



“Responsabilidad con pensamiento positivo”

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y
TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

DESARROLLO DE UN SISTEMA IOT PARA EL MONITOREO DEL CONSUMO
ELÉCTRICO DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DOMÉSTICOS DE MAYOR
CONSUMO.

AUTOR:

DIEGO FERNANDO CEVALLOS TROYA

TUTOR:

ING. EDGAR EMANUEL GONZÁLEZ MALLA

QUITO – ECUADOR

2020

DECLARACIÓN

Yo, DIEGO FERNANDO CEVALLOS TROYA con C.I. 171813671-4; declaro que el presente proyecto de tesis de grado, denominado “**DESARROLLO DE UN SISTEMA IOT PARA EL MONITOREO DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DOMÉSTICOS DE MAYOR CONSUMO.**” es de mi autoría y se adjuntan las referencias bibliográficas consultadas para su elaboración.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Universidad Tecnológica Israel.

Cevallos Troya Diego Fernando

C.I: 171813671-4

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “**DESARROLLO DE UN SISTEMA IOT PARA EL MONITOREO DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DOMÉSTICOS DE MAYOR CONSUMO.**”, presentado por el **Sr. Diego Fernando Cevallos Troya**, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. 3 agosto del 2020

TUTOR

.....

Ing. Edgar Emanuel González Malla

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo investigativo agradezco a Dios por ser mi guía y brindarme sabiduría y paciencia para así poder cumplir la meta que me propuse.

A mis padres Luis y Marcia por haberme siempre brindado su apoyo, confiar y creer en mí, pese a los inconvenientes y adversidades y ser mi pilar fundamental

A mi esposa Verónica que durante todo este tiempo siempre me animo a seguir a delante y me dio apoyo moral cuando más lo necesite.

A toda mi familia por los consejos y enseñanzas para ser una mejor persona cada día y poder superar cada obstáculo que la vida me presento día a día.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi esposa Verónica por siempre apoyarme para poder cumplir mis sueños y ayudarme siempre. A mi familia por estar presente siempre con su apoyo incondicional.

A mi abuelita Fabiola, aunque ya no se encuentra presente le agradezco por todas sus enseñanzas, paciencia y amor que me tuvo he hizo de mí una gran persona y me enseñó siempre a cumplir mis sueños y metas.

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA	i
DECLARACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
TABLA DE CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABLAS	i
LISTA DE ECUACIONES	i
RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN OBJETO DE ESTUDIO	1
PRESENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVO GENERAL:	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	4
LA HIPÓTESIS O IDEAS A DEFENDER EN EL PROCESO INVESTIGATIVO	5
ALCANCE.....	6
CAPÍTULO 1.	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
1.1 El Consumo eléctrico Kilowatt hora (kWh)	7
1.2 Qué es Internet.....	9
1.2.1 Evolución de Internet	9
1.2.2 Fase 1 Conectividad	10
1.2.3 Fase 2 Economía Interconectada.....	10
1.2.4 Fase 3 Experiencias cooperativas	10
1.2.5 Fase 4 Internet de Todo	10
1.3 IdT Internet de Todo.....	11
1.3.1 Historia de IdT	11
1.3.2 Que incorpora la IdT	12

1.4	Diferenciación entre el IdT y el IoT	13
1.5	SENSOR YHCD SCT-013-000.....	14
1.6	SENSOR DE VOLTAJE	15
1.7	Corte de Luz o apagón eléctrico.....	17
CAPÍTULO 2.	.....	19
MARCO METODOLOGICO	.....	19
2.1	FUNDAMENTACION TEÓRICA	19
2.2	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.3	MÉTODO E INSTRUMENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.4	PROCEDIMIENTO.....	20
2.5	PRUEBA PILOTO	20
CAPÍTULO 3.	.....	21
PROPUESTA	.....	21
3.1	Diagrama de bloques del funcionamiento del proyecto	21
3.2	Componentes del prototipo	22
3.3	Conexión de la batería al microcontrolador	23
3.4	Conexión del sensor de corriente al microcontrolador	24
3.5	Calibración del sensor de corriente	28
3.6	Lectura del voltaje	29
3.7	Calibración del sensor de voltaje.....	30
3.8	Diseño del circuito electrónico.....	32
3.8.1	Conexión de los sensores al microcontrolador.....	33
3.9	Simulación de la PCB	34
3.10	Programación del microcontrolador	35
3.11	Configuración de la base de datos en servidor Externo.....	37
3.12	Configuración de la base de datos en servidor Local	39
3.13	Programación del software para control y monitorización	40
3.14	Diseño de la carcasa del dispositivo	41
CAPÍTULO 4.	.....	44
IMPLEMENTACIÓN	.....	44
4.1	Desarrollo	44
4.1.1	Montaje del prototipo	44

4.2 Implementación	45
4.2.1 Visualización de los datos en la Base de Datos Remota	45
4.2.3 Visualización de los datos en la Aplicación	46
4.2.4 Control del dispositivo de forma remota	47
4.3 Pruebas de funcionamiento	48
4.3.1 Prueba de Funcionamiento del Sistema de Encendido y Apagado remoto	48
4.3.2 Prueba de Funcionamiento del Sistema de búsqueda de redes y contraseña.....	49
4.3.3 Pruebas Finales	50
4.4 Análisis de Resultados	51
4.4. 1 Error absoluto.....	51
4.6 Discusión de resultados	52
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Evolución de Internet	12
Figura 1.2 Sensor de Corriente SCT-013-030.....	14
Figura 1.3 Esquema simplificado electrónico del sensor de corriente.....	14
Figura 1.4 Sensor de Voltaje	16
Figura 3.1 Diagrama de bloques del sistema.....	21
Figura 3.2 Módulos que componen el sistema	22
Figura 3.3 Conexión eléctrica entre el sensor y el microcontrolador	24
Figura 3.4 Resistencias comerciales	26
Figura 3.5 Resistencias que se pueden utilizar	27
Figura 3.6 Calibración de sensores	28
Figura 3.7 Calibración de sensores	29
Figura 3.8 Calibración de sensores	29
Figura 3.9 Conexión sensor corriente	30
Figura 3.10 Calibración de sensores	30
Figura 3.11 Señal de un sensor no calibrado	31
Figura 3.12 Tornillo de ajuste para la calibración del sensor.....	31
Figura 3.13 Señal calibrada del sensor de voltaje.....	32
Figura 3.14 Circuito completo del dispositivo	33
Figura 3.15 Conexión del sensor de corriente	33
Figura 3.16 Conexión de los sensores al microcontrolador	34
Figura 3.17 Diseño simulado de la PCB	35
Figura 3.18 Algoritmo de conexión.....	36
Figura 3.19 Algoritmo de programa principal.....	37
Figura 3.20 Administración de la cuenta Firebase	38
Figura 3.21 Base de datos	39
Figura 3.22 Panel de control de MPP.....	40
Figura 3.23 Desarrollo software	41
Figura 4.1 Circuito Electrónico	44
Figura 4.2 Base de datos	46
Figura 4.3 Visualización de datos.....	47

Figura 4.4 Control de relay..... 48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Especificaciones técnicas del sensor de corriente	15
Tabla 1.2 Especificaciones técnicas del sensor de voltaje	17
Tabla 4.1 Pruebas de funcionamiento	51
Tabla 4.2 Error absoluto	52
Tabla 4.3 Costo por consumo	53

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de potencia.....	7
Ecuación 2. Cálculo de kilovatios por hora.....	9
Ecuación 3. Cálculo de tiempo de autonomía	23
Ecuación 4. Corriente pico del primario	25
Ecuación 5. Corriente pico del secundario	25
Ecuación 6. Resistencia de carga ideal	25
Ecuación 7. Error absoluto	51

RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto es la elaboración de un prototipo para la monitorización y control de consumo eléctrico de un electrodoméstico, el cual se puede conectar a cualquier red que se encuentre cerca ya que permite el ingreso de claves mediante sus pulsadores. Este dispositivo permite medir la corriente y voltaje que el dispositivo consume mediante dos sensores, cuyos valores son receptados en un microcontrolador ESP32 que tiene una pantalla Oled incorporada que ayuda a mostrar los valores de las mediciones en tiempo real. Los valores obtenidos por el controlador son enviados a una base de datos local y remota, previamente configurados para el almacenamiento de los valores. Se ha programado un panel de control en una aplicación para teléfono inteligente, desde donde se pueden observar de forma gráfica los valores que se encuentren en la base de datos, así como controlar un relé colocado en el dispositivo para poder encender y apagar el electrodoméstico en caso de ser necesario desde cualquier lugar del mundo.

Palabras Clave: microcontrolador ESP32, sensor SCT-013-030, sensor ZMPT101B, control IoT, base de datos Firebase, Android Studio, Relé.

ABSTRACT

The main objective of this project is the elaboration of a prototype for the monitoring and control of electrical consumption of a domestic appliance, which can be connected to any network that is nearby since it allows the entry of keys through its buttons. This device allows to measure the current and voltage that the device consumes by means of two sensors, whose values are received in an ESP32 microcontroller that has a built-in OLED screen that helps to show the values of the measurements in real time. The values obtained by the controller are sent to a local and remote database, previously configured for the storage of the values. A control panel has been programmed in a smartphone application, from where the values found in the database can be graphically observed, as well as controlling a relay placed in the device to be able to turn the appliance on and off in if necessary from anywhere in the world.

Keywords: ESP32 microcontroller, SCT-013-030 sensor, ZMPT101B sensor, IoT control, Firebase database, Android Studio, Relay.

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN OBJETO DE ESTUDIO

En la actualidad nuestro planeta ha llegado a tener una evolución demográfica acelerada, esta superpoblación del planeta genera varias consecuencias directas en el agotamiento de los recursos naturales, el principal efecto de esta superpoblación es el consumo desigual y desmedido de recursos. El planeta tiene una capacidad limitada de generación de materia prima y cada año el déficit de recursos naturales (consumo de estos recursos a un ritmo más rápido del que el planeta es capaz de generarlos) llega más temprano. Como consecuencia, en los países en desarrollo, la sobre población ejerce una presión desmedida por el control de los recursos. Los conflictos territoriales por el abastecimiento de agua están derivando en muchos casos en tensiones geopolíticas que podrían dar lugar a guerras. (UNPF 2005)

Con las nuevas tecnologías existentes se pretende crear casas de consumo inteligente, esto quiere decir deben ser casas que logren condiciones óptimas de habitabilidad con el mínimo consumo energético. (YC Diana 2010). De este modo en la actualidad todavía se están investigando formas de crear estas casas IoT, los principales objetivos de esta tecnología es mejorar la vida en el hogar. En los últimos años, muchos productores de electrodomésticos y muebles han desarrollado sus productos aplicando el IoT para ofrecer más facilidades al consumidor, aunque de forma prematura. No ha sido hasta hace relativamente poco cuando las empresas han empezado a usar esta tecnología específicamente para mejorar la vida en el hogar. Una tendencia al alza que parece no tener freno: casas inteligentes, nominadas a ser las casas del futuro. (Verdú M. 2017)

Los sensores que más se destacan al hablar de casas IoT son los que miden la temperatura y humedad del hogar, escapes de gas, sensores biométricos para la seguridad, sensores de luminosidad, detectores de humo, en la actualidad ya se disponen de cámaras con sistemas de inteligencia artificial para detectar intrusos o para entregar servicios automáticos previamente programados dependiendo de cada integrante de la familia.

En Ecuador la investigación sobre IoT todavía está dando sus primeros pasos, se ha aplicado en proyectos como la de disponibilidad de parqueadero (Morales F., Bautista F.) el cual alcanzó el objetivo de observar desde la aplicación desarrollada el status de 8 estacionamientos asignados mediante el protocolo 802.11(Wifi) con el módulo ESP8266. Otra aplicación desarrollada para el monitoreo vehicular llamado sistema “Guayastrack” (Recalde P, Tarapues G.2018) el cual usó un Raspberry Pi y la nube de Amazon especializada en IoT llamada “AWS IoT Core” y su alcance únicamente llegó a nivel de prototipo probado en laboratorio, existen otros estudios teóricos del funcionamiento de dispositivos IoT, como son los de administración, adquisición de datos, procesamiento de datos etc. (UPN 2018) los cuales han llegado únicamente a ser prototipos para simular y evaluar el funcionamiento de estos.

Incluso se han creado simuladores de ambientes domésticos donde se pueden crear distintas situaciones con varios sensores y actuadores, en las que se puede evaluar interacciones a corto y largo plazo que permita mejorar la arquitectura de una casa inteligente reduciendo los costos de pruebas asociadas a estas investigaciones. (Lee W. Seoungjae Ch. 2016)

Green House es una solución creada para el control y administración de problemas con la irrigación de cultivos que dependen de la condición climática, el tipo de suelo y de lo que se cultiva en sí, por lo que mediante el uso de IoT controlan dispositivos para cualquier ambiente a cualquier hora y desde cualquier lugar del mundo, el cual provee almacenamiento y recursos computacionales para implementar una página web. (Vatari S., Bakshi A. 2016)

PRESENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

En la actualidad con el avance de la tecnología y la electrónica, se han inventado un sin número de aparatos electrónicos muchos de los cuales son para uso doméstico, algunos de estos aparatos son útiles y necesarios en el hogar como son refrigeradores, cocinas eléctricas, hornos eléctricos, cámaras de seguridad, porteros eléctricos, etc. que pueden o deben estar conectados todo el día y también existen otros electrodomésticos que no son tan necesarios como son televisiones, radios, videojuegos, asistentes virtuales (Alexa, Google Dúplex), cine en casa, lámparas de sala o cualquier tipo de iluminación de interior, chimeneas falsas, cuadros interactivos, aspiradores autónomos, etc, estos consumen una determinada cantidad de energía eléctrica, lo cual al no ser dispositivos obligatoriamente necesarios pueden rescindir de su uso, para de esta forma poder reducir la factura de consumo eléctrico, el proyecto trata de resolver esta situación con un dispositivo el cual monitorice el consumo eléctrico de un dispositivo electrónico cualquiera para conocer si sobrepasan cierta cantidad de potencia eléctrica que pueda eliminarse o reducir su uso.

OBJETIVO GENERAL:

- Desarrollar un sistema IoT capaz de medir el consumo eléctrico de varios electrodomésticos para recolectar datos de consumo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar cuáles son los problemas que conlleva la instalación de dispositivos IoT en la actualidad.

- Diseñar el hardware y el software de un sistema IoT, para la medición de flujo de corriente para el cálculo de consumo eléctrico.

- Crear un servidor web con base de datos para recoger la información de cada dispositivo IoT instalado en el hogar.

- Implementar en el sistema IoT un algoritmo capaz de enviar datos de consumo, fecha, hora, nombre y el tipo de electrodoméstico que es monitorizado al servidor web.

- Realizar pruebas de funcionamiento del dispositivo.

LA HIPÓTESIS O IDEAS A DEFENDER EN EL PROCESO INVESTIGATIVO

Se espera poder diseñar un prototipo de medición de consumo eléctrico de modo no invasivo, esto quiere decir que este dispositivo no requerirá de una instalación compleja en el electrodoméstico, este prototipo será capaz de ser configurado para poder decir al servidor web a que electrodoméstico está siendo medido, de este modo cuando se requiera crear tablas y gráficos de comparación sea más fácil el reconocimiento de cada aparato electrónico con su dispositivo de medición. Estos instrumentos de medición contarán con módulos de comunicación Bluetooth o wifi para poder conectarse al servidor web, serán capaces de enviar datos como son la fecha, hora, cantidad de consumo y dispositivo medido. Será necesario crear una red de comunicaciones usando un Router doméstico o Acces Point, el cual contara con la distribución de direcciones IP para cada prototipo de medición y dirección para el servidor Web.

ALCANCE

El sistema comprendido por una tarjeta controladora con módulo de Wifi o Bluetooth y sensor de corriente podrá realizar las siguientes tareas:

- Ser capaz de ser autosuficiente eléctricamente puesto que llevará una batería recargable.
- Podrá medir el flujo de corriente eléctrica que pase por cualquier cable de poder sin importar que tipo de electrodoméstico sea.
- Podrá enviar datos de consumo de corriente, fecha, hora exacta, nombre de dispositivo.
- Podrá conectarse automáticamente con el servidor para poder realizar el envío de datos.
- El servidor será capaz de mostrar tablas con valores individuales de cada dispositivo medido, además se espera que el servidor sea capaz de mostrar los valores recogidos en forma gráfica para una fácil lectura del usuario.

CAPÍTULO 1.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 El Consumo eléctrico Kilowatt hora (kWh)

La potencia se define como la rapidez con que se transforma un tipo de energía en otro tipo de energía, en un intervalo de tiempo, en particular la potencia eléctrica corresponde a la cantidad de energía eléctrica que un objeto consume o genera en un determinado intervalo de tiempo. Matemáticamente la potencia eléctrica es:

ECUACIÓN 1. CÁLCULO DE POTENCIA

$$Potencia = \frac{Energia}{Tiempo}$$

Fuente: Charles K., 2007

Donde la unidad en el sistema Internacional de medida de la energía es el Joule [J], la unidad de potencia es el wattio [W] y la unidad del tiempo es segundos [s].

