Unix, que es la cantidad de milisegundos transcurridos desde la medianoche UTC del 1 de enero de 1970. Con este valor se obtiene la hora y fecha actual, transformando estos milisegundos y sumando a dicha fecha. Esta información se envía en el paquete de datos junto la medición y la ubicación.

Figura 3.11. Botón táctil para la toma de muestras



Botón para enviar las medidas a la aplicación Web. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

### 3.7. Alarmas y reporte de datos

Se puede crear alarmas accediendo desde menú del dispositivo que se observa en la Figura 3.2, en la opción “Configurar Alerta Voltaje” y “Configurar Alerta Corriente”. Son avisos que se generan cuando un valor de la variable eléctrica sobrepasa el valor establecido en la alarma, comparando el valor por programación. Como se observa en la Figura 3.12, solo están disponibles para las mediciones de voltaje y corriente eléctrica.

Figura 3.12. Interfaz de configuración de alarmas



Interfaz de configuración de alarmas para valores de voltaje y corriente. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

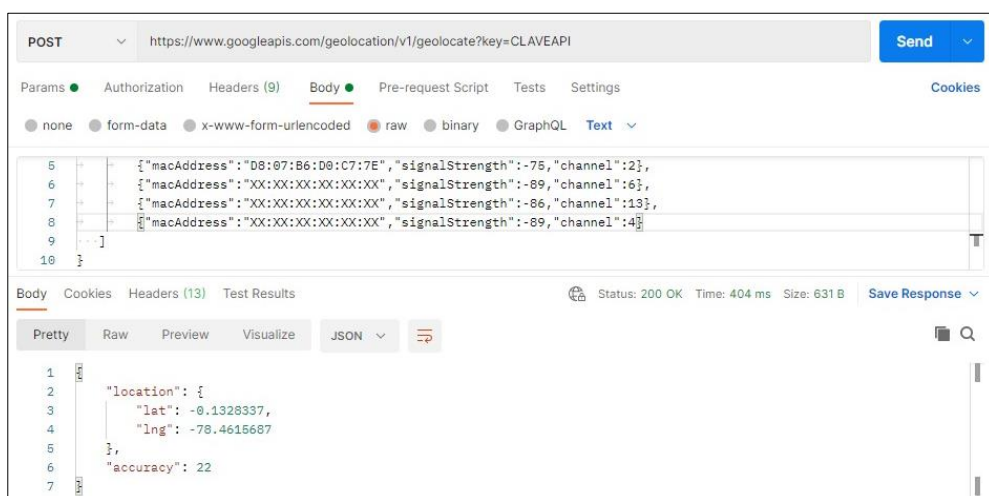
En la Figura 4.11 se observa las medidas tomadas por un dispositivo, tres mediciones, con su respectivo nombre, fecha, hora y ubicación las cuales pueden ser eliminadas con el botón “Eliminar”, que se encuentra al final de cada medición. Se puede filtrar

por fecha desde la aplicación, con el botón “Consultar” y obtener un reporte de todas las mediciones obtenidas en ese rango, mediante el botón “Descargar PDF”, si no se realiza un filtro previo, se mostrarán todos los datos almacenados. Se descarga un archivo PDF el cual contiene toda la información en la Figura 4.14 se observa un ejemplo. Al generarse una alarma se cambia un bit de false a true, y se marcan estos valores de un color naranja representando una alarma que se visualizarán en el reporte final.

### 3.8. Ubicación del dispositivo de medición

Se obtuvo la ubicación del dispositivo mediante el uso de los Google Cloud Services. Trabajan mediante el uso de varias API, que son protocolos que se utilizan para integrar y desarrollar el software de las aplicaciones. Tienen como ventaja que se pueden comunicar con otros softwares o programas sin la necesidad de saber cómo están elaborados. La principal API utilizada es la de geolocalización, la cual permite a la aplicación Web integrarse con los mapas de Google. Puede localizar dispositivos con gran precisión. Utiliza las señales de todos los equipos, teléfonos móviles, redes Wifi y demás dentro de su red que son detectados por el dispositivo para poder ubicarlos.

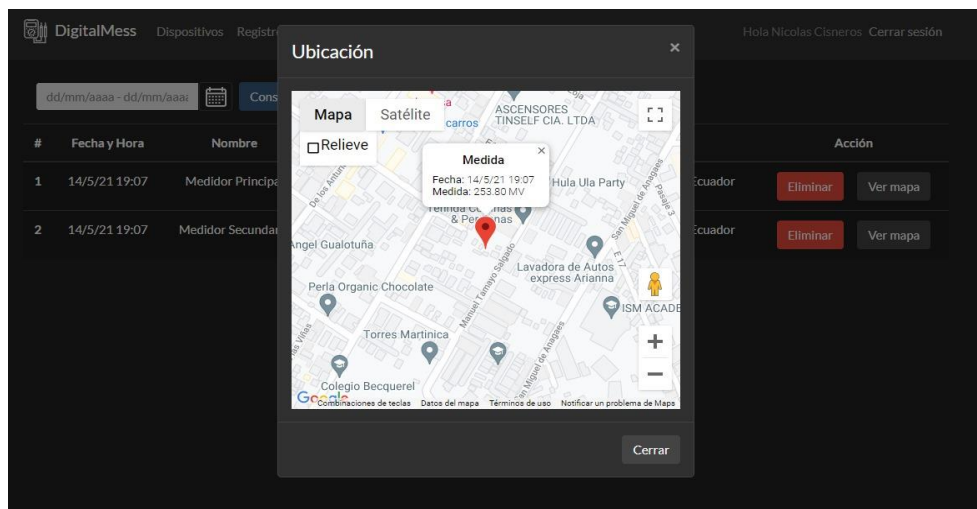
Figura 3.13. POST enviado a la geolocalización de Google



POST enviando a Google para obtener la longitud y latitud. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros

Debido a que la API geolocalización entrega un valor de longitud y latitud, “lat” y “lng”, como se visualiza en la Figura 3.13. Después de hacerle un POST, para poder obtener la dirección y mostrarla en el mapa, se utilizó otra API llamada Geocoding, la cual transforma las coordenadas de longitud y latitud a una dirección y para poder mostrar el mapa, el cual se puede acceder para su visualización a través de un botón de nombre “Ver mapa” en cada medición guardada. Para que el usuario pueda visualizar el mapa en la aplicación, como se observa en la Figura 3.14. Se utilizó el SDK de Google Maps para sitios Web programado en JavaScript.

Figura 3.14. Mapa de la ubicación del dispositivo en la aplicación Web

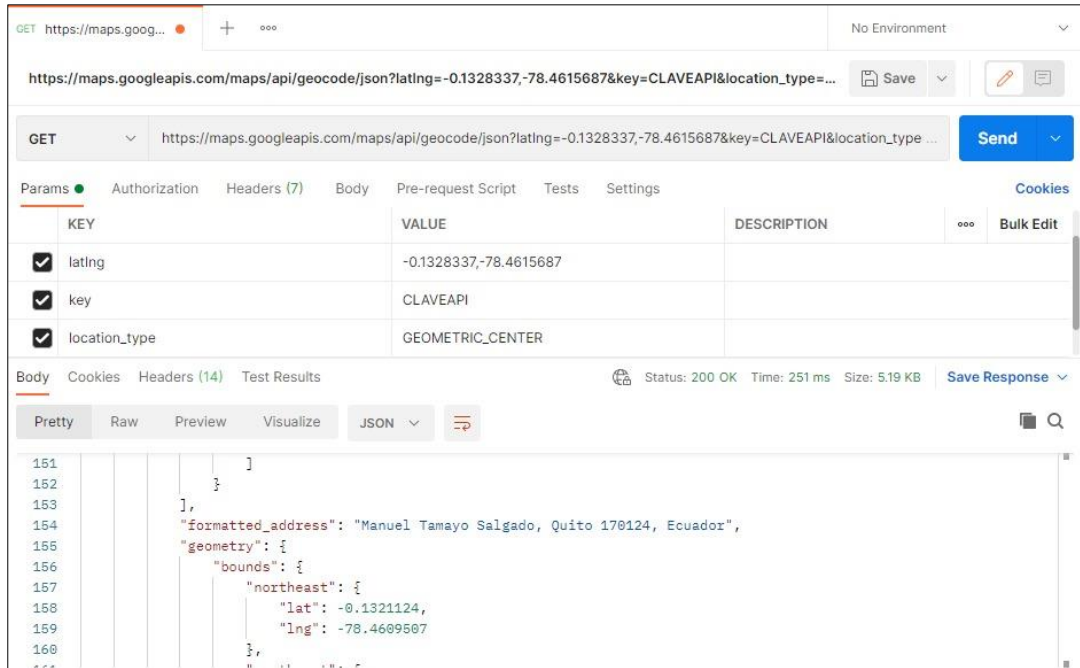


Mapa que se muestra de la ubicación del dispositivo al pulsar el botón Ver mapa. Elaborado por: Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Para obtener la información de la ubicación, es necesario que tenga acceso a internet, con esta conexión se obtienen los siguientes datos: el SSID que es el nombre de la red Wifi, el BSSID que es la dirección Mac del repetidor o el Access Point, la intensidad de la señal que se mide en DBM que va de 0 a -100 y el canal en el que se encuentra, para armar un JSON como se observa en la Figura 3.13 y ser enviada la petición HTTP al servidor de Google mediante un POST. El servidor entrega otro JSON de vuelta con un valor de longitud y latitud el cual es enviado al Geocoding para obtener mediante un GET la dirección en calles como se observa en la Figura 3.15 y así poder ser mostrada en un mapa en la aplicación Web, esta información se guarda en la memoria

volátil del dispositivo ya que este proceso se hace cada vez que se reinicia o se desconecta de una red Wifi.

Figura 3.15. GET para obtener la dirección por Geocoding



Dirección obtenida por el Geocoding para la visualización en el mapa. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

### 3.9. Alimentación del dispositivo de medición

Para alimentar los diferentes circuitos del dispositivo de medición, se diseñaron dos circuitos de 3,3v y 5v basados en el convertidor buck XL1509 el cual se observa en la Figura 3.16. Estos se encuentran alimentados por una batería de 9v la cual debe ser colocada en el multímetro para su funcionamiento. El voltaje de salida pasa por un filtro LC para obtener una señal DC continua. El cálculo para obtener el valor de voltaje de salida de 5v y 3,3v mediante la ecuación 3.1 que se describe a continuación:

$$V_{out} = 1.23 \left( 1 + \frac{R1}{R2} \right) \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Para el circuito de 5v:

$$V_{out} = 1.23 \left( 1 + \frac{2,7k\Omega + 390\Omega}{1k\Omega} \right)$$

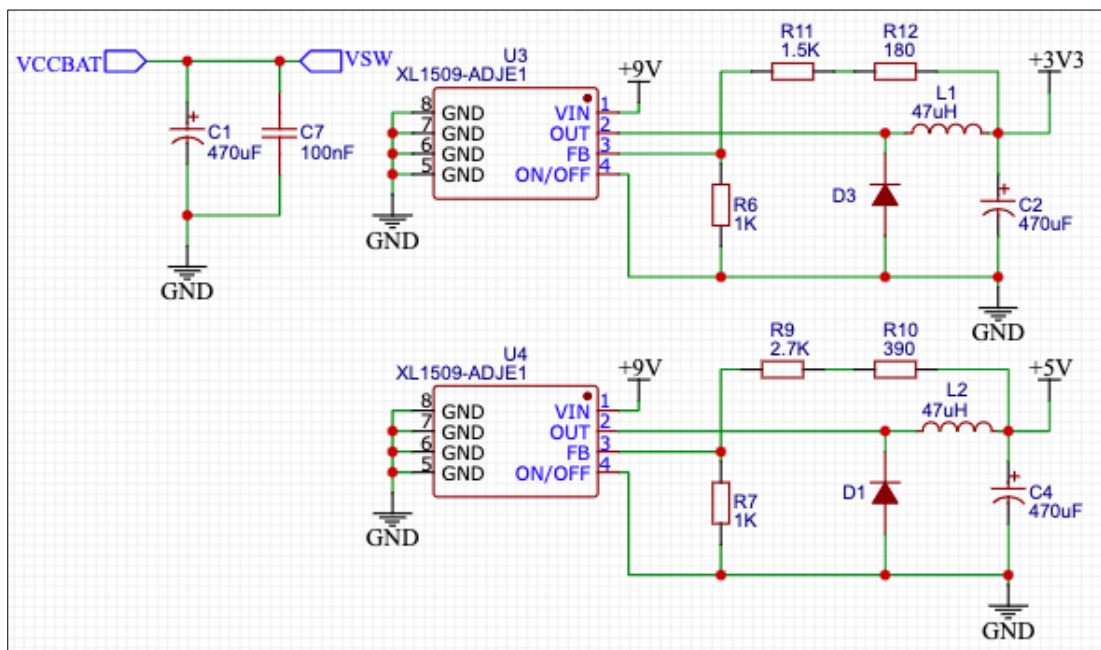
$$V_{out} = 5,0307v$$

Para el circuito de 3.3v;

$$V_{out} = 1.23 \left( 1 + \frac{1,5k\Omega + 189\Omega}{1k\Omega} \right)$$

$$V_{out} = 3,2964v$$

Figura 3.16. Circuito de alimentación del voltaje del dispositivo



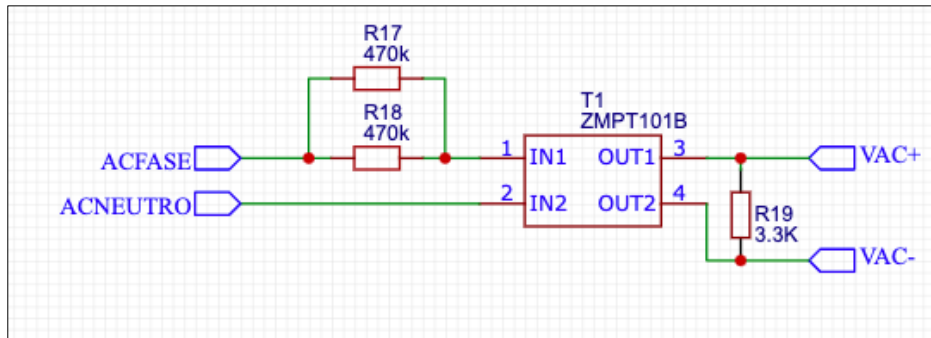
Circuito de alimentación para el dispositivo basado en el convertidor buck XL1509. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

### 3.10. Medición de voltaje AC

Se realizó el circuito de medición de voltaje AC para que soporte un máximo de 250VRMS. Para esto se utilizó el transformador ZMPT101B debido a que es de tamaño reducido, alta precisión y buena consistencia. Proporciona un aislamiento

galvánico al circuito por lo que para esta etapa de medición no se adicionó ninguna otra protección. Es un transformador de corriente que tiene una relación de vueltas 1000:1000 y soporta una corriente máxima de 2mA por lo que se colocó una resistencia limitadora de corriente en la entrada de voltaje.

