

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO



TEMA:

MEDIDOR RESIDENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON REVISIÓN DE CONSUMO DE FORMA INALAMBRICA

Trabajo de grado presentado ante la Universidad Técnica del Norte previo a la obtención del título de grado de Ingeniero en Mantenimiento

AUTOR:

LEYVER MARCELO ESTRADA ALBIÑO

DIRECTOR:

ING. FRANCISCO ROBERTO NARANJO COBO MSC.

Ibarra, 2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

Yo, Francisco Roberto Naranjo Cobo en calidad de tutor del señor estudiante Leyver Marcelo Estrada Albiño certifico que ha culminado con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **“MEDIDOR RESIDENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON REVISIÓN DE CONSUMO DE FORMA INALÁMBRICA”**. Para obtención del título de ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, aprobando la defensa, impresión y empastado.

Ing. Francisco Roberto Naranjo Cobo MSc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	050352459-7		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Estrada Albiño Leyver Marcelo		
DIRECCIÓN:	Cayambe, Barrio Santa Catalina – parroquia Juan Montalvo		
EMAIL:	lmestradaa@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	(02) 212777	TELÉFONO MÓVIL:	0979091775

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	MEDIDOR RESIDENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON REVISIÓN DE CONSUMO DE FORMA INALÁMBRICA
AUTOR (ES):	Estrada Albiño Leyver Marcelo
FECHA: DD/MM/AAAA	06/09/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Francisco Roberto Naranjo Cobo MSc.

2. Constancia

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor a terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 06 días del mes de septiembre de 2023

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Estrada Albiño', is written over a horizontal line.

Estrada Albiño Leyver Marcelo

C.I. 050352459-7

Dedicatoria

Quiero dedicar el presente trabajo a Dios, quien me dio otra oportunidad de vivir para hacer las cosas de mejor manera y poder cumplir cada una de las metas planteadas.

A mi madre, Elena Estrada, quién con su amor, sacrificio, dedicación y ejemplo de sacrificio y superación, quien ha estado presente en cada etapa de mi vida, y gracias a su confianza y apoyo incondicional me ha impulsado a seguir adelante en cada meta.

propuesta.

A mis abuelos, Sergio Estrada, Laura Albiño quienes los amo mucho con todo mi corazón los considero como mis padres que gracias a su amor, apoyo y enseñanzas de buenos valores me han impulsado a ser un joven de bien con buenos principios.

A mi hermana Naydely Vega desde que está a mi lado me ha brindado inmensos momentos de alegría que han sido parte esencial en mi vida.

A mi hijo Elías Estrada, desde su llegada se convirtió en las ganas de superación y no dejarme vencer ante las dificultades para poder darle un mejor futuro.

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme culminar mis estudios universitarios, en segundo lugar, a mi madre, y toda mi familia, por su confianza y apoyo incondicional en cada proceso de mi vida.

A la universidad Técnica del Norte especialmente a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, especialidad Mantenimiento Electrico.

Así como los distinguidos catedráticos de la facultad quienes depositaron en mí sus valiosos conocimientos.

Leyver Marcelo Estrada Albiño

Tabla de contenido

Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	vi
Tabla de contenido	vii
Índice de figuras.....	x
Índice de tablas	xi
Resumen	xii
Abstract.....	xiii
Introducción.....	xiv
A1. Contextualización	xiv
A2. Planteamiento del Problema.....	xv
A3. Justificación.....	xvi
A4. Alcance.....	xvi
A5. Objetivo General.....	xvii
A6. Objetivos Específicos	xvii
CAPITULO 1	16
1. Descripción de tecnologías utilizadas en la medición de energía eléctrica.....	16
1.1. Energía eléctrica.....	16
1.2. Medidores de consumo de energía eléctrica.....	16
1.2.1. Antecedentes	17
1.2.2. Medidores de energía eléctrica.	18
1.3. Tipos de medidores.....	18
1.3.1. Medidor electromecánico.....	19
1.3.2. Medidor digital.....	20
1.3.3. Medidor electrónico.	21
1.4. Proceso de medición.....	23
1.4.1. Valor equivalente, eficaz o rms.....	23
1.4.2. Sistema de medición de tensión.....	23
1.4.3. Sistema de medición de corriente.	24
1.5. Módulo de procesamiento y cálculo.....	25
1.5.1. Microcontroladores.	25

1.5.2.	Plataformas de desarrollo.....	26
1.6.	Sistema de tarificación eléctrica en el Ecuador.....	26
1.6.1.	Categoría residencial:.....	27
1.6.2.	Tarifa de baja tensión.....	27
1.6.3.	Tarifa residencial.....	27
1.6.4.	Tarifa residencial temporal.....	27
1.7.	Sistema de comunicación inalámbrica.....	28
1.8.	Red GSM.....	28
1.9.	Conclusión.....	29
CAPITULO 2	30
2.	Diseño del medidor de energía eléctrica con comunicación inalámbrica	30
2.1.	Metodología.....	30
2.2.	Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema	32
2.3.	Materiales	33
2.3.1.	Componentes del prototipo.....	33
2.4.	Módulos para la captura de corriente, voltaje, potencia activa, factor de potencia y energía..	33
2.4.1.	Módulo PZEM-004T Medidor Multifunción – UART.....	35
2.5.	Comunicación GSM.....	37
2.5.1.	El GPRS SIMCOM SIM900 GSM Quad band GSM shield	39
2.6.	Microcontroladores / tarjetas de desarrollo	40
2.6.1.	Arduino Mega 2560.	42
2.7.	Pantalla LCD	43
2.8.	Módulo SD card.....	44
2.9.	Modulo RTC DS3231	45
2.10.	Equipos de medición residencial inalámbrico.....	47
2.11.	Esquema de conexión	48
2.12.	Diagrama de flujo del programa a desarrollar.....	50
2.13.	Plataforma IoT.....	51
2.14.	Plataforma Thing Speak	52
2.15.	Aplicación para obtener datos del sistema de medición.....	54
2.16.	Flujograma de la APP	54

2.17.	Conclusión.....	55
CAPITULO 3		56
3.	Implementación del prototipo de medidor residencial y su interfaz HMI	56
3.1.	Implementación del prototipo de medidor de energía	56
3.2.	Programación de Arduino	57
3.3.	Diseño de la App para su comunicación	60
3.4.	Pruebas de comunicación.....	61
3.5.	Contrastación de valores de voltaje y corriente, con diferentes cargas con equipos de medición eléctricos.....	62
3.5.1.	Luminaria Led de 250 W	62
3.5.2.	Foco incandescente	63
3.5.3.	Focos Led.....	64
3.5.4.	Secadora de cabello	64
3.5.5.	Bomba de agua	65
3.5.6.	Pruebas de todas las cargas.....	65
3.6.	Análisis de resultados.	66
3.7.	Parámetros eléctricos que se muestra en la pantalla LCD	67
3.8.	En el sistema de medición de energía, se realizaron pruebas de corriente, voltaje, potencia y factor de potencia cada tres minutos	68
3.9.	Análisis de resultados de valores promedio	70
3.10.	Pruebas de consumo eléctrico.....	72
3.11.	Contrastación del consumo de energía	72
3.12.	Pruebas de lectura de datos	73
3.13.	Prueba del historial	74
3.14.	Extracción de la memoria SD	75
Conclusiones		77
Recomendaciones.....		78
Bibliografía		79
Anexos.....		81

Índice de figuras

Figura 1 Medidor de energía.....	18
Figura 2 Medidor electromecánico	19
Figura 3 Representación esquemática de un medidor electromecánico.....	20
Figura 4 Medidor digital	21
Figura 5 Medidor electrónico	22
Figura 6 Valor eficaz de una señal senoidal	23
Figura 7 Esquema del sistema de medición de tensión.....	24
Figura 8 Esquema del sistema de medición de corriente	25
Figura 9 Diagrama en bloques de un procesador	26
Figura 10 Cargos tarifarios para usuarios residenciales.....	28
Figura 11 Metodología en espiral	30
Figura 12 Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema	32
Figura 13 Medidor multifunción PZEM-004T	36
Figura 14 SIM900 GSM GPRS Shield con Arduino UNO	39
Figura 15 Arduino Mega 2560.....	43
Figura 16 Pantalla de cristal líquido	44
Figura 17 Módulo SD card	45
Figura 18 Módulo RTC.....	46
Figura 19 Equipo de medición residencia inalámbrico.....	48
Figura 20 Diagrama de conexión.....	49
Figura 21 Diagrama de flujo del programa.....	50
Figura 22 Plataforma IoT	51
Figura 23 Función de Thingspeak.....	53
Figura 24 Flujograma de la APP.....	55
Figura 25 Prototipo de medidor eléctrico	57
Figura 26 Diagrama de flujo programa IDE Arduino.....	59
Figura 27 Diagrama de bloques de la aplicación.	60
Figura 28 Pruebas de comunicación.	61
Figura 29 Pruebas de medición de voltaje	62
Figura 30 Pruebas de medición de corriente.....	63
Figura 31 Prueba de foco incandescente.....	63
Figura 32 Prueba de foco incandescente.....	64
Figura 33 Prueba de una secadora de cabello	64
Figura 34 Prueba de una bomba de agua	65
Figura 35 Pruebas de todas las cargas.....	65
Figura 36 Parámetros eléctricos en la pantalla LCD.....	67
Figura 37 La fecha y hora	68
Figura 38 Prueba con la luminaria Led de 250W	72
Figura 39 Graficas de cada parámetro eléctrico.....	73

Índice de tablas

Tabla 2.1 Dispositivos comerciales para medición de parámetros eléctricos	33
Tabla 2.2 Comparación entre sim 800 y sim 900.....	38
Tabla 2.3 Comparación especificaciones técnicas	41
Tabla 3.4 Comparación mediciones pinza de diferentes cargas	33
Tabla 3.5 Pruebas realizadas del foco incandescente con la CL800 y el analizador de red.....	38
Tabla 3.6 Pruebas realizadas del foco incandescente con el PZEM 004T	41
Tabla 3.7 Comparación mediciones promedios prototipo vs CL800.....	33
Tabla 3.8 Comparación del consumo de energía con el medidor DSS 1398	38
Tabla 3.9 Historial de algunos parámetros eléctricos medidos con el prototipo.....	41
Tabla 3.10 Datos de la memoria micro SD	33

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo el diseño, construcción y funcionamiento de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial, con capacidad de revisión inalámbrica y su interfaz HMI, con el propósito de automatizar las lecturas de consumo, este prototipo consta de un medidor de energía monofásico de 110 V con mediciones en un rango de corriente entre 0 -100 A.

El prototipo cuenta con una pantalla LCD incorporada que muestra al usuario los valores de voltaje, corriente, potencia, factor de potencia y consumo de energía generados en su domicilio. Mediante el uso de una aplicación móvil, el usuario puede obtener de manera más práctica las lecturas de cada parámetro que se muestra en el prototipo.

Utilizando tecnología GPRS, una tarjeta de comunicación inalámbrica y un chip de telefonía, se envían de forma ágil y precisa las lecturas de parámetros eléctricos residenciales, reduciendo errores y ahorrando tiempo en la recolección de datos mensuales de consumo.

Este sistema permite el envío y recepción de datos, así como su almacenamiento para disponer de un historial de consumo de lecturas en la plataforma ThingSpeak. Con base en las lecturas obtenidas, la empresa distribuidora de energía determinará el valor a pagar por la energía consumida según el tarifario eléctrico vigente. Además, se realizaron pruebas cada tres minutos con diferentes cargas, y los resultados mostraron que el error más alto en la corriente fue del 2,30% en una secadora de cabello, y el factor de potencia más alto fue del 3,02% en una bomba.

Palabra clave: prototipo, medidor, comunicación, tecnología, voltaje, corriente, potencia, consumo.

Abstract

The purpose of this research is the design, construction and operation of a prototype of a residential electric energy meter, for wireless revision and its HMI interface, in order to automate consumption readings. This prototype consists of a 110 V single-phase energy meter with measurements in a current range between 0 -100 A.

The prototype has the ability to indicate to the user, through the built-in LCD display, values of: voltage, current, power, power factor and energy consumption being generated by the user's home. In addition, through a mobile application the user can acquire the readings of each parameter displayed on the prototype in a more practical way.

Through the use of GPRS technology, wireless communication card, compatible with all Arduino models, adding a telephony chip, allows sending readings of residential electrical parameters in a more agile and accurate way. This automation reduces the time required for taking readings, minimizing the human error that can occur, obtaining consumption data recorded in the meter to send them monthly.