Por lo que, si se conoce la potencia en watios de un aparato y cuantos segundos este estuvo en uso, se puede calcular la cantidad de julios de energía eléctrica que se han convertido en otra forma. (luz, calor, movimiento etc.) (Hernández F.2016)

Debido a que la unidad Julios de energía es muy pequeña en magnitud, la energía eléctrica entregada a los consumidores por parte de las empresas eléctricas es medida en kWh kilovatio hora, Un kilovatio hora corresponde a la cantidad de energía que se convertiría por un aparato de mil watios cuando se usa en una hora. Lo que matemáticamente se podría representar así:

ECUACIÓN 2. CÁLCULO DE KILOVATIOS POR HORA

$$kWh = \frac{Watts * Tiempo(horas)}{1000}$$

Fuente: Charles K., 2007

1.2 Qué es Internet

Llamada también la red de redes la Internet no es más que la interconexión de todas las redes de computadores a nivel mundial que usan protocolos comunes que son compatibles entre sí. Se trata de una red flexible y dinámica donde su funcionamiento no se adapta únicamente a un solo tipo de ordenador, o a un medio físico, o a un tipo de red en concreto. Internet es por sí sola un universo de la tecnología, en donde convergen diferentes ramas como la electrónica, la telefonía, los microprocesadores, fibra óptica, satélites, video, televisión, imágenes, realidad virtual, hipertexto por nombrar unos cuantos.

Internet fue el resultado de investigaciones y experimentos del Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América, que para el año 1969, lanzaron una red que se llamó ARPAnet, esta red que enlazaba universidades y centros de alta tecnología tenía como fin el intercambio de datos entre científicos y militares, después de un tiempo se unieron nodos de Europa y del resto del mundo, formando lo que se conoce como la gran telaraña mundial (World Wide Web).

1.2.1 Evolución de Internet

Desde su comienzo la internet no ha dejado de crecer tanto en usuarios como en complejidad, para llegar hasta “La internet de todo”, han pasado cuatro fases bien marcadas según la empresa Cisco, donde cada fase tiene su impacto tanto en los negocios como en la sociedad. (Cisco, 2019)

1.2.2 Fase 1 Conectividad

La primera fase comenzó en los años 80, se la denomina de “conectividad” puesto que fue cuando empezó el auge del correo electrónico, la navegación web y la búsqueda de contenido. (Evans D., 2011)

1.2.3 Fase 2 Economía Interconectada

La segunda fase comenzó al final de la década de los noventa, se le denomina “economía interconectada” pues en esta fase da el comienzo al comercio electrónico, a la colaboración por internet, y a la cadena de suministro. Esta fase cambio el método con el que se hacen las compras y ventas de productos. (Evans D., 2011)

1.2.4 Fase 3 Experiencias cooperativas

A principios de la década del 2000 comenzó la fase de “experiencias cooperativas”, en esta fase la sociedad cambio su forma de socializar e incluso la forma de conseguir empleo, se caracteriza por el amplio uso de redes sociales, el uso del internet en lugares remotos dando gran movilidad a sus usuarios, se empezó con la computación en la nube, y la forma de mostrar al mundo la vida diaria mediante el uso de videos online. (Evans D., 2011)

1.2.5 Fase 4 Internet de Todo

Digitalizar al mundo conectando personas, procesos, datos y objetos, esta es la fase del “Internet de todo”, y se caracteriza por ser la interrelación de dispositivos informáticos, máquinas mecánicas, máquinas digitales, animales, objetos y personas que cuenten con un identificador único (UID) con la cual tendrán la capacidad de transferir datos a través de la red sin necesidad de personal ni interacción humana. (IoTAgenda 2015)

1.3 IdT Internet de Todo

1.3.1 Historia de IdT

El internet de las cosas se remonta al año 1999 cuando Kevin Ashton del MIT, lo mencionó por primera vez en una presentación en Procter & Gamble, otro precursor de la idea de conectar todo a la red fue Neil Gershenfeld quien en su libro “When Things Start to Think” proporcionó una visión clara de hacia donde se dirigirá la IoT.

La internet de las cosas es una unión de tecnologías inalámbricas, sistemas microelectrónicas, micro mecánicos (MEMS), micro servicios e Internet. Esta convergencia de sistemas ayuda a impulsar y mejorar dispositivos, mediante el análisis de datos generados por estas máquinas. Figura 1.1 Representación de la continua evolución del Internet en pequeños objetos.

El primer dispositivo de Internet, por ejemplo, fue una máquina de Refrescos en la Universidad Carnegie Mellon a principios de los años ochenta. Usando la web, los programadores pudieron verificar el estado de la máquina y determinar si existía una bebida fría en la máquina, evitando un viaje innecesario en caso de que esta se encuentre sin el producto. (Rouse M. 2016)

cuando son correctamente analizados, proporciona una información útil tanto a las personas como a los dispositivos conectados, esto ayuda a tomar mejores decisiones para obtener mejores resultados.

Los “Objetos” de la IdT son todos los dispositivos físicos conectados a la Internet y entre sí, estos son capaces de detectar y recolectar los datos que serán posteriormente analizados. Las “Personas” en la IdT son todos aquellos sujetos que por medio de dispositivos electrónicos se conectan e interactúan dentro de la red, además en la IdT se espera que, en el ámbito social, la ropa y todos los accesorios que las personas llevan puesto se conecten a la Internet cambiando así la forma en que los seres humanos socializan entre sí. (IoTAgenda 2015)

1.4 Diferenciación entre el IdT y el IoT

Hay dos términos muy similares que se han escuchado en los últimos tiempos donde el internet avanza progresivamente. Ellos son el Internet de todo (IdT) y el Internet de las cosas (IoT), muy parecidos, pero concatenados uno al otro.

El IoT es conceptualizado como una red global, dentro de la cual se interconectan objetos sin importar el tamaño, distancia y estructura. Según el Informe de Telefónica, Accenture e Ipsos, ha penetrado mayormente en las industrias, concentrando un 41 % del mercado mundial. Entre los usos que más han predominado de las grandes empresas, el IoT ha beneficiado a más de 300 plantas de automóviles, 2.700 contenedores refrigerados y 2.500 buques conectados, entre otros.

Por otro lado, surge el concepto Internet de todo (IdT), el cual quizá pareciera confundirse con el IoT. No obstante, el mismo Cisco conceptualiza en «Lo que importa son las conexiones «como la reunión de personas, procesos, datos y cosas, con el propósito de conectarlos inteligentemente para la creación de nuevas capacidades, oportunidades económicas sin precedentes y una conectividad empresarial. Se pudiera afirmar que el internet de las cosas ha sentado las bases para el internet de todo. (Reporte Digital 2018)

1.5 SENSOR YHCD SCT-013-000

Es un sensor de corriente alterna no invasivo con capacidad de medir hasta 100Amp máximo. En la Figura 1.2 se puede observar como no es necesario el corte en los cables de electricidad.

No tiene resistencia de carga interna, aunque tiene un supresor de voltaje transitorio que limita la tensión de salida en caso de desconexión accidental de la resistencia de carga. Es capaz de desarrollar suficiente voltaje para manejar completamente una entrada de 5V.



Figura 1.2 Sensor de Corriente SCT-013-030
Fuente: Electronilab 2015

1.5.1 COMPONENTES INTERNOS DEL SENSOR

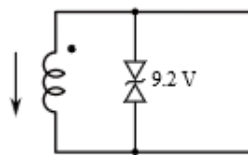


Figura 1.3 Esquema simplificado electrónico del sensor de corriente
Fuente: Electronilab 2015

En la Figura 1.3 la flecha de corriente representa la corriente que sale de la cara de la carcasa del SENSOR con la etiqueta "SCT-013-000", es decir, en la dirección de las flechas que se encuentran en la carcasa, luego la punta del enchufe (cable blanco) es positiva con respecto al manguito. (cable rojo)

El anillo del enchufe no está conectado.

El propósito del supresor de voltaje transitorio es limitar el voltaje que puede aparecer en el enchufe y en los devanados a un valor seguro si el transformador se desenchufa de la carga en el transmisor / instrumento, mientras que el primario está energizado.

Tabla 0.1.1 Especificaciones técnicas del sensor de corriente

Especificaciones	Valores
Entrada nominal:	0 – 100 A
Salida nominal:	0 – 50 mA
Exactitud:	$\pm 1\%$
Linealidad:	$\pm 3\%$
Relación de vueltas:	1:1800
Phase Shift:	$\leq 180^\circ$
Max. Sampling resistance:	10 Ω
Voltaje de trabajo:	660V
Frecuencia de trabajo:	50 - 1 KHz
Temperatura Operativa:	-25... +70 °C
Peso:	55g

Fuente: (Electronilab 2020)

1.6 SENSOR DE VOLTAJE

El sensor ZMPT101B es un módulo transformador de voltaje alterno que permite medir voltaje alterno como el que se tiene en los hogares, este voltaje AC (Corriente alterna) no puede ser medido directamente por el ADC (Analog to digital converter) de un microcontrolador, pues escapa al rango de entrada estándar de estos, que es de 0 V a 5V máximo. Este módulo soluciona el problema reduciendo el voltaje AC (Corriente alterna) de entrada a un voltaje menor que pueda ser leído por cualquier otro microcontrolador.

El modulo está integrado por un transformador que cumple la función de aislamiento galvánico para mayor seguridad en el uso. El lado primario del transformador se conecta al

voltaje alterno que se desea medir. En el lado secundario del transformador se encuentra un divisor de tensión y un circuito con amplificador operacional (OPAMP LM358) para adicionar un desplazamiento (offset) a la salida análoga.

Soporta voltajes de entrada de hasta 250VAC y entrega una onda senoidal de amplitud regulable por un potenciómetro en placa. La onda senoidal de salida está desplazada positivamente para que la onda no tenga voltajes negativos y así poder leer la onda completamente con el ADC. El desplazamiento depende del voltaje con el que se alimenta el módulo: si el voltaje de alimentación es de 5V el desplazamiento será de 2.5V y si se alimenta el módulo con 3.3V el desplazamiento será de 1.65V. El circuito de acondicionamiento de señal permite que el voltaje de salida del módulo pueda ser leído por cualquier microcontrolador con entrada analógica (ADC), de esta forma es posible leer el voltaje instantáneo y realizar cálculos de energía, como: voltaje pico a pico (V_{pp}) y voltaje eficaz (V_{rms}).

Ideal para aplicaciones de monitoreo de energía eléctrica, muy común en aplicaciones de domótica e IoT (Internet of Things) como: Medidores de energía conectados a internet por Wifi/Bluetooth/GSM/LoRa. Debido a la naturaleza de los transformadores solo puede medir voltaje AC.



Figura 1.4 Sensor de Voltaje
Fuente: electropeak 2017

Tabla 1.0.2 Especificaciones técnicas del sensor de voltaje

Especificaciones técnicas	Valores
Voltaje de alimentación:	3.3 – 5V DC
Voltaje alterno de entrada:	250 V AC max.
Señal de salida:	analógica senoidal
Dimensiones:	5x2x2.4 cm
Diferencia de fase:	<30° (a 50Ω)
Rango lineal:	0 – 3 mA
Linealidad:	1%
Precisión:	0.2%
Aislamiento eléctrico:	3000V max

Fuente: (electropeak, 2020)

1.7 Corte de Luz o apagón eléctrico

En algunas ocasiones el suministro de energía eléctrica a domicilios y fabricas puede fallar, por tal motivo comúnmente es utilizado equipos especiales llamados UPS (uninterruptible power supply), para continuar trabajando o para dar un tiempo a los operarios de ciertos equipos para una desconexión segura o en algunos casos con sistemas más sofisticados dar la oportunidad de encender generadores de energía secundarios y así evitar perder tiempo en la producción. Existen muchas razones por las cuales la distribución de energía eléctrica puede fallar, pueden ser defectos en las subestaciones eléctricas, daños intencionales o accidentales en las líneas eléctricas comúnmente por caída de árboles, o choques en los postes de energía, otro caso muy comúnmente asociado al corte de luz es el de sobrecargas en los transformadores o mantenimiento en las subestaciones. El tiempo en que cada corte de luz dependerá mucho del tipo de motivo que lo causo, por lo general cuando falla un transformador el tiempo de recuperación de la falla suele tardar entre dos y tres horas, para fallos más graves como perdidas de postes o incendios en subestaciones puede tardar mucho incluso días. (A. E. Motter, 2002)

CAPÍTULO 2.

MARCO METODOLOGICO

2.1 FUNDAMENTACION TEÓRICA

La fundamentación teórica para la realización de este proyecto se basara en el método sistémico en donde se estudiaran los sistemas de medición, los sistemas de control, los sistemas de comunicación, los sistemas de redes para el intercambio de información y los sistemas de almacenaje de datos, también se usara el método sintético, ya que al ser un proyecto técnico este deberá poder agrupar, cada una de sus partes en diferentes sistemas como es el sistema electrónico de medición, con el sistema electrónico de comunicación, junto con el de potencia de este modo el método sintético ayudara a reconstruir todos los sistemas individuales y formar en un conjunto completo y funcional. (Hurtado, 2008)

2.2 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de la Investigación que se usara para la creación del proyecto es la de recolección de información, la de revisión documental, estudio de casos y la de Medición, esto debido a que en la actualidad existe la idea de crear dispositivos IoT por todo el mundo lo cual ayudara a encontrar información acerca de ideas parecidas o de proyectos que usen diferentes módulos IoT que puedan ser de ayuda a la creación de este proyecto. Se usará el microcontrolador que actualmente (2019) está siendo mayormente usado en el mundo como es el ESP32, ya permite el uso de comunicaciones como Bluetooth, Wifi y LORA, esto junto a transformadores de corriente y voltaje que permitirá realizar visualizaciones gráficas de consumo eléctrico tanto de forma local como a través de plataformas Web de licencia gratuita, que permitan la monitorización desde cualquier lugar del mundo. (Hurtado, 2008)

2.3 MÉTODO E INSTRUMENTO DE LA INVESTIGACIÓN

El método que se utilizará como instrumento de la investigación para el desarrollo del dispositivo será el método sistemático, puesto que cada componente del dispositivo se puede separar como sistemas independientes que necesitan un estudio particular. (Hurtado, 2008)

2.4 PROCEDIMIENTO

El procedimiento para la realización del dispositivo será el de pruebas de modelos, experimentación con los diferentes tipos de componentes que necesita el proyecto y uso de tablas y gráficos estadísticos para mostrar el consumo eléctrico de cada artefacto medido. (Course Hero, 2018)

2.5 PRUEBA PILOTO

Para la prueba del dispositivo se necesitará colocar uno o varios prototipos de medición de consumo eléctrico en varios artefactos electrodomésticos en un hogar de prueba, por al menos 10 días o más en caso de ser necesario, de este modo se podrán obtener suficientes datos para realizar las comparaciones de consumo y poder realizar las gráficas en función del tiempo y consumo eléctrico mostrando estos resultados en un computador. (Course Hero, 2018)

CAPÍTULO 3.

PROPUESTA

3.1 Diagrama de bloques del funcionamiento del proyecto

La idea principal para cumplir los objetivos del proyecto es el de crear un sistema que funcione como un dispositivo IoT que pueda medir el consumo eléctrico de un electrodoméstico y que pueda enviar los datos recopilados a un servidor, para esto se necesitara un sensor de corriente y voltaje cuyas mediciones serán receptada por un microcontrolador, el cual a su vez realizara los cálculos para encontrar el valor de consumo y enviar estos resultados mediante un módulo de red a una base de datos. Además, se pretende poder controlar el dispositivo para poder desconectar la línea eléctrica del electrodoméstico conectado a este. Figura 3.1 Diagrama propuesto para la solución del problema.