Figura 3.17. Circuito de medición del voltaje AC



Circuito para medir voltaje AC con el transformador ZMPT101B. Elaborado por: Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{R_{in}} \times R_{19} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Donde  $V_{out}$  = Voltaje de salida requerido [VRMS]

$V_{in}$  = Voltaje de entrada [VRMS]

$R_{in}$  = Resistencia de entrada [ $\Omega$ ]

$R_{19}$  = Resistencia de salida [ $\Omega$ ]

El circuito que se utilizó para realizar la medición del voltaje se observa en la Figura 3.17, el cual se rige a la ecuación 3.2. Como primer paso se calculó el Voltaje RMS que va a entrar en el convertidor análogo digital para ser medido. El cálculo se realizó mediante la ecuación 3.3 de la equivalencia del Voltaje Pico y RMS descrito a continuación:



$$V_{outRMS} = \frac{V_{out}}{\sqrt{2}} \quad \text{Ec. (3.3)}$$

$$V_{outRMS} = \frac{5VP}{\sqrt{2}}$$

$$V_{outRMS} = 3.53VRMS$$

Se optó por trabajar con una corriente de entrada de 1,1mA debido a que la corriente máxima que soporta el transformador es de 2mA. Conociendo el valor de corriente de entrada, el cálculo se realizó despejando el valor de resistencia de la Ley de Ohm descrito a continuación:

$$V = IxR$$

$$R1 = \frac{V_{in}}{I}$$

$$R_{in} = \frac{250VRMS}{1,1mA}$$

$$R_{in} = 227,27k\Omega$$

$$R_{in} = \frac{R17 * R18}{R17 + R18}$$

$$R_{in} = \frac{470k * 470k}{470k + 470k} = 235K\Omega$$

Se colocó dos resistencias en paralelo de 470kΩ dando como resultado una resistencia equivalente de 235KΩ para aproximarse al valor de resistencia calculado que es de 227,27kΩ. Ya solo queda calcular el valor de la resistencia R19 para obtener el circuito completo. Conociendo el voltaje de salida requerido, y el valor de la resistencia Rin se despejó el valor R19 de la ecuación 3.2.

$$R_{19} = \frac{V_{outRMS}}{V_{in}} R_{in}$$

$$R_{19} = \frac{3,53VRMS}{250VRMS} 227,27K$$

$$R_{19} = 3,21K\Omega \cong 3,3k\Omega$$

Se utilizó una resistencia de 3,3kΩ debido a que es un valor de resistencia comercial que más se aproxima. Una vez obtenido el voltaje de salida deseado, este entra al conversor análogo digital ADS1115. Tiene una resolución de 16bits con signo y 860 lecturas por segundo, suficientes para la red pública de 60Hz ya que según el teorema Nyquist solo se requiere que la frecuencia de muestreo sea al menos el doble de la frecuencia de la onda para que esta pueda ser reconstruida sin perder mucha información. Para saber la cantidad de muestras que se obtiene en un periodo de la onda de voltaje, se calculó mediante la ecuación 3.4 descrito a continuación:

$$\text{Número de muestras} = \text{Frecuencia de muestreo} * \text{Periodo [s]} \quad \text{Ec. (3.4)}$$

$$t(s) = \frac{1}{60HZ}$$

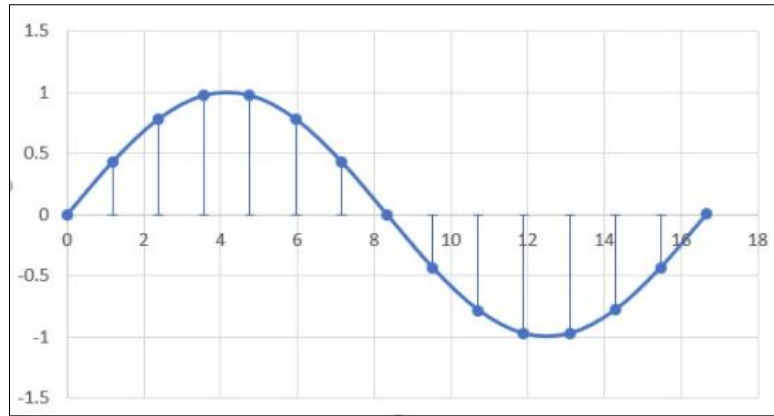
$$t(s) = 16,67 \text{ milisegundos}$$

$$\text{Número de muestras} = 860 * 0,01667 \text{ segundos}$$

$$\text{Número de muestras} = 14,33$$

Se obtiene 14 muestras por cada periodo de la onda sinusoidal como se observa en la Figura 3.18 suficientes para procesar la onda del voltaje de la red pública a 60Hz evitando el aliasing.

Figura 3.18. Representación de una onda con 14 muestras



Gráfica de una sinusoidal muestreada 14 veces en la conversión analógica digital. Elaborado por: Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Ya que no se puede colocar valores de voltaje negativo en la entrada del ADC, las salidas de voltaje se conectaron a las entradas diferenciales para poder ser medidas sin problema. Como se observa en el diagrama de flujo de la Figura 3.19, se obtuvo el valor del voltaje, mediante programación primero, multiplicando el valor de la muestra anterior por la actual, si se detecta un cambio de signo, significa que existió un cruce por cero, al tener dos cruces por cero, se consigue un periodo. Cada dos periodos se calcula el valor de voltaje RMS mediante la ecuación 3.5, siendo V el valor de las muestras y N el número de muestras tomadas. Mientras más periodos se tomen, menos error va a tener el resultado, pero se toma solo dos periodos debido al tiempo de procesamiento. Si se utilizara más muestras, el refresco del valor de voltaje que se muestra en la pantalla sería cada vez más lento. Este valor de voltaje es el valor atenuado RMS por lo que se utilizó la ecuación 3.2, despejando el valor  $V_{in}$  para Obtener el Voltaje VRMS real medido.

$$V_{TRMS} = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_n^2}{N}} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

Figura 3.19. Diagrama de flujo de la medición del voltaje AC

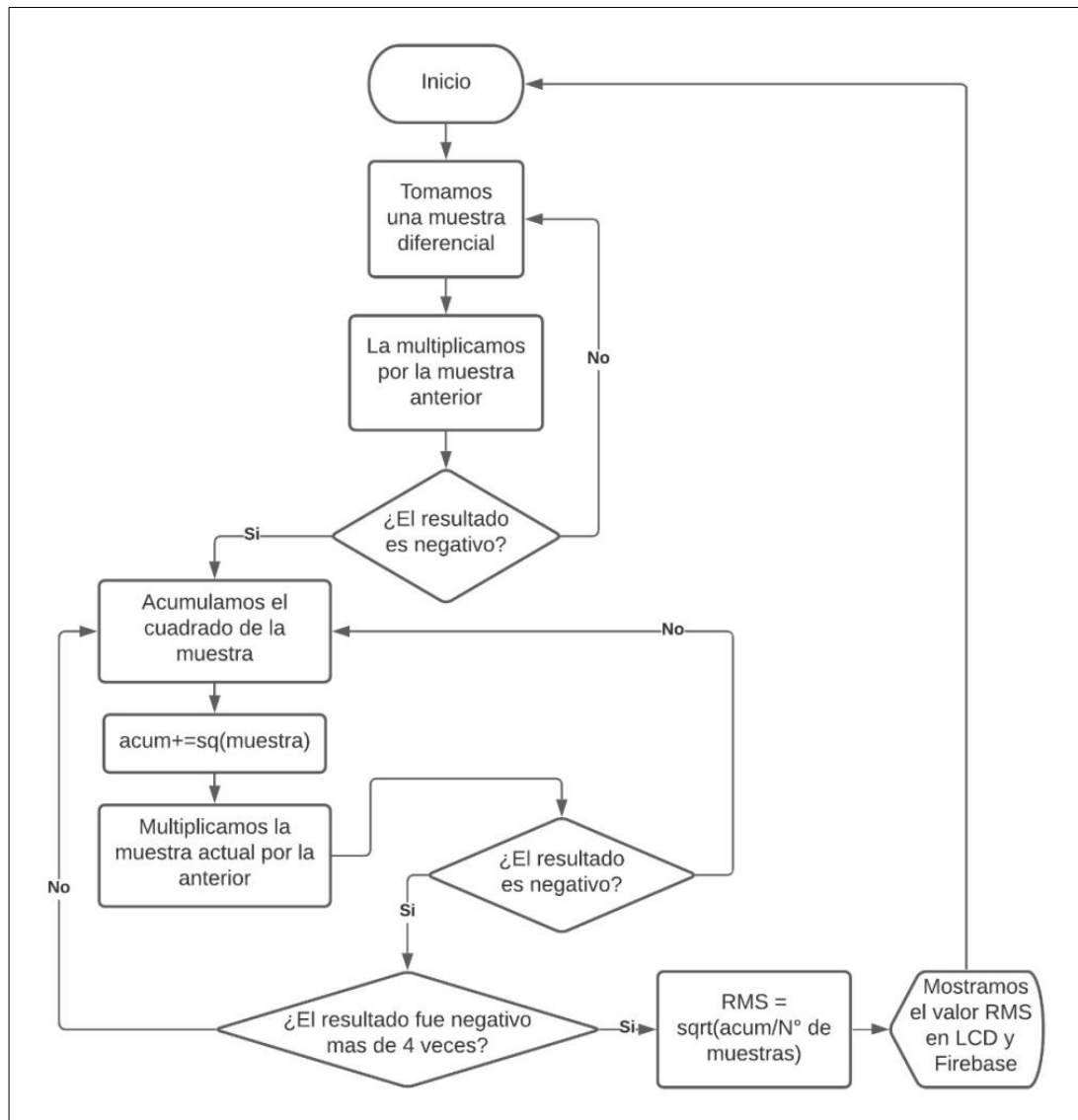
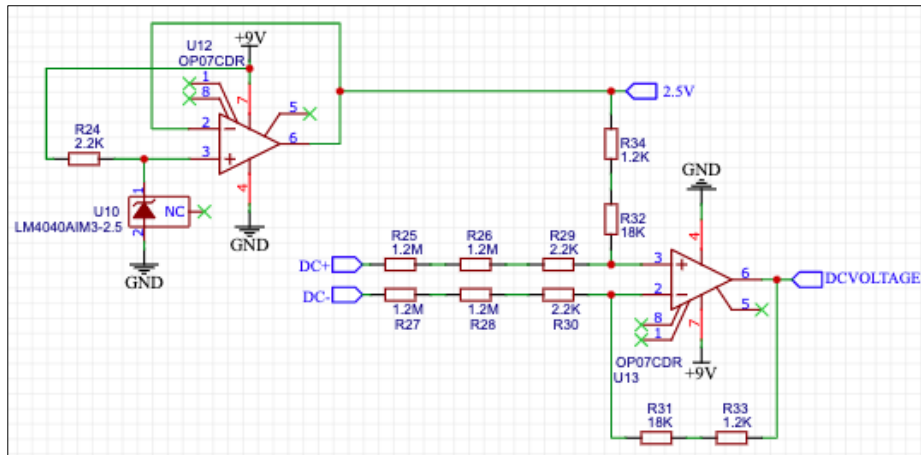


Diagrama para obtener el voltaje AC. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

### 3.11. Medición de Voltaje DC

Para medir el voltaje DC se utilizó el circuito de la Figura 3.20, el cual consta de dos etapas, en cada una se optó por usar el amplificador operacional OP07 debido a que posee un bajo offset y consumo.

Figura 3.20. Circuito de medición de voltaje DC



Circuito para medir voltaje DC mediante el operacional OP07. Elaborado por: Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

En la primera etapa, se utiliza un circuito llamado Shunt como se observa en la Figura 3.21, que tiene como base al LM4040, el cual tiene un voltaje de ruptura con una tolerancia de  $\pm 0.1\%$ , para crear una referencia de voltaje fija de 2,5V necesarios para la siguiente etapa. Para el correcto funcionamiento del Zener, por este debe circular un mínimo de 45 microamperios, para ello se calculó el valor de resistencia R24 mediante la ecuación 3.6 descrito a continuación:

$$R24 = \frac{VS - VR}{IL + IQ} \quad \text{Ec. (3.6)}$$

Donde VS = Voltaje de alimentación [VRMS]

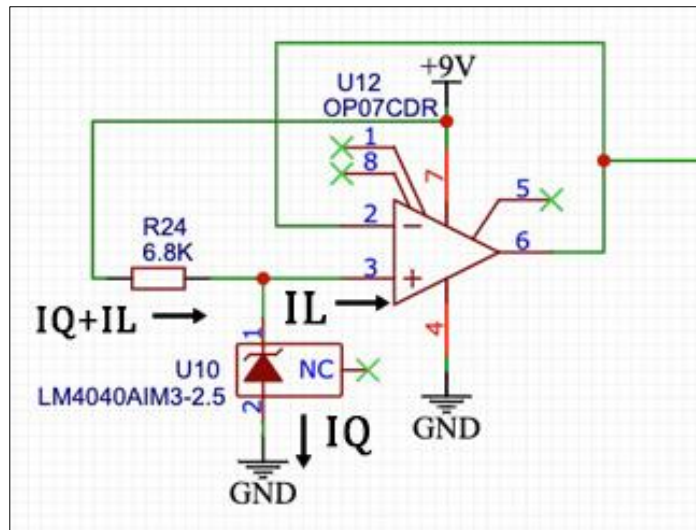
VR = Voltaje de ruptura [VRMS]

IL = Corriente de salida [A]

IQ = Corriente del Zener [A]

$$R24 = \frac{9v - 2,5v}{1mA - 60\mu A} = 6.8K\Omega$$

Figura 3.21. Circuito Shunt con LM4040

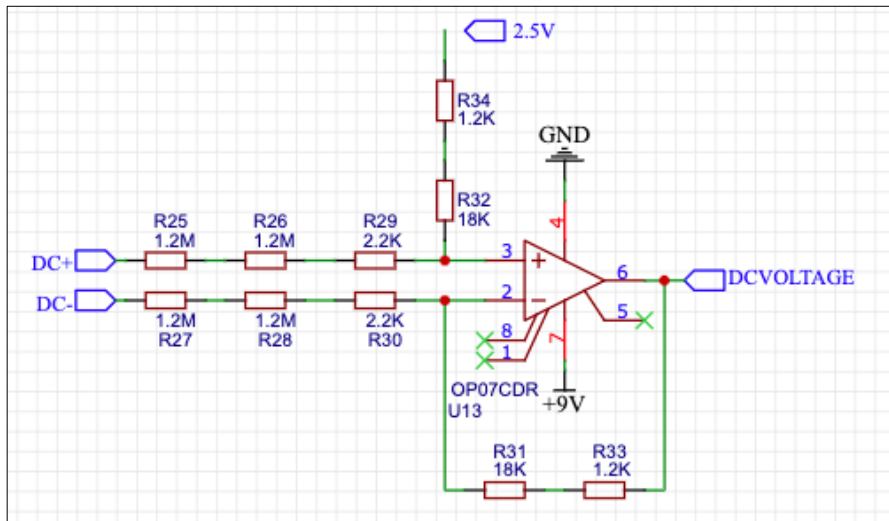


Circuito implementado para el voltaje de referencia de precisión. Elaborado por: Juan Cisneros y Nicolás Cisneros

El valor de resistencia comercial utilizado será de  $6,8k\Omega$  para asegurar que circule por el Zener una corriente superior a 45 microamperios mínimo necesario para su correcto funcionamiento. Este circuito está conectado al operacional OP07 en modo seguidor de voltaje para acoplar impedancias y evitar caídas de tensión manteniendo el voltaje fijo.