This system allows the sending and receiving of data, as well as its storage, in order to have a consumption history of the readings in the ThingSpeak platform. According to the readings obtained, the energy distribution company will determine the value to be paid for the energy consumed by the user in accordance with the current electricity tariff. Finally, tests were performed every three minutes of different loads, having as a result the highest error in the current of a hair dryer of 2.30% and power factor in a water pump with 3.02%.

Keywords: prototype, meter, communication, technology, voltage, current, power, consumption.

Introducción

A1. Contextualización

Según (Arizaga, 2015, P.16) “el consumo de energía eléctrica a nivel mundial en los hogares ha aumentado en las necesidades económicas y sociales de la población, el uso cotidiano de cada vez más aparatos eléctricos aumentan la demanda energética”.

Según (Armijos & Pesántez, 2016,p.17) la forma en la que se distribuye la energía eléctrica a los hogares, no ha cambiado radicalmente desde sus inicios hace aproximadamente un siglo. Unidades de generación de gran tamaño transmiten la energía por medio de redes de alta tensión, abarcando distancias de cientos de kilómetros, hasta llegar a los usuarios finales a través de sistemas de distribución en voltaje reducido.

“En el Ecuador los sistemas de medición de energía en su mayoría se basan en controladores electromecánicos que permiten registrar el consumo de energía durante un periodo de tiempo”. (Samaniego, Velesaca, 2016, p.14)

De acuerdo a (López, Arias, & Quintero, 2016,p.62) la lectura automática del medidor, la cual hace posible la interconexión inalámbrica de múltiples sensores destinados a monitorear el consumo de energía, pero con el objetivo fundamental de brindarle información del consumo a la empresa distribuidora del servicio eléctrico, mas no al usuario final.

Un medidor de energía es un dispositivo que posibilita supervisar y cuantificar el consumo de energía proporcionada a los clientes. Su función es medir la cantidad de energía eléctrica consumida en una vivienda, lo que permite a la empresa distribuidora facturar de manera precisa

por la energía utilizada. La energía consumida es medida en kilovatios – hora (kWh). (Samaniego Velesaca, 2016, p.16,17)

Menciona (Arizaga, 2015, p. 13) que el consumo de energía eléctrica residencial tiene una tendencia de crecimiento, por eso están diseñando estrategias que permitan ahorrar energía. El consumo eléctrico en una vivienda se divide en tres categorías principales: iluminación, equipos (que incluye electrodomésticos principales) y otros (que abarca diversos dispositivos presentes en el hogar).

Según (Bermeo, Delgado, 2009, p.5) “Las Empresas Eléctricas del Ecuador durante muchos años vienen acumulando pérdidas por concepto de transmisión, distribución y facturación de energía, siendo esta última controlable según las políticas de cada ente”.

A2. Planteamiento del Problema

Los principales inconvenientes de los medidores residenciales actuales necesitan de un operador para que vaya periódicamente a hacer las lecturas requeridas el mismo que representa un gasto económico.

Para la empresa eléctrica distribuidora, tomar lecturas en los medidores mediante personal humano puede resultar errores de precisión y un servicio deficiente, lo que a su vez provoca insatisfacción entre los abonados residenciales.

Además, debido a que existen varios procesos que actualmente son deficientes dentro de las distribuidoras de energía eléctrica, la precisión de la toma de lecturas, la facturación es el principal inconveniente al momento que el abonado realiza el pago por su energía consumida.

EL PROBLEMA ¿Es posible implementar un prototipo de medidor de energía eléctrica con revisión inalámbrica del consumo, de manera que las distribuidoras de energía puedan realizar esta tarea de forma más rápida y mejorar la precisión en la toma de lecturas de consumo?

A3. Justificación

La utilización de tecnología móvil posibilitará la reducción de los costos operativos y agilizará la toma de datos, lo que resultará en una gestión eficiente de las lecturas de consumo y una mejora en el proceso de facturación.

Esta investigación se enfoca en las empresas distribuidoras de energía, ya que se enfoca en un dispositivo que posibilita el envío rápido y preciso de las lecturas de consumo sin requerir la intervención de personal humano.

El proyecto de investigación propone que las empresas distribuidoras de energía eléctrica automaticen el proceso de toma de datos de la lectura del consumo, con el objetivo de brindar un excelente servicio a todos los abonados dentro de su área de concesión.

Al finalizar el proyecto de investigación se contará con un dispositivo que permita de una forma más rápida y efectiva la toma de lecturas de consumo de energía.

A4. Alcance

El objetivo de este proyecto es crear un prototipo de medidor de energía que incorpora comunicación inalámbrica mediante hardware libre. Este sistema permitirá el envío y recepción de datos, lo que posibilitará el almacenamiento de un historial de consumo de las lecturas mensuales de energía. De esta manera, la empresa distribuidora de energía podrá utilizar estas

lecturas de manera rápida y precisa en el proceso de toma de lecturas, sin depender de la intervención de personal humano.

De acuerdo con las lecturas obtenidas la empresa distribuidora de energía determinará el valor a pagar por la energía consumida por el usuario de acuerdo con su tarifario eléctrico vigente.

Con el objetivo de brindar una lectura mucho más rápida y exacta del consumo mediante el uso de tecnología GSM (Sistema global para comunicación móvil) agregado un chip de telefonía al medidor para hacer el envío del consumo una vez al mes, esto reducirá el tiempo requerido para la lectura, error humano.

El medidor va a estar validado contra un medidor de los que se tiene en los laboratorios de la carrera.

El medidor de energía será un monofásico 110 V, realizando mediciones con un rango de corriente entre 5 - 30 A.

A5. Objetivo General

Implementar un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial, para la revisión inalámbrica del consumo eléctrico mediante el diseño, utilización de dispositivos electrónicos digitales y discretos.

A6. Objetivos Específicos

- Describir las tecnologías de medición de consumo de energía eléctrica y sistemas de comunicación inalámbrica.
- Diseñar el medidor de energía eléctrica residencial con comunicación inalámbrica.

- Implementar el prototipo de medidor de energía eléctrica residencial y su interfaz HMI.

CAPITULO 1

1. Descripción de tecnologías utilizadas en la medición de energía eléctrica

En este capítulo, se ha realizado una recopilación de información bibliográfica con el propósito de definir conceptos clave, tecnologías de medición, tipos de comunicación y métodos relacionados con el tema planteado. Esta información servirá como base para fundamentar y sustentar teóricamente el desarrollo del proyecto o investigación.

1.1. Energía eléctrica

Es el movimiento de electrones y se define como la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, cuando estos dos puntos se los pone en contacto mediante un conductor eléctrico obtenemos una corriente eléctrica.(Planas, 2020)

En el ámbito de la electricidad, la energía se mide en Joules (J), mientras que el tiempo se representa en segundos (s). La fórmula que relaciona la energía eléctrica consumida con la potencia y el tiempo es la siguiente:

$$Potencia (P) = \frac{energía (E)}{tiempo (t)} \quad (1)$$

Al despejar la energía (E) de la fórmula dada previamente, obtenemos la cantidad de potencia por unidad de tiempo. La fórmula quedaría de la siguiente manera.

$$E = P * t \quad (2)$$

1.2. Medidores de consumo de energía eléctrica.

Un medidor de consumo eléctrico es un dispositivo cuya función principal es medir el consumo de energía suministrada a los usuarios, es una función esencial de los equipos de

medición medir la cantidad de energía eléctrica de un aparato o conjunto de aparatos que se consume en una vivienda, a continuación, se describió algunos antecedentes de un aparato de medición.

1.2.1. Antecedentes

(Intriago & Segarra, 2018) menciona que el 29 de octubre de 1925 la municipalidad de Guayaquil firma un contrato para distribuir y comercializar la energía eléctrica en Guayaquil por 60 años, según (INECEL, 1978) “el gobierno del Ecuador suscribió un contrato por 60 años con la American Foreign Power CO., para el suministro de energía eléctrica a la ciudad de Guayaquil”, continuando después con la ciudad de Quito y Riobamba.

Según la publicación (EresEnergía, 2018) menciona que las empresas comercializadoras de electricidad, son aquellas que se dedican a garantizar la calidad de servicio energético que reciben los clientes y de la gestión final de pago de la energía consumida en cada hogar, donde las empresas comercializadoras adquieren la energía eléctrica necesaria para el abastecimiento de sus clientes en el mercado de las compañías distribuidoras.

Luego, se procede a elaborar la facturación del consumo individual de cada cliente de manera regular.

De acuerdo a la publicación (Carvajal, 2020) menciona que la electricidad consumida en nuestros hogares se mide en kilovatios – hora (KWh), este consumo se registra por un operador en nuestros contadores dependiendo de la potencia que tenemos contratada en nuestra vivienda, debido a que la potencia contratada está directamente relacionada con el consumo instantáneo máximo que puede haber en la vivienda.

1.2.2. Medidores de energía eléctrica.

(Morales, 2018) considera que “Un medidor de energía es un dispositivo que mide la cantidad de energía eléctrica consumida por una residencia, una empresa o un dispositivo eléctrico.”

(López, 2020) consideran que un contador o medidor de energía es un equipo que ayuda a controlar o medir el consumo de energía suministrada a los clientes, este equipo mide la cantidad de energía eléctrica que se consume en una vivienda, ayudando a la empresa distribuidora a realizar una facturación adecuada por la energía consumida.

Figura 1
Medidor de energía



Nota. El gráfico representa un medidor de energía eléctrica
Tomado de Alibaba, <https://bit.ly/35YGP2J>

1.3. Tipos de medidores

En el presente, los medidores de energía son dispositivos creados para cuantificar el consumo de energía eléctrica en un circuito o servicio eléctrico específico. Estos medidores suelen estar calibrados en unidades de facturación utilizadas para calcular los cargos por consumo en viviendas y otros tipos de usuarios.

1.3.1. Medidor electromecánico.

Un medidor de energía electromecánico es un dispositivo convencional empleado para cuantificar el consumo de energía eléctrica en un circuito. Está compuesto por un disco giratorio que tiene una velocidad de rotación directamente proporcional a la corriente eléctrica consumida. Este contador consta de un núcleo de chapa magnética en el que se encuentran montadas dos bobinas: la bobina de intensidad y la bobina de tensión. La bobina de intensidad está conectada en serie con el conductor por el que pasa la corriente eléctrica, y su objetivo es medir la intensidad de la corriente que circula por el circuito. En la figura 2 se puede observar la estructura física de un contador de energía electromecánico. (Morales, 2018)

Figura 2
Medidor electromecánico



Nota. El gráfico representa un medidor de energía eléctrica

Tomado de Alibaba, <https://bit.ly/33cpB07>.

En la figura 3 muestra un esquema que representa un medidor de energía electromecánico, el cual consta de los siguientes elementos principales:

1. Bobina de tensión.
2. Bobina de intensidad.

En ciertas situaciones, cuando los valores de corriente son significativamente altos en comparación con la capacidad que el dispositivo puede manejar, es preciso emplear un transformador de corriente con el fin de medir este parámetro. Esto implica que los conductores de corriente no deben pasar directamente por el medidor, permitiendo así su ubicación remota.

Figura 4
Medidor digital



Nota. El gráfico representa un medidor digital de energía eléctrica

Tomado de Fasrneo, <https://tinyurl.com/yg2b4qvq>.

1.3.3. Medidor electrónico.

El dispositivo se ubica en el interior de una carcasa fabricada con material sintético, y tanto los transformadores de tensión como de intensidad están completamente protegidos y cubiertos. La parte electrónica utiliza una combinación de técnicas híbridas con componentes discretos e integrados, la cual está montada en 8 circuitos impresos, es de alta precisión que permite una lectura muy fina. Posee una salida por contacto sumergido en mercurio, permite la emisión de impulsos proporcionales a la energía consumida, para la medición de la energía eléctrica. (Morales, 2018)

El contador electrónico no cuenta con partes móviles. Entre las características más importantes tenemos:

- Gran precisión (0,2 %).
- El dispositivo es resistente y no se ve afectado por vibraciones ni impactos.
- El dispositivo muestra una estabilidad excepcional a temperatura y a tiempo de funcionamiento.

Estos medidores pueden ser:

Medidores de demanda. Estos dispositivos registran y almacenan la cantidad total de energía eléctrica consumida durante un único periodo de 24 horas, utilizando una sola tarifa y un único nivel de demanda.

Medidores multitarifa. Debido a que en nuestro país existe un sistema tarifario nacional que utiliza un sistema multitarifa con este tipo de medidor, que mide y guarda la cantidad total de energía consumida con demandas en distintos intervalos a lo largo de las 24 horas, cada uno con tarifas específicas. Adicionalmente, el medidor registra otros parámetros como la energía reactiva y el factor de potencia.