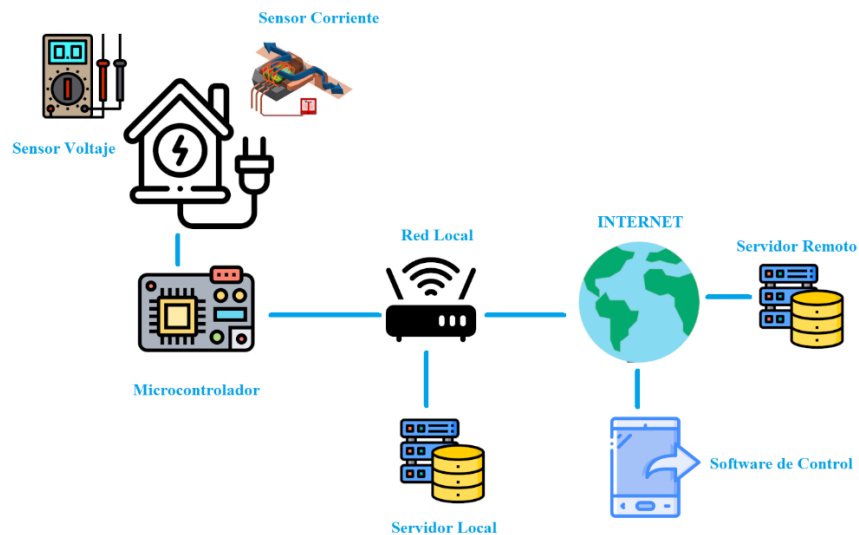


Figura 3.1 Diagrama de bloques del sistema
Fuente: Elaborado por el autor

3.2 Componentes del prototipo

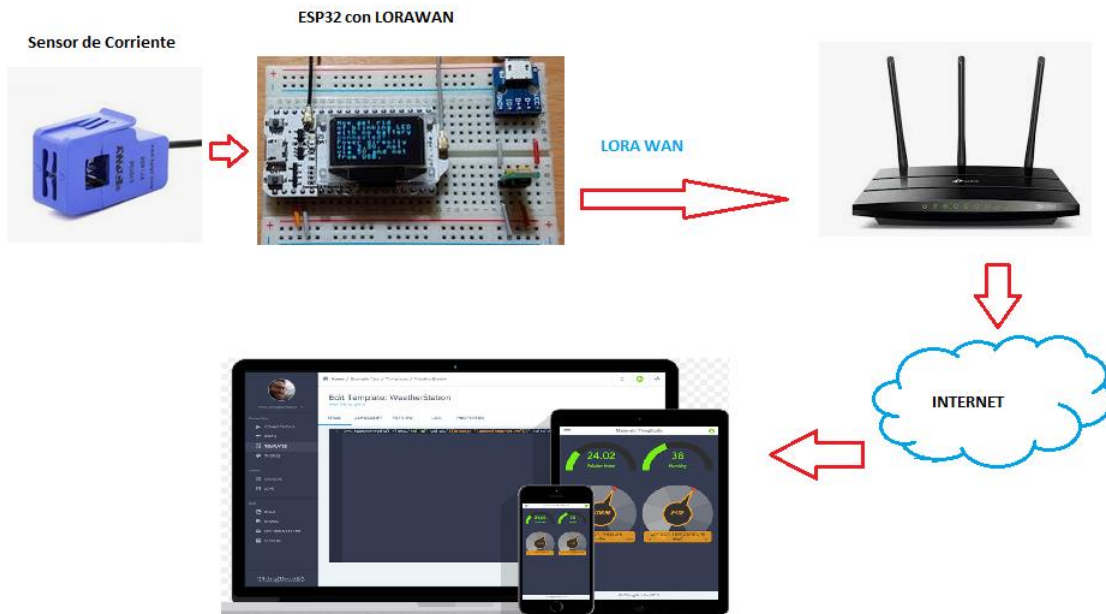


Figura 3.2 Módulos que componen el sistema
Fuente: Elaborado por el autor

Para resolver el objetivo específico que dice: Identificar cuáles son los problemas que con lleva la instalación de dispositivos IoT en la actualidad. Se ha optado por conseguir un sensor no invasivo el cual permitirá la instalación de nuestro dispositivo sin tener que realizar cambios significativos en el electrodoméstico como por ejemplo el de tener que pelar cables, desarmar el electrodoméstico para instalar el dispositivo etc. En segundo lugar, se optó por el microcontrolador ESP32 que ya viene con módulos Bluetooth y Wifi incorporados, además se optó por la tarjeta Heltec Lora Wan para aprovechar la pantalla OLED de este modo se podrá conectar el dispositivo IoT en cualquier electrodoméstico se podrá detectar y configurar la red sin tener que programar la tarjeta continuamente. Mediante un Cloud IoT gratuito se podrá visualizar los datos obtenidos en cualquier lugar del mundo, mediante el dispositivo IoT para medir el consumo eléctrico del hogar como se muestra en la ilustración de la Figura 3.2.

3.3 Conexión de la batería al microcontrolador

Para llevar un monitoreo completo del consumo de luz de los dispositivos conectados, se ha dispuesto la conexión de una batería led para que cuando exista un corte de luz el dispositivo creado pueda llevar la cuenta de cuánto tiempo se ha producido el corte. Un microcontrolador ESP32 tiene un consumo de aproximadamente 145 mA por cada hora al estar conectado a una red WiFi, el segundo microcontrolador Arduino Nano tiene un consumo de 15 mA por cada hora, los dos sensores tienen un consumo mínimo, según los datos de los datashhet tienen en promedio un consumo de 0.8 mA cada uno a 5 voltios, lo que es lo mismo que 16 mA, lo que en total el sistema necesita 176 mA. Para calcular el tiempo que la batería podrá entregar carga al dispositivo se procede a utilizar la siguiente fórmula:

ECUACIÓN 3. CÁLCULO DE TIEMPO DE AUTONOMÍA

$$tiempo = \frac{Carga\ de\ la\ bateria}{Consumo\ del\ dispositivo}$$

Fuente: Charles K., 2007

La capacidad de la batería se lo obtiene a partir de sus datos impresos en su envoltura para la batería seleccionada para este proyecto la corriente es 300mAh para calcular su carga en Coulombs “C” se dispone la utilización de la siguiente fórmula donde “I” es la Corriente y “t” es el tiempo en segundos:

$$C = I * t$$

$$C = 0.3\ A * 3600\ s$$

$$C = 1080\ Coulombs$$

El consumo del dispositivo es de 176 mA lo mismo que decir 0.176 Amperios, para calcular la cantidad de Coulombs que se necesita por cada hora se lo realiza de la siguiente manera:

$$\frac{C}{h} = \frac{0.176A}{h} * 3600\ s = 633.6\ Coulombs/hora$$

Por lo que la autonomía del dispositivo se calculara de la siguiente forma:

$$tiempo = \frac{1080 C}{633.6 C/h} = 1.7 \text{ horas}$$

3.4 Conexión del sensor de corriente al microcontrolador

Para conectar un sensor (transformador de corriente) a un microcontrolador, la señal de salida del sensor debe estar condicionada para que cumpla con los requisitos de entrada de las entradas analógicas de un microcontrolador, es decir, un voltaje positivo entre 0 Voltios y el voltaje de referencia del ADC del microcontrolador. Figura 3.3 se muestra el esquema eléctrico, así como la señal esperada a ser medida por el sensor de corriente.

Esto se puede lograr con el siguiente circuito que consta de dos partes principales:

- El sensor de (transformador de corriente) y la resistencia de carga 22 Ohm
- El divisor de tensión de polarización (R1 y R2)

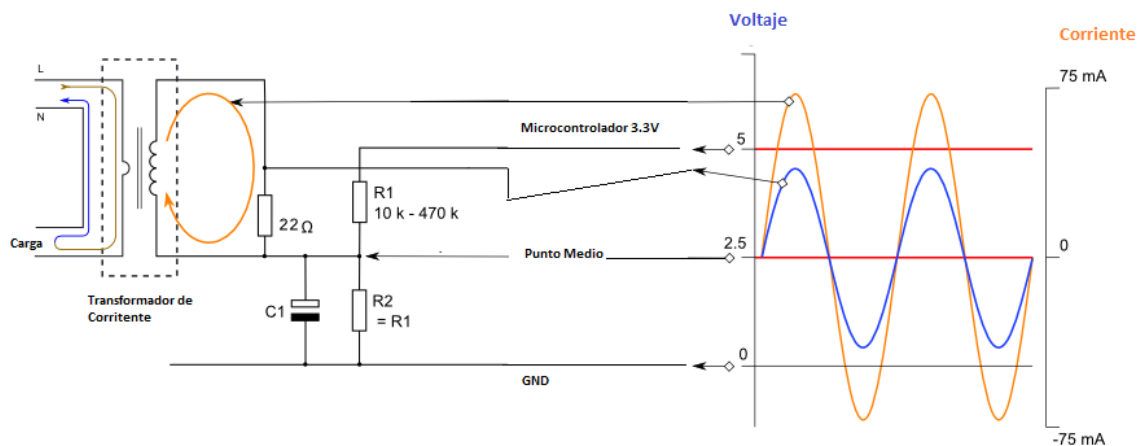


Figura 3.3 Conexión eléctrica entre el sensor y el microcontrolador

Fuente: Elaborado por el autor

-Resistencia de Carga calculada para 3.3V es de 22 Ohm

-La corriente de salida del transformador es de 50mA rms = 70.7mA pico = 141.4mA pico-pico

-Esto genera un voltaje de $141.4\text{mA} \times 22\Omega = 3.1108 \text{ V}$ pico-pico

Si el sensor de corriente tiene como salida corriente como en nuestro caso es necesario convertir esta señal de corriente en voltaje mediante una resistencia de carga. Se calcula la resistencia de carga de la siguiente forma:

El sensor de corriente SCT-0.13-0000 CT tiene un rango de medición de corriente de 0 A a 100 A

Por lo tanto, al convertir el valor máximo que se requiere medir que son 100 Amperios, primero se convierte el valor de la corriente RMS máxima a corriente pico:

ECUACIÓN 4. CORRIENTE PICO DEL PRIMARIO

$$\text{Corriente pico del primario} = I_{rms} * \sqrt{2} = 100 \text{ A} * 1.4142 = 141.4 \text{ A}$$

Fuente: Charles K., 2007

Se divide la corriente primaria por el número de vueltas de la bobina sobre el núcleo en este caso son aproximadamente 2000 vueltas, y se encuentra la corriente pico de la bobina secundario

ECUACIÓN 5. CORRIENTE PICO DEL SECUNDARIO

$$\text{Corriente pico del secundario} = \text{Corriente pico primario} / \text{num.vueltas} = 141.4 \text{ A} / 2000 = 0.0707 \text{ A}$$

Fuente: Charles K., 2007

Para maximizar la resolución de la medición, el voltaje a través de la resistencia de carga en el pico de corriente debe ser igual a la mitad del voltaje de referencia analógico del controlador

ECUACIÓN 6. RESISTENCIA DE CARGA IDEAL

$$\text{Resistencia de carga ideal} = (AREF/2) \text{ Corriente pico del secundario} = 1.65\text{V}/0.0707 \text{ A} = 23.33\Omega$$

Fuente: Charles K., 2007

AREF = 3.3 Voltios para el ESP32 Heltec V2

Sin embargo, al tener que usar una batería para alimentar el microcontrolador el voltaje de referencia AREF no siempre dará los 3.3 voltios ya que irá disminuyendo con el

paso del tiempo por lo que será necesario calcular una resistencia que tome en cuenta que el voltaje caiga hasta unos 2.7 voltios por lo que la resistencia ideal de carga seria:

$$\text{Resistencia de carga ideal} = (A \cdot R_{EF} / 2) \text{ Corriente pico del secundario} = 1.35V / 0.0707$$

$$A = 19.1\Omega$$

19.1 Ω no es una resistencia común por lo tanto hay que escoger una resistencia comercial que se encuentre cerca a este valor.

Lista de resistencias comerciales

ROW	GOLD	BLACK	BROWN	RED	ORANGE	YELLOW	GREEN
1-	1R0	10R	100R	1K0	10K	100K	1M0
2-	1R1	11R	110R	1K1	11K	110K	1M1
3-	1R2	12R	120R	1K2	12K	120K	1M2
4-	1R3	13R	130R	1K3	13K	130K	1M3
5-	1R5	15R	150R	1K5	15K	150K	1M5
6-	1R6	16R	160R	1K6	16K	160K	1M6
7-	1R8	18R	180R	1K8	18K	180K	1M8
8-	2R0	20R	200R	2K0	20K	200K	2M0
9-	2R2	22R	220R	2K2	22K	220K	2M2
10-	2R4	24R	240R	2K4	24K	240K	2M4
11-	2R7	27R	270R	2K7	27K	270K	2M7
12-	3R0	30R	300R	3K0	30K	300K	3M0
13-	3R3	33R	330R	3K3	33K	330K	3M3
14-	3R6	36R	360R	3K6	36K	360K	3M6
15-	3R9	39R	390R	3K9	39K	390K	3M9
16-	4R3	43R	430R	4K3	43K	430K	4M3
17-	4R7	47R	470R	4K7	47K	470K	4M7
18-	5R1	51R	510R	5K1	51K	510K	5M1
19-	5R6	56R	560R	5K6	56K	560K	5M6
20-	6R2	62R	620R	6K2	62K	620K	6M2
21-	6R8	68R	680R	6K8	68K	680K	6M8
22-	7R5	75R	750R	7K5	75K	750K	7M5
23-	8R2	82R	820R	8K2	82K	820K	8M2
24-	9R1	91R	910R	9K1	91K	910K	9M1
							10M
							BLUE

Figura 3.4 Resistencias comerciales

Fuente: Mteheran 2009

Se puede escoger una resistencia de 18 o 22 Ω . Como se explicó anteriormente esta resistencia es para poder usar el sensor de corriente cuando se coloquen electrodomésticos que necesiten valores cercanos a los 100 amperios para su funcionamiento.

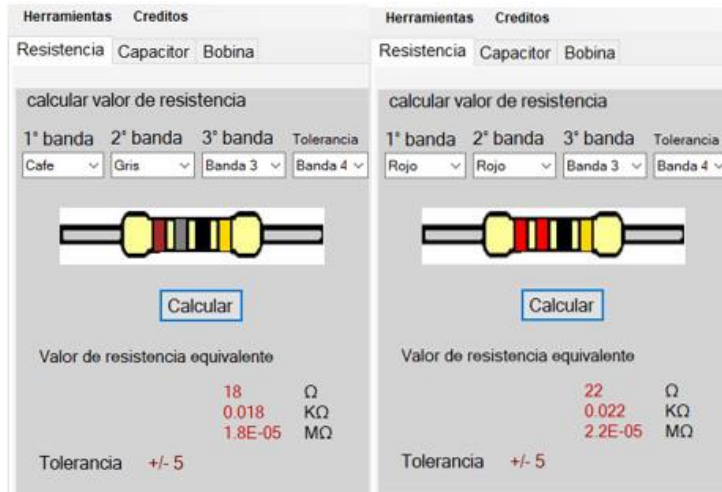


Figura 3.5 Resistencias que se pueden utilizar

Fuente: Mteheran 2009

- El divisor de tensión de polarización (R1 y R2)

Si tuviera que conectar uno de los cables del transformador de corriente a tierra y medir el voltaje del segundo cable, en relación a tierra, el voltaje variaría de positivo a negativo con respecto a tierra. Sin embargo, las entradas analógicas de un microcontrolador requieren un voltaje positivo. Al conectar el cable del transformador de corriente, se conecta a tierra, a una fuente a la mitad de la tensión de alimentación. La tensión de salida del transformador de corriente ahora oscilará por encima y por debajo de 1.65 V, por lo que seguirá siendo positiva.

Los resistores R1 y R2 en el diagrama son un divisor de voltaje que proporciona la fuente de 1.65V. El condensador C1 tiene una reactancia baja (unos pocos cientos de ohmios) y proporciona una ruta para que la corriente alterna pase por alto la resistencia. Un valor de 10 μ F es adecuado.

Elegir un valor adecuado para las resistencias R1 y R2. Una mayor resistencia reduce el consumo de energía. Se utiliza resistencias de 470 k Ω para mantener el consumo de energía al mínimo, ya que está diseñado para funcionar con baterías durante varias horas.

3.5 Calibración del sensor de corriente

El fabricante del sensor de corriente sugiere que se calcule una resistencia de carga de 18 a 22 Ω (ver formula en página 25) para el valor máximo de corriente que soporta este sensor, que son 100 Amperios, pero como se puede observar en la Figura 3.6, para un electrodoméstico estándar que consume aproximadamente 500 Watios con voltaje de 120 Voltios, da un valor de 4.16 Amperios, pero en la señal apenas se puede identificar la onda sinusoidal.

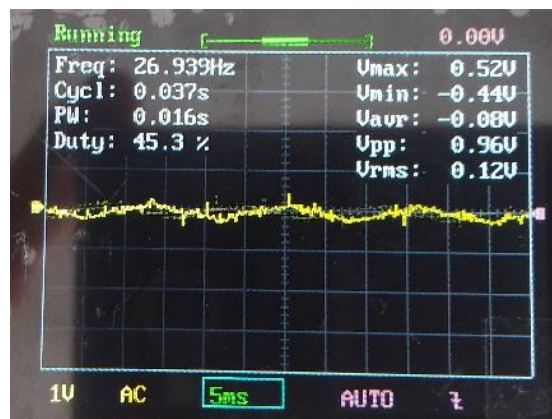


Figura 3.6 Calibración de sensores

Fuente: Elaborado por el autor

En el caso de usar un dispositivo que consuma 6000 Vatios, alrededor de 50Amperios se modifica la resistencia de carga a 68 Ω , como se muestra en la Figura 3.7 tampoco se puede observar claramente la señal sinusoidal para un electrodoméstico estándar.