Para la segunda etapa se debe tomar en cuenta que el operacional internamente tiene diodos de protección conocidos como clamping diodes por lo cual se limitó la corriente de entrada mediante resistencias de alto valor resistivo, en la escala de mega ohmios, en este caso  $2.40M\Omega$ , lo que proporciona protección para soportar voltajes de operación de hasta 311V, bajando la corriente a la escala de los microamperios consiguiendo una pérdida de energía en mili vatios.

Figura 3.22. Etapa dos de la medición de voltaje DC



Circuito dos implementado para la medición de voltaje DC. Elaborado por: Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Como el voltaje a medir entra por los pines “DC+” y “DC-” de la Figura 3.22 de un máximo de 311V, deben pasar por una serie de resistencias conectados al segundo amplificador operacional con el objetivo de atenuar el voltaje de entrada ya que tiene una ganancia menor a 1. Se calculó el valor de la ganancia mediante la ecuación 3.7 descrito a continuación:

$$ganancia = \frac{R31 + R33}{R25 + R26 + R29} \quad \text{Ec. (3.7)}$$

$$ganancia = \frac{19,2k\Omega}{1,2M\Omega + 1,2M\Omega + 2,2k\Omega}$$

$$ganancia = 0,007992$$

Para conseguir la resistencia de Feedback de 19,2kΩ, se colocaron dos resistencias en serie de 18kΩ y de 1,2kΩ debido a que estos son valores de resistencias comerciales disponibles. Como se observa en el diagrama de flujo de la Figura 3.23 por programación se obtuvo el valor de voltaje medido. Cuando se obtiene el valor máximo permitido de después de atenuarse con la ganancia se obtendrá un valor de 2,4855V el

cual se suma o se resta a los 2,5v de la etapa anterior dependiendo la polaridad con la que se mida, con lo que se consiguió obtener valores de voltajes positivos y negativos, conservando un valor de 2,5v a la salida cuando no exista una circulación de voltaje en la entrada. Para obtener el valor real medido, se tomaron 100 muestras, se obtuvo el promedio y se dividió para el valor de la ganancia.

Figura 3.23. Diagrama de flujo de la medición del voltaje DC

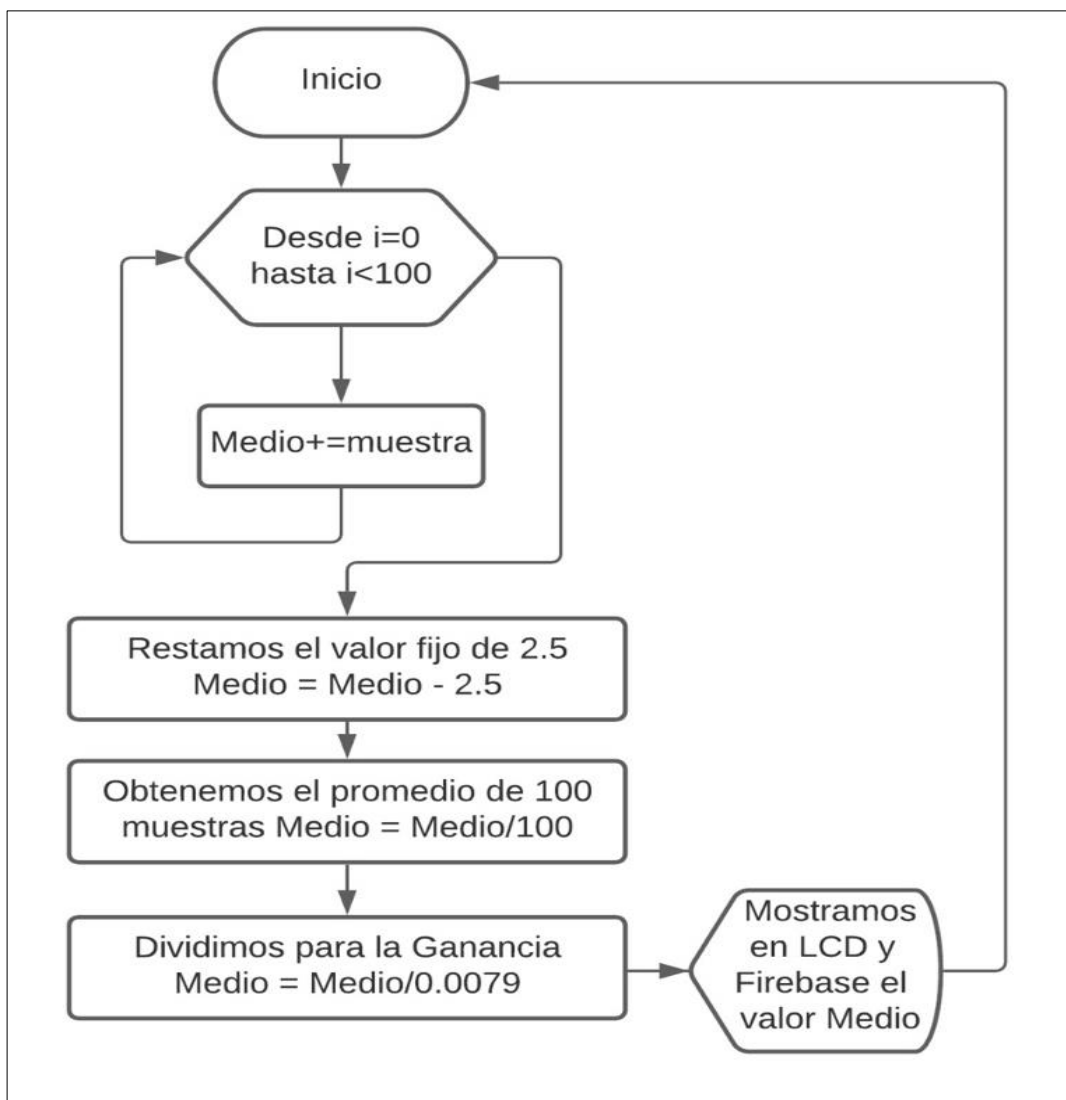


Diagrama utilizado para obtener el voltaje DC por programación. Elaborado por: Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

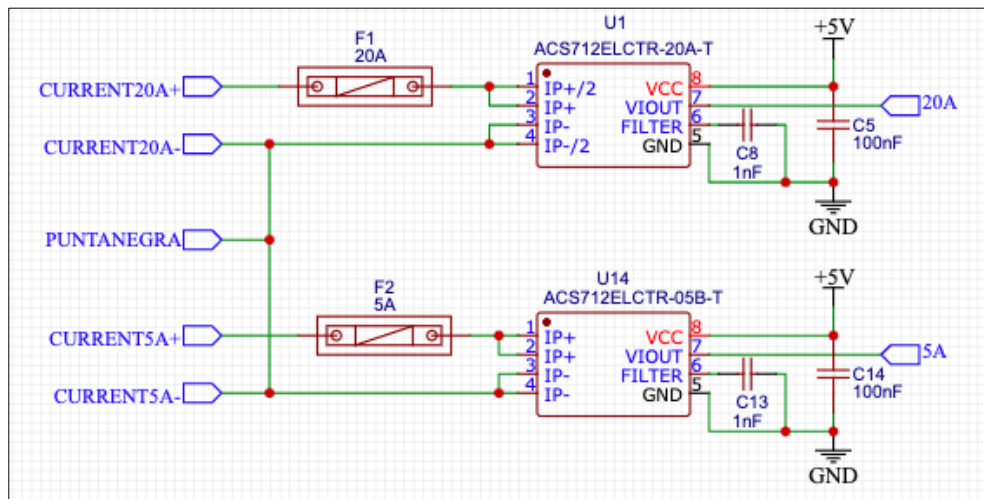


### 3.12. Medición de corriente AC y DC

Se realizó la medición de corriente AC y DC mediante un sensor de efecto Hall que proporciona un aislamiento el cual soporta hasta 2,1KVRMS. Tiene una pista de cobre en la que, al fluir una corriente, genera un campo magnético que es detectado por el circuito integrado ACS712 para ser convertido en una tensión proporcional.

Se utilizaron dos sensores, permitiendo tener dos escalas, de 0 a 5 amperios y de 5 hasta 20 amperios, como se visualiza en la Figura 3.24. El circuito dispone de un fusible para cada etapa, proporcionando una protección adicional. Se accede al modo gracias a la perilla de selección del dispositivo, siendo el pin PUNTANEGRA el punto común, y para la otra punta se debe cambiar entre “CURRENT20A+” para 20 amperios y “CUERRENT5A+” para 5 amperios, los mismos que estarán señalados en la carcasa del dispositivo.

Figura 3.24. Circuito de medición de corriente AC y DC

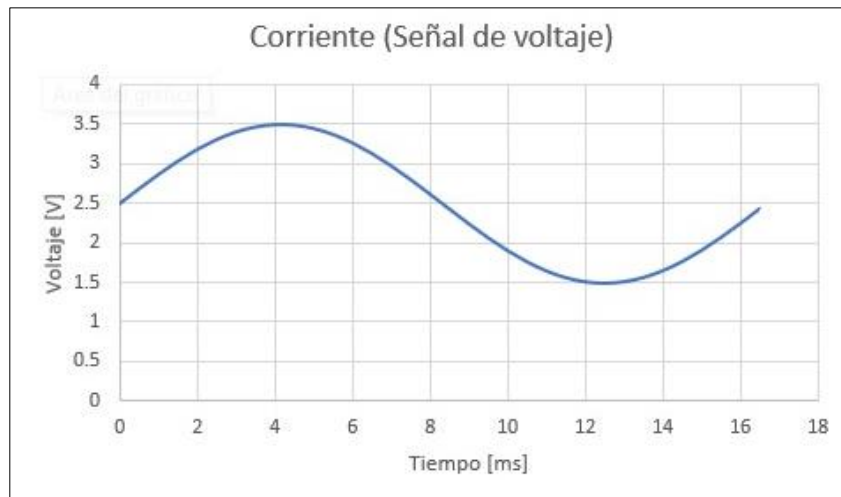


Circuito para medir corriente AC y DC mediante el sensor ACS712. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros

Con el sensor se es capaz de medir la corriente en ambos sentidos gracias a que cuenta con un offset de 2.5v como se observa en Figura 3.25. Por lo que es capaz de medir corriente ya sea AC o DC y corrientes negativas con el mismo circuito. Cuando no haya corriente circulando por el sensor, el voltaje de salida que este entregará es de 2,5

voltios. Cuando pasa por un sentido el voltaje será sumando a los 2,5 pero al pasar al otro sentido el voltaje será restado a la salida. Esto se realiza debido a que al ADC no se le puede ingresar valores negativos.

Figura 3.25. Onda de corriente AC con un offset de 2.5v



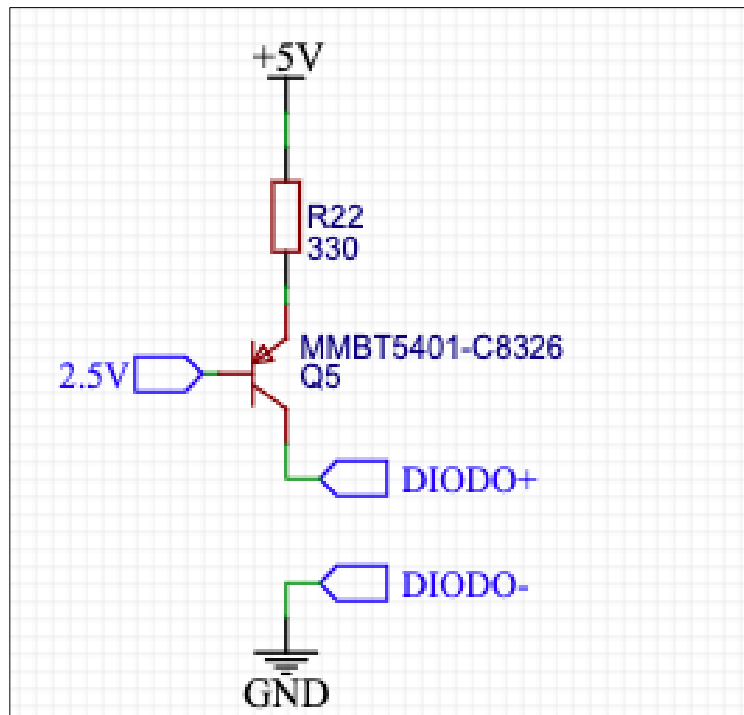
Onda de corriente con un offset de 2.5v obtenido a la salida del sensor de corriente. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros

### 3.13. Medición de continuidad eléctrica y diodos

La continuidad eléctrica es la presencia de una ruta para el flujo de corriente, por ejemplo, un interruptor cerrado sería una ruta para el flujo, por ende, se considera que dicho elemento tiene continuidad. Por lo tanto, medir continuidad no es más que una prueba rápida para verificar si un circuito eléctrico posee una ruta cerrada por la cual el flujo de corriente pueda pasar, solo un circuito cerrado tendría dicha continuidad.

Para medir continuidad y el voltaje en los diodos, se realizó el circuito de la Figura 3.26. Se inyecta 2.5 voltios en la base obtenidos del circuito Shunt de la Figura 3.21 para polarizar al transistor, en este caso se usó el BT5401, de tipo PNP.