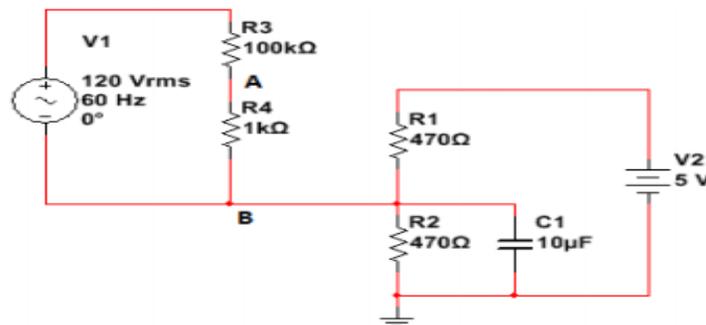
Figura 5
Medidor electrónico



Nota. El gráfico representa un medidor electrónico de energía eléctrica Tomado de Proelco, <https://tinyurl.com/ydo9u2dp>.

instrumentos especializados de la red eléctrica. La figura 7 muestra el circuito de acoplamiento que permite realizar medición del voltaje. Para que la señal que ingresa al microcontrolador tenga solamente valores positivos medidos entre 0 y 5 V cd, el punto A es el que ingresa al microcontrolador y el punto B se lo debe referenciar a +2.5V. (Peláez & Jiménez, 2018)

Figura 7
Esquema del sistema de medición de tensión



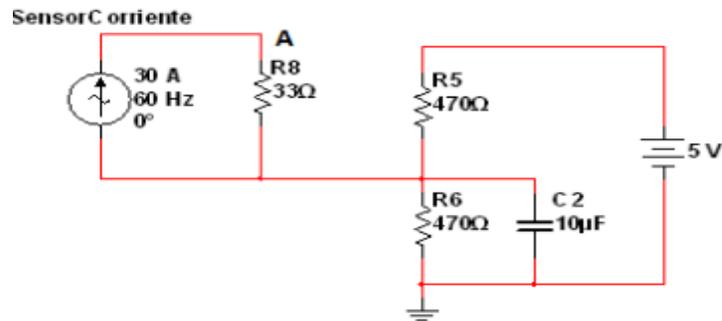
Nota. El gráfico representa el circuito del sistema de medición de tensión

Tomado de Electrónica unicrom <https://acortar.link/NYloX7>

1.4.3. Sistema de medición de corriente.

(Peláez & Jiménez, 2018), consideran que los sensores de corriente son dispositivos capaces de medir corrientes ya sean alternas o continuas, produciendo a su salida una señal de tensión o corriente lineal proporcional a la corriente que circula por el mismo, donde el punto A es el nodo el cual va a ser la entrada al microcontrolador.

Figura 8
Esquema del sistema de medición de corriente



Nota. El gráfico representa el circuito del sistema de medición de corriente

Tomado de Sibay-rb. ru <https://acortar.link/4O9Itl>.

1.5. Módulo de procesamiento y cálculo

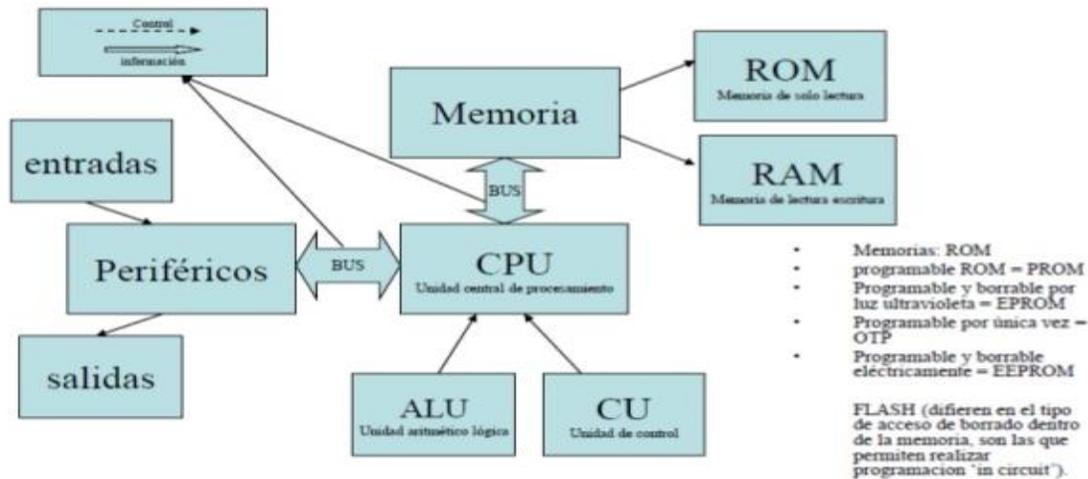
(Peláez & Jiménez, 2018) establecen que este módulo se utiliza para leer los valores de los sensores de voltaje y corriente, además realiza los cálculos matemáticos de potencia y energía consumida por la vivienda.

1.5.1. Microcontroladores.

Un microcontrolador es un chip integrado que posee todos los elementos necesarios para un procesador digital secuencial programable y síncrono. Su tamaño compacto, bajo consumo de energía y costo reducido lo convierten en un componente altamente adecuado para diversas aplicaciones. El dispositivo está compuesto por una Unidad Central de Procesamiento (CPU), una memoria ROM (memoria de solo lectura), una memoria RAM (memoria de acceso aleatorio) y puertos de entrada y salida que facilitan la comunicación con dispositivos externos. Además, puede

incluir uno o más conversores analógicos a digitales, temporizadores y módulos PWM. (Carricas, Ruiz 2018)

Figura 9
Diagrama en bloques de un procesador



Nota. El gráfico representa un diagrama de bloques de un procesador

Tomado de Slideshare, <https://tinyurl.com/yez2t94>.

1.5.2. Plataformas de desarrollo.

Se definen como entornos virtuales aquellos en los que individuos con conocimientos en programación tienen la capacidad de desarrollar aplicaciones móviles o de computadora, lo cual beneficia a aquellos que utilizan estas plataformas. A continuación, se mencionarán varias plataformas de desarrollo móvil como referencia. (Tubón, 2020)

1.6. Sistema de tarificación eléctrica en el Ecuador.

Según (ARCONEL, 2019) en el Ecuador existen diferentes tipos de tarificación y en el artículo 17 de la Codificación del Reglamento de Tarifas Eléctricas se clasifica en tres grandes categorías (alta, media y baja) tensión.

De acuerdo con el problema de investigación planteado está orientada a baja tensión y según la categoría tarifaria siguiente:

1.6.1. Categoría residencial:

Esta categoría se refiere al servicio eléctrico diseñado para uso doméstico, independientemente del tamaño de la carga eléctrica conectada.

1.6.2. Tarifa de baja tensión

(ARCONEL, 2019) emite una estructura tarifaria a aplicarse a los consumidores o usuarios finales sujeta a las disposiciones establecidas en la ley orgánica del servicio público de energía en el Ecuador.

1.6.3. Tarifa residencial.

(ARCONEL, 2019) establece “que la tarifa residencial aplica a los consumidores sujetos a la categoría residencial independiente del tamaño de la carga conectada”.

El consumidor tiene la obligación de abonar lo siguiente:

- a) Se aplica un cargo por comercialización, que se expresa en USD por consumidor y por mes, independientemente del consumo de energía.
- b) Se aplican cargos adicionales por energía en USD por kilovatio-hora (kWh), en función de la cantidad de energía consumida.

1.6.4. Tarifa residencial temporal.

“Esta tarifa aplica a los consumidores residenciales que no tienen su residencia permanente en el área de servicio de la distribuidora y que utiliza de forma puntual para usos domésticos (fines de semana, períodos de vacaciones, entre otros)”.(ARCONEL, 2019)

El cliente tiene la responsabilidad de efectuar los siguientes pagos:

- a) Se establece un cargo fijo por concepto de comercialización, expresado en USD por consumidor al mes, sin importar el nivel de consumo de energía.
- b) Se establece un cargo por el consumo de energía en USD por kilovatio-hora (kWh), basado en la cantidad de energía consumida.

Figura 10
Cargos tarifarios para usuarios residenciales

Rango de consumo	Demanda (USD/kW)	Costo (USD/kWh)	Costo de Comercialización (USD/consumidor)
Categoría	Residencial		
Nivel de tensión (V)	Baja y media tensión		
0-50		0,091	1,414
51-100		0,093	
101-150		0,095	
151-200		0,097	
201-250		0,099	
251-300		0,101	
301-350		0,103	
351-500		0,106	
501-700		0,1286	
701-1000		0,145	
1000-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,436	
Superior		0,6812	
	Residencial Temporal		
		0,1285	1,412

Nota. El gráfico representa los cargos tarifarios para usuarios residenciales

Tomado de Arconel 2019

1.7. Sistema de comunicación inalámbrica

(Morales, 2018) considera que “Los sistemas de comunicación permiten la interacción entre la empresa distribuidora y los usuarios con diferentes tipos de equipos como sensores, medidores inteligentes, controladores de carga entre otros”.

1.8. Red GSM

GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles) es una tecnología que revolucionó la industria de las telecomunicaciones al permitir conexiones tanto para voz como para datos. Aunque su origen proviene de un sistema europeo, rápidamente se convirtió en un estándar

adoptado a nivel mundial. La naturaleza digital de estos sistemas posibilitó una notable reducción de costos en las estaciones de base y las centrales de conmutación. GSM utiliza un codificador que transmite voz a 13 kbit/s a la estación base sobre un enlace digital, una ventaja de este sistema es que permite realizar llamadas en cualquier país, usando un sistema de acceso por multiplexado en el tiempo con una banda estrecha dentro de la banda 900/1800 (1900 en EEUU y América del sur).(Cruz, 2018)

1.9. Conclusión

En resumen, este primer capítulo del marco teórico abordó diversas teorías, tipos de medidores y conceptos del sistema tarifario vigente, con el objetivo de comprender el funcionamiento de algunas tecnologías de medición de consumo de energía. También se analizó el sistema de medición de tensión y corriente utilizado para determinar el valor del consumo en un prototipo de medidor, que se comunica de manera inalámbrica para facilitar el envío de los datos de forma más sencilla y precisa a través de una red de telefonía GSM.

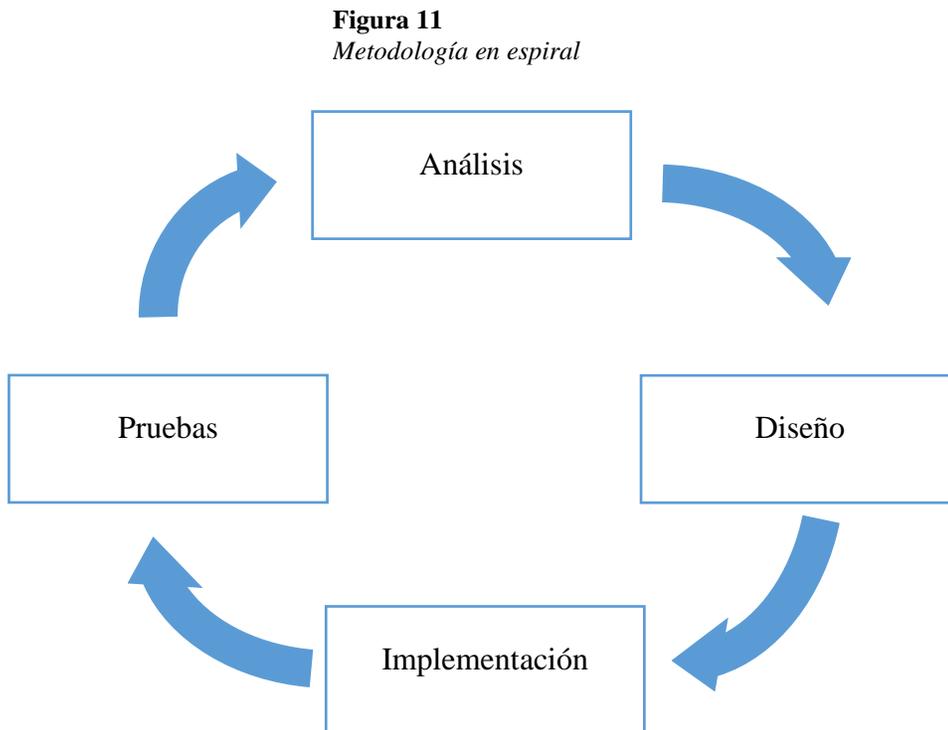
CAPITULO 2

2. Diseño del medidor de energía eléctrica con comunicación inalámbrica

En esta sección del informe, se detalla tanto el diseño lógico como electrónico del prototipo. Se realiza una comparativa de los dispositivos electrónicos utilizados durante el proceso de desarrollo, teniendo en cuenta las características clave que resultarán relevantes para su construcción.