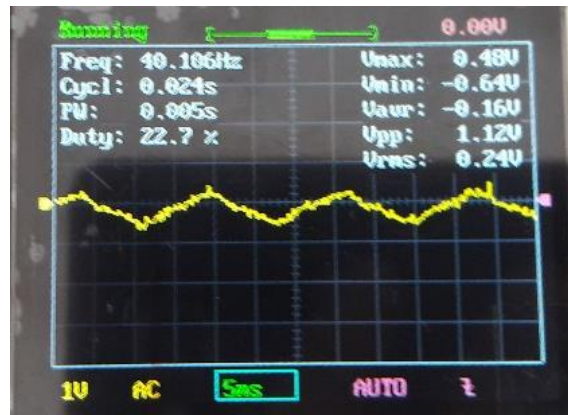


Figura 3.7 Calibración de sensores
Fuente: Elaborado por el autor

Por lo que se solucionó este problema tomando en cuenta que el electrodoméstico que más consume es un horno eléctrico aproximadamente 2000 Vatios lo mismo que 16.67 Amperios con 120 voltios, por lo que se calculó la resistencia de carga con un máximo de 20 Amperios, como se observa en la Figura 3.8 la señal no es perfecta, pero con un voltaje pico-pico de 0.56 voltios el microcontrolador ya puede realizar lecturas y calcular la corriente que consume un electrodoméstico o dispositivo.

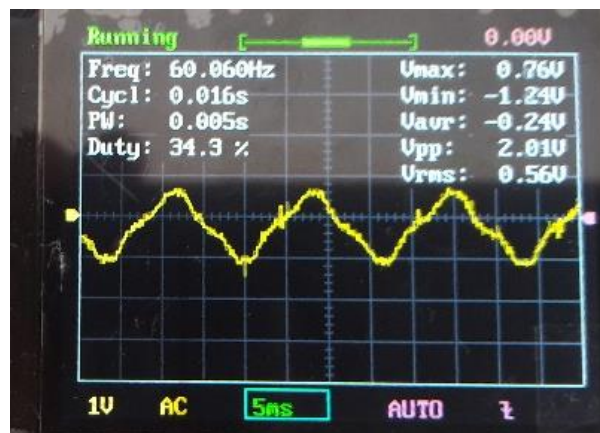


Figura 3.8 Calibración de sensores
Fuente: Elaborado por el autor

3.6 Lectura del voltaje

El módulo con el sensor de voltaje es más fácil de usar que el sensor de corriente este dispone de pines de alimentación y la señal analógica sinusoidal de salida, por lo que al usarlo

bastara con colocar conectores en la PCB diseñada, el esquema de conexión se muestra en la Figura 3.9.

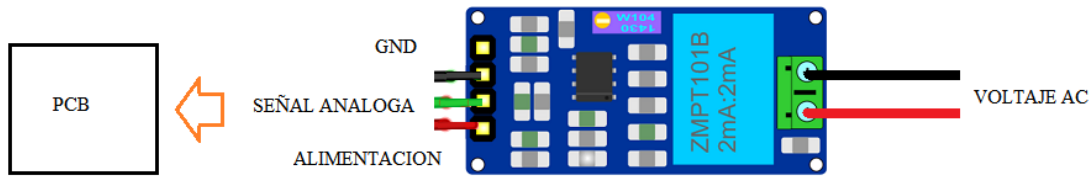


Figura 3.9 Conexión sensor corriente
Fuente: Elaborado por el autor

3.7 Calibración del sensor de voltaje

Antes de poder implementar el circuito en una PCB (Printed Circuit Board), es necesario comprobar el funcionamiento de los sensores, se realiza la calibración de los sensores cuando el proyecto está en prototipo como se muestra en la Figura 3.10 para encontrar fallas y corregirlas antes de implementar el circuito final.

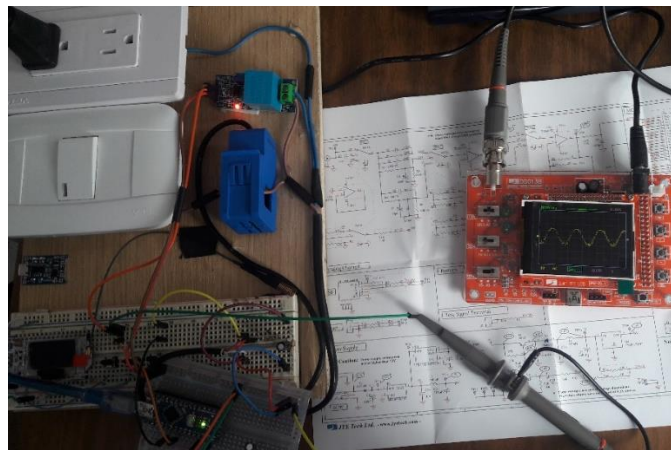


Figura 3.10 Calibración de sensores
Fuente: Elaborado por el autor

En la Figura 3.11 se muestra la salida del sensor de voltaje, como se puede observar la señal no es sinusoidal perfecta, lo que representa que el sensor no está entregando la señal

que debería mostrar, lo cual significa que debe ser calibrado antes de su uso. Mediante el uso de un osciloscopio.

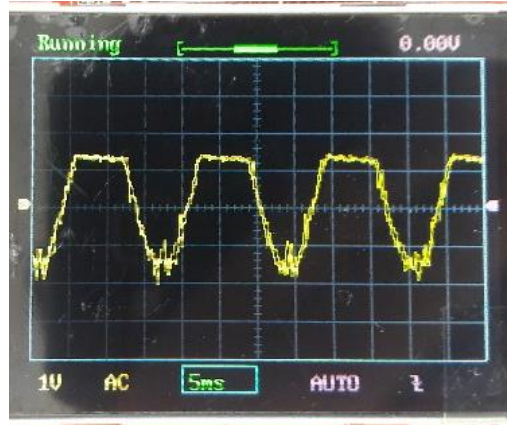


Figura 3.11 Señal de un sensor no calibrado
Fuente: Elaborado por el autor

El sensor posee un potenciómetro de precisión justo alado del transformador de voltaje, con precaución se procedió a mover el tornillo de ajuste y mientras se observa en la pantalla del osciloscopio se trata de ajustar la señal a una sinusoidal perfecta con el valor pico-pico más grande posible, como se muestra en la Figura 3.12.



Figura 3.12 Tornillo de ajuste para la calibración del sensor
Fuente: Elaborado por el autor

Como se observa en la Figura 3.13, el voltaje pico-pico máximo que se pudo obtener sin tener una señal distorsionada fue de 2.81 voltios, lo cual es suficiente para que el ADC

del microcontrolador pueda medirlo y calcular el valor del voltaje que entrega el tomacorriente de cualquier casa.

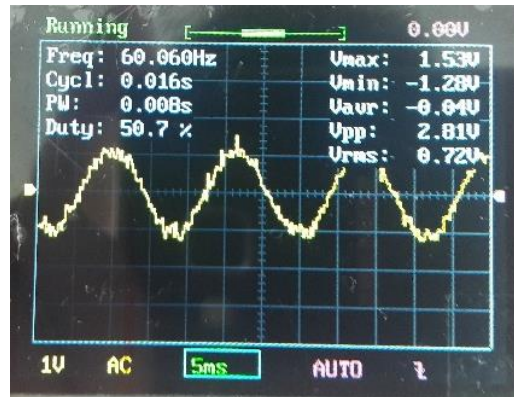


Figura 3.13 Señal calibrada del sensor de voltaje
Fuente: Elaborado por el autor

3.8 Diseño del circuito electrónico

Para el desarrollo del circuito electrónico a implementar se ha dispuesto el uso del software Autodesk Eagle, que facilita el uso de librerías y componentes necesarios para desarrollar el prototipo en PCB y modelado 3D. En la Figura 3.14 se muestra el circuito completo con la conexión de los sensores, botones, el circuito divisor de voltaje necesario para la lectura del sensor de corriente al microcontrolador AVR de un Arduino Nano y la comunicación serial de este al microcontrolador Heltec ESP32 Lora Wan. Se observa que con este software de diseño se crea un circuito más sencillo de leer y entender, puesto que los tags colocados en cada pin de los elementos evitan el uso líneas de conexión que volverían inentendible la lectura del esquema electrónico.

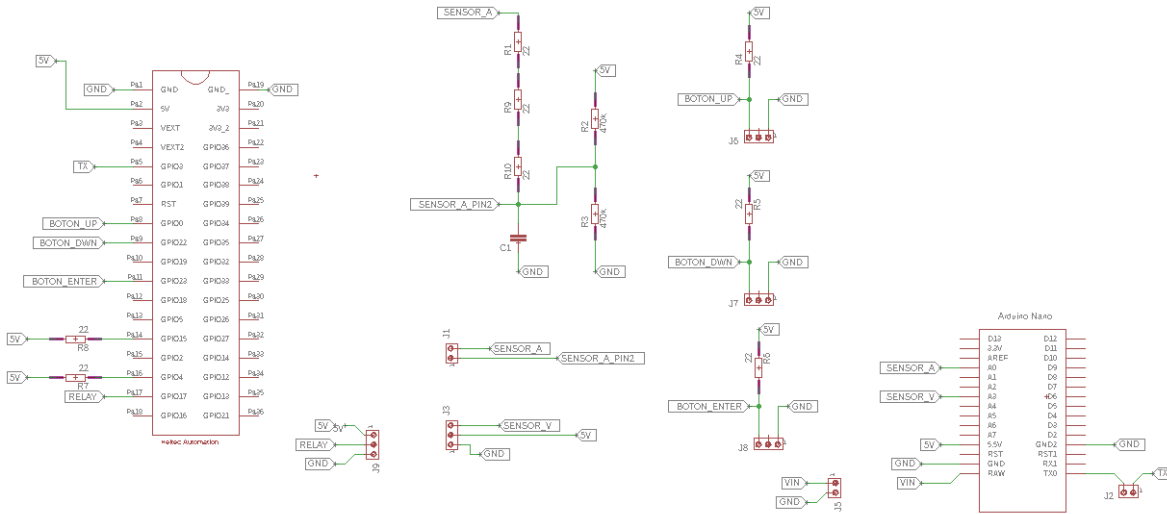


Figura 3.14 Circuito completo del dispositivo
Fuente: Elaborado por el autor

3.8.1 Conexión de los sensores al microcontrolador

Como se explicó en el capítulo 3 y tomando como referencia la imagen de la Figura 3.15, para conectar el sensor de corriente se requiere de un circuito extra que limite la corriente para que el ADC del microcontrolador pueda leer los valores de medición. Como se muestra en la Figura 19 las resistencias y el capacitor que se colocara en la PCB.

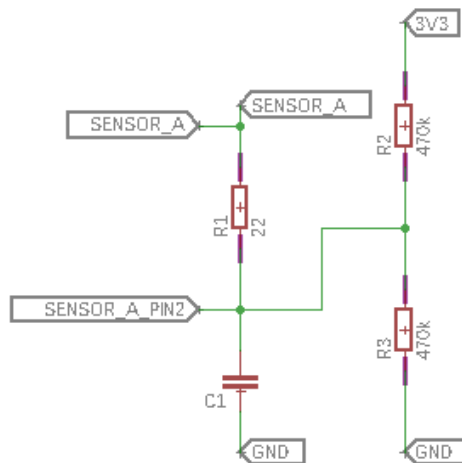


Figura 3.15 Conexión del sensor de corriente
Fuente: Elaborado por el autor

Para el sensor de voltaje la conexión es más sencilla puesto que simplemente hay que conectar el pin de salida del módulo de voltaje con el pin de entrada del microcontrolador, en la Figura 3.16 se muestra las conexiones del sensor de voltaje SENSOR_V y el sensor de corriente SENSOR_A al microcontrolador.

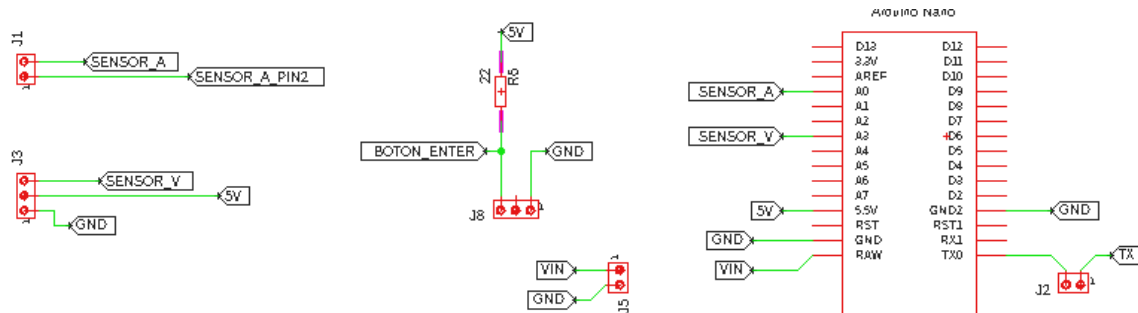


Figura 3.16 Conexión de los sensores al microcontrolador
Fuente: Elaborado por el autor

3.9 Simulación de la PCB

En la Figura 3.17 se muestra la simulación dada por el software Eagle Autodesk para la creación de la PCB (Printed Circuit Board) que será fabricada para el desarrollo del prototipo.

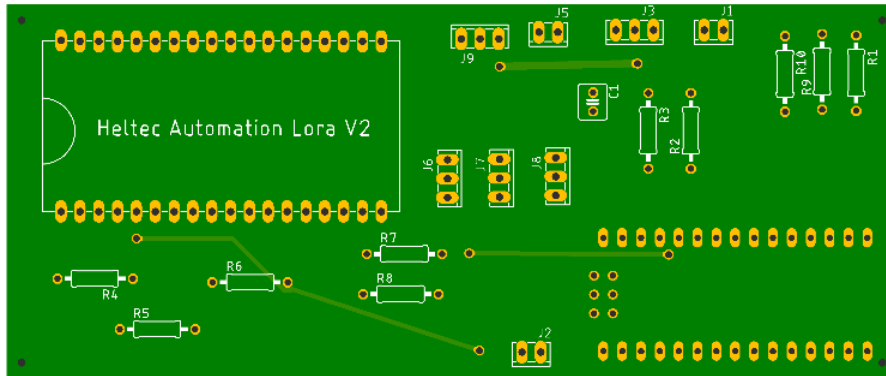


Figura 3.17 Diseño simulado de la PCB
Fuente: Elaborado por el autor

3.10 Programación del microcontrolador

Para entender mejor la programación del microcontrolador, se ha dispuesto la separación entre la programación de la conexión a Internet y el programa que monitorea el consumo eléctrico. En la Figura 3.18 se muestra el algoritmo que se programó para la conexión a internet, después de la pantalla de bienvenida se procede a escanear las redes que se encuentran cerca del dispositivo, la pantalla del microcontrolador entonces muestra todas las disponibles, mediante los pulsadores se puede escoger con cual red se desea hacer la conexión, luego aparece el nombre de la red seleccionada durante un segundo y entonces la pantalla muestra un bloque en el que se debe escribir la contraseña, usando los tres pulsadores se puede escribir una contraseña que contenga letras mayúsculas minúsculas, números y símbolos comunes.

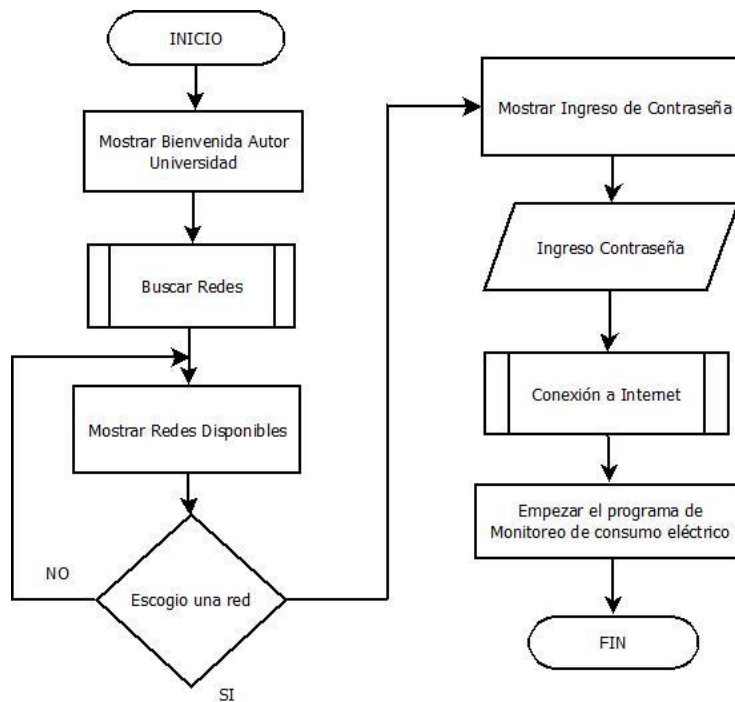


Figura 5 Algoritmo de conexión
Fuente: Elaborado por el autor

Luego de escoger la red e ingresar la contraseña se muestra una pantalla que dice si se conectó satisfactoriamente, y automáticamente empieza el programa de monitoreo a funcionar, este como se observa en la Figura 3.19, empieza a recibir los valores de cada sensor mediante comunicación serial desde el segundo microcontrolador que es el encargado de leer los sensores análogos de voltaje y corriente, este solo se encargara de obtener los valores de los sensores calcular el valor real que pasa por estos sensores gracias a la calibración realizada previamente, y enviar estos datos al microcontrolador principal, el cual con los valores de voltaje y corriente puede calcular la potencia, cuando ya se han calculado estos tres valores se procede a verificar que exista conexión a internet, si no la hay el programa volverá a intentar realizar la conexión con la red y contraseña ya almacenadas del algoritmo anterior, si existe la conexión los tres valores obtenido se envían a Internet donde se encuentra la base de datos.