Figura 3.26. Circuito para la medición de continuidad y diodos



Circuito para la medición utilizando un transistor. Elaborado por: Juan Cisneros y Nicolás Cisneros

Se colocó una resistencia de  $330\Omega$  para conseguir, utilizando la ecuación 3.8, una corriente en el emisor baja, el cálculo para la obtención de la corriente se describe a continuación:

$$I_e = \frac{V_{cc} - V_e}{R_e} \quad \text{Ec. (3.8)}$$

$$I_e = I_c$$

$$V_e = 0,7v + V_b$$

$$V_e = 0,7v + 2,5$$

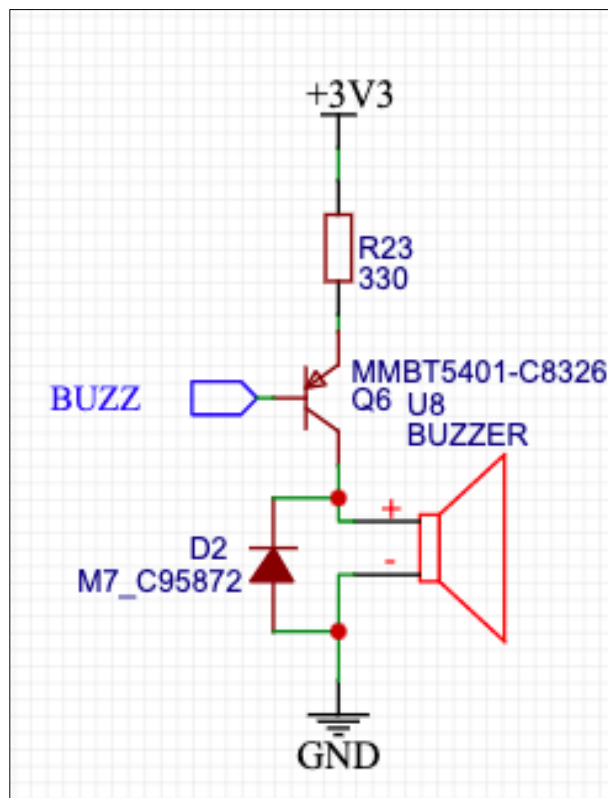
$$V_e = 3,1v$$

$$I_e = \frac{5v - 3,1v}{330\Omega}$$

$$I_e = 5,75mA$$

Una vez se obtiene la corriente del emisor que es la misma del colector por la configuración del transistor, se calcula la caída de tensión generada por cualquier diodo que se requiera medir el cual va conectado a los pines “Diodo+” y “Diodo-” cerrando el circuito, los mismos que van conectados al ADC para medir dicha caída de voltaje y poder ser visualizada en el dispositivo de medición.

Figura 3.27. Circuito del Buzzer



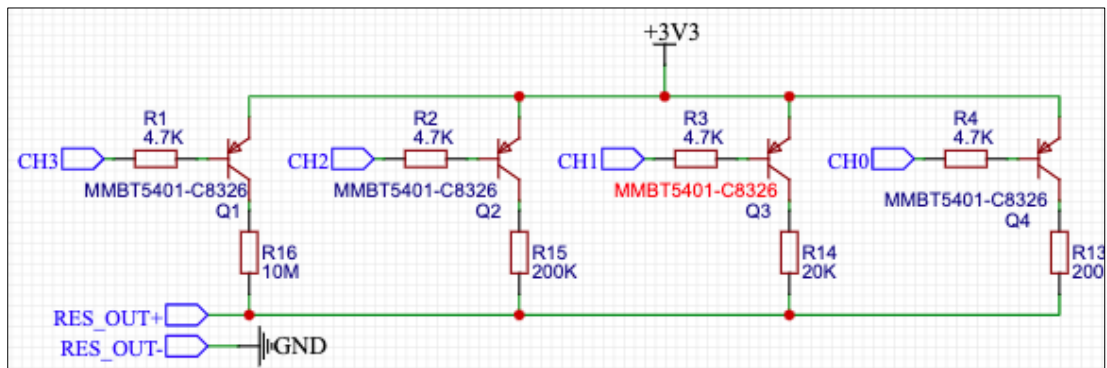
Circuito para el Buzzer con un transistor en corte y saturación. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Para medir continuidad, al ser un conductor, este generará una caída de tensión muy baja, la cual se mide mediante el ADC gracias a su alta resolución, esta activará una señal en alto, la cual será enviada al pin “BUZZ” de la Figura 3.27, que de igual manera tiene un transistor en corte y saturación, activando el Buzzer para generar el sonido, verificando la continuidad eléctrica. Por programación esta señal solo será enviada si la caída de tensión es baja, lo que indica que es un conductor y no un diodo.

### 3.14. Medición de resistencias

Se implementó el circuito de que se visualiza en la Figura 3.28, el cual cuenta con 4 transistores en corte y saturación los cuales serán activados automáticamente por el ESP32 por programación dependiendo en que rango esté la resistencia a medir. Básicamente cada circuito es un divisor de voltaje, cada uno con su valor de resistencia. Para el primer circuito que sería el primer rango, se puede medir de 0 a 200Ω, para el siguiente de 200 a 20kΩ, el tercero de 20k a 200kΩ y el último de 200k a 1MΩ. En total dando un rango general de 0 a 1MΩ.

Figura 3.28. Circuito para la medición de resistencias



Circuito para la medición de resistencia mediante transistores en corte y saturación. Elaborado por: Juan Cisneros y Nicolás Cisneros

Ya que se conoce, el voltaje de salida  $V_{out}$  gracias al ADC, la resistencia  $R1$  que es la de cada divisor, y  $V_{in}$  que es el voltaje de la fuente, solo hace falta conocer  $R2$  que es el valor de la resistencia que se busca medir. Para obtener el valor de resistencia  $R2$  que va a ser mostrado en la pantalla, se obtuvo de la ecuación de la división de voltaje. Se despejó la resistencia  $R2$  de la ecuación 3.9 descrito a continuación:

$$V_{out} = V_{in} \frac{R2}{R1 + R2} \quad \text{Ec. (3.9)}$$

Despejando R2:

$$R2 = \frac{R1\left(\frac{Vout}{Vin}\right)}{\left(\frac{1 - Vout}{Vin}\right)}$$

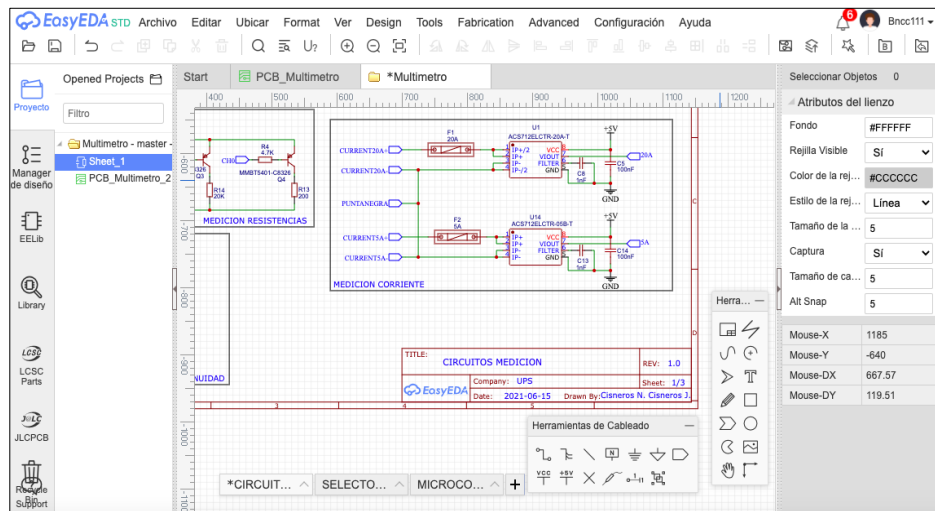
La resistencia que será medida va en los pines “RES\_OUT+” y “RES\_OUT-” los cuales son puntos comunes para los 4 divisores de voltaje. Esta resistencia generará una caída de voltaje la cual será medida por el ADC. Al empezar la medición, cuando el selector se encuentra el pin “CH0”, si la caída de tensión supera la mitad del valor de la fuente, significa que superó el rango, por ende, se activa automáticamente el siguiente canal, en este caso el “CH1”, desactivando el anterior. Se repite el mismo procedimiento hasta llegar al último canal “CH3”, si este rango es superado, significa que la resistencia que se quiere medir está fuera de la capacidad y envía un aviso “oL” para informar al usuario que no puede ser medida.

### **3.15. Estructura del dispositivo de medición**

Todo el diseño de los circuitos electrónicos fue elaborado en EasyEDA como se visualiza en la Figura 3.29. Es una aplicación basada en la Web y en la nube, la cual posee paquetes de herramientas gratuitas que no requiere instalación. Integra un potente diseño de esquemas, simuladores, diseños para circuitos impresos, PCBs, Contiene una gran cantidad de bibliotecas de componentes electrónicos, encapsulados y adicional permite realizar diseños con múltiples capas. Para el desarrollo del proyecto solo se utilizó un navegador Web para poder utilizar todos sus servicios.

Como se observa en la Figura 3.30, el dispositivo de medición es controlado por una perilla circular, como los dispositivos comerciales, que viene siendo el selector, el cual cuenta con 10 posiciones las cuales se describen en Tabla 3.1, en donde se puede ir accediendo a todas las funciones del dispositivo, desde el apartado para apagarlo y las mediciones disponibles.

Figura 3.29. Diseño de los circuitos elaborados en EasyEDA



Interfaz utilizada para el diseño de los circuitos utilizados para el proyecto. Elaborado por: Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Figura 3.30. Dispositivo de medición



Estructura final del dispositivo de medición. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Figura 3.31. PCB del dispositivo de medición



PCB final del dispositivo diseñado en EasyEDA. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Una vez elaborados todos los circuitos que fueron explicados anteriormente, en la misma aplicación se diseñó el PCB final el cual se observa en la Figura 3.31. Fue diseñado de tal manera que ocupara el menor espacio posible para su portabilidad y que cumpla de forma correcta todas sus funciones.

Tabla 3.1 Tabla de posiciones del selector del dispositivo

Posición	Función
1	OFF
2	V AC
3	V DC
4	Continuidad y Diodos
5	Resistencia
6	5A AC
7	5A DC
8	20A AC
9	20A DC
10	Menú de configuración

Tabla de las 10 posiciones que se pueden acceder desde el selector. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

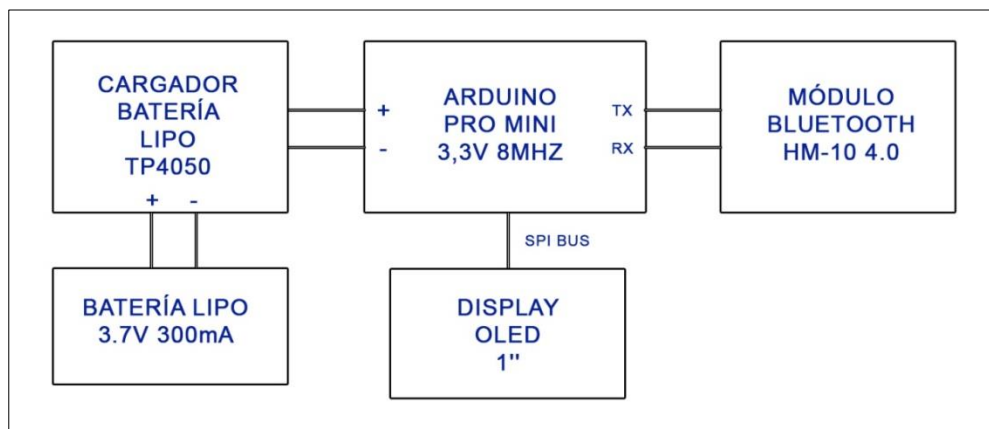


### 3.16. Accesorio para Gafas Bluetooth

#### 3.16.1. Componentes electrónicos

El accesorio para gafas cumple el objetivo de reducir accidentes laborales, reduciendo las distracciones, ya que permite al usuario la visualización de los valores del dispositivo de medición junto a lo que ve el usuario en tiempo real. Gracias a un acople en su estructura, se pueden colocar en cualquier tipo de gafas. El diagrama de conexión se observa en la Figura 3.32. En su interior posee una batería de lijo de 3.7v 300mA encargada de alimentar a todo el sistema y cuenta con un circuito para permitir la recarga con un puerto Micro USB, un Arduino Pro Mini de 3.3v y un módulo bluetooth 4.0 HM-10 que envía, recibe y procesa toda la información, una pantalla oled de 1 pulgada en donde se visualiza los valores de las variables medidas y la cantidad de batería restante.

Figura 3.32. Diagrama de Bloques del Accesorio para Gafas.



Todos los componentes los cuales forman el Accesorio para Gafas. Elaborado por Juan Carlos Cisneros y Bryan Nicolás Cisneros.

Los datos tomados de las lecturas son enviados desde el ESP32 vía bluetooth hacia el sistema para poder ser observadas por el usuario en tiempo real. La pantalla Oled se encuentra apagada y el Arduino junto al módulo bluetooth se encuentran en modo de bajo consumo hasta que reciba una petición de conexión. El Arduino consume 18mA en operación normal, pero en bajo consumo llega a consumir 3 veces menos, hasta 6mA, lo que para una batería permanentemente conectada implica un gran ahorro de

energía. El módulo bluetooth al detectar esta petición activa una bandera, es decir, colocando un bit en alto el cual es recibido por el Arduino activando todo el sistema. Al no recibir más información, este mismo bit se pone en bajo automáticamente provocando que todo el sistema nuevamente se coloque en modo de bajo consumo.

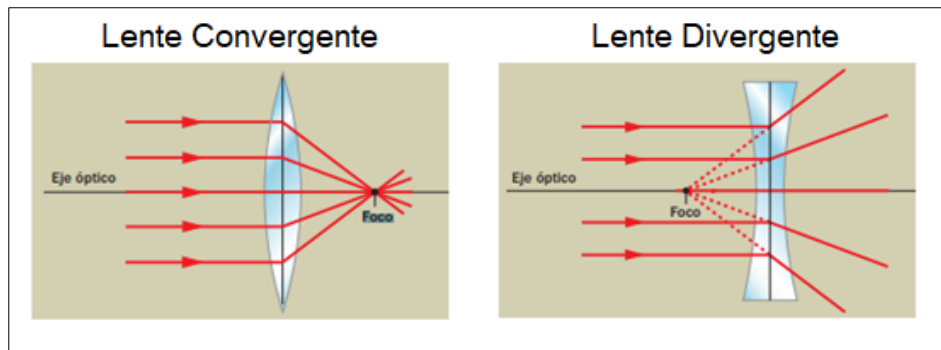
Se utilizó una batería de lipo de una celda para el dispositivo, por lo tanto, se usó el cargador TP4050, el cual cuenta con un chip DW01 de protección, el mismo que desconecta automáticamente la batería del circuito al detectar un sobre voltaje o una caída de voltaje, ya que estas no deben estar por debajo de 3V, les causarían una pérdida de rendimiento y posiblemente un daño irreparable. De igual manera cargarla a más de 4.2 V es peligroso, puede provocar accidentes, incluso incendios. Proporciona carga a 1 amperio solo a baterías de una celda.

### **3.16.2. Óptica implementada**

Para que la imagen mostrada por la pantalla Oled pueda ser percibida por el ojo humano, puesto que solo se enfoca un objeto a una distancia que oscila entre los 22 y 24 cm, se realizó un sistema óptico para la formación de imágenes que sean capaces de ser observadas a distancias cortas. Sin este sistema se debería colocar la pantalla por lo menos a 25cm de distancia lo que provocaría que el dispositivo no fuese viable.