2.1. Metodología

En el estudio llevado a cabo, se empleó la metodología en espiral, representada en la figura 11. A continuación, se describen las diferentes etapas que conforman esta metodología. Cada etapa se compone de varias fases, comenzando con el análisis, seguido del diseño, la implementación y finalmente las pruebas de funcionamiento del equipo.



Nota. El gráfico representa cada etapa de la metodología en espiral.

La metodología en espiral está conformada por cuatro etapas fundamentales:

Durante la etapa inicial, se realizó una investigación exhaustiva sobre los requisitos y limitaciones del proyecto propuesto. Dado el valor de obtener lecturas precisas del consumo de energía, se propuso el desarrollo de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial. Este prototipo fue diseñado para medir el voltaje, corriente, potencia activa, factor de potencia y energía. El objetivo principal, permitir la revisión inalámbrica del consumo eléctrico, facilitando así un seguimiento detallado y eficiente de los datos energéticos, esta implementación tiene ciertas restricciones que se debe tomar en cuenta, será un medidor monofásico 110 y 220 (V), no puede realizar mediciones en sistemas bifásicos, de la misma forma si no hay cobertura de señal no hay conexión para su comunicación inalámbrica, si el reloj en tiempo real falla no envía el dato del consumo mensual.

En el diseño se comparó cada tarjeta de procesamiento para seleccionar la más adecuada para el dispositivo, tenemos el diagrama del funcionamiento del sistema, el diagrama del proceso a implementar en la programación, el software y el flujograma de la APP para visualizar las lecturas en un dispositivo móvil.

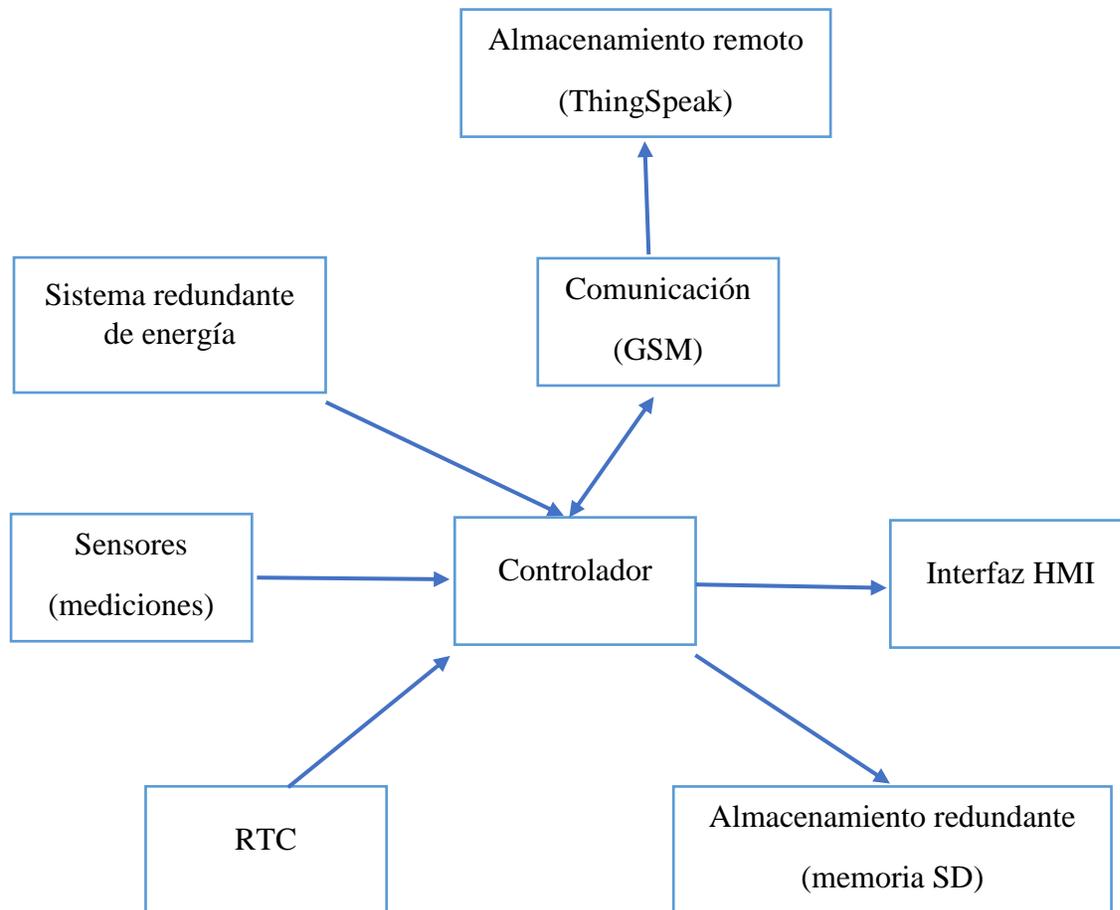
En la implementación tenemos el código del programa y el esquema de conexión de cada una de las tarjetas de procesamiento que forman parte del dispositivo que permite realizar las lecturas de energía del dispositivo funcional.

En las pruebas tenemos pruebas de funcionamiento en cada uno de los circuitos realizados de la misma forma pruebas de envío de datos de forma inalámbrica con su respectiva prueba de almacenamiento de datos, validación de datos en la APP y validación del prototipo.

2.2. Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema

Con el propósito de llevar a cabo la implementación del prototipo de medidor de energía, se elaboró un diagrama que muestra de manera completa el funcionamiento del sistema, tal como se representa en la figura 12. Posteriormente, se brindó una descripción detallada de cada uno de los procesos que conforman el sistema de medición de energía. Esta aproximación facilitó una visión clara y detallada de cómo opera el prototipo, así como de los distintos componentes implicados en el proceso de medición energética.

Figura 12
Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema



Nota. El gráfico representa el funcionamiento de todo el sistema.

El prototipo cuenta con un controlador encargado de procesar la información del dispositivo y mediante un módulo multifunción que tenga un protocolo de comunicación, permite medir corriente, voltaje, potencia activa, factor de potencia y energía para obtener las lecturas de consumo de energía, así mismo mantener una interfaz Hombre - Maquina que permita al usuario interactuar con el dispositivo, mantener una comunicación inalámbrica para tener un almacenamiento remoto, para ir almacenando un historial del consumo de energía, también el controlador nos permite realizar un almacenamiento redundante para mantener una copia idéntica de los valores del consumo en un módulo SD card y finalmente tener un sistema redundante de energía en caso que se produzca un corte de energía no planificado.

2.3. Materiales

A continuación, se describe cada material para tener conocimiento de cada uno de los componentes que forma parte de la implementación.

2.3.1. Componentes del prototipo.

En función de la metodología empleada se realizó una comparación de los elementos y dispositivos principales que formarán parte del sistema de medición, se detalla a continuación, para esto se ha considerado características técnicas y comerciales disponibles al momento del diseño.

2.4. Módulos para la captura de corriente, voltaje, potencia activa, factor de potencia y energía

Para el desarrollo de este proyecto, resulta fundamental contar con un dispositivo de medición de parámetros eléctricos que permita registrar y almacenar datos de manera remota. Por

tanto, es esencial que dicho dispositivo incluya un puerto de comunicación serial. En el mercado local, existen diversos modelos de la familia PZEM disponibles, los cuales tienen la capacidad de llevar a cabo la medición de parámetros eléctricos como voltaje, corriente, potencia y energía. En la tabla 2.1 se resumen los modelos más comunes y disponibles en el mercado, junto con sus características principales. Todos estos dispositivos son compatibles con sistemas basados en microcontroladores.

Tabla 2.1

Dispositivos comerciales para medición de parámetros eléctricos

	Parámetro	Rango	Precisión	Comunicación
PZEM-016	Voltaje	80-260 Vac		
	Corriente	0 - 100 A		
	Potencia	0 – 23 kW	0.05 V	RS485 y protocolo Modbus RTU esclavo
	Energía	0 – 9999 kW/h	0.001A	
	Frecuencia	45 - 65 Hz	0.1 W	
	Factor de potencia	0.0 – 1.00		
PZEM-061	Voltaje	80-260 Vac		
	Corriente	0 - 100 A		
	Potencia	0 – 22 kW	Grado 1.0	N/D
	Energía	0 – 9999 kW/h		
	Factor de potencia	0.0 – 1.0		
PZEM-004T	Voltaje	80-260 Vac	Grado 1.0	
	Corriente	0 - 100 A	Resolución 0.1	UART TTL opto acoplada a USB o
	Potencia	0 – 22 kW	V	
	Energía	0 – 9999 kW/h	0.001A	RS232
	Factor de potencia	0.0 – 1.0	0.01 W	

Nota. Esta tabla muestra características de tres dispositivos similares.

De acuerdo con la investigación realizada de la familia PZEM de similares especificaciones, el que destaca para esta aplicación por su comunicación es el 004T, razón por la cual, se lo escogió y se indica a detalle sus características.

2.4.1. Módulo PZEM-004T Medidor Multifunción – UART.

El versátil modulo PZEM- 004T se encarga de medir diversos parámetros eléctricos, que incluye voltaje y la corriente RMS, la potencia activa, el factor de potencia y la energía consumida por una carga conectada a una línea monofásica de corriente alterna con un voltaje de 110/220 V. La medición de la corriente es no invasiva y se realiza mediante el uso de una bobina, lo que permite ampliar el rango de medición agregando un transformador en la entrada correspondiente. esta información puede ser enviada a un microcontrolador, Arduino o PIC y también a una PC utilizando un adaptador USB o TTL.

También, el módulo cuenta con salidas opto acopladas y una alarma que se activa en caso de detectar una sobrecarga. capacidad para almacenar valores en situaciones de corte de energía eléctrica, y un botón de reinicio para restablecer las configuraciones, lo que lo hace el más idóneo para esta aplicación, además dispone de las siguientes funciones:

1. Se realiza la medición de diversos parámetros eléctricos, como el voltaje, la corriente y la potencia activa.
2. Se almacena los datos de apagado, que corresponde a la potencia acumulada antes de guardarlos.
3. La comunicación en serie se realiza mediante una interfaz serial TTL, a través de múltiples terminales para establecer la comunicación con la placa adaptadora y permitir la lectura y

configuración de los parámetros, entrega todos los datos necesarios reduciendo los errores de cálculo, que podrían darse al medir la energía en cargas no lineales.

Figura 13
Medidor multifunción PZEM-004T



Nota. El gráfico representa el módulo PZEM- 004T.

a) Características

- Interfaz UART TTL opto acoplada
- Dispositivo para medir el voltaje RMS
- Medición de la Corriente RMS.
- Medición de la Potencia Activa y Energía

b) Rangos de medición:

Potencia, rango: 0 a 22 kW

- El rango de medición es de 0 a 10kW, con un formato que va desde 0.000 a 9.999
- El rango de medición es de 10 a 22kW, con un formato que va desde 10.00 a 22.00

Energía, rango: 0 a 9999 kWh

- El rango de medición es 0 a 10kWh, con un formato que va desde 0.000 a 9.999
- El rango de medición es 10 a 100kWh, con un formato que va desde 10.00 a 99.99
- El rango de medición es 100 a 1000kWh, con un formato que va desde 100.0 a 999.9

- El rango de medición es 1000 a 9999kWh, con un formato que va desde 1000 a 9999

Voltaje de funcionamiento: 80 a 260 VAC

- El formato abarca desde 110.0 hasta 220.0.

Corriente, rango: 0 a 100 A

- El formato abarca desde 00.00 hasta 99.99

Referencia: PZEM - 004 T, incluye:

- Un medidor digital multifunción
- Una bobina Nota. Fuente: Datasheet (Anexo1).

2.5. Comunicación GSM

En sistemas que hacen uso de microcontroladores y necesitan enviar datos a internet en áreas sin acceso a una red Wi-Fi, una de las opciones disponibles es utilizar la red de telefonía móvil. Si hay cobertura en la zona, se pueden emplear módulos de comunicación GSM (Global System for Mobile Communications) configurados como módems para conectarse a la red y transmitir los datos requeridos.