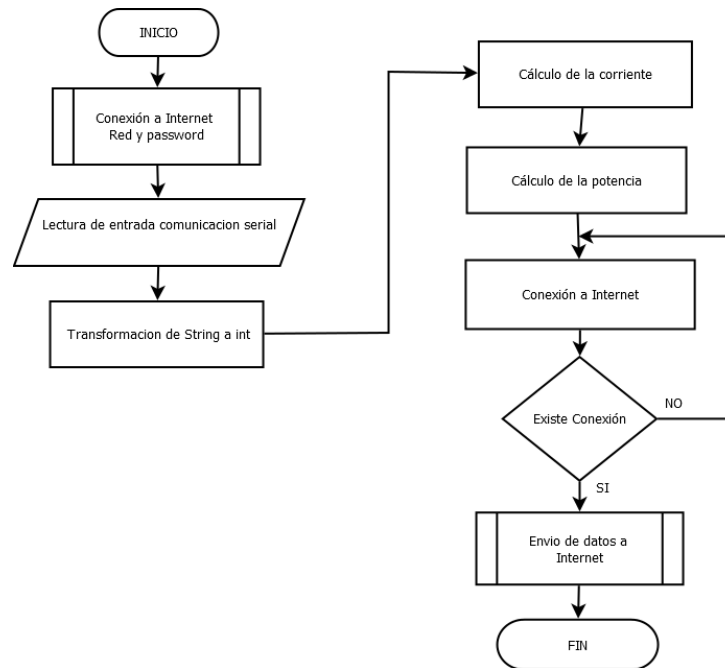


Figura 3.19 Algoritmo de programa principal
Fuente: Elaborado por el autor

3.11 Configuración de la base de datos en servidor Externo

Para poder observar los valores medidos y monitorizar el dispositivo desde cualquier lugar del mundo es necesario contar con una base de datos conectada a la Internet sin embargo durante la creación del proyecto se ha experimentado con varias empresas que ofertan bases de datos para dispositivos IoT como fue Ubidots, Node Red, Thingspeak sin embargo se notó que la mayoría de estas empresas ofrecen sus servicios de forma limitada, por ejemplo Ubidots ofrece un servicio completo para realizar monitorización y control de dispositivos IoT sin embargo su licencia gratuita únicamente puede ser utilizada por 30 días, Node Red ofrece un sistema de creación de servidores IoT completamente gratuita sin embargo para su conexión a Internet es necesario la contratación de un servidor remoto para su despliegue en la Internet, una opción económica resulto ser Thingspeak sin embargo este servidor únicamente permite almacenar datos, y mostrarlos en graficas en su propia página web, no permite la opción de envío bidireccional de datos entre el dispositivo y la base de datos por lo cual también termino siendo descartada. Una solución sencilla se encontró en el uso de

Firestore de Google, es una base de datos para aplicaciones web, aplicaciones móviles y desarrollo de tecnología, es una base de datos pagada únicamente cuando se sobrepasa un límite de almacenamiento o límite de conexiones simultáneas, al tener únicamente un dispositivo y máximo dos conexiones a la base de datos la licencia dada por Google es gratuita por un tiempo indefinido.

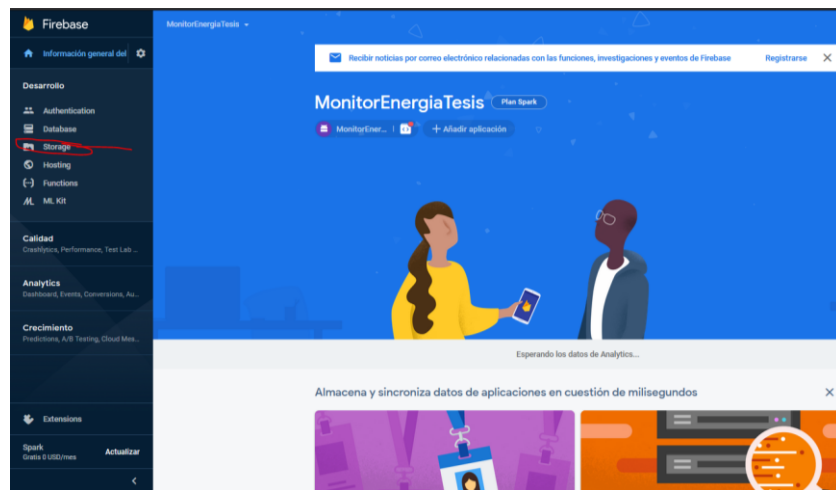


Figura 3.20 Administración de la cuenta Firebase

Fuente: Elaborado por el autor

En la Figura 3.20 se muestra la consola de Firebase, donde se pueden observar las distintas opciones de uso y configuración, en el caso del proyecto de monitorización de energía se optó por una base de datos sencilla sin reglas de seguridad y con un máximo de almacenamiento de 1Gbyte, para poder utilizar de forma indefinida en el proyecto. En la Figura 3.21 se muestra cómo se almacenan los datos recibidos desde el dispositivo que serán leídos desde un programa en una aplicación móvil. En el parent de “datosmonitor” se muestran todos los valores enviados por el dispositivo. En el parent “Usuarios” se colocarán los usuarios que podrán acceder a la base de datos. En el parent “EstadoDispo” se leerá y escribirá el estado de apagado o encendido, para controlar el uso de electricidad del electrodoméstico de forma remota.

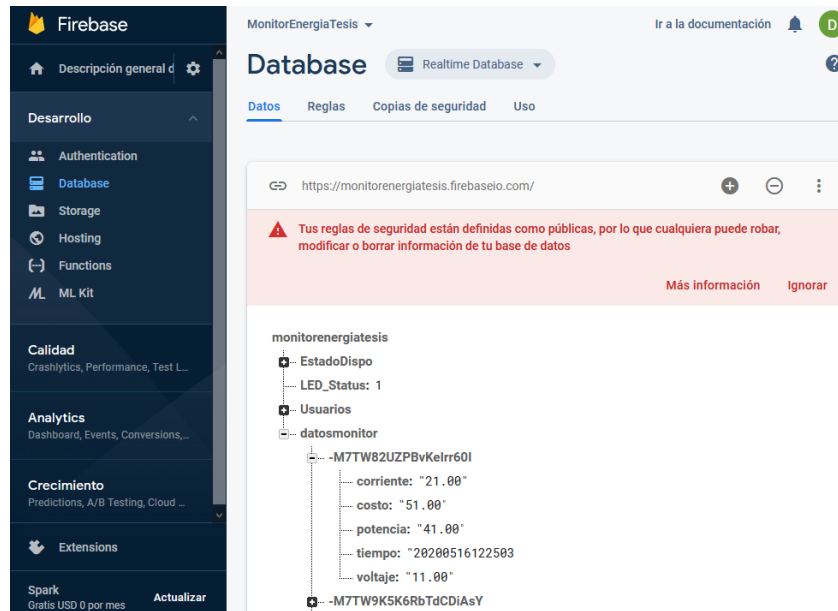


Figura 3.21 Base de datos
Fuente: Elaborado por el autor

3.12 Configuración de la base de datos en servidor Local

Para la creación de un servidor local se ha dispuesto el uso de XAMPP como se observa en la Figura 3.22, que permite la instalación en cualquier computador Windows, y que sirva como servidor web con una base de datos de MySQL para poder recopilar los datos enviados por el dispositivo y que sirva de respaldo al servidor remoto instalado previamente.

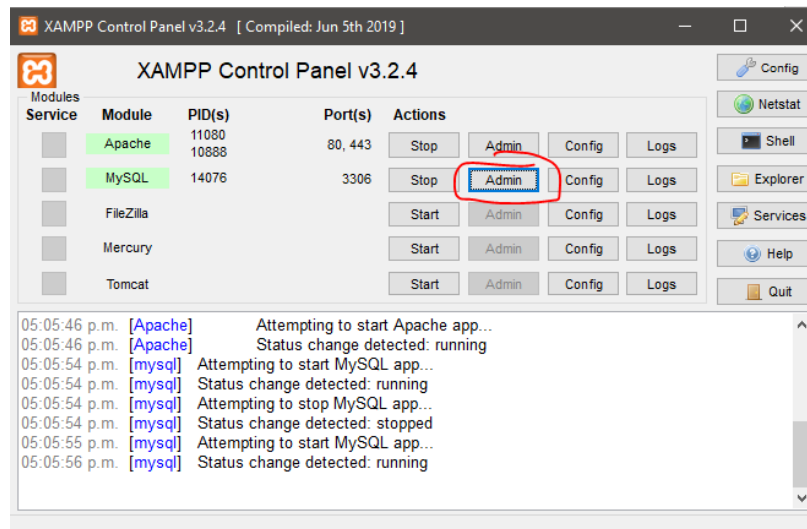


Figura 3.22 Panel de control de XAMPP
Fuente: Elaborado por el autor

3.13 Programación del software para control y monitorización

La creación de un software que permita la conexión a la base de datos remota se la realizó mediante el uso del programa Android Studio, que mediante el lenguaje de programación java se efectuó la programación de una aplicación móvil, que permita la comunicación con la base de datos en el servidor de Firebase, además en esta aplicación podrá observarse de forma gráfica los valores de los tres datos medidos por el dispositivo, como son el voltaje de funcionamiento la corriente usada, y la potencia que consume cualquier artefacto conectado, mostrando la fecha en el eje x y los valores en el eje y, cada valor se podrá observar de forma individual. La aplicación también podrá también escribir el estado que se desee posea el dispositivo, esto quiere decir que con un switch gráfico, que se encuentra debajo de las opciones de Voltaje Corriente y Potencia en la pantalla de Layout de Android Studio ala derecha de la pantalla de programación, con la interfaz programada con estas cuatro opciones, tal como se muestra en la Figura 3.23, podrá escribir si el dispositivo deberá están en ON o en OFF, de esta forma se controlará el consumo de corriente del electrodoméstico conectado en el dispositivo.

Una característica que se aumentó a la aplicación móvil es el de una pantalla de inicio que pida una identificación al usuario, de esta forma se puede controlar quien accede al

software de control para monitorizar el consumo de electricidad de un dispositivo y se permite evitar que se manipule incorrectamente el control del dispositivo.

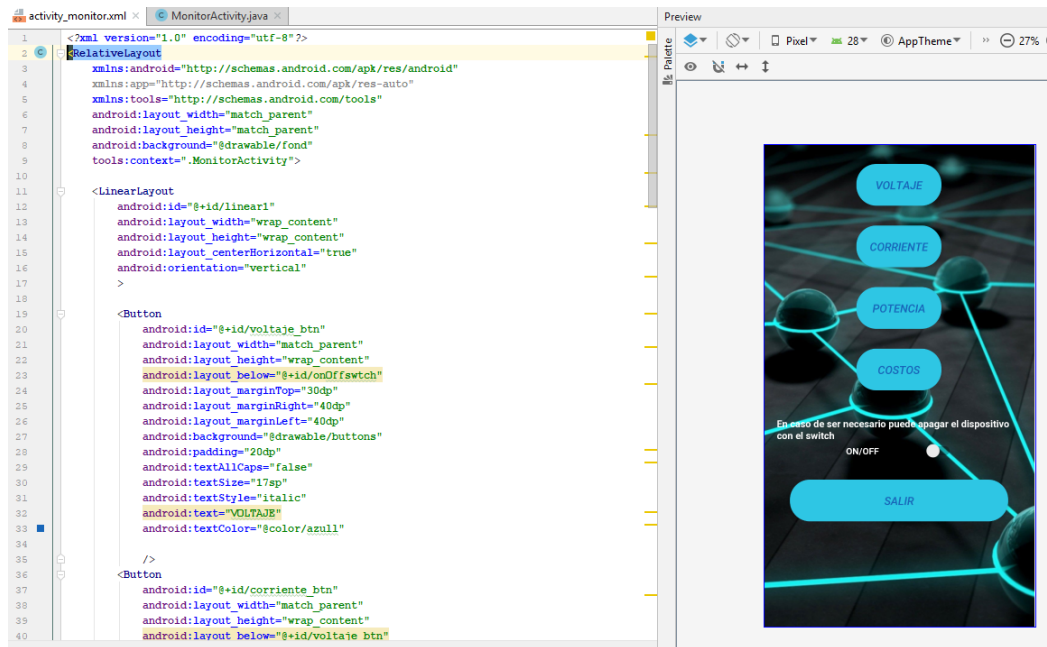


Figura 3.23 Desarrollo software

Fuente: Elaborado por el autor

3.14 Diseño de la carcasa del dispositivo

En la Figura 3.24 se muestra el diseño de la disposición de los elementos electrónicos y eléctricos del dispositivo, se puede observar que se ha dispuesto los elementos que se conectan a la red de 120 V AC de forma que se encuentren ligeramente alejados de los sistemas de 5 voltios DC como son la PCB con los microcontroladores.

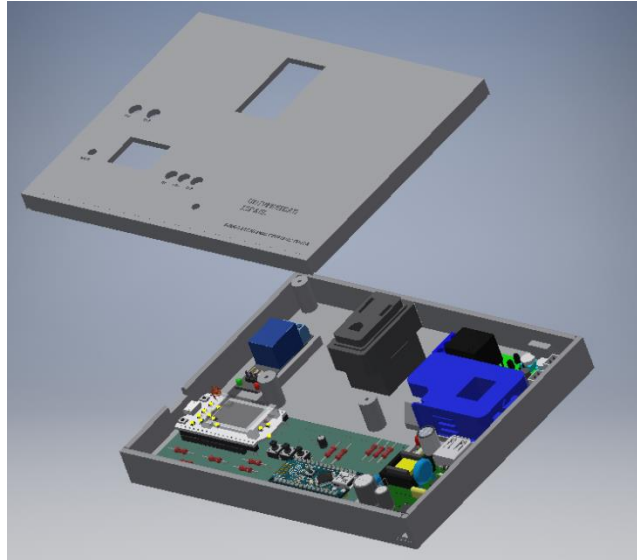


Figura 3.24 Disposición de los elementos dentro de la carcasa
Fuente: Elaborado por el autor

Para solucionar el problema de los botones se ha dispuesto la creación en impresión 3D de pequeños palitos con forma de botón alargado para conseguir presionar los interruptores de la PCB como se observa en la Figura 3.25.

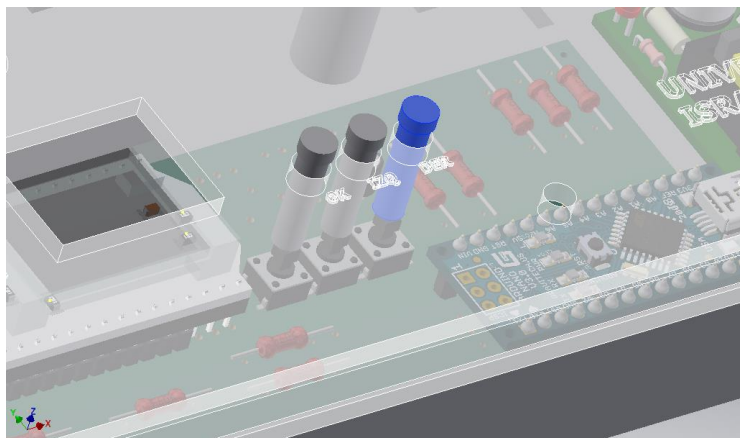


Figura 3.25 Botonera para los menús
Fuente: Elaborado por el autor

En la Figura 3.26 se muestra como deberá mostrarse el dispositivo en su presentación final, estará completamente cerrado a excepción de la pantalla Oled y los indicadores visuales tanto del relé como de la batería y del 2do microcontrolador para conocer su estado.



Figura 3.26 Dispositivo con su presentación final
Fuente: Elaborado por el autor

CAPÍTULO 4.

IMPLEMENTACIÓN

4.1 Desarrollo

4.1.1 Montaje del prototipo

La construcción física del dispositivo se la realizo de forma manual y casera mediante el uso de placas de cobre Baquelitas, ácido FeCl_3 cloruro férrico, para la obtención del circuito creado en el diseño del proyecto, en el capítulo 3, en la Figura 4.1, ese muestra el circuito completo con los componentes ya con los elementos soldados e instalados, los microcontrolador están colocados sobre unos espadines hembras lo cual permitirá su reemplazo de forma fácil en caso de ser necesario, en la parte superior de la placa se encuentran otros espadines que perteneces a los dos sensores y un actuador, también se ha colocado un espadín hembra para la conexión de la placa a una fuente de voltaje externa.