La imagen de la pantalla oled, se refleja por un espejo colocado en un ángulo de 45 grados en la estructura, la cual pasa por un lente para formar la imagen virtual, ser enfocado y observado, el lente debe ser convergente, porque los rayos de luz, al llegar paralelos al eje óptico convergen en un solo punto, al que se lo conoce como foco, el valor se lo representa con signo positivo porque la imagen virtual se forma fuera del lente. Para una divergente pasa exactamente lo opuesto, en este caso los rayos de luz igualmente llegan paralelos al eje óptico, pero divergen cuando salen del lente, se lo representa con signo negativo ya que el foco se encuentra atrás del lente (Vílchez González, Morales Cas, Villalobos Galdeano, Garrido Martínez, & Rodríguez, 2016). Esto se observa en la Figura 3.33.

Figura 3.33. Lente convergente vs lente divergente.



Reacción de la luz frente a los dos tipos de lentes. Fuente: (Vílchez Gonzáles et al, 2016)

La lente utilizada tiene que ser plana por el espacio disponible en la estructura y adicional se debe tomar en cuenta que, si la lente fuese gruesa o si tuviese superficies esféricas, la distancia focal variaría afectando al sistema, a este cambio se le conoce como aberración esférica. La representación de la imagen obtenida al pasar a través del lente utilizado se visualiza en la Figura 3.34, que se rige a la ecuación 3.10.

Figura 3.34. Representación gráfica de la imagen al pasar por el lente

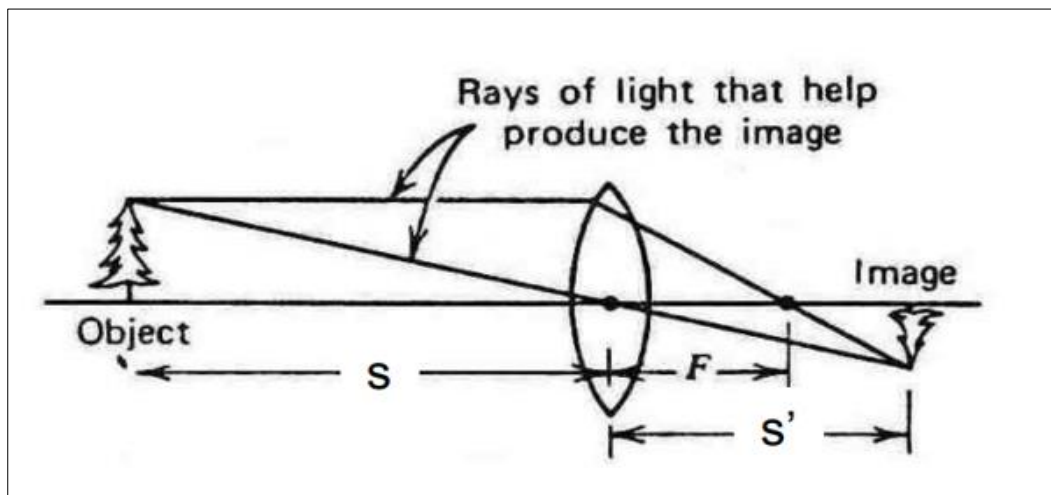


Imagen obtenida al pasar por un lente de tipo cóncavo. Fuente: (Gómez González, 2011)

$$Ec. de la lente = \frac{1}{S'} + \frac{1}{S} = \frac{1}{F} \quad Ec. (3.10)$$

Donde  $S' =$  Distancia de la imagen virtual

$S =$  Distancia de la Oled al lente

$F =$  Distancia del Foco de la lente

De donde se necesita el valor de la Distancia de la imagen virtual generada por el lente, el cálculo se realizó despejando de la ecuación 3.10 descrito a continuación:

$$S' = \frac{1}{1/F - 1/S}$$

$$S' = \frac{1}{1/10cm - 1/7cm}$$

$$S' = -23,33cm$$

Y para calcular el aumento lineal generado por la lente se utilizó la ecuación 3.11 descrito a continuación:

$$Ec. del aumento Lineal = \frac{-S'}{S} \quad Ec. (3.11)$$

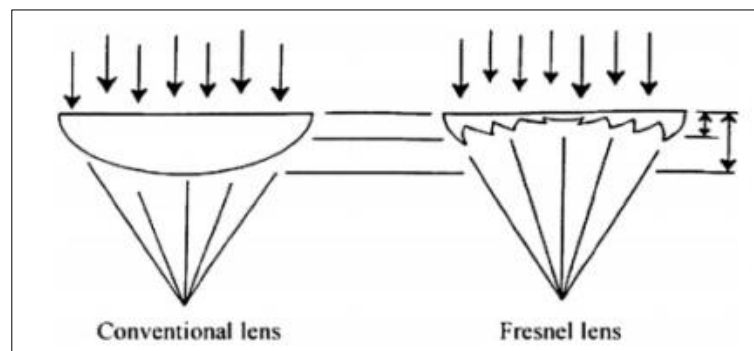
$$Ec. del aumento Lineal = \frac{23,33cm}{7cm}$$

$$Ec. del aumento Lineal = 3,33$$

La lente utilizada debe tener un punto focal de 100mm, ya que la pantalla Oled se encuentra a una distancia de 70mm, lo que genera la imagen virtual de -23.3cm suficientes para que el ojo humano sea capaz de enfocar y visualizar. Tendrá un aumento lineal de 3,33 por lo que la imagen final será amplificada un poco más de 3 veces aproximadamente.

Se optó por colocar una lente plana de Fresnel ya que tiene un punto focal de 100mm, es de tipo convergente, cuyo diseño permite gran potencia con mucho menos peso y volumen a diferencia de otros lentes, permitiendo la portabilidad del accesorio. Esto se consigue, manteniendo los radios de curvatura de los lentes, separados con anillos concéntricos diferentes entre sí, teniendo un aspecto escalonado (MOYA BAEZA, 2020). Las diferencias mencionadas entre un lente normal y uno de tipo Fresnel se visualiza en la Figura 3.35. El espejo en el sistema óptico nos entrega una imagen invertida, por ese motivo se utilizó una lente de tipo convergente ya que invierte la imagen, obteniendo así la imagen de manera correcta para ser comprendida por el ser humano.

Figura 3.35. Comparación de la lente de Fresnel con una lente Convencional



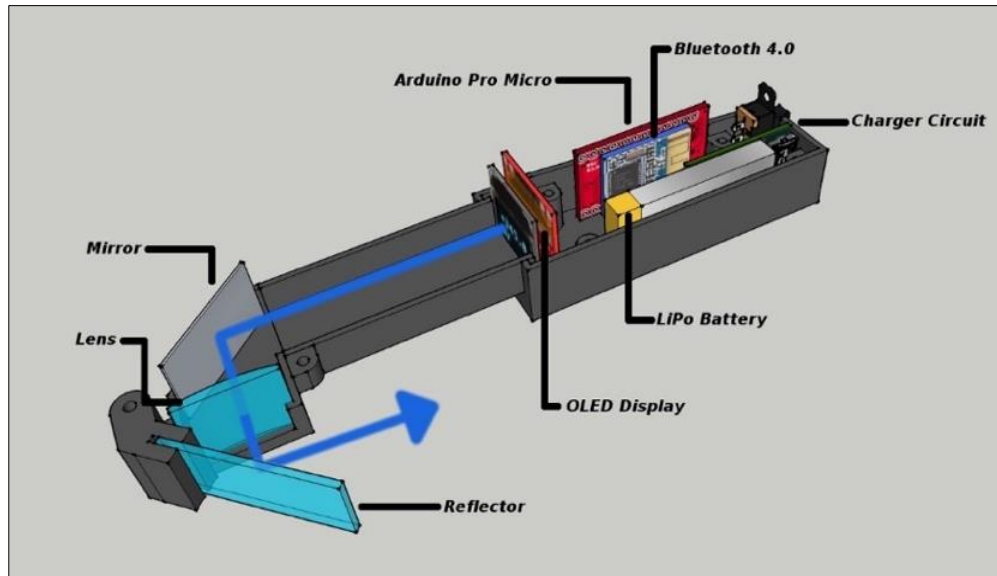
Comparación del punto focal generado entre una lente convencional y una de Fresnel. Fuente (MOYA BAEZA, 2020)

### 3.16.3. Estructura del accesorio

Se utilizó el diseño de la Figura 3.36, el cual está basado en un proyecto de gafas para Arduino implementado para conectarse y enviar datos a través de bluetooth hacia un celular (Vishal Thorat, Pranasha Naik, Mr. Pranav Shetty, Mr. Manish Singh, & Kishor G Sawarkar, 2020). En la Figura 3.37, se visualiza la estructura real del dispositivo en la cual se implementó el sistema óptico y la electrónica anteriormente explicada. La imagen de la pantalla de la Oled viaja en dirección hacia el espejo, pasa por el lente de Fresnel siendo amplificada, generando la imagen virtual para ser visualizada en acrílico que viene a ser el elemento reflector, puesto que esta por sí sola no puede ser vista por el ser humano. Los elementos electrónicos son almacenados en la parte

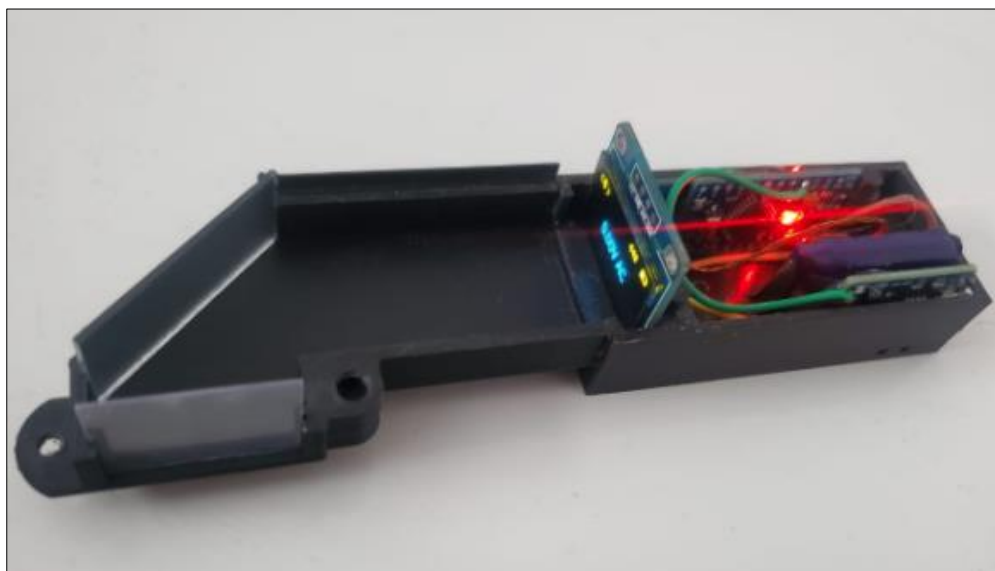
posterior, los cuales se encuentran acomodados de tal manera de ocupar el menor espacio posible para aumentar la portabilidad del accesorio.

Figura 3.36. Diseño del Accesorio para Gafas.



Diseño utilizado para el accesorio de las gafas. Fuente: (Vishal Thorat et al, 2020)

Figura 3.37. Estructura real del Accesorio para Gafas.



Estructura armada final del Accesorio para Gafas. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

## CAPÍTULO 4

### PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se procederá a detallar los resultados obtenidos del dispositivo de medición, para ello se realizarán distintas pruebas de conexión para comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación Web, inicio de sesiones, almacenamiento de la información, comparaciones con dispositivos disponibles en el mercado de las medidas de variables eléctricas realizadas y los costos de fabricación, para validar su funcionamiento y su viabilidad.

#### 4.1. Prueba de conexión a una red Wifi

Se realizó la prueba, mediante la Figura 4.1, donde se observa la conexión exitosa a la red Wifi del dispositivo de medición mediante el uso la consola del Visual Studio Code. La red debe estar al alcance del dispositivo y guardada en su memoria, esta comprobación se realiza cada vez que se encienda o que se agregue una nueva red en su memoria colocando la contraseña reemplazando a la antigua. Cuando el dispositivo intenta conectarse a la red, el router le proporciona una IP por DHCP al ESP32 la cual en este caso es “192.168.100.67”, con la cual ya puede acceder al internet.

Figura 4.1. Conexión exitosa a la red guardada mostrada en la consola

```
17 - Conectado al servidor
18 - Se encontro el service UUID
19 - Se encontro characteristic UUID
20 Conectado al BLE Server.
21 Intentando conectar a la red almacenada: NETLIFE - Cisneros 1
22 WiFi conectado
23 WiFi conectado a NETLIFE - Cisneros 1 IP: 192.168.100.67
```

Conexión a la red exitosa guardada en la memoria no volátil del ESP32. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros

La forma que el usuario tiene para verificar la correcta conexión a una red es cuando se intenta conectar a una red Wifi, después de colocar la clave aparecerá un mensaje en la pantalla de conexión exitosa como se observa en la Figura 4.2. También se puede verificar mediante la interfaz del dispositivo, en donde se muestra el nombre de la red y la dirección IP que el router genera para la conexión, en la parte inferior, como se visualiza en la Figura 4.3. En caso de no estar conectado a ninguna red, se mostrará el mensaje “Wifi no conectado!” como se observa en la Figura 4.4.

Figura 4.2. Mensaje de conexión exitosa al conectar una red Wifi



Mensaje con la información de la red Wifi que se estableció conexión. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros

Figura 4.3. Conexión exitosa mostrada en la interfaz del dispositivo

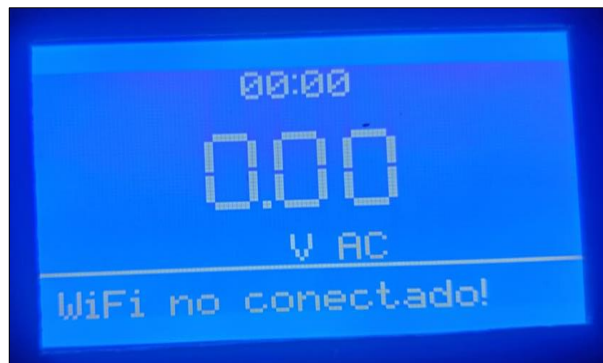


Conexión exitosa del dispositivo de medición mostrando la información de la red conectada. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.



Adicional, se probó que el dispositivo tenga acceso a la red Wifi, accediendo a la página de configuración del router al cual está conectado, como se visualiza en la Figura 4.5, donde se muestra toda la información de los dispositivos conectados con sus direcciones IP y MAC. En este caso, al final de esta lista se muestra el dispositivo conectado con el nombre por defecto “esp32-arduino” con su respectiva IP que coincide con la que se visualiza en el dispositivo y su dirección MAC.