Los módulos GSM emplean la tecnología GPRS (General Packet Radio Service), la cual es un método para transmitir datos a través de la red de telefonía móvil 2G con el propósito de enviar información. Estos módulos son configurados y controlados mediante comunicación UART, utilizando comandos AT. Al conectar la tarjeta al microcontrolador, es posible establecer la comunicación y enviar comandos AT para interactuar con el módulo GSM y llevar a cabo diversas funciones de transmisión de datos.

A continuación, se hace referencia en la tabla 2.2, las especificaciones de los módulos más comerciales.

Tabla 2.2*Comparación entre sim 800 y sim 900*

Funciones	SIM800	SIM900
Bluetooth	Soporta	No soporta
PCM/SPI interfaz	Soporta	Solamente soporta SPI
Interrupciones	Soporta algunos GPIO	Todos los puertos de GPIO
USB interfaz	Soporta	No soporta
Debug interfaz	USB	DEBUG_TXD_RXD
RF_SYNC	Soporta	No soporta
Rango fuente VBAT	3.4-4.4 V	3.2-4.8 V
Rango fuente VRTC	1.2-3.0 V	2-3.15 V
VDD_EXT carga máxima	50 mA	10 mA

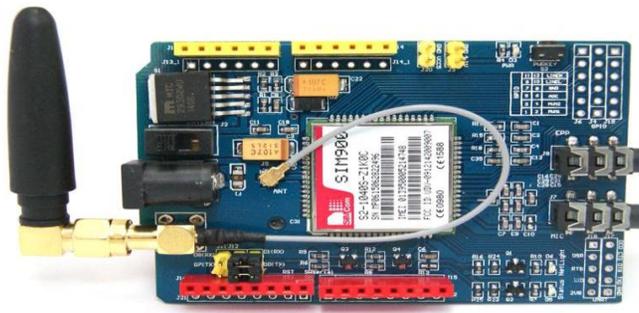
Nota. Esta tabla muestra características de dos módulos.

La Tabla 2.2 exhibe las características técnicas fundamentales del módulo de comunicación, destacando el SIM 900 como el más apropiado para esta aplicación debido a su eficiente consumo de energía, compatibilidad con los sistemas GSM vigentes y su capacidad de depuración a través de la interfaz serial. Esta funcionalidad permitirá reiniciar la comunicación de manera remota y poner el módulo en modo de hibernación según sea necesario, en lo que respecta al envío de datos de forma remota, existen varios modelos disponibles como el SIM800, SIM808 y SIM900, siendo este último la versión más reciente y ampliamente utilizada, adaptada a la tecnología GSM empleada por las operadoras móviles en el país. Esta configuración permite el envío y recepción de mensajes de texto, la utilización de la red telefónica y la transmisión de datos a través de internet al configurar el módulo como un módem.

2.5.1. El GPRS SIMCOM SIM900 GSM Quad band GSM shield

Esta tarjeta de comunicación inalámbrica es extremadamente compacta y es compatible con todos los modelos de Arduino. Tiene la capacidad de establecer comunicación con otros microcontroladores a través del puerto serial incorporado. Está basada en el módulo SIM900 GSM 4 y utiliza la tecnología GPRS que se configura y controla mediante comandos AT a través de la comunicación serial. Debido a estas características, se recomienda su uso en sistemas remotos, comunicación recursiva, puntos de control y para enviar mensajes de texto, entre otras aplicaciones. Además, está equipada con una antena externa que mejora la calidad de la señal.

Figura 14
SIM900 GSM GPRS Shield con Arduino UNO



Nota. El gráfico representa la tarjeta SIM900 GSM GPRS

- a) Especificaciones técnicas:
- Totalmente compatible con la plataforma Arduino
 - Conexión a través del puerto serial
 - Quad-Band de frecuencia 850/900/1800/1900Mhz
 - GPRS multi-slot clase 10/8
 - GPRS multi station clase B
 - Compatible con GSM fase 2/2+

- Clase 4(2W(AT) para frecuencias de 850/900 MHz)
- Clase 1(1W(AT) para frecuencias de 1800/1900 MHz)
- TCP/IP incorporado
- Consumo de 1.5 mA en estado de suspensión. Nota. Fuente: Datasheet (Anexo2).

El modelo de tarjeta GPRS GSM no dispone de los pines requeridos para ser montado directamente sobre Arduino como un shield. En su lugar, al ser controlado mediante UART (comunicación serial), solo se requiere conectar los pines de TX, RX y la alimentación correspondiente.

2.6. Microcontroladores / tarjetas de desarrollo

El prototipo para desarrollar debe disponer de un dispositivo de coordinación y control que almacene y envíe los datos a la nube, así mismo permita la visualización en sitio de los valores registrados por el sistema, se propone el uso de una tarjeta electrónica que incluye estas características.

Comercialmente, hay diversas versiones y modelos de tarjetas electrónicas de desarrollo, tales como Arduino y las ESP. Dado que esta aplicación demanda un nivel de procesamiento básico, se puede considerar la opción de utilizar alguna de estas tarjetas. A continuación, se muestran en la tabla 2.3 las opciones más adecuadas para este proyecto.

Tabla 2.3*Comparación especificaciones técnicas*

Arduino Uno	Arduino Mega 2560	ESP32
Microcontrolador elegido: ATmega 328.	Microcontrolador: ATmega 2560.	Procesador dual Core Xtensa ® LX6
Voltaje de entrada: 7-12V.	Rango de voltaje de Entrada: 7-12V.	Voltaje de entrada: 1V, 2V y 4V.
Números de pines digitales de Entrada/Salida: 14 (de los cuales 6 salidas PWM).	Números de pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM).	16 canales PWM 36 GPIO pines
6 entradas analógicas.	16 entradas analógicas.	Wifi integrado
Memoria Flash: 32 kB	Memoria Flash: 256k (8kB usados por el bootloader).	QSPI Flash/SRAM, 4 MB
Reloj de 16 MHz de velocidad.	Reloj de 16 MHz de velocidad.	Velocidad de reloj: Entre 160Mhzy 240Mhz
SRAM: 2 kB	SRAM: 8 kB	SRAM: 520 kB
EEPROM: 1kB	EEPROM: 4KB	EEPROM: 512 kB
1 puerto UART	4 puertos UART	2 puertos UART

Nota. Esta tabla muestra características de tres tarjetas electrónicas de desarrollo.

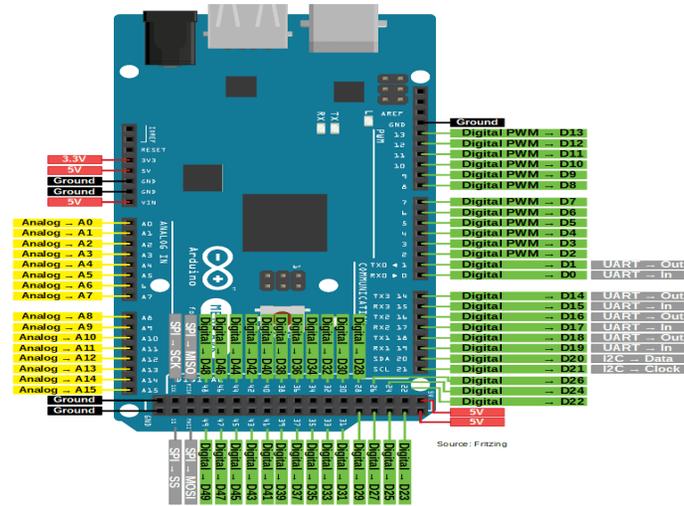
La tabla 2.3 muestra las características principales de las placas de desarrollo, y resalta que el Arduino Mega 2560 se destaca por tener el mayor número de puertos digitales y analógicos, así como una mayor cantidad de puertos de comunicación. Debido a esto, el Arduino Mega resultó ser el más adecuado, ya que permitió la conexión y comunicación con varios dispositivos simultáneamente, como el PZEM-004T, el módulo GSM y el puerto USB.

2.6.1. Arduino Mega 2560.

El Arduino Mega 2560 cuenta con la capacidad de establecer comunicación con una computadora, otras placas o diversos microcontroladores mediante sus cuatro puertos serie UART de hardware, utilizando niveles TTL (5V). Estos puertos son canalizados por otro microcontrolador para crear un puerto virtual a través del conector USB, lo que permite la conexión con el software en el ordenador. Adicionalmente, el Arduino Mega 2560 está provisto de un botón de reset y una entrada para suministrar la alimentación a la placa.

La tarjeta Arduino Mega 2560 viene equipada con una memoria Flash de 256 KB que se utiliza para almacenar el código del programa de los sketches. De este espacio, 8 KB están reservados para el gestor de arranque (bootloader), 8 KB para SRAM y 4 KB para EEPROM, que permite operaciones de lectura y escritura. La placa dispone de 54 pines digitales que pueden configurarse como entrada o salida, de los cuales 15 de ellos son capaces de generar una salida PWM. Nota. Fuente: Datasheet (Anexo3).

Figura 15
Arduino Mega 2560



Nota. El gráfico representa el diseño del Arduino Mega 2560.

2.7. Pantalla LCD

Existen varias versiones de pantallas de visualización o display para mostrar información, desde el tipo caracteres hasta gráficas en las que se pueden ver imágenes a color. En este prototipo, se usó una pantalla LCD de 80 caracteres, para verificar en sitio las variables eléctricas medidas, mostrando al usuario todos los parámetros, haciendo posible el monitoreo directo sobre el equipo.

El LCD (Liquid Crystal Display) o pantalla de cristal líquido, es utilizado para mostrar información de manera gráfica, ya sea a través de caracteres o símbolos. Su operación es controlada por un microcontrolador, que se encarga de dirigir todas sus funciones y operaciones.

Se emplea un LCD de 20x4, representado en la figura 16, lo que implica que tiene 4 filas y cada fila puede mostrar hasta 20 caracteres. Dado que el dispositivo podría estar expuesto directamente a la luz solar, se ha implementado una protección para evitar su deterioro y garantizar su correcto funcionamiento en condiciones ambientales adversas.

Figura 16
Pantalla de cristal líquido



Nota. El gráfico representa la pantalla de cristal líquido

a) *Características:*

- Alimentación: 3.3V a 5.0V
- Corriente: $\leq 20\text{mA}$
- Resolución 20x4
- Conexión: I2C
- Retroalimentación: ninguna
- Temperatura de funcionamiento: -20 a +70 °C
- Dimensiones: 98.0 x 60.0 x 12.0 mm *Nota.* Fuente: Datasheet (Anexo4).

2.8. Módulo SD card

Las tarjetas de memoria SD son ampliamente utilizadas en dispositivos portátiles debido a su capacidad de almacenamiento y su tamaño reducido. Hay tres tipos principales de tarjetas SD: SD estándar, Mini SD y Micro SD, siendo esta última la más común. A pesar de sus diferentes tamaños físicos, todas ellas funcionan de manera similar, lo que permite utilizar adaptadores para

utilizarlas en diferentes tipos de ranuras. En el sistema en cuestión, se empleará este shield para almacenar los parámetros medidos.

Las tarjetas SD pueden clasificarse en cuatro categorías según su formato: SD o SDSC (Capacidad Estándar), SDHC (Alta Capacidad), SDXC (Capacidad Extendida) y SDIO (Entrada/Salida). Arduino es compatible con los dos primeros tipos mencionados, es decir SD y SDHC.

La figura 17 muestra el módulo de tarjeta SD, que dispone con un socket diseñado para tarjetas de memoria SD de tamaño estándar. Sin embargo, es importante mencionar que, mediante el uso de un adaptador, también es factible conectar tarjetas microSD en dicho socket. De esta manera, se posibilita el uso de ambos tipos de tarjetas en el módulo.

Figura 17
Módulo SD card



Nota. El gráfico representa la memoria SD card

2.9. Modulo RTC DS3231

El reloj de tiempo real (RTC) es un dispositivo que proporciona una medición precisa del tiempo. A diferencia de los relojes convencionales que cuentan pulsos de una señal sin una relación directa, el RTC del prototipo utiliza estos datos para almacenar información y, periódicamente,

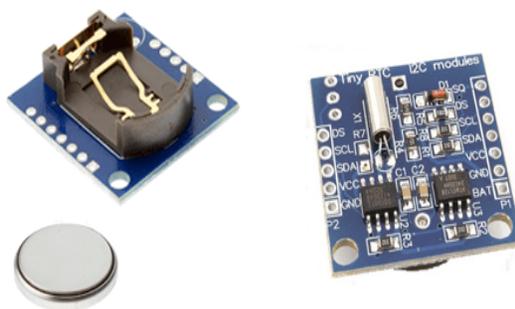
enviar los valores a través de Internet para su almacenamiento. De esta manera, se logra obtener mediciones de tiempo precisas y se aprovecha la conexión a Internet para almacenar los datos de manera efectiva.