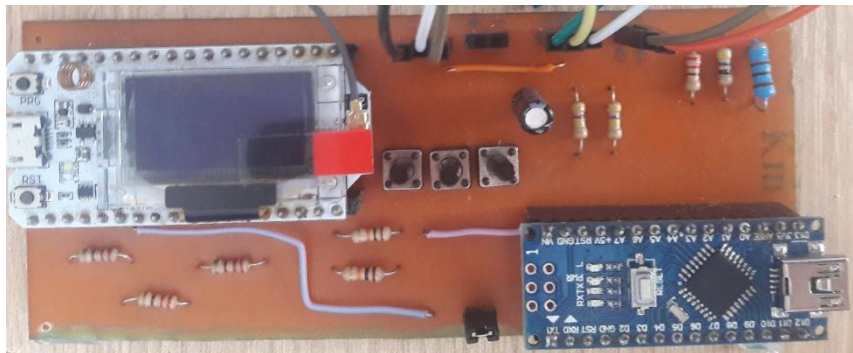


Figura 4.1 Circuito Electrónico
Fuente: Elaborado por el autor

En la Figura 4.2 se muestra el dispositivo completo, conectado a la red eléctrica para su alimentación mediante un circuito regulador de 6 voltios DC y su conexión AC a un enchufe donde se conectará el electrodoméstico.

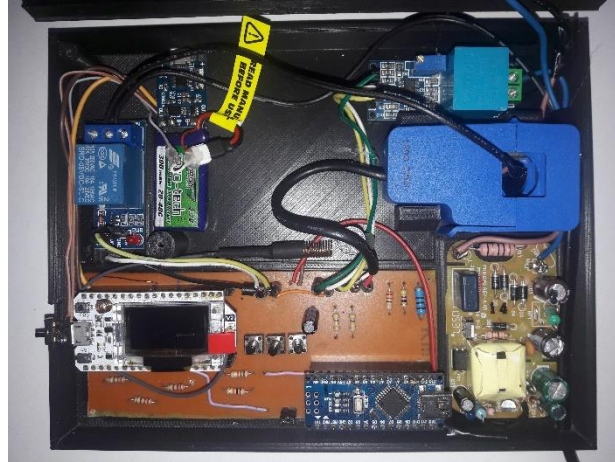


Figura 4.2 Descripción de los componentes del dispositivo
Fuente: Elaborado por el autor

4.2 Implementación

4.2.1 Visualización de los datos en la Base de Datos Remota

En la Figura 4.3 se muestra la base de datos real usada en el proyecto, cada “parent” recopila y almacena la información de forma ordenada que facilita la lectura y escritura de cada parámetro necesario en el funcionamiento del proyecto. El valor que se encuentra en “Estado” permite controlar el encendido o apagado del relay que controla el paso de energía al electrodoméstico conectado al dispositivo. Los valores en “Usuarios” son los valores con los nombres de usuario y contraseña para que la aplicación pueda obtener permisos para obtener el resto de valores de la base de datos.

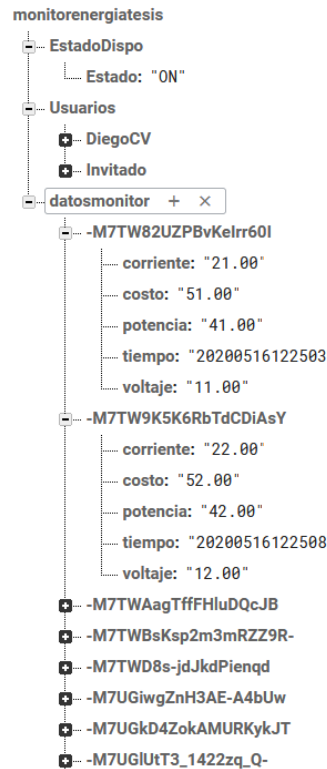


Figura 4.3 Base de datos

Fuente: Elaborado por el autor

Los valores que se muestran en el “parent” “datosmonitor” son los valores enviados desde el dispositivo y escritos en la base de datos cada valor enviado tiene un código único colocado por la librería de Firebase en el Idle de Arduino, dentro de estos “childs” del parent “datosmonitor” se encuentran los campos con los valores de corriente, voltaje, potencia y tiempo, colocados con esos nombres para facilitar a la aplicación móvil la lectura y muestra de los valores de forma gráfica.

4.2.3 Visualización de los datos en la Aplicación

En el software creado para la monitorización, se ha dispuesto de un menú con botones para cada lectura del dispositivo, esto es un botón para mostrar gráficamente la lectura en el tiempo del voltaje, corriente y potencia, como se muestra en la Figura 4.4, cada opción envía a una actividad diferente con una gráfica que muestre de forma lineal cada punto que se encuentre en la base de datos, el grafico no es estático, está programado para que se pueda hacer Zoom, y

también para que se pueda hacer Scrolling, de este modo se pueden observar valores puntuales, valores antiguos, nuevos o ver la gráfica de forma amplia.

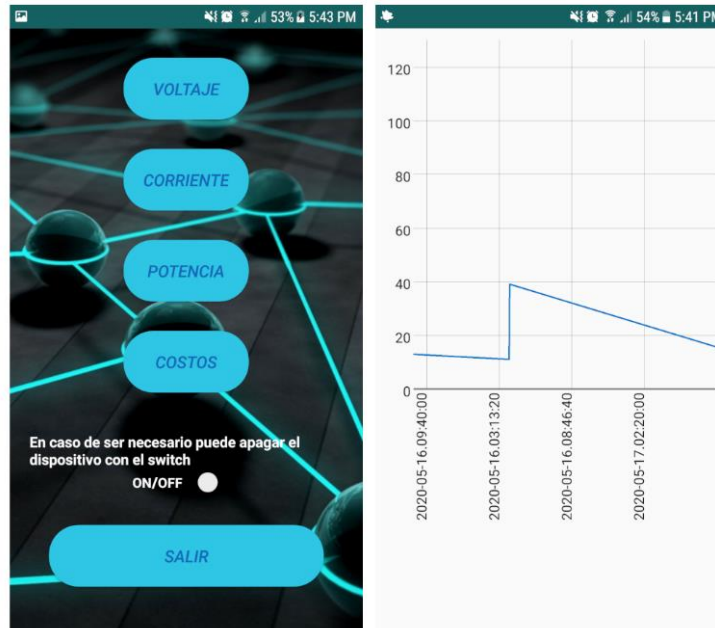


Figura 4.4 Visualización de datos
Fuente: Elaborado por el autor

4.2.4 Control del dispositivo de forma remota

En el programa de control y monitorización también se encuentra la opción de encendido y apagado del relay de control de flujo de corriente hacia el electrodoméstico conectado al dispositivo, como se observa en la Figura 4.5, existe un pequeño switch que se puede utilizar para escribir en la base de datos el estado que se requiera que se encuentre el dispositivo, también se puede observar que existe un pequeño mensaje en la parte inferior de la aplicación que indica si se ha modificado el estado del switch y también indicara si el envío del valor del estado del dispositivo se ha modificado correctamente en la base de datos.

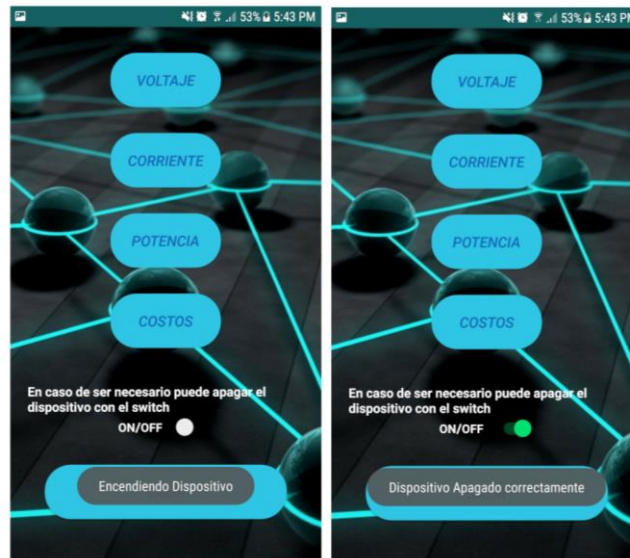


Figura 4.5 Control de relé
Fuente: Elaborado por el autor

4.3 Pruebas de funcionamiento

4.3.1 Prueba de Funcionamiento del Sistema de Encendido y Apagado remoto

En la Figura 4.6 se muestra la prueba de funcionamiento del sistema que apagara el electrodoméstico de forma remota mediante la aplicación tal como se mostró en la Figura 4.5, los indicadores visuales colocados en la parte superior de la pantalla Oled son los que muestran si el dispositivo está en operación “encendido” o está inhabilitado “desconectado”.

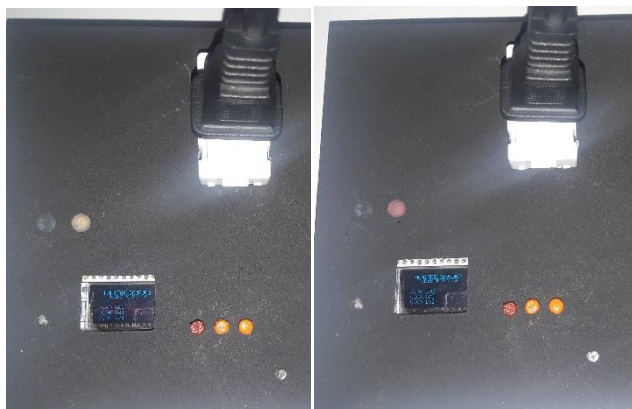


Figura 4.6 Izquierda Led color verde Electrodoméstico funcionando, Derecha Led color Rojo electrodoméstico apagado.

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.2 Prueba de Funcionamiento del Sistema de búsqueda de redes y contraseña

En la Figura 4.7 se muestra el menú desplegado luego que el microcontrolador haya realizado una lectura de los SSID de las redes más cercanas al dispositivo, mediante los pulsadores de color tomate se puede escoger la red a la que se desea conectar, dando Ok el cual resulta ser el botón de color rojo.



Figura 4.7 Test de funcionamiento
Fuente: Elaborado por el autor

En la Figura 4.8 se muestra la opción para colocar la contraseña de la red escogida previamente, como se puede observar se puede escribir la contraseña únicamente usando los tres botones.



Figura 4.8 Test de funcionamiento
Fuente: Elaborado por el autor

4.3.3 Pruebas Finales

En la Figura 4.9 se muestra el todo sistema creado, en el momento de realizar las pruebas de funcionamiento de varios electrodomésticos.



Figura 4.9 Test de funcionamiento
Fuente: Elaborado por el autor

Para realizar las pruebas de funcionamiento se ha dispuesto el uso de varios electrodomésticos comunes, como se observa en la Tabla 4.1, se han obtenido los valores que da el fabricante en los manuales y guías de usuario de cada uno, para obtener una referencia, se puede observar que en los electrodomésticos que consumen mucha energía por ejemplo las lavadoras, los valores reales difieren mucho con los valores medidos por el dispositivo, sin embargo, para los valores de medición de los electrodomésticos de consumo promedio el error apenas es de 0.05 en promedio.

Tabla 4.0.1 Pruebas de funcionamiento

ELECTRODOMESTICO	Valor del manual de usuario	Valor medido por el dispositivo
Frigorífico	0,350 kW	0,312 kW
Microondas	1,500 kW	1,250 kW
Lavadora	2,200 kW	2,000 kW
Televisor	0,400 kW	0,350 kW
Calefacción eléctrica de bajo consumo	0,800 kW	0,500 kW
Computador de escritorio	0,065 kW	0,1 kW

Fuente: Elaborado por el autor

4.4 Análisis de Resultados

4.4. 1 Error absoluto

Para medir la precisión del dispositivo se ha utilizado la fórmula del error absoluto, tomando en cuenta que el valor real es el que da el fabricante en su manual de usuario. En la Tabla 4.2 se muestran los errores absolutos tomados una sola vez durante el funcionamiento del dispositivo y el electrodoméstico, en promedio el error absoluto es de 0.1455.

ECUACIÓN 7. ERROR ABSOLUTO

$$error = |Valor_{real} - Valor_{medido}|$$

Fuente: Charles K., 2007

Tabla 4.0.2 Error absoluto

ELECTRODOMESTICO	Error absoluto
Frigorífico	0,038
Microondas	0,25
Lavadora	0,2
Televisor	0,05
Calefacción eléctrica de bajo consumo	0,3
Computador de escritorio	0,035

Fuente: Elaborado por el autor

4.4.2 Discusión de resultados

El principal objetivo de este proyecto es el de desarrollar un dispositivo IoT que pueda recolectar los valores medidos de corriente, voltaje y potencia de cualquier electrodoméstico que se pueda conectar a sus terminales, aunque como se puede observar en la Tabla 4.2, el error de los sensores existe, pero no es muy significativo, esto puede deberse a la calibración de los sensores o a como están contruidos estos, pero aún con los errores existentes, los valores sirven para poder tener una referencia del consumo eléctrico, el costo del KWH en Ecuador en el año 2020 es de 0.09 dólares, por lo que un error del 0.1455 como el calculado en el capítulo 4.5.1 equivaldría a un error del costo total de la planilla de alrededor de una fracción de centavo por lo cual los valores obtenidos sirven como referencia para el cálculo del pago final de la planilla.

En la Tabla 4.3 se muestra el costo por consumo de los electrodomésticos medidos si estos estuviesen en funcionamiento por una hora de forma constante. Se puede ver que por día el valor por consumo no es muy elevado sin embargo al final del mes el costo ya representa un valor considerable como es el ejemplo de la lavadora cuyo valor mensual es el más elevado de entre todos los electrodomésticos en la tabla.

Tabla 4.3 Costo por consumo

ELECTRODOMESTICO	Consumo Medido	Costo 1 hora de uso	Costo 1 hora diaria por mes	Costo 1 hora diaria por año
Frigorífico	0,312 kWh	\$0.03	\$0.87	\$10.45
Microondas	1,250 kWh	\$0.11	\$3.48	\$41.85
Lavadora	2,000 kWh	\$0.18	\$5.58	\$66.96
Televisor	0,350 kWh	\$0.03	\$0.98	\$11.718
Calefacción eléctrica de bajo consumo	0,500 kWh	\$0.05	\$1.39	\$16.74
Computador de escritorio	0,1 kWh	\$0.01	\$0.28	\$3.35

Fuente: Elaborado por el autor

En cuanto a la creación de una base de datos para recolectar datos, se puede notificar que en la actualidad existen muchas plataformas que ofrecen servicios de IoT, todas son de pago, y en muchos casos son complicados de implementar, debido a que cada opción de uso, requiere un pago adicional, como es habilitar envío de datos bidireccional, cantidad de almacenamiento, protocolo usado, tiempo de uso, pago mensual o anual, etc., lo que encarecería realizar un proyecto como el mostrado, además la mayoría de plataformas no permite siquiera un tiempo de “free trial” para probar, esto hace que los proyectos de IoT en la actualidad solo se hagan de forma local y no mucha gente lo implemente tal y como dice su siglas IoT “Internet of Things” en la red de redes.

Gracias a los diferentes productos de Google se logró crear una base de datos en la Internet, donde el servidor de Firebase de google permite la creación de una base de datos, la cual se configuró las reglas que permitan receptor los valores de consumo eléctrico, así como la fecha y hora, todo esto sin pagar nada, y con un rango de actualización que puede ser variable a la necesidad, en el caso de este proyecto se envían datos cada segundo, pero pueden reducirse los tiempos de actualización sin ningún pago adicional, facilitando así el desarrollo de futuros proyectos que necesiten implementar un dispositivo IoT de bajo costo. Todo esto junto con la programación de una aplicación para teléfono móvil, donde se puede visualizar de forma gráfica

los valores que se encuentren en la base de datos, hacen que este proyecto sea factible de su implementación en un entorno real de funcionamiento en caso de requerirse su uso en un sistema existente o un sistema domótico personalizado que se necesitare crear.

CONCLUSIONES

- Al crear este proyecto se ha llegado a la conclusión que es posible controlar y monitorizar el consumo de un electrodoméstico de esta manera un usuario puede observar el consumo de cualquier electrodoméstico desde cualquier lugar del mundo, además puede llevar un historial de consumo para controlar si un electrodoméstico en su hogar está siendo utilizado sin su consentimiento, y de este modo puede desconectarlo inmediatamente.
- La instalación de servidores para IoT locales es una tarea sencilla, sin embargo, para que un dispositivo sea IoT debe poder conectarse a la Internet, lo cual necesitaría la contratación de un servidor en la nube que permita la instalación de un servidor IoT esto puede resultar costoso, durante el desarrollo de este proyecto se investigó varias opciones que entregan servidores IoT completos, con la desventaja que la mayoría son de pago y con muchas limitaciones a la hora de almacenar datos y leer datos, no permiten que los mensajes puedan ser manipulados cada empresa controla como se realiza el envío y la recepción de datos, lo cual no permite plena libertad para crear bases de datos personalizadas, con la elaboración de este proyecto se comprobó que se puede realizar un dispositivo IoT, completo sin necesidad de gastar grandes cantidades de dinero y de forma relativamente sencilla.
- Se demostró que es posible la construcción y desarrollo de dispositivos electrónicos IoT, que cumplan con la función de medir el consumo eléctrico de cualquier electrodoméstico que se lo pueda conectar, con errores de medición no tan significantes, de esta forma el proyecto puede ser de utilidad en conjunto con la aplicación creada para la monitorización de consumo eléctrico de forma confiable.