Figura 4.4. Dispositivo no conectado a una red Wifi



Mensaje de no conexión a una red wifi en la interfaz del dispositivo. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Figura 4.5. Direcciones obtenidas de la página de configuración del router

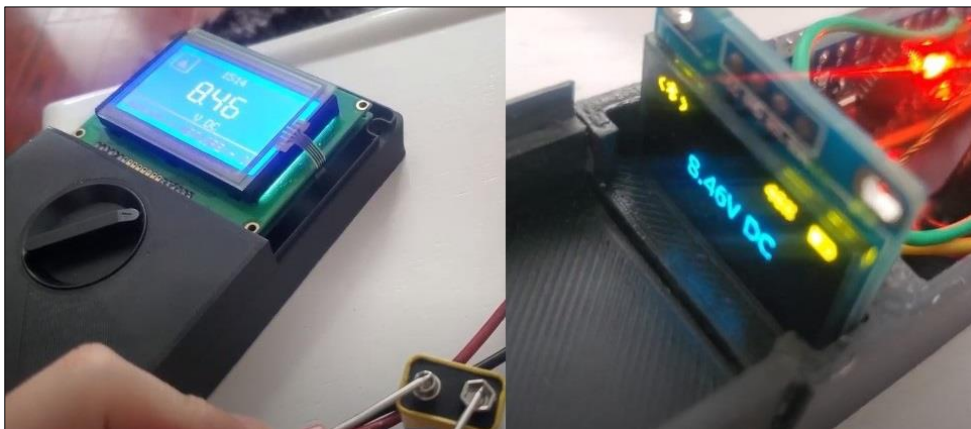
Total IP Addresses:	253			
Ethernet IP Addresses:	6			
Wi-Fi IP Addresses:	8			
Remaining IP Addresses:	239			
Host Name	IP Address	MAC Address	Remaining Lease Time	Device Type
Archer C50	192.168.		10839(s)	MSFT 5.0
iPad	192.168.		12298(s)	
QCA4002	192.168.		10195(s)	
	192.168.		12989(s)	
RedmiNote7-Redmi.....	192.168.		9563(s)	android-dhcp-10
Samsung	192.168.		10548(s)	
	192.168.		10168(s)	android-dhcp-10
RedmiNote7-Redmi	192.168.		11978(s)	android-dhcp-9
MBP-de-Nicolas	192.168.		13845(s)	
DESKTOP-EBRR501	192.168.		10360(s)	MSFT 5.0
Samsung	192.168.		10390(s)	
SERVICONTAB	192.168.		7357(s)	MSFT 5.0
S10e-de-Juan	192.168.		8880(s)	android-dhcp-11
esp32-arduino	192.168.100.67	9c:9c:1f:ff:48:28	14319(s)	

Direcciones DHCP que proporciona el router a los elementos conectados. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

#### 4.2. Prueba de conexión bluetooth del dispositivo con el accesorio

Se comprueba que el dispositivo de medición se ha conectado exitosamente con el accesorio para gafas, ya que la pantalla se enciende automáticamente y muestra el mismo valor que el dispositivo como se observa en la Figura 4.6. Cuando no está encendido el dispositivo de medición o cuando no hay comunicación bluetooth, la pantalla del accesorio se apaga y entra en modo de bajo consumo.

Figura 4.6. Prueba de conexión bluetooth con el accesorio para gafas

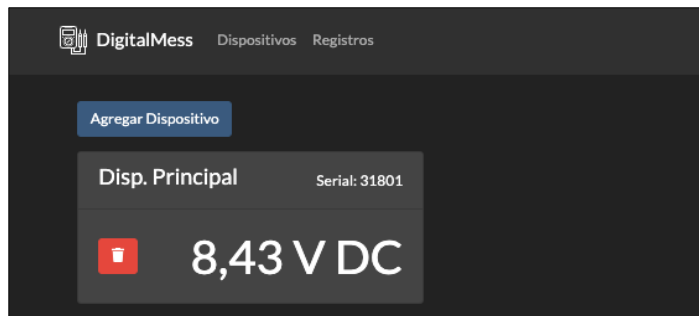


Medición real para la prueba de comunicación con el accesorio para gafas. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

#### 4.3. Prueba de conexión con la aplicación Web

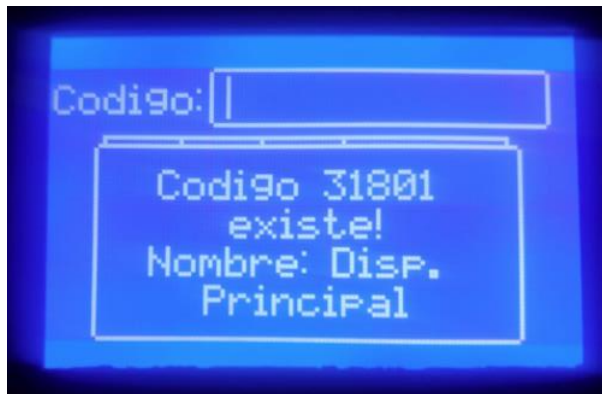
Una vez comprobado que el dispositivo tenga acceso a una red Wifi con internet, se realizó la prueba de conexión con la aplicación Web. Para ello se generó dicha conexión mediante el código serial. En la aplicación Web se creó el dispositivo, el cual contiene el nombre y un código, como se observa en la Figura 4.7, en este caso “Disp. Principal” con el Serial: “31801” el cual se ingresó en el dispositivo de medición como se observa en la Figura 4.8, generando una ventana emergente confirmando que el código ingresado existe en la base de datos y proporcionando el nombre, de esta manera el usuario se asegura que la conexión fue exitosa.

Figura 4.7. Dispositivo creado en la aplicación Web.



Dispositivo de medición agregado en la aplicación Web. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

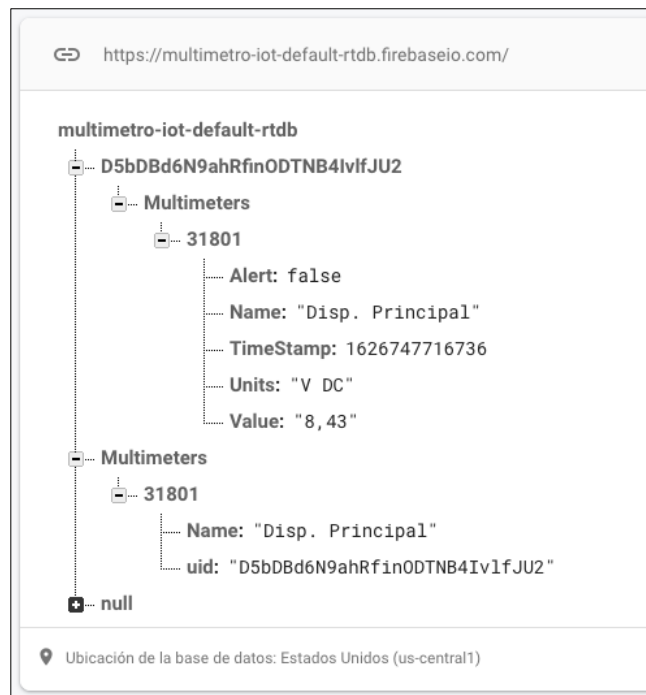
Figura 4.8. Validación del código de la aplicación Web



Mensaje de confirmación de comunicación con la aplicación Web. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Una vez verificada la conexión, se comprobó que existe comunicación mediante la base de datos de Firebase, como se muestra en la Figura 4.9, en la cual se visualiza los cambios de los datos en tiempo real en las variables “Units” y “Value” dentro del código asignado “31801” y a su vez también se observa estos cambios en la aplicación Web como se observa en la Figura 4.7, el valor de 8,43 V DC que cambia en el dispositivo, y se actualiza tanto en la aplicación Web como en la base de datos.

Figura 4.9. Base de datos de Firebase de los dispositivos de medición creados



Toda la información de los dispositivos de medición creados en la base de datos. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

#### 4.4. Prueba de la obtención de la ubicación

Se realizó la prueba de la obtención de ubicación del dispositivo mediante la respuesta del ESP32 por consola del Visual Studio Code. Al momento que el dispositivo de realizar el POST a los servidores de Google el cual se observa en la Figura 3.13, se recibe una respuesta 200, como se observa en la Figura 4.10 y obtiene el valor de la latitud y longitud, y al momento de realizar el GET como se observa en la Figura 3.15, se recibe otra respuesta 200, obteniendo la dirección, comprobando que ubicación fue obtenida de forma correcta.

Figura 4.10. Obtención exitosa de la ubicación del ESP32 por consola

```
Obteniendo Ubicacion
[Ubicacion] POST... code: 200
Lat:-0.132820 Long:-78.461586
[Direccion] GET... code: 200
Ubicacion: De Los Cholanes Y E16, Quito 170133, Ecuador
```

Respuesta obtenida por consola de la petición POST. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Posteriormente esta información es enviada a la aplicación Web para que pueda ser mostrada y almacenada al momento de tomar la medición. Si existiera un error en la obtención de la ubicación, en la aplicación Web se guardaría la ubicación establecida por defecto, que en este caso es la ubicación de la Universidad Politécnica Salesiana, de latitud -0.282929 y longitud -78.550426, indicando un error si es que no se encuentra en esta locación.

#### 4.5. Prueba del toma y almacenamiento de mediciones en la aplicación Web

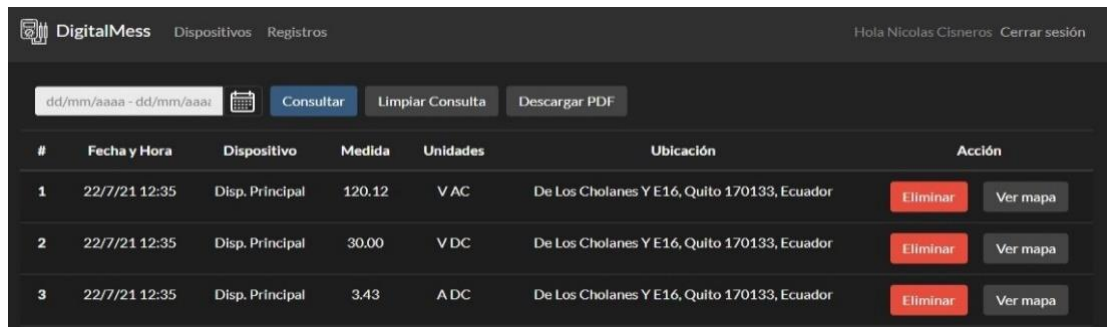
Mientras el dispositivo tenga acceso a una red Wifi, el botón para enviar muestras a la aplicación Web estará disponible. Mediante el menú de configuración, el cual se observa en la Figura 3.10, se probaron todas las opciones disponibles de envíos de datos a la aplicación web que va desde 1 muestra hasta 10 muestras en cada pulsación con una temporización que va de 1 a 5 segundos, los resultados obtenidos se visualizan en la Tabla 4.1. En cada modo se realizó la prueba de almacenamiento de mediciones tres veces, con diferentes unidades medidas, variando entre corriente y voltaje. En la Figura 4.11, se muestra una de las pruebas, la cual fue una medición con una temporización de 5 segundos, realizada 3 veces, las dos primeras con un valor de voltaje AC, DC y la tercera con una de corriente.

Tabla 4.1. Tabla de resultado de la prueba de toma de mediciones

Temporizador Muestras	1 seg.	2 seg.	3 seg.	4 seg.	5 seg.
1	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓	✓
6	✓	✓	✓	✓	✓
7	✓	✓	✓	✓	✓
8	✓	✓	✓	✓	✓
9	✓	✓	✓	✓	✓
10	✓	✓	✓	✓	✓

Resultados obtenidos de las pruebas de toma de mediciones del dispositivo. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Figura 4.11. Prueba de toma de medidas almacenadas en la aplicación Web



The screenshot shows the DigitalMess web application interface. At the top, there is a navigation bar with the logo 'DigitalMess', the menu items 'Dispositivos' and 'Registros', and the user information 'Hola Nicolas Cisneros' and 'Cerrar sesión'. Below the navigation bar, there is a search bar with the placeholder 'dd/mm/aaaa - dd/mm/aaaa' and a calendar icon. To the right of the search bar are three buttons: 'Consultar', 'Limpiar Consulta', and 'Descargar PDF'. The main content area displays a table with the following columns: '#', 'Fecha y Hora', 'Dispositivo', 'Medida', 'Unidades', 'Ubicación', and 'Acción'. The table contains three rows of data, each with a red 'Eliminar' button and a grey 'Ver mapa' button.

#	Fecha y Hora	Dispositivo	Medida	Unidades	Ubicación	Acción
1	22/7/21 12:35	Disp. Principal	120.12	V AC	De Los Cholanes Y E16, Quito 170133, Ecuador	Eliminar Ver mapa
2	22/7/21 12:35	Disp. Principal	30.00	V DC	De Los Cholanes Y E16, Quito 170133, Ecuador	Eliminar Ver mapa
3	22/7/21 12:35	Disp. Principal	3.43	A DC	De Los Cholanes Y E16, Quito 170133, Ecuador	Eliminar Ver mapa

Muestras obtenidas por dos dispositivos de medición en la aplicación Web. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

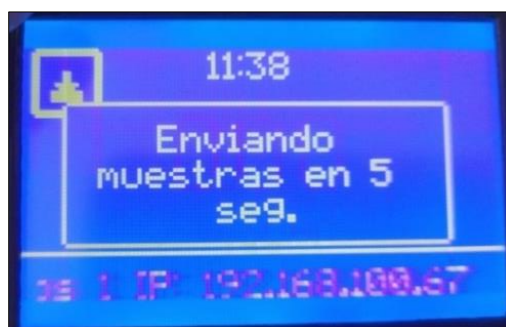
El usuario mediante el dispositivo de medición puede comprobar el envío exitoso de datos, como se observa en la Figura 4.12, mediante un mensaje que se muestra después que transcurre el temporizado establecido el cual se va actualizando mediante el tiempo va descendiendo, que se visualiza en la Figura 4.13, en la pantalla, después de pulsar el botón de envío de muestras.

Figura 4.12. Mensaje de éxito de envío de datos



Mensaje de éxito al enviar los datos a la aplicación Web. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Figura 4.13. Mensaje del temporizador configurado.




Mensaje de alerta del temporizador configurado desde el menú. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

#### 4.6. Prueba de reporte y alarma

Para comprobar el correcto funcionamiento de las alarmas, se configuraron dos alarmas, una en 120V y otra en 1A, para posteriormente efectuar varias mediciones, algunas que activan y que no las alarmas, para generar el reporte, el cual se observa en la Figura 4.14.