Los relojes de tiempo real (RTC) suelen estar compuestos por un cristal integrado junto con la electrónica necesaria para medir con exactitud el paso del tiempo y realizar cálculos, como el sistema sexagesimal, la variación en la cantidad de días en los meses o el manejo de los años bisiestos. De esta manera, el RTC es capaz de llevar un registro preciso del tiempo y realizar ajustes necesarios para mantener la correcta sincronización con el calendario y la hora actual.

Existen dos RTC comunes, el DS1307 y el DS3231, ambos fabricados por Maxim (anteriormente Dallas Semiconductor). El DS3231 ofrece una mayor precisión y puede considerarse como una opción de reemplazo para el DS1307. Ambos modelos se comunican a través del bus I2C. En la figura 18 se muestra el módulo que se debe utilizar para la aplicación.

Nota. Fuente: Datasheet (Anexo5)

Figura 18
Módulo RTC



Nota. El gráfico representa el módulo RTC

En numerosas ocasiones, estos módulos también incluyen una pequeña EEPROM AT24C32, que puede emplearse para almacenar registros y mediciones.

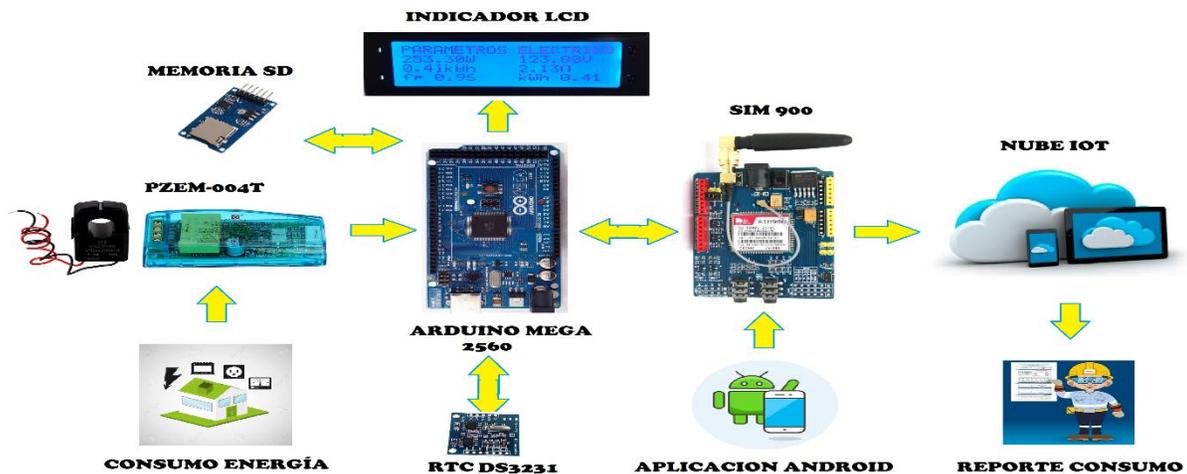
2.10. Equipos de medición residencial inalámbrico

Basándonos en el análisis previo, se eligen los diversos componentes que formarán parte del medidor de energía en sus distintas etapas. A diferencia de los componentes disponibles comercialmente, como se muestra en la figura 19, este sistema contará con una función adicional de comunicación y almacenamiento remoto de información. La información estará disponible para los usuarios a través de una aplicación móvil específica.

El equipo de medición residencial inalámbrico está compuesto principalmente de:

- Un sistema de adquisición de parámetros eléctricos, que proveerá de los datos provenientes de las mediciones de voltaje, corriente y factor de potencia, de los que se obtendrán la potencia real, reactiva y la energía consumida.
- Un sistema de comunicación mediante un módulo GSM compatible con sistemas micro controlados.
- Un microcontrolador que realice las acciones de comunicación y procesamiento de la información.
- Una plataforma para almacenar la información del consumo de energía.
- Una aplicación para Android que gestione la información con el sistema

Figura 19
Equipo de medición residencial inalámbrico



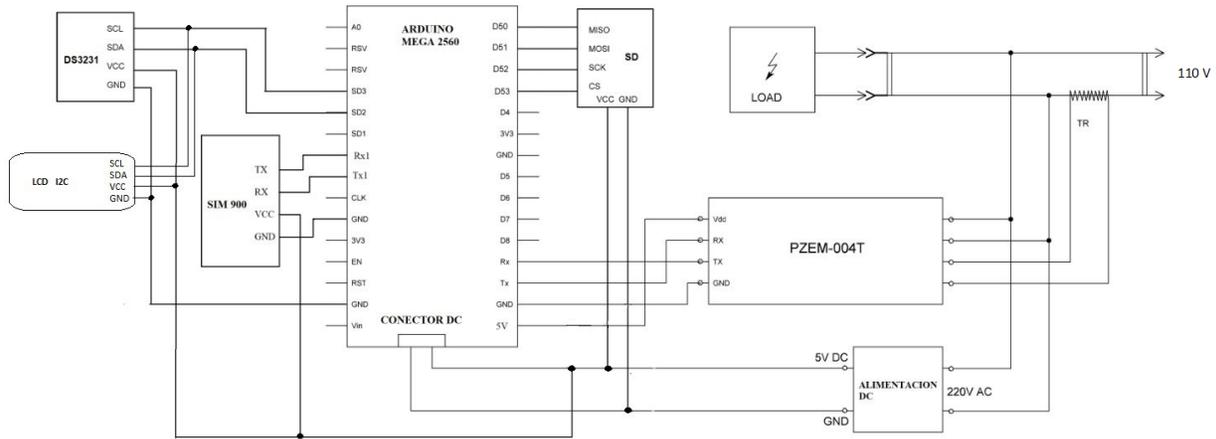
Nota. El gráfico representa el equipo de medición inalámbrico.

La figura 19, muestra los componentes del prototipo en sus diferentes etapas, en las que el Arduino Mega 2560, coordina el sistema de medición, los parámetros eléctricos a registrar los obtiene del módulo PZEM-004T y envía a la plataforma a través del módulo SIM 900, los valores de lectura se muestran en el equipo a través de la pantalla LCD sin backlighth incluida, el esquema y forma de conexión de detalla a continuación.

2.11. Esquema de conexión

En la figura 20 se presenta el esquema de conexión que involucra los diferentes componentes del dispositivo, habilitando así la medición de la energía consumida por el usuario.

Figura 20
Diagrama de conexión.



Nota. El gráfico representa la conexión de cada componente del dispositivo

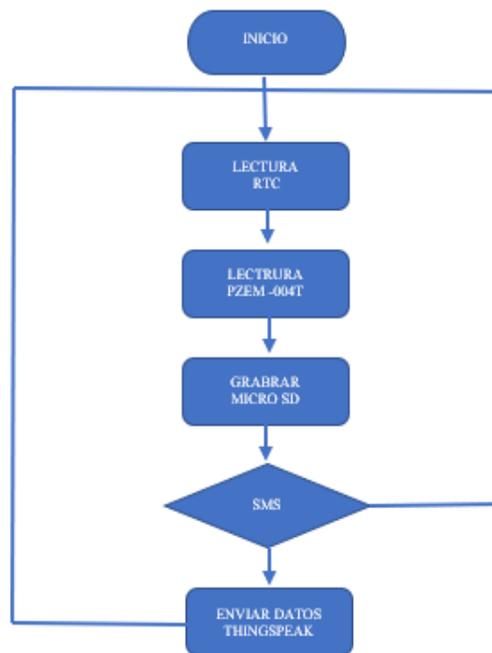
El módulo PZEM-004T, mide los parámetros eléctricos de la red, cuyos valores son enviados al microcontrolador del Arduino Mega a través del puerto de comunicación serial, cuando recibe una petición de información desde el módulo GSM, estos serán devueltos a través de una conexión GPRS al peticionario de acuerdo con un protocolo establecido para su posterior prueba y almacenamiento en la nube, a la que se accederá para el procesamiento de estos.

Para garantizar el IP65, IP66, IP67, este se ajustó dentro de una caja plástica transparente, la misma que protegió de las condiciones externas del clima y además permitiendo la visualización de datos en tiempo real, se adicionan terminales tipo bornera que hicieron más sencilla su instalación y se protegió eléctricamente mediante un termomagnético calculado para la potencia que se instaló, para continuar con el proceso de validación y verificación de resultados.

2.12. Diagrama de flujo del programa a desarrollar.

En la figura 21, se presenta el esquema del proceso implementado en la programación. Dicho proceso tiene como objetivo tomar los datos del módulo de adquisición de parámetros eléctricos, y posteriormente almacenarlos cada 10 segundos, actualizando la información en la memoria de Arduino. Esta actividad de almacenamiento continúa hasta que se reciba una solicitud de entrega de información a través de un mensaje de texto que debe incluir una contraseña para acceder. Luego, los datos se envían a una plataforma específica para ser almacenados y visualizados en la nube.

Figura 21
Diagrama de flujo del programa



Nota. El gráfico representa el diagrama de flujo del programa

2.13. Plataforma IoT

Con el objetivo de proporcionar una comprensión más clara acerca del funcionamiento del sistema de Internet de las cosas (IoT) y su papel en este contexto, se presenta a continuación la figura 22. En esta imagen se ilustra el ámbito en el que la plataforma está involucrada en cualquier proyecto relacionado con el Internet de las cosas.

Por medio de la figura 22, el grupo de los sensores no está directamente implicado con la plataforma de tal manera no es evidente los protocolos de red (LAN, Bluetooth, etc) tampoco, por lo tanto, cuando se esté programando o configurando cualquier plataforma IoT, solo se tendrá en cuenta las otras variables, exceptuando estas dos.(Manotas, Martínez, 2018)

Figura 22
Plataforma IoT



Nota. El gráfico representa la plataforma IoT en un sistema de internet de las cosas

En la figura 22 se presenta un diagrama que ilustra la configuración de cualquier plataforma IoT. Es importante destacar que para que la conectividad funcione adecuadamente, es necesario realizar una adaptación de los protocolos de comunicación utilizados en Internet como, por

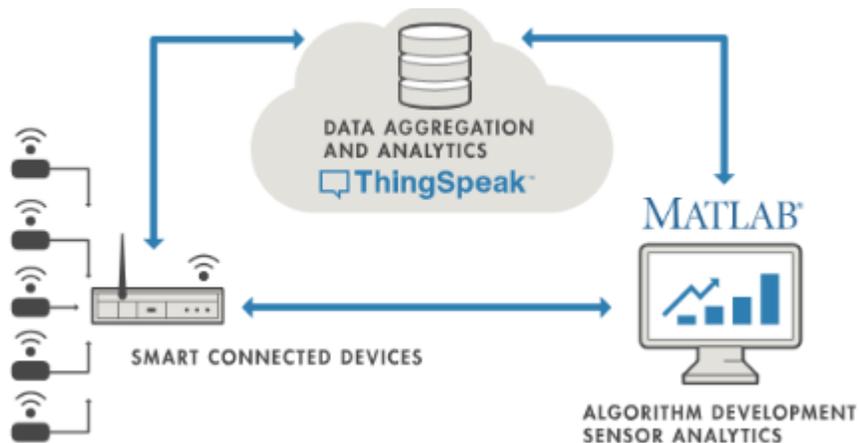
ejemplo, HTTP, TCP, UDP, entre otros. Esta adaptación es fundamental para garantizar una comunicación efectiva en el entorno de IoT.

2.14. Plataforma Thing Speak

ThingSpeak es una plataforma de análisis de Internet de las cosas (IoT) que simplifica la agregación, visualización y análisis de flujos de datos almacenados en la nube. Además de su capacidad de análisis de datos, ThingSpeak ofrece una aplicación que permite a los usuarios crear visualizaciones instantáneas de datos en tiempo real desde sus dispositivos. Los análisis de Matlab, integrados en la plataforma ThingSpeak, permiten ejecutar y realizar el preprocesamiento y análisis de los datos. Por último, ThingSpeak proporciona la ventaja de crear prototipos y desarrollar sistemas de IoT sin necesidad de contar con servidores o crear software web.(Cargua, 2020)

En la figura 23 muestra el desarrollo del algoritmo asociado con la ampliación IoT, donde el usuario adquiere información de los datos recopilados entorno de software de escritorio que permite realizar prototipo y algoritmos que se ejecuten en la nube o en el propio dispositivo inteligente.(Cargua, 2020)

Figura 23
Función de Thingspeak



Nota. El gráfico representa el funcionamiento de la nube ThingSpeak

A continuación, se enumeran las características clave que representan los parámetros necesarios para recibir datos en la plataforma ThingSpeak:

- Creación y configuración de cuentas y canales: Información relevante sobre los canales, usuarios y licencias de ThingSpeak.
- Escribir datos del canal: Utilice las API REST Y MQTTN para actualizar canales con software o dispositivos.
- Lectura de datos del canal: Procesamiento de datos mediante filtrado, transformación y respuesta utilizando MATLAB.
- Visualización de datos: Transformación y representación gráfica de datos utilizando MATLAB. (Cargua, 2020)

ThingSpeak funciona con los siguientes dispositivos: Arduino, fotón de partículas, modulo WIFE ESP8266, Raspberry PI, aplicaciones móviles, Twitter, Twilio, MATLAB.(Manotas, Martínez, 2018)

Pasos que se debe seguir para la utilización de la plataforma ThingSpeak.