- Se realizó el diseño e implementación de un software de control y monitorización utilizando únicamente software de licencia libre, instalado en un teléfono inteligente, que en la actualidad casi todo el mundo posee uno, lo que demuestra que es factible la creación de sistemas IoT de alta complejidad en el envío y almacenamiento de datos como es el de monitorizar varios parámetros y controlar un actuador en un solo software.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable que al manipular el dispositivo para realizar el mantenimiento se sigan todas las precauciones que conlleva el manejar voltaje y corrientes alternas capaces de ocasionar shocks eléctricos.
- Se recomienda que, para aumentar el rango de funcionamiento de este dispositivo, por ejemplo, que no solo funcione para electrodomésticos, sino que funcione para máquinas, calentadores, hornos industriales, se modifique la PCB para poder seleccionar las diferentes resistencias necesarias para distintos rangos de funcionamiento del sensor de corriente, tal como se explicó en el capítulo 3.
- Es recomendable que la carcasa pueda tener algún tipo de mecanismo que sujete el conector del electrodoméstico y lo deje asegurado, para evitar que al apagar el dispositivo remotamente desde Internet alguien pueda únicamente desconectar el dispositivo y conectar el electrodoméstico directamente en la red eléctrica.

REFERENCIAS

- Sostenibilidad para Todos (2005, agosto). Causas y consecuencias de la sobrepoblación, Disponible en: <https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/causas-consecuencias-sobrepoblacion/> [Consulta: Enero, 2019]
- Verdú M. (2017, septiembre 1). IoT: Llega una nueva generación de sensores inteligentes para el Internet de las Cosas, Disponible en: <http://www.techweek.es/infraestructuras-tic/noticias/1018355003701/iot-generacion-sensores-inteligentes-autonomos-internet-cosas.1.html>, [Consulta: Enero 2017]
- Morales F., Bautista F.(2018) *Desarrollo de un prototipo de una Red de Sensores Inalámbricos para monitorear por smartphone la disponibilidad de plazas de un estacionamiento utilizando tecnologías de IoT.*, Disponible en: <https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/1614>, [Consulta: Enero 2019]
- Recalde P, Tarapues G.(2018) *DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA WEB PARA EL MONITOREO VEHICULAR A TRAVÉS DE SECUENCIA DE IMÁGENES, POSICIONAMIENTO GLOBAL, NOTIFICACIONES DE EVENTOS; MEDIANTE UNA INTERFAZ WEB Y UNA APLICACIÓN ANDROID, UTILIZANDO HARDWARE Y SOFTWARE LIBRE PARA LA EMPRESA POWER ENGINEERING ECUADOR.*, Disponible en: <https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/1660>, [Consulta: en Enero 2019]
- UPN (2018) Todo DSpace IoT, Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/simple-search?query=iot>, [Consulta: Enero 2019]
- Y. C. Diana (2010, septiembre 21). ¿Qué es una casa ecológica?, Disponible en: <https://www.concienciaeco.com/2010/09/21/que-es-una-casa-ecologica/>, [Consulta: Enero 2019]
- Pródromos (2010, agosto 25) Energía y población I: Superpoblación., Disponible en: <http://losprodromos.blogspot.com/2010/08/energia-y-poblacion-i-superpoblacion.html>, [Consulta: Enero 2019]
- Ecuador en cifras (2011, Diciembre) Información Ambiental en hogares INEC, Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Ambientales2012dic/Presentacion_Comparables_Practicas_Hogares.pdf, [Consulta: Enero 2019]

- Domodesk (2015, abril) A FONDO: ¿Qué es IoT (el Internet de las Cosas) ?, Disponible en: <https://www.domodesk.com/221-a-fondo-que-es-iot-el-internet-de-las-cosas.html>, [Consulta: Enero 2019],
- Arrow (2012, marzo) Sensores de corriente, Disponible en: <https://www.arrow.com/es-mx/categories/sensors/current-sensors>, [Consulta: Enero 2019]
- Miguel Fdez. Cejas (2018 Mayo 15). ¿Cuáles son los módulos funcionales de una Plataforma IoT?, Disponible en: <https://www.itop.academy/blog/item/cuales-son-los-modulos-funcionales-de-una-plataforma-iot.html>, [Consulta: Enero 2019],
- Sanchez L. et al. (2014 marzo 14) SmartSantander: IoT experimentation over a Smart city testeb, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2013.12.020.>, [Consulta: Junio 2019],
- Vatari S., Bakshi A., Thakur T. (2016 Mayo 21) Green House by using IoT and cloud computing, Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7807821>, [Consulta: Junio 2019]
- Wonsik Lee, Seoungjae Cho, Phuong Chu, Hoang Vu, Sumi Helal, Wei Song, Young-SikJeong, Kyungeun Cho (2016 Octubre 12) Automatic agent generation for IoT-based smart house simulator, Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092523121630580X>, [Consulta: Junio 2019]
- Hernandez F. (2016 junio) Voltaje, corriente y potencia eléctrica, primera edición, Ciudad de Mexico pp51-75, [Consulta: Junio 2019]
- Motter E. Adilson F., Ying-Cheng Lai (2002 junio) Cascade-based attacks on complex networks, rev. Tempe, Arizona 85287, 1-2, [Consulta: Julio 2020]
- Evans D. (2011 abril) Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo, Disponible en: https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf, [Consulta: Julio 2020]

ANEXOS

ANEXO 1 Disposición de los elementos

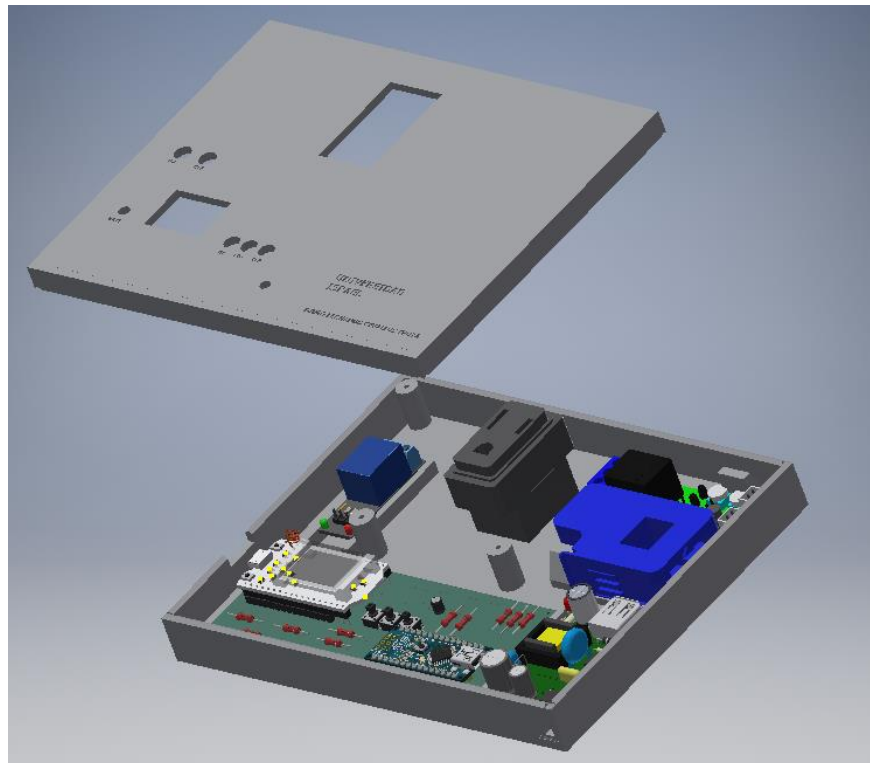
ANEXO 2 Programación del Microcontrolador Principal

ANEXO 3 Esquema electrónico

ANEXO 4 Manual de Usuario

ANEXO 5 Manual Técnico

ANEXO 1 Disposición de los elementos en la carcasa



ANEXO 2 Programación del Microcontrolador Principal

```
#include <Arduino.h>
```

```
#include <U8g2lib.h>
```

```
//#include <U8x8lib.h>
```

```
#include <Wire.h>
```

```
#include "WiFi.h"
```

```
#include <FirebaseESP32.h>
```

```
#include <NTPClient.h>
```

```
#include <WiFiUdp.h>
```

```
#include <HTTPClient.h>
```

```
/**librerias necesarias para entrara a Internet
```

```
#include <WiFi.h>
```

```
//Credenciales para FireBase
```

```
#define FIREBASE_HOST "monitorenergiatesis.firebaseio.com/"
```

```
#define FIREBASE_AUTH "GYDTz5Cg44upNkz4y7PfgZjihN92W9vhnqALTv5"
```

```
// Define NTP Client to get time
```

```
WiFiUDP ntpUDP;
```

```
NTPClient timeClient(ntpUDP);
```

```
// Variables to save date and time
```

```
String formattedDate;
```

String dayStamp;

String horas;

String minutos;

String segundos;

String anio;

String mes;

String dia;

FirebaseData firebaseData;

unsigned short int dispo_primeravez = 0;

unsigned short int sin_Luz = 0;

int sensorValue = 0;

//unsigned const int pin_sen_bateria = 35;

unsigned short int flagluz=0;

int flagluz2 = 0;

String InicioCorte;

U8G2_SSD1306_128X64_NONAME_F_HW_I2C u8g2(U8G2_R0,16,15,4);

byte current_selection =0;

String redes;

```
char SSID[21] = "";

char pass[21] = "";

int keyIndex = 0; // your network key Index number (needed only for WEP)

//WiFiClient client;

//variable del electrodomestico

char electro[21] = "";

const char* serverName = "http://192.168.1.62/post-esp-data.php"; ///----> Direcccion fija
del servidor Local

String apiKeyValue = "tPmAT5Ab3j7F9";

String sensorName = "monitor->";

String sensorLocation = "Hogar";

const unsigned int relay_pin = 17; //

char topicSubscribe[100];

// Space to store values to send
```

```
char str_volt[10];
```

```
char str_amp[10];
```

```
char str_watt[10];
```

```
//*****
```

```
unsigned long startMillis; //
```

```
unsigned long actualMillis;
```

```
const unsigned long periodo = 1000; //cada que tiempo se envia el dato
```

```
//*****
```

```
//vars to maintain averages for all data points
```

```
float wattAvg = 0;
```

```
float voltAvg = 0;
```

```
float ampAvg = 0;
```

```
//-----variables contraseña
```

```
namespace pin {
```

```
const byte down_Button_Pin = 22;
```

```
const byte up_Button_Pin = 23 ;
```

```
const byte select_Button_Pin = 0;
```



```
}
```

```
namespace keyboard {
```

```
const byte MAX_SPEC_CHARS = 33;
```

```
const byte specialChars[MAX_SPEC_CHARS] {' ', '_', '-', '~', '!', '!', '\\', '"', "'", '^', ':', ';', '@', '#',  
'!', '?', '&', '^', '=', '+', '*', '%', '$', '>', '<', '/', '\\', '|', '(', ')', '[', ']', '{', '}'};
```

```
const long interval = 500; // blink cursour and scroll timer interval
```

```
byte specialCharNumber;
```

```
byte asciiNumber = 'a'; // start on lower case
```

```
byte current_UserOption = 1; // start on select font box
```

```
byte fontType; // current option of font type selected
```

```
bool keyBoardLock; // true when the keybaord is locked in place, i.e. changing the font  
option or writing text in the input box
```

```
byte firstNullChar;
```

```
byte blinkCursorCount;
```

```
byte firstScrollCharNumber;
```

```
byte afkCount;
```

```
int currentScollPosition; // int as it will be negative
```

```
int display_overflow; // int as it will be negative
```

```
bool startScrolling;
```

```
bool selectPressed;
```

```
}
```

unsigned short int salida

///-----Envio de datos de tiempo de corte de luz-----

```
if((sin_Luz==1)&&(flagluz==1))
```

```
{
```

```
    flagluz2 = 0;
```

```
    enviosinconexion();
```

```
    while(!timeClient.update()) {
```

```
        timeClient.forceUpdate();
```

```
    }
```

```
        formattedDate = timeClient.getFormattedDate();
```

```
        anio = formattedDate.substring(0,4);
```

```
        mes = formattedDate.substring(5,7);
```

```
        dia = formattedDate.substring(8,10);
```

```
        horas = formattedDate.substring(11,13);
```

```
        minutos = formattedDate.substring(14,16);
```

```
        segundos = formattedDate.substring(17,19);
```

```
        dayStamp = anio+mes+dia+horas+minutos+segundos;
```

///---- Envio de datos

```
FirebaseJson json;
```

```
json.set("pnombreP", String(electro));
```

```
json.set("inicioCorte", InicioCorte);
```

```
json.set("finCorte", dayStamp);
```

```
if (Firebase.pushJSON(firebaseData, "corteElect", json)) {
```

```
  } else {
```

```
  }
```

```
  delay(100);
```

```
  flagluz=0;
```

```
}
```

```
//Funcion de envio a la base de datos Firebase aqui
```

```
/// ---- obtener la fecha hora para el envio de datos
```

```

while(!timeClient.update()) {

    timeClient.forceUpdate();

}

// The formattedDate comes with the following format:

// 2018-05-28T16:00:13Z

// We need to extract date and time

formattedDate = timeClient.getFormattedDate();

    anio = formattedDate.substring(0,4);

    mes = formattedDate.substring(5,7);

    dia = formattedDate.substring(8,10);

    horas = formattedDate.substring(11,13);

    minutos = formattedDate.substring(14,16);

    segundos = formattedDate.substring(17,19);

    dayStamp = anio+mes+dia+horas+minutos+segundos;

//

FirebaseJson json;

json.set("tiempo", String(dayStamp));

//json.set("pnombre", String(electro));

json.set("voltaje", String(voltage));

json.set("corriente", String(corriente));

json.set("potencia", String(potencia));

//json.set("costo", String(50));

json.set("tiempo", dayStamp);

```

```
//variable para la base de datos con el electrodomestico

String carpeta = "/datosmonitor/";

String cpt = carpeta + electro;

if (Firebase.pushJSON(firebaseData, cpt, json)) {

} else {

}

delay(100);

//OBTENER LOS VALORES DE LA BASE DE DATOS FIREBASE

//Serial.println("Leer datos.");

if (Firebase.get(firebaseData, "/EstadoDispo/Estado"))

{

if (firebaseData.dataType() == "string")

{

//Serial.print("dato obtenido = ");

//Serial.println(firebaseData.stringData());

}
```

```
if (firebaseData.stringData() == "ON")
{
    digitalWrite(relay_pin, LOW);
}
else if(firebaseData.stringData() == "OFF")
{
    digitalWrite(relay_pin, HIGH);
}
}

else {

}

}

}
```

```

//-----servidorLocal-----

void servidorLocal(float voltage, float corriente, float potencia){

    Serial.println("Servidor LOCAL");

    HTTPClient http;

    // Your Domain name with URL path or IP address with path
    http.begin(serverName);

    // Specify content-type header
    http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");

    // Prepare your HTTP POST request data
    String httpRequestData = "api_key=" + apiKeyValue + "&sensor=" + electro
        + "&location=" + sensorLocation + "&value1=" + String(voltage)
        + "&value2=" + String(corriente) + "&value3=" + String(potencia) + "";

    int httpResponseCode = http.POST(httpRequestData);

    if (httpResponseCode>0) {

        Serial.print("HTTP Response code: ");

        Serial.println(httpResponseCode);

    }
}

```

```
else {
```

```
  Serial.print("Error code: ");
```

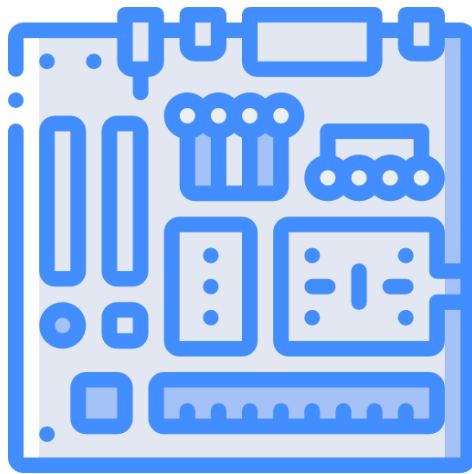
```
  Serial.println(httpResponseCode);
```

```
}
```

```
http.end();
```

```
}
```


MANUAL DE USUARIO



**PARA DESARROLLO DE UN SISTEMA IOT PARA EL MONITOREO
DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LOS DISPOSITIVOS
ELECTRÓNICOS DOMÉSTICOS DE MAYOR CONSUMO.**

CONTENIDO

- 1. OBJETIVO**
- 2. AL CONECTAR A LA RED ELECTRICA**
- 3. EN CASO DE APAGÓN ELÉCTRICO**
- 4. USO DE LA APLICACIÓN MOVIL**
- 5. OPERACIÓN DEL DISPOSITIVO**

1. Objetivo

Facilitar el uso del dispositivo para medir el consumo eléctrico en cualquier dispositivo que se conecte a este.