Figura 4.14. Reporte final de las mediciones registradas



**DigitalMess**  
Reporte

Fecha de generación: 28/7/2021  
Usuario: Nicolas Cisneros

#	Fecha y Hora	Dispositivo	Medida	Unidad	Ubicación
1	22/7/2021 12:35:12	Disp. Principal	121.31	V AC	De Los Cholanes Y E16, Quito 170133, Ecuador
2	22/7/2021 12:35:13	Disp. Principal	123.45	V AC	De Los Cholanes Y E16, Quito 170133, Ecuador
3	22/7/2021 12:35:14	Disp. Principal	116.95	V AC	De Los Cholanes Y E16, Quito 170133, Ecuador
4	22/7/2021 12:35:15	Disp. Principal	116.95	V AC	De Los Cholanes Y E16, Quito 170133, Ecuador
5	22/7/2021 12:35:16	Disp. Principal	1.45	A AC	De Los Cholanes Y E16, Quito 170133, Ecuador
6	22/7/2021 12:37:19	Disp. Principal	0.88	A AC	De Los Cholanes Y E16, Quito 170133, Ecuador
7	22/7/2021 12:37:20	Disp. Principal	0.15	A DC	De Los Cholanes Y E16, Quito 170133, Ecuador
8	22/7/2021 12:37:21	Disp. Principal	0.50	A DC	De Los Cholanes Y E16, Quito 170133, Ecuador
9	22/7/2021 12:37:22	Disp. Principal	210.11	Ohm	De Los Cholanes Y E16, Quito 170133, Ecuador
10	22/7/2021 12:37:24	Disp. Principal	501.23	Ohm	De Los Cholanes Y E16, Quito 170133, Ecuador

Reporte en formato PDF de las mediciones registradas por los dispositivos en la aplicación Web. Elaborado por: Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

#### 4.7. Prueba de mediciones de variables eléctricas

La comparativa de las mediciones de las variables eléctricas realizó con el dispositivo de medición industrial Truper Mut-39 y con un dispositivo de bajo costo genérico, los cuales se observan en la Figura 4.15. Para las mediciones DC se utilizó una fuente de laboratorio de la marca Yaxun PS-305D la cual proporciona valores de voltaje variable de 0 a 30v y de 0 a 5A, la cual se observa en la Figura 4.16

Figura 4.15. Dispositivos de medición usados para la comparación



Dispositivo de medición Truper Mut-39 utilizado para la comparativa. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.



Figura 4.16. Fuente de voltaje DC Yaxun PS-305D



Fuente de voltaje DC utilizada para las pruebas. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

#### 4.7.1. Voltaje DC

Para las pruebas de voltaje DC, se utilizó la fuente de laboratorio, con la cual se varió el voltaje desde, un voltio hasta 30 voltios con saltos de un voltio, pero solo se tabuló con saltos de dos voltios, para evitar el exceso de datos. Las mediciones positivas obtenidas se observan en la Tabla 4.2 y las negativas en la Tabla 4.3. Se tiene un error promedio en las medidas positivas, versus la Fuente del 2,58%, versus el dispositivo Truper del 6,39% y versus el dispositivo genérico del 6,55%. Se tiene para el error promedio en las medidas negativas, versus la Fuente del 1,63%, versus el dispositivo Truper del 3,86% y versus el dispositivo genérico del 4,09%.

Tabla 4.2. Tabla de mediciones de voltaje DC positivas

Fuente	Truper	Genérico	Dispositivo	% Error vs Fuente	% Error vs Truper	% Error vs genérico
2	2.24	2.28	1.94	3.00	13.39	14.91
4	4.28	4.35	3.97	0.75	7.24	8.74
6	6.29	6.39	5.9	1.67	6.20	7.67
8	8.35	8.41	7.8	2.50	6.59	7.25
10	10.36	10.35	9.76	2.40	5.79	5.70
12	12.36	12.47	11.7	2.50	5.34	6.17
14	14.42	14.47	13.6	2.86	5.69	6.01
16	16.46	16.5	15.57	2.69	5.41	5.64
18	18.41	18.5	17.5	2.78	4.94	5.41
20	20.4	20.4	19.36	3.20	5.10	5.10
22	22.4	22.3	21.4	2.73	4.46	4.04
24	24.4	24.4	23.33	2.79	4.39	4.39
26	26.5	26.4	25.26	2.85	4.68	4.32
28	28.5	28.4	27.16	3.00	4.70	4.37
30	30.5	30.4	29.13	2.90	4.49	4.18

Mediciones de voltaje DC positivo con su respectivo error. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Tabla 4.3. Tabla de mediciones de voltaje DC negativas

Fuente	Truper	Genérico	Dispositivo	% Error vs Fuente	% Error vs Truper	% Error vs genérico
-30	-30.5	-30.5	-29.42	1.93	3.54	3.54
-28	-28.4	-28.4	-27.4	2.14	3.52	3.52
-26	-26.4	-26.4	-25.57	1.65	3.14	3.14
-24	-24.4	-24.4	-23.6	1.67	3.28	3.28
-22	-22.4	-22.3	-21.7	1.36	3.13	2.69
-20	-20.3	-20.4	-19.7	1.50	2.96	3.43
-18	-18.46	-18.47	-17.77	1.28	3.74	3.79
-16	-16.45	-16.46	-15.92	0.50	3.22	3.28
-14	-14.4	-14.48	-13.96	0.29	3.06	3.59
-12	-12.4	-12.45	-11.91	0.75	3.95	4.34
-10	-10.4	-10.35	-9.98	0.20	4.04	3.57
-8	-8.31	-8.36	-8.16	2.00	1.81	2.39
-6	-6.3	-6.34	-6.1	1.67	3.17	3.79
-4	-4.29	-4.27	-4.16	4.00	3.03	2.58
-2	-2.24	-2.28	-2.05	2.50	8.48	10.09

Mediciones de voltaje DC negativo con su respectivo error. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

#### 4.7.2. Corriente DC

De igual manera que para las mediciones de corriente DC, se utilizó la misma fuente de laboratorio, donde se varió desde 0,2A hasta 4,8A con saltos de 0,2A, para las mediciones directas eh invertidas. Las positivas obtenidas se observan en la Tabla 4.4 y las negativas en la Tabla 4.5. Se tiene un promedio de error en las positivas, versus la fuente del 2,11%, versus el dispositivo Truper del 0,47% y versus el genérico del 2,79. El promedio de error versus la fuente en las negativas es. Versus la fuente del 2,42%, versus el dispositivo Truper de 0,76% y versus el genérico del 2.62%.

Tabla 4.4. Tabla de mediciones de Corriente DC positivas

Fuente	Truper	Genérico	Dispositivo	% Error vs Fuente	% Error vs Truper	% Error vs genérico
0.2	0.21	0.22	0.21	5.00	0.00	4.55
0.4	0.42	0.43	0.42	5.00	0.00	2.33
0.6	0.62	0.63	0.63	5.00	-1.61	0.00
0.8	0.82	0.84	0.83	3.75	-1.22	1.19
1	1.03	1.05	1.04	4.00	-0.97	0.95
1.2	1.22	1.26	1.23	2.50	-0.82	2.38
1.4	1.42	1.47	1.43	2.14	-0.70	2.72
1.6	1.63	1.68	1.64	2.50	-0.61	2.38
1.8	1.82	1.88	1.83	1.67	-0.55	2.66
2	2.02	2.10	2.03	1.50	-0.50	3.33
2.2	2.23	2.30	2.24	1.82	-0.45	2.61
2.4	2.43	2.51	2.44	1.67	-0.41	2.79
2.6	2.63	2.72	2.64	1.54	-0.38	2.94
2.8	2.83	2.92	2.84	1.43	-0.35	2.74
3	3.03	3.14	3.04	1.33	-0.33	3.18
3.2	3.24	3.34	3.25	1.56	-0.31	2.69
3.4	3.43	3.55	3.44	1.18	-0.29	3.10
3.6	3.63	3.77	3.64	1.11	-0.28	3.45
3.8	3.83	3.97	3.84	1.05	-0.26	3.27
4	4.04	4.19	4.05	1.25	-0.25	3.34
4.2	4.23	4.40	4.24	0.95	-0.24	3.64
4.4	4.43	4.60	4.44	0.91	-0.23	3.48
4.6	4.63	4.81	4.64	0.87	-0.22	3.53
4.8	4.83	5.02	4.84	0.83	-0.21	3.59

Tabla de mediciones de corriente DC positivas. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Tabla 4.5. Tabla de mediciones de Corriente DC negativas

Fuente	Truper	Genérico	Dispositivo	% Error vs Fuente	% Error vs Truper	% Error vs genérico
-0.2	-0.21	-0.22	-0.22	10.00	-4.76	0.00
-0.4	-0.42	-0.43	-0.43	7.50	-2.38	0.00
-0.6	-0.62	-0.64	-0.63	5.00	-1.61	1.56
-0.8	-0.82	-0.84	-0.83	3.75	-1.22	1.19
-1	-1.03	-1.05	-1.04	4.00	-0.97	0.95
-1.2	-1.22	-1.26	-1.23	2.50	-0.82	2.38
-1.4	-1.42	-1.47	-1.43	2.14	-0.70	2.72
-1.6	-1.63	-1.68	-1.64	2.50	-0.61	2.38
-1.8	-1.82	-1.89	-1.83	1.67	-0.55	3.17
-2	-2.02	-2.09	-2.03	1.50	-0.50	2.87
-2.2	-2.23	-2.3	-2.24	1.82	-0.45	2.61
-2.4	-2.43	-2.52	-2.44	1.67	-0.41	3.17
-2.6	-2.63	-2.72	-2.64	1.54	-0.38	2.94
-2.8	-2.83	-2.93	-2.84	1.43	-0.35	3.07
-3	-3.03	-3.14	-3.04	1.33	-0.33	3.18
-3.2	-3.24	-3.34	-3.25	1.56	-0.31	2.69
-3.4	-3.43	-3.55	-3.44	1.18	-0.29	3.10
-3.6	-3.63	-3.77	-3.64	1.11	-0.28	3.45
-3.8	-3.83	-3.98	-3.84	1.05	-0.26	3.52
-4	-4.04	-4.18	-4.05	1.25	-0.25	3.11
-4.2	-4.23	-4.4	-4.24	0.95	-0.24	3.64
-4.4	-4.43	-4.61	-4.44	0.91	-0.23	3.69
-4.6	-4.63	-4.82	-4.64	0.87	-0.22	3.73
-4.8	-4.83	-5.03	-4.84	0.83	-0.21	3.78

Mediciones de corriente DC negativas. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

### 4.7.3. Voltaje AC

Para el voltaje AC, al no contar con una fuente variable, se realizó las mediciones, con la toma de voltaje residencial, mediante un transformador de 24v y con otro de 12v, se comparó con el dispositivo de medición Truper y el genérico como se observa en la Figura 4.17. Las mediciones se observan en la Tabla 4.6, dando como promedio un error versus el dispositivo Truper del 1.29% y el genérico del 2,41%.

Tabla 4.6. Tabla de mediciones de voltaje AC

Detalle	Truper	Genérico	Dispositivo	% Error vs Truper	% Error vs genérico
Tomacorriente 110v	116.00	118.70	117.43	1.23	1.07
Tomacorriente 220v	235.00	254.00	240.76	2.45	5.21
Transformador 24v	28.30	28.10	27.44	3.04	2.35
Transformador 12v	14.20	13.90	14.04	1.13	1.01

Mediciones de voltaje AC con su respectivo error. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Figura 4.17. Comparación de las mediciones AC con el dispositivo Truper



Comparación de medición con el dispositivo comercial Truper. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

#### 4.7.4. Corriente AC

Para poder realizar las pruebas de la medición de corriente AC, se utilizaron algunos productos que se pueden encontrar en el hogar, los cuales están descritos en la Tabla 4.7. El dispositivo genérico no cuenta con mediciones de corriente AC por lo que solo se realizaron las medidas con el dispositivo Truper, dando un promedio de error de 1,50%.

Tabla 4.7. Tabla de mediciones de corriente AC

Detalle	Truper	Dispositivo	% Error vs Truper
Bombilla Incandescente 60W	0.88	0.42	1.14
Bombilla Incandescente 40W	0.51	0.50	1.96
Bombilla halógena 100W	1.02	1.04	1.96
Secadora de Cabello	8.82	8.91	1.02
Cautín de 80W	0.70	0.71	1.43

Mediciones de corriente AC con su respectivo error. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

#### 4.7.5. Resistencia

Para realizar esta prueba se tomó el valor de algunas resistencias dentro del rango, el cual va de 1 a 1Mohm, en el cual el dispositivo es capaz de medir para evaluar su error, los datos obtenidos se visualizan en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8. Tabla de mediciones de resistencias comerciales

Valor Nominal [ $\Omega$ ]	Truper	Genérico	Dispositivo	% Error vs nominal	% Error vs Truper	% Error vs genérico
1	1.10	1.60	1.12	12.00	1.82	30.00
5	4.90	5.50	4.74	5.20	3.27	13.82
12	12.20	12.30	11.72	2.33	3.93	4.72
220	215.00	219.00	211.01	4.09	1.86	3.65
5100	5020.00	5040.00	5060.00	0.78	0.80	0.40
47000	46000.00	46700.00	47470.00	1.00	3.20	1.65
470000	468000.00	469000.00	461450.00	1.82	1.40	1.61
680000	688000.00	685000.00	666410.00	2.00	3.14	2.71

Medidas de resistencias comerciales con su respectivo error. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Se tiene un promedio de error el dispositivo de medición versus el valor nominal del 3,65%, versus el dispositivo Truper del 2,43% y versus el dispositivo genérico del 7,32. Se puede medir teóricamente hasta  $10M\Omega$  pero solo se recomienda medir hasta  $1M\Omega$ , debido a que valores superiores a esta medida, generan un error muy grande, superiores al 10% del valor nominal dando medidas erróneas, como se visualiza en la Tabla 4.9, donde solo se comparó con el dispositivo Truper ya que el genérico mide solo hasta 1Mohm, esto es causado por la impedancia interna del ADC utilizado para medir.

Tabla 4.9. Tabla de medidas de resistencias superior a 1MΩ

Valor Nominal [Ω]	Truper	Dispositivo	% Error vs Nominal	% Error vs Truper
2000000	2030000.00	2260000.00	13.00	11.33
3300000	3280000.00	3610000.00	9.39	10.06

Medidas de resistencias comerciales superiores a 1MΩ. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

#### 4.7.6. Diodos y continuidad

Para medir los diodos, nuestro dispositivo, inyecta una corriente de 1mA, dando como resultado las mediciones que se visualizan en la Tabla 4.10. Estos valores difieren de los medidos con el dispositivo de medición Truper y con el genérico, ya que este inyecta una cantidad de corriente distinta. Para comprobar la veracidad de las mediciones, se extrajeron los datos de voltaje máximo en los que deben estar los distintos diodos medidos y se adjuntaron en la misma tabla.