- Crea tu cuenta.
- Crear un nuevo canal.
- Busca la clave de la API correspondiente a tu canal.
- Programar tu plataforma Arduino.

2.15. Aplicación para obtener datos del sistema de medición

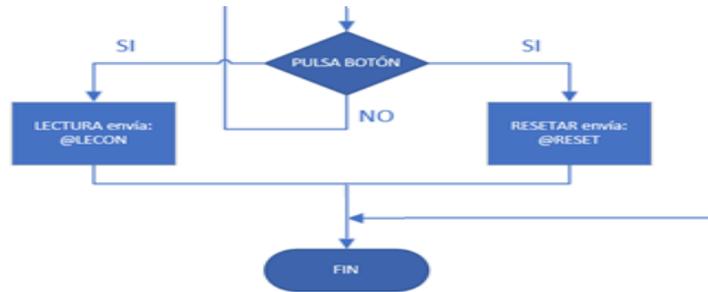
El Mit App Inventor es una plataforma de desarrollo de software y hardware de código abierto, lo que implica que su distribución y desarrollo son libres, y permite realizar modificaciones en el código fuente sin restricciones de licencia. Esta plataforma fue inicialmente creada por Google Lab y actualmente es administrada por el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts). A través de esta plataforma, se ha desarrollado una aplicación que permite la interacción con el prototipo de medición de energía, permitiendo solicitar el envío de datos o reiniciar el sistema.

2.16. Flujograma de la APP

La aplicación desarrollada para este prototipo permitirá enviar un mensaje al dispositivo medidor de energía para que este a su vez reenvíe los datos almacenados a la nube para su procesamiento.

En la figura 24 se ilustra el procedimiento que sigue la aplicación creada para manejar la solicitud de información al prototipo de medición. Mediante un código preestablecido en el programa, la aplicación enviará la información almacenada hacia la plataforma de almacenamiento correspondiente.

Figura 24
Flujograma de la APP



Nota. El gráfico representa el flujograma de la aplicación móvil

Una vez recibido el mensaje con los códigos de lectura o reinicio, este generará la respuesta correspondiente estableciendo en un caso la comunicación con ThingSpeak y en la otra reiniciando el sistema, esto eliminará solo los datos almacenados en la memoria SD card, manteniendo los que se hallan almacenados en la memoria del módulo PZEM.

2.17. Conclusión

En conclusión, en este capítulo se ha realizado el diseño y comparación de las tarjetas de procesamiento para la construcción del prototipo de medición de parámetros eléctricos para mostrar y almacenar la información en una memoria, estos datos son enviados periódicamente a internet, a través de un módulo GSM que usa la red telefonía celular. Al final se ha realizado una aplicación que hace posible la lectura de la información almacenada por el medidor en cualquier momento. Los datos son mostrados incluyendo valores de identificación del usuario, donde se muestra parámetros de energía acumulada, potencia y factor de potencia.

CAPITULO 3

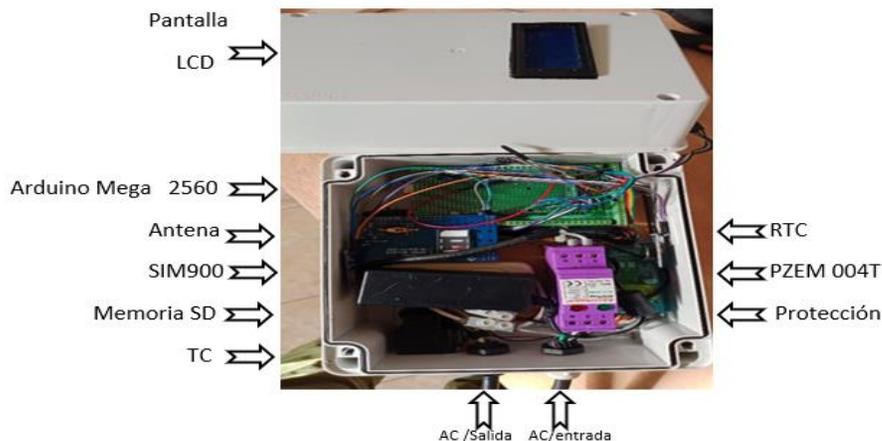
3. Implementación del prototipo de medidor residencial y su interfaz HMI

En este capítulo, se registró la construcción y pruebas de funcionamiento del equipo, pruebas realizadas al prototipo, tabulación de las mediciones obtenidas con diferentes equipos eléctricos para conocer el nivel de precisión del prototipo para tener los registros dentro de un margen error aceptable.

3.1. Implementación del prototipo de medidor de energía

Se ha montado un conjunto de componentes electrónicos en una caja plástica destinada a proyectos electrónicos, con dimensiones de 220 mm x 170 mm y una profundidad de 140 mm, que cuenta con una clasificación de protección IP65. En esta caja se han instalado las tarjetas de procesamiento de datos Arduino Mega 2560, así como el sensor PZEM-004T. Este sensor se encargará de recopilar los datos de voltaje directamente de la red eléctrica, mientras que la medición de la corriente se realizará mediante una bobina o transformador de corriente que permite capturar datos en un rango que va desde 0 A hasta 100 A. Dentro de la caja, se ha habilitado un punto de energía para alimentar las placas y, en su cercanía, se encuentra el módulo SIM 900 junto con su antena orientada hacia el exterior, con la finalidad de mejorar la recepción de la cobertura de la red de telefonía. Este módulo también está protegido contra descargas de corriente transitoria y sobretensión, lo que salvaguarda los cables y demás elementos que forman parte del dispositivo medidor de energía.

Figura 25
Prototipo de medidor eléctrico



Nota. El gráfico representa el módulo medidor de energía eléctrica

En la figura 25, se visualiza al módulo medidor de energía colocada en la caja plástica, para evitar el efecto jaula de Faraday y permitir una comunicación eficiente entre el módulo GSM y la red de telefonía.

Para reducir los efectos ambientales externos como: humedad y polvo que pueden influir en la toma de datos, la caja tiene un grado de protección IP 65, en la que se instaló la pantalla LCD de 20x4 de 80 caracteres para visualizar la información de los parámetros eléctricos obtenidos con el módulo y 2 cables con sus respectivos conectores de ajuste tipo estopa para la entrada y salida de energía.

3.2. Programación de Arduino

Para crear el esquema en el IDE de Arduino, se inicia definiendo las variables y librerías que se utilizarán en el programa. Estas librerías incluyen las correspondientes al módulo PZEM, la pantalla LCD tipo I2C, la memoria SD y el reloj, todas ellas fundamentales para el funcionamiento adecuado del prototipo en cuestión.

Se definieron las velocidades de los puertos de comunicación que son usados por los módulos PZEM 004T y SIM 900, desde donde se recibe y envía la información a 9600 baudios de los parámetros eléctricos y se envía a la nube respectivamente.

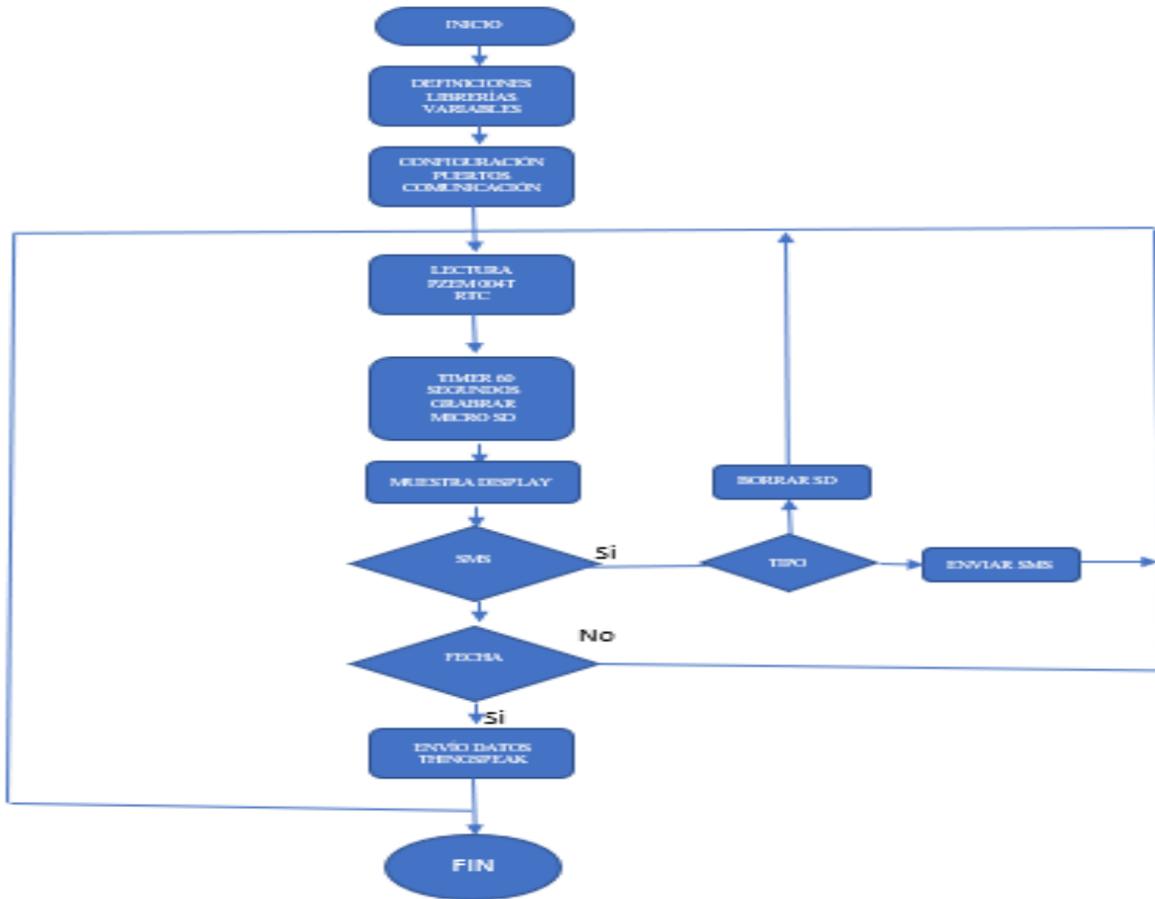
El lazo de repetición implementado en el programa obtiene la información de los parámetros eléctricos del módulo PZEM 004T cada tiempo determinado, los almacena en la memoria microSD. Para el envío automático el mismo que por defecto guarda cada 30 segundos compara la fecha programada con la obtenida en el reloj RTC, si se cumple la condición, se enviará a la nube el valor acumulado de los parámetros, estos serán obtenidos mensualmente por lo que se compara con el primer día de cada mes.

Las condiciones del envío de información también incluyen la opción de petición por medio de un SMS, el mismo que contiene un mensaje de texto predeterminado con una palabra clave que al llegar en forma correcta el módulo responde con un mensaje que contiene parámetros eléctricos correspondientes al último valor almacenado.

Además, existe la posibilidad de recibir un mensaje de borrado para eliminar la información de los parámetros almacenados en la memoria microSD, enviándolo únicamente al número de teléfono registrado. No obstante, es crucial resaltar que los datos seguirán siendo almacenados en la memoria del módulo PZEM 004T, lo que implica que los valores de consumo de energía (KWh) permanecerán registrados en el prototipo del medidor.