2. Al conectar a la Red Eléctrica



Al conectar a la red eléctrica el dispositivo automáticamente se encenderá mostrando una caratula de bienvenida, seguida por un título que pide que se ingrese el tipo de electrodoméstico.



Se mostrará la pantalla para el ingreso de un nombre para el electrodoméstico, se deberá pulsar los botones de color anaranjado para seleccionar qué modo de ingreso de datos, el primer modo permite seleccionar entre mayúsculas "A-Z", minúsculas "a-z", números "0-9" y símbolos "*-/". Existe la opción de borrar el ultimo carácter ingresado con "del" y una vez ingresado el nombre se da escoge la opción de "ok"



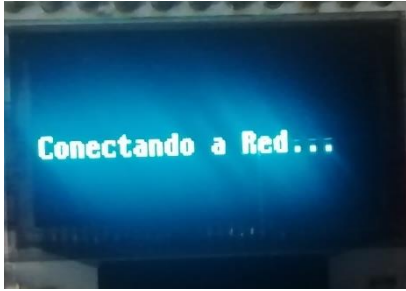
Al dar un nombre al electrodoméstico que se conectará al dispositivo se mostrará la pantalla que muestra que el controlador está buscando redes cercanas.



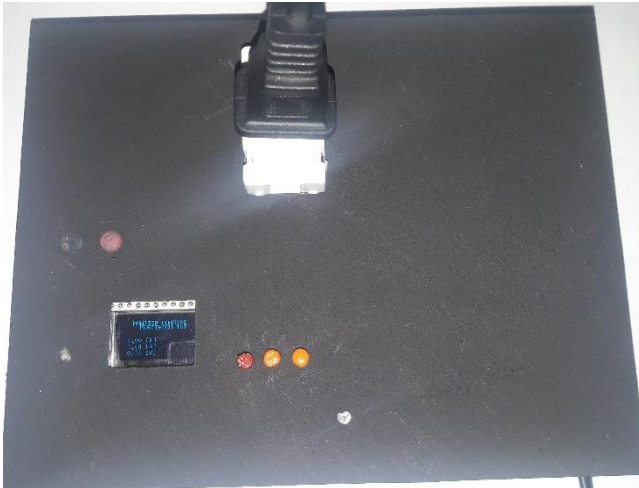
A continuación, se mostrarán todas las redes que se encuentran cerca al dispositivo, con los botones anaranjados se procede a escoger que red se desea conectar y con el botón rojo se acepta y se procede a el siguiente paso.



Se mostrará la pantalla para el ingreso de una contraseña para la red seleccionada, se deberá pulsar los botones de color anaranjado para seleccionar qué modo de ingreso de datos, el primer modo permite seleccionar entre mayúsculas "A-Z", minúsculas "a-z", números "0-9" y símbolos "*-/". Existe la opción de borrar el ultimo carácter ingresado con "del" y una vez ingresado el nombre se da escoge la opción de "ok"



Al ingresar la contraseña y dar en “ok” el dispositivo intentara conectarse a dicha red.

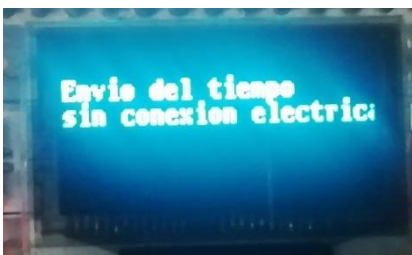


Una vez conectado a la red Wifi, el dispositivo ya puede leer los sensores de corriente y voltaje y calcular la potencia consumida por el dispositivo.

3. En caso de apagón eléctrico



Cuando el dispositivo detecta que no existe una tensión normal de 120 voltios AC, en su circuito conversor de 120AC a 5DC el programa toma la última fecha de envío y la muestra con un texto que dice SIN CONEXIÓN, esto gracias a una batería tipo LIPO instalada para este tipo de casos.



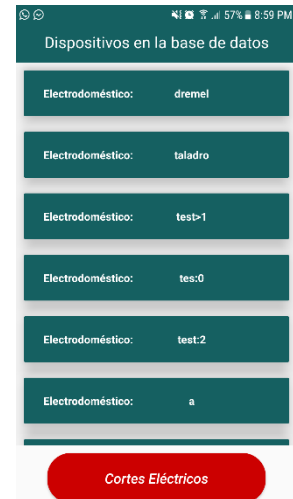
Una vez que se ha reestablecido la corriente eléctrica el dispositivo envía la fecha de inicio de corte con la fecha de restablecimiento del servicio eléctrico para poder mostrar esta infomrmacio0n en la aplicación.

4. Uso de la aplicación móvil



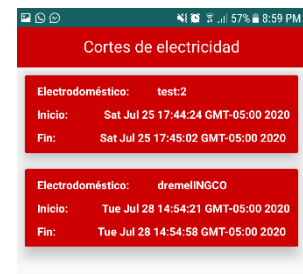
Es necesario un nombre de usuario y contraseña para acceder a la información del dispositivo, estas credenciales son creadas por el administrador de la base de datos de Firebase.

Una vez se ha ingresado correctamente se presentará la lista de todos los dispositivos que se han conectado y cuyos valores están en la base de datos



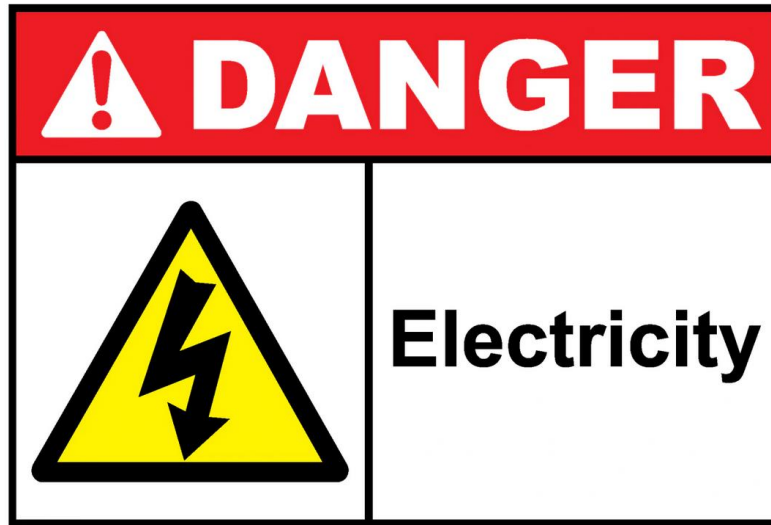
Al escoger un dispositivo parecerá su pantalla principal donde mostrara el inicio de la medición de su potencia así como el costo aproximado desde que este funciona.

También existe la opción para mostrar los cortes de luz que existieron a lo largo del uso del dispositivo, donde mostrara el inicio y fin del corte eléctrico.



La forma gráfica de mostrar los valores se encuentra en la pantalla principal de cada dispositivo, se mostrará gráficamente el voltaje corriente y potencia durante el tiempo que estuvo conectado.

MANUAL TECNICO



**PARA DESARROLLO DE UN SISTEMA IOT PARA EL MONITOREO
DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LOS DISPOSITIVOS
ELECTRÓNICOS DOMÉSTICOS DE MAYOR CONSUMO.**

CONTENIDO

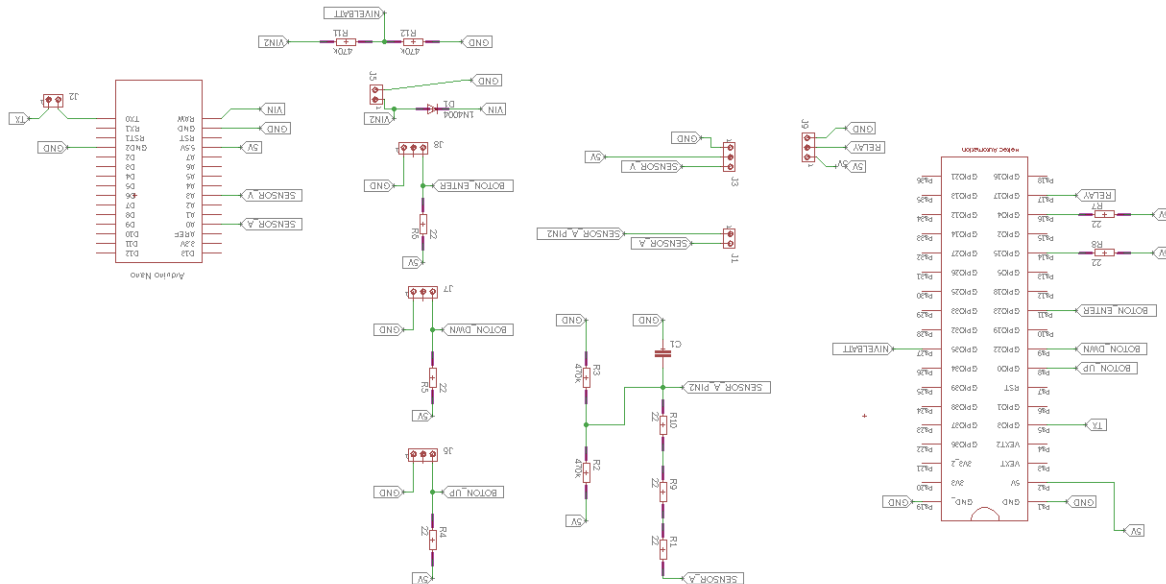
- 1. INTRODUCCION**
- 2. CIRCUITO ELECTRÓNICO.**
- 3. CIRCUITO ELECTRICO**
- 4. CONEXIÓN DE LOS SENSORES**
- 5. ENCENDIDO DEL DISPOSITIVO**
- 6. OPERACIÓN DEL DISPOSITIVO**

1. Introducción

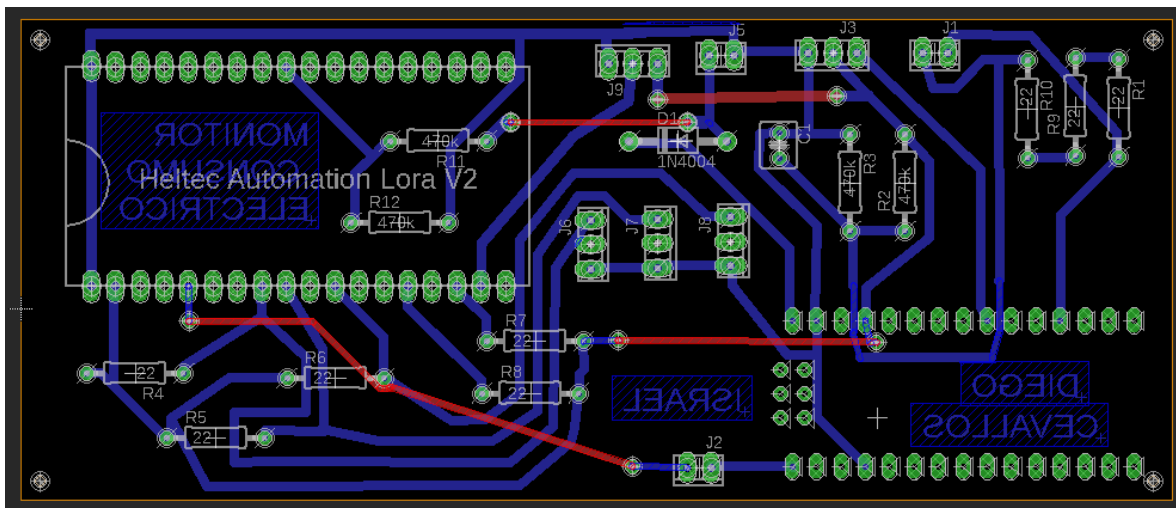
El dispositivo para medir el consumo eléctrico de electrodomésticos necesita una conexión eléctrica a la red eléctrica doméstica, es decir que necesitara 120 V AC para su funcionamiento, hay que tener las debidas precauciones al usar la corriente eléctrica pues pueden causar daños en la salud de quien no la maneje correctamente.

2. Circuito Electrónico.

El circuito electrónico está alimentado por la fuente de voltaje reductora de 120VAC a 5VDC, a continuación, se muestran las conexiones que se deben tener en cuenta al realizar la operación de mantenimiento o actualización del dispositivo.

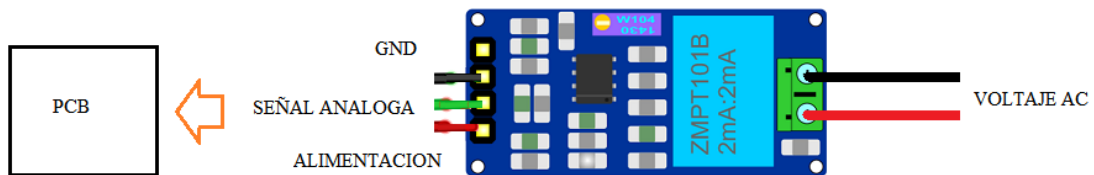


La PCB muestra donde están colocadas cada una de las conexiones, se ha dispuesto que todas las conexiones se encuentren en un mismo lado y posición, en este caso en la parte superior de la PCB se muestran los conectores J9, J5, J3 y J1 correspondiente a relé, voltaje de entrada sensor de voltaje y sensor de corriente respectivamente.



3. Conexión de los sensores.

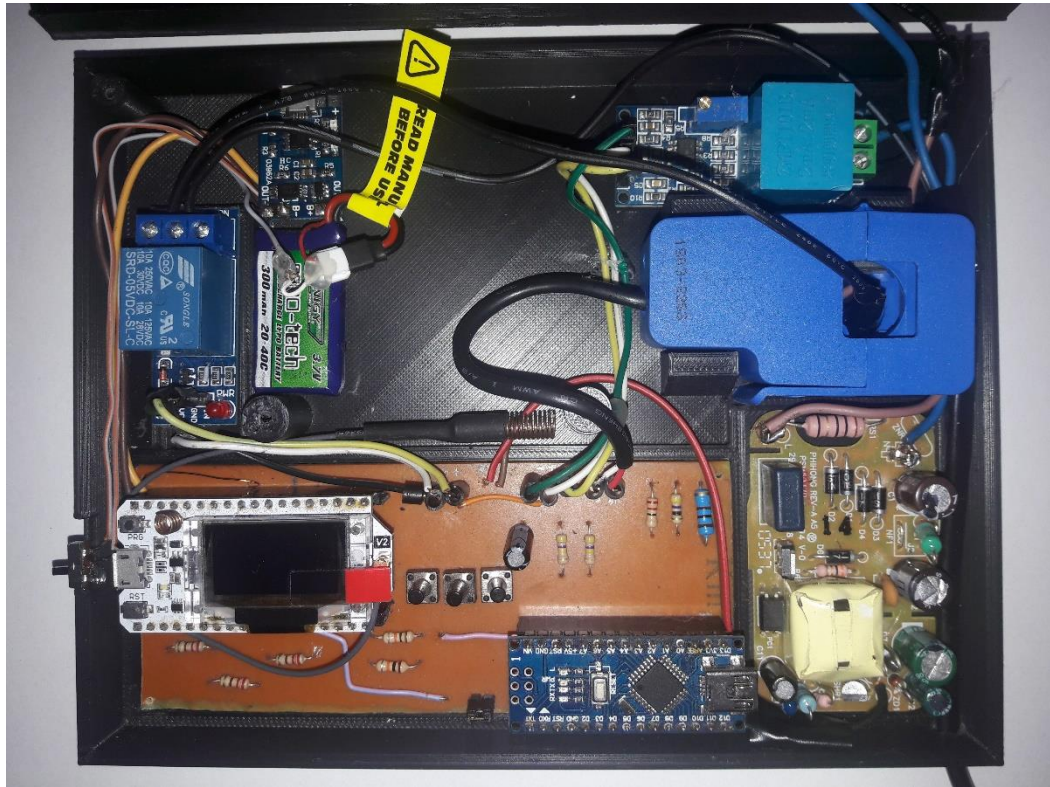
Se debe conectar los sensores siempre con el dispositivo desconectado de la red eléctrica, a continuación, se muestra la conexión del sensor de voltaje donde el cable de color rojo es la LINEA y el cable de color negro es el NEUTRO de la red de energía eléctrica doméstico.



Para conectar el sensor de corriente basta con pasar el cable de línea o neutro por medio del núcleo de hierro que se puede abrir para evitar cortar el cable de energía.



A continuación, se muestra la disposición de los elementos dentro de la carcasa del prototipo del dispositivo medidor de consumo eléctrico de electrodomésticos.



6. ENCENDIDO DEL DISPOSITIVO

Para el encendido del dispositivo basta con conectarlo directamente a la línea eléctrica y este empezara a funcionar. Ver manual de Usuario.