Tabla 4.10. Tabla de mediciones de Diodos

Detalle	Truper	Genérico	Dispositivo	Valores Datasheet (Máximo)
Diodo Silicio	0.57	0.42	0.76	1V
Diodo Schotky	0.15	0.12	0.23	0.525V
Diodo LED	1.78	1.99	1.98	1.7V a 2V

Medidas obtenidas por diferentes diodos. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Para medir continuidad, no depende directamente del grosor del conductor, sino de su longitud. En grandes longitudes esta medición puede verse afectada provocando errores. Se probó su correcto funcionamiento con diferentes longitudes para diferentes cables las cuales se observan en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11. Tabla de mediciones de continuidad eléctrica

Detalle	1 metro	2 metros	3 metros	4 metros	5 metros
Un hilo de cable de Red Categoría 5	✓	✓	✓	✓	✓
AWG #18	✓	✓	✓	✓	✓
AWG #16	✓	✓	✓	✓	✓
AWG #14	✓	✓	✓	✓	✓

Mediciones de prueba de continuidad eléctricas por el dispositivo. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

#### 4.8. Evaluación del error del dispositivo

Todos los instrumentos de medición en la industria en cualquier proceso deben cumplir la norma ISO 9000 la cual se utiliza para referirse a un conjunto de 5 documentos que van desde la ISO 9000 hasta ISO 9004. Morris (como se citó en Hilario & J. Carbonell, 2015) afirma que es necesario implantar y mantener un sistema de medida y control de la calidad que asegure que la calidad de los bienes fabricados o servicios no se desvían de los límites de error establecidos. Por ende, estas normas establecen los límites y requisitos que deben cumplir cada empresa dependiendo su actividad para poder ser certificados.

La mayoría de las marcas comerciales de dispositivo de medición industriales, como por ejemplo la marca Fluke, tienen toda la información del porcentaje de error que tienen sus equipos de medición montada en su Web. Aunque el error varía dependiendo la medida y el dispositivo, tienen como porcentaje de error máximo del 5%. (Fluke Corporation, 2021). Por ende, el dispositivo de medición, mediante las pruebas realizadas, en relación con la fuente, el dispositivo comercial y el genérico, el error promedio no supera el 7%, siendo aceptable relativamente con los dispositivos comerciales disponibles, aunque cada industria debe elegir si estos porcentajes de error son aceptables para su actividad dependiendo de la norma ISO 9000.



#### 4.9. Evaluación de viabilidad del dispositivo

Se elaboró una tabla de costos de todos elementos utilizados para la fabricación del dispositivo que se visualiza en la Tabla 4.12 y el accesorio para gafas que se visualiza en la Tabla 4.12 con el objetivo de evaluar su viabilidad.

Tabla 4.12. Tabla de costos del dispositivo de medición

Cant.	Descripción	Modelo	Precio
1	Convertidor Análogo Digital	ADS1115IDGST	\$8.99
1	Sensor de Corriente 5A	ACS712ELCTR-05B-T	\$3.99
1	Sensor de Corriente 20A	ACS712ELCTR-20B-T	\$3.99
1	Microcontrolador	ESP-32S	\$2.04
1	Transformador	ZMPT101B	\$7.49
1	Pantalla	GLCD 128X64	\$11.99
1	Touch	Panel Touch	\$12.00
1	Diodo Zener	LM4040AIM3-2.5	\$6.82
1	Diodo Schotky	B5819W_C8598	\$1.04
1	Diodo	M7_C95872	\$0.02
2	Convertidor Buck	XL1509-ADJE1	\$0.46
2	Amplificador Operacional	OP07CDR	\$0.86
1	Controlador para el Touch	TCS2004	\$9.74
6	Transistores	MMBT5401-C8326	\$0.14
1	Zumbador	BUZZER	\$0.50
1	Perilla de 10 posiciones	Selector	\$2.00
37	Resistencias	Resistencias	\$0.40
16	Condensadores	Condensadores	\$0.42
2	Inductores	47uH	\$0.94
2	Fusibles	5A y 20A	\$0.50
1	Carcasa	Carcasa	\$1.50
1	PCB	PCB	\$2.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$77.83</b>

Tabla con todos los elementos para la elaboración y sus costos del dispositivo de medición. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Tabla 4.13. Tabla de costos del accesorio para gafas

Cant.	Descripción	Modelo	Precio
1	Tarjeta de desarrollo	Arduino Pro Mini	\$5.00
1	Pantalla	Oled 1"	\$7.00
1	Módulo Bluetooth	HM-10	\$9.00
1	Cargador de Baterías	TP4050	\$1.99
1	Lente	Fresnel	\$1.00
1	Espejo	Espejo	\$0.50
1	Acrílico	Acrílico	\$0.50
1	Carcasa	Carcasa	\$1.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$25.99</b>

Tabla con todos los elementos para la elaboración y sus costos del accesorio para gafas. Elaborado por Juan Cisneros y Nicolás Cisneros.

Los dispositivos de medición comerciales que más se asemejan a nuestro dispositivo, son los que cuentan con conexión de bluetooth, pero no cuentan con ninguna plataforma para almacenar los datos que envían, obligando al usuario a desarrollar una aplicación para que sea útil esta función. El costo de estos multímetros ronda alrededor de los 100 dólares dependiendo la marca. El multímetro con bluetooth más conocido es el de la marca OWON, que se observa en la Figura 4.18 el cual tiene un costo de 92 dólares en Amazon. (OWON, 2021)

Figura 4.18. Dispositivo de medición marca OWON



Dispositivo de medición con bluetooth marca OWON. Fuente: (OWON, 2021)

El costo total del dispositivo junto con el accesorio tiene un costo de 103,82 dólares, el cual se encuentra en el rango aceptable de precios para estos dispositivos de medición, lo que abala su viabilidad. Cuenta con características adicionales, que se ajustan a otras necesidades, como el almacenamiento de información en la nube, aunque carezcan de algunas características que la mayoría de los dispositivos comerciales poseen como mediciones de temperatura, condensadores, rangos de voltajes y corrientes más altos, entre otros.

## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES

En base a la información recopilada de los documentos y dispositivos existentes acerca de la medición de variables eléctricas y programación de aplicaciones Web, se determinó que el elemento adecuado para la elaboración del dispositivo de medición es el módulo ESP32, debido a sus características respecto a otros dispositivos y para el desarrollo de la aplicación Web, se seleccionó el framework angular por su capacidad de integración con el sistema.

Se elaboró un dispositivo capaz de medir señales eléctricas de baja tensión en tiempo real para ser enviadas de forma inalámbrica, vía bluetooth, mediante sistemas embebidos para su visualización, tanto en el dispositivo de medición como en el accesorio para gafas, utilizando el ADS1115 para la medición de variables eléctricas por su alta resolución y sus entradas diferenciales.

Se elaboró una aplicación Web mediante el framework Angular, el cual permite la integración de Firebase con el módulo ESP32, para la administración y visualización de la información a través de cualquier dispositivo con acceso a un navegador web, teniendo acceso a los servicios IoT, adicionalmente se utilizó Google Cloud Services para los servicios de localización de las variables de medición.

Mediante las pruebas de: i) conexión de la red wifi y el módulo bluetooth, ii) comunicación del dispositivo con Firebase iii) ubicación geográfica del dispositivo y iv) Medición de variables AC/DC de corriente, voltaje, resistencia, diodos y continuidad, v) evaluación del error y de viabilidad, se concluye que el dispositivo es viable y funciona de manera óptima tanto en medición de variables como en el monitoreo desde la nube.

## RECOMENDACIONES

En trabajos futuros se puede agregar al dispositivo, rangos superiores de medición de variables eléctricas, como en voltaje, corriente y resistencia, también nuevas variables para la medición como es el caso de capacitores, inclusive la medición de decibelios y luxes, lo que proporcionaría una ayuda en otras industrias en las cuales la toma de estas medidas son imperativas para su correcto desempeño.

Se puede agregar más características en la aplicación Web, que refuerce la seguridad actual como, por ejemplo, la implementación de autenticación de doble factor mediante un código enviado por mensaje de texto o correo electrónico al momento del ingreso a la cuenta, o inclusive mediante alguna aplicación móvil generadora de tokens externa a la cual normalmente se accede con la contraseña o huella digital, para aumentar el nivel de seguridad.

## REFERENCIAS

- Bernal Mejía, J. C., & Espinoza Sigüencia, L. J. (2013). *IMPLEMENTACIÓN DE UN ACELERÓGRAFO DE 3 COMPONENTES, BASADO EN EL FBA-23 DE KINEMATICS CON GEOREFERENCIAMIENTO Y SISTEMA DE COMUNICACIÓN*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Cuenca / Facultad de Ingeniería / Tesis Pregrado:  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4308>
- Campos Merchán, L. X. (2018). *CLOUD COMPUTING COMO ESTRATEGIA TECNOLÓGICA PARA LAS PYMES CASO PRÁCTICO: EMPRESA NOVIATAT S.A. DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*. Obtenido de Repositorio Institucional Uniandes Ambato / Carrera de Sistemas / Tesis Pregrado /: <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/8518>
- Chambilla Renjel, J. L. (2018). *APLICACIÓN ANDROID DE SIMULACIÓN DE PRUEBAS PISA PARA ESTUDIANTES DE NIVEL SECUNDARIO*. Obtenido de Universidad Mayor de San Andrés / Repositorio Institucional / Carrera de Informática / Tesis:  
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/17491/T-3425.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Firestore. (12 de 10 de 2020). *Firestore*. Obtenido de <https://firebase.google.com/docs/hosting>
- Fluke . (2021). *FLUKE*. Obtenido de <https://www.fluke.com/es-ec>
- Gómez González, E. (2011). *ÓPTICA GEOMÉTRICA*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Haro Vilaña, I. V. (2019). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL AUTOMÁTICO DE RIEGO PARA INVERNADEROS MEDIANTE TECNOLOGÍA LORA CON ESP32*. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Israel / Carrera de Ingeniería en Electrónica Digital y Telecomunicaciones / Tesis:  
<http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2142?mode=full>
- Hilario, A., & J. Carbonell, P. (2015). *Calibración de equipos de medida según ISO 9000*. Obtenido de <https://www.eni.es/wp-content/uploads/items/6->

Calibraci% C3% B3n% 20equipos% 20de% 20medida% 20seg% C3% BAn% 20I  
SO% 209000.pdf

MOYA BAEZA, I. E. (2020). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MECANISMO DEORIENTACIÓN Y POSICIONAMIENTO DE LENTE DE FRESNEL PARA IMPRESORA SOLAR*. SANTIAGO DE CHILE: UNIVERSIDAD DE CHILE.

Moya Velasco, W. P. (2019). *IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO DE LOCALIZACIÓN EN INTERIORES PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE UBICACIÓN DE OBJETOS USANDO TECNOLOGÍA BLUETOOTH LOW ENERGY*. Obtenido de Repositorio Digital - EPN / Tesis Electrónica y Telecomunicaciones (IET): <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20577>

Moyano Mejía, G. W. (2015). *DESARROLLO DE UN SISTEMA WEB PARA ADMINISTRACIÓN DE EVENTOS Y CONTROL DE ENTRADA Y SALIDA DE EMPLEADOS CASO DE ESTUDIO: CENTRO DE FORMACIÓN SOCIAL "BETHANIA"*. Obtenido de Repositorio de Tesis de Grado y Pregrado / Pontifica Universidad Católica del Ecuador: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8105>

OIT. (08 de 2020). *Organización Internacional del Trabajo*. Obtenido de [https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS\\_008562/lang--es/index.htm](https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_008562/lang--es/index.htm)

OWON. (2021). *Amazon*. Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/OWON-B35T-Mult%C3%ADmetro-Bluetooth-multifunci%C3%B3n/dp/B07CNZQ8SX>

Pereira Tapiro, M., & Polo Poveda, W. A. (2015). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE LOCALIZACIÓN EN ESPACIOS CERRADOS (INDOOR)*. Obtenido de UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE - FACULTAD DE INGENIERÍA - SANTIAGO DE CALI : <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/7972/T05975.pdf;jsessionid=B20575D8A73018D0B2B50A27594E86CE?sequence=1>

Pérez Vargas, N. A., & Torres Pachar, B. D. (2020). *DESARROLLO DE UN PROTOTIPO PARA LA GEOLOCALIZACIÓN Y MONITORIZACIÓN DE FRECUENCIA CARDIACA DE MASCOTAS EN LA CIUDAD DE QUITO*.

Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana / Tesis / Grado:  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19072/1/UPS%20-%20TTS072.pdf>

Pillajo, C., & Hincapie, R. (2018). *Wirles Network Control Systems - De la teoría a la práctica* (1ra Edición ed.). Quito, Ecuador: Universitaria Abya Yala.

Ramos Figueroa, J. A. (2017). *DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE MEDICION DE POTENCIAL ESPONTANEO PARA EL MONITOREO DEL VOLCAN UBINAS*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Nacional Del Antiplano / Ciencias de la Ingeniería / Pregrado:  
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3690/Ramos\\_Figueroa\\_Juan\\_Albert.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3690/Ramos_Figueroa_Juan_Albert.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rodríguez Lainez, J. C. (2016). *Implementación de un Sistema de Administración Web para la Indexación de la Revista Ciencias Pedagógicas e Innovación de la UPSE*. Obtenido de Repositorio Dspace / Universidad Estatal Península de Santa Elena / Tesis Grado: <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2501>

Salvador Mayorga, E. G. (2019). *CONTROL DE UN ROBOT HUMANOIDE PARA LA CATEGORÍA DE PELEA A TRAVÉS DE LOS MOVIMIENTOS ARTICULARES DEL OPERADOR*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana / Tesis / Grado:  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17817/1/UPS%20-%20ST004359.pdf>

Sangucho Simbaña, J. G. (Julio de 2019). *DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA DIFUNDIR ESPACIOS DE ARTE Y RECREACIÓN EN QUITO*. Obtenido de Repositorio Digital - EPN / Tesis Análisis de Sistemas Informáticos (ASI): <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20342>

Sotolongo, M., Obando, J. E., & Villa, E. M. (2019). *Revista Espacios*. Obtenido de [https://www.revistaespacios.com/a19v40n43/19404309.html#:~:text=Seg%C3%BAAn%20un%20estudio%20realizado%20por,trabajo%20calificados%20\(21%20925\)](https://www.revistaespacios.com/a19v40n43/19404309.html#:~:text=Seg%C3%BAAn%20un%20estudio%20realizado%20por,trabajo%20calificados%20(21%20925)).



Vílchez González, J. M., Morales Cas, A. M., Villalobos Galdeano, J. G., Garrido Martínez, L., & Rodríguez, T. (2016). *Física y Química 4. ESO*. España: ANAYA.

Vishal Thorat, Pranesha Naik, Mr. Pranav Shetty, Mr. Manish Singh, & Kishor G Sawarkar. (2020). *Wearable Smart Spectacles using Arduino*. Mumbai: Department of Electronics and Telecommunication Engineering.