Figura 26

Diagrama de flujo programa IDE Arduino



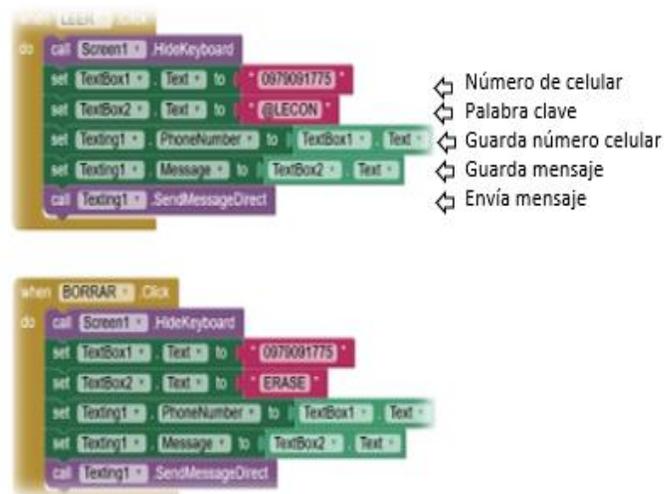
Nota. El gráfico representa la programación realizada en el IDE de Arduino

La figura 26 representa el diagrama de flujo que sirvió como base para la programación efectuada en el IDE de Arduino. A través de esta programación, se lleva a cabo la lectura de los parámetros eléctricos, se almacena la información en la memoria SD y se envía una trama de datos mediante un SMS. Además, se realiza la carga de la información del módulo en ThingSpeak para su registro y visualización.

3.3. Diseño de la App para su comunicación

De acuerdo con la figura 27, las instrucciones muestran la programación de la aplicación para Android desarrollada en la plataforma MIT App Inventor, que se encarga de solicitar el envío de los datos almacenados en el sistema de medición de energía.

Figura 27
Diagrama de bloques de la aplicación.



Nota. El gráfico representa la programación de la aplicación para Android

La programación de la aplicación, tal como se indica en la figura 27, posibilita el envío de un mensaje de texto al medidor a través de un botón específico. Dicho mensaje contendrá la instrucción predefinida "@LECON" para su procesamiento por parte del medidor.

El número al que el programa envía el mensaje corresponde al asignado en el chip de la compañía operadora de telefonía móvil, que está vinculado al medidor de energía a través de la tarjeta SIM.

El medidor puede recibir la petición de envío de datos de más de una operadora móvil, sin embargo, responde al número central que se encuentra registrado en el programa IDE Arduino, con la información solicitada a continuación, se adjunta en enlace de la aplicación MIT.

<https://ai2.appinventor.mit.edu/#5168482034253824>

3.4.Pruebas de comunicación.

Se llevan a cabo las pruebas de comunicación utilizando la aplicación diseñada, la cual envía la palabra clave al módulo medidor de energía, tal como se puede ver en la figura 28. Después de validar el mensaje, el módulo responde proporcionando los valores correspondientes a los parámetros eléctricos almacenados.

Figura 28
Pruebas de comunicación.



Nota. El gráfico representa pruebas de comunicación en la App móvil

La figura 28 muestra los resultados de comunicación, a los que se agregaron más resultados de los parámetros eléctricos obtenidos, así mismo se agregan varias cargas para aumentar los valores de las mediciones mediante la aplicación.

3.5. Contrastación de valores de voltaje y corriente, con diferentes cargas con equipos de medición eléctricos.

La contrastación de los parámetros eléctricos se la realizó mediante una pinza amperimétrica modelo CL800 de la marca Klein Tools, se obtuvieron las mediciones de voltaje y corriente.

A continuación, se describen cada una de las pruebas realizadas con las diferentes cargas que se utilizó para las pruebas de funcionamiento.

3.5.1. Luminaria Led de 250 W

Al conectar una luminaria LED de 250 W a la red eléctrica con un voltaje de 120 V, se registraron los valores de voltaje, los cuales se presentan en la figura 29.

Figura 29
Pruebas de medición de voltaje



Nota. El gráfico muestra valores de pruebas de voltaje

En las pruebas realizadas se indica en la figura 29 para medición de voltaje, se obtiene en el módulo PZEM, un valor mostrado en el LCD de 122.8 V, mientras que en el voltímetro de la pinza se registra 123 V.

A continuación, se registran los valores obtenidos en la medición de corriente.

Figura 30
Pruebas de medición de corriente.



Nota. El gráfico muestra valores de pruebas de corriente

En la figura 30, se muestra los valores obtenidos para la corriente, tanto con el módulo PZEM, así como con la pinza CL 800, teniendo un valor de 2.08 A y 2.09 A respectivamente.

3.5.2. *Foco incandescente*

En la figura 31 se presentan los valores medidos de corriente para un foco incandescente y utilizando la pinza CL 800, los cuales fueron de 1.02 A y 1.04 A, respectivamente.

Figura 31
Prueba de foco incandescente



Nota. El gráfico muestra valores de corriente de un foco incandescente

3.5.3. Focos Led

En la figura 32 se presentan los valores medidos de corriente para dos focos LED, así como los obtenidos utilizando la pinza CL 800, los cuales fueron de 0.22 A y 0.23 A, respectivamente.

Figura 32
Prueba de foco incandescente



Nota. El gráfico muestra valores de corriente de dos focos led

3.5.4. Secadora de cabello

La figura 33 exhibe los valores medidos de corriente para una secadora de cabello, así como los obtenidos utilizando la pinza CL 800, los cuales fueron de 4.84 A y 4.76 A, respectivamente.

Figura 33
Prueba de una secadora de cabello



Nota. El gráfico muestra valores de una secadora de cabello

3.5.5. Bomba de agua

La figura 34 presenta los valores medidos de corriente para una bomba de agua, así como los obtenidos utilizando la pinza CL 800, los cuales fueron de 4.66 A y 4.64 A, respectivamente.

Figura 34
Prueba de una bomba de agua



Nota. El gráfico muestra valores de una bomba de agua

3.5.6. Pruebas de todas las cargas

En la figura 35 se presentan los valores medidos durante las pruebas, con todas las cargas conectadas, así como los obtenidos utilizando la pinza CL 800. Los valores registrados fueron de 8.68 A y 8.54 A, respectivamente.

Figura 35
Pruebas de todas las cargas



Nota. El gráfico muestra valores de todas las cargas conectadas

3.6. Análisis de resultados.

En resumen, los resultados obtenidos y los cálculos de errores se presentan en la tabla 3.4, la cual compara los valores con respecto a la pinza Klein Tools, el instrumento de medida eléctrica utilizado.

Tabla 3.4
Comparación mediciones pinza de diferentes cargas

Parámetro	PZEM 004T	CL 800	Diferencia	% Error	Tipo de carga
Corriente	2,08A	2,09A	-0,01	0,4784	Luminaria Led de 250 W
Voltaje	122,8 V	123 V	-0,2	0.1626	
Corriente	1.04 A	1.02 A	0,02	1.9607	Foco incandescente
Voltaje	120.7 V	121.1	-0,4	0.3303	
Corriente	0.23A	0.22A	0,01	4,5400	Focos led
Voltaje	121.0	121.3	-0,3	0,2473	
Corriente	4.76A	4.84A	-0,08	1,7857	Secadora de cabello
Voltaje	120.1 V	120.4 V	-0,3	0,2491	
Corriente	4.64A	4.66A	-0,02	0,4291	Bomba de agua
Voltaje	120.5 V	120.6 V	-0,1	0,0829	
Corriente	8.54A	8.68A	-0,14	1,6129	Todas las cargas
Voltaje	118.1 V	118.2 V	-0,1	0,0846	

Nota. Esta tabla muestra resultados de las diferentes pruebas realizadas.

En la tabla 3.4, se presentan los errores de medición obtenidos para los parámetros de voltaje y corriente. En ella, se incluyen los valores de las mediciones realizadas con diferentes cargas, tanto individuales como combinadas. Se observa que los errores más significativos están relacionados con las mediciones de corriente. Esto podría deberse al transformador de corriente utilizado, que tiene un rango de hasta 100 A, lo que disminuye su sensibilidad para valores relativamente bajos de corriente. Esto se evidencia en la prueba realizada con el foco LED, donde se obtuvieron resultados menos precisos debido a la menor corriente involucrada.

3.7. Parámetros eléctricos que se muestra en la pantalla LCD

A continuación, se presentan los valores de algunos parámetros eléctricos obtenidos mediante las mediciones realizadas por el prototipo de medidor de energía eléctrica, tal como se visualiza en la figura 36.

Figura 36
Parámetros eléctricos en la pantalla LCD



Nota. El gráfico muestra valores de corriente, voltaje, potencia, energía y factor de potencia

La figura 36 muestra la pantalla LCD que presenta las mediciones de voltaje, corriente, potencia, energía y factor de potencia.

En la pantalla LCD también se muestra la fecha y la hora para enviar los parámetros medidos de acuerdo a la fecha programada obtenida del reloj RTC, como se indica en la figura 37.

Figura 37
La fecha y hora



Nota. El gráfico muestra la fecha y la hora

3.8. En el sistema de medición de energía, se realizaron pruebas de corriente, voltaje, potencia y factor de potencia cada tres minutos

A continuación, se realizó pruebas cada tres minutos como se muestra en la tabla 3.5 de corriente, voltaje con la pinza CL 800, factor de potencia con el analizador de red y la potencia según del libro de máquinas eléctricas de Theodore Wild se calculó mediante la fórmula $P=V \cdot I$, se realizó mediciones de todos estos parámetros con el PZEM 004T como se indica en la tabla 3.6.

Para manera de ejemplo se colocó las pruebas realizadas del foco incandescentes con la pinza CI800 y el PZEM 004T, dejando las posteriores pruebas como registro que se puede visualizar en el anexo 6.

Tabla 3.5*Pruebas realizadas del foco incandescente con la CL 800 y el analizador de red.*

Foco Incandescente CL 800				
Tiempo(min)	Corriente (A)	Voltaje (V)	fp. A. R	Potencia (W)
3	1,03	119	1	122,57
6	1	120	0,98	120
9	1,03	122	0,98	125,66
12	1,02	121	0,99	123,42
15	1	120	0,97	120
18	1	123	0,97	123
21	1	121	1	121
24	1,03	120	0,99	123,6
27	1,01	119	0,99	120,19
30	1,01	120	0,98	121,2
33	1	122	0,99	122
36	1	122	0,97	122
39	1	119	0,99	119
42	1	122	0,97	122
45	1,02	123	0,98	125,46
48	1,03	123	0,99	126,69
51	1,02	122	1	124,44
54	1,03	122	0,99	125,66
57	1	122	0,99	122
60	1,03	120	0,98	123,6
Promedio	1,013	121,1	0,985	122,6745

Nota. Esta tabla muestra resultados de cada tres minutos de las pruebas realizadas de cada uno de los parámetros.

En la tabla 3.5 se observa mediciones de corriente, voltaje, con la pinza Cl 800, factor de potencia con el analizador de red y la potencia mediante un cálculo matemático, como resultado se obtuvo valores promedios de cada uno de los parámetros medidos.

Tabla 3.6*Pruebas realizadas del foco incandescente con el PZEM 004T*

Foco Incandescente PZEM 004T				
Tiempo(min)	Corriente (A)	Voltaje (V)	Fp. A. R	Potencia (W)
3	1	122	0,98	122
6	1,05	120	0,98	126
9	1,05	122	0,98	128,1
12	1,01	120	0,98	121,2
15	1,04	121	0,98	125,84
18	1,03	121	0,98	124,63
21	1	121	0,98	121
24	1,03	120	0,99	123,6
27	1,02	122	0,99	124,44
30	1	120	0,99	120
33	1,03	121	0,98	124,63
36	1,02	120	0,98	122,4
39	1,05	120	0,99	126
42	1,01	120	0,98	121,2
45	1,02	122	0,99	124,44
48	1,01	122	0,98	123,22
51	1,04	121	0,98	125,84
54	1	121	0,99	121
57	1	122	0,98	122
60	1,05	121	0,99	127,05
Promedio	1,023	120,95	0,9835	123,7295

Nota. Esta tabla muestra resultados de cada tres minutos de las pruebas realizadas con el PZEM 004T.

La tabla 3.6 muestra las mediciones de corriente, voltaje, factor de potencia y potencia realizadas con el módulo PZEM 004T. Se calcularon los valores promedios para cada uno de los parámetros medidos.

3.9. Análisis de resultados de valores promedio

En la tabla 3.7 se muestran los errores de medición obtenidos a partir de los parámetros promedio de voltaje, corriente, factor de potencia y potencia consumida.

Tabla 3.7*Comparación mediciones promedios prototipo vs CL800*

Promedio	PZEM 004T	CL 800T	Diferencia	% Error	Tipo de Carga
Corriente (A)	2,1085	2,143	-0,0345	1,60989267	Luminarias LED de 250 W
Voltaje (V)	123,3	122,85	0,45	0,36630037	
Potencia (W)	259,6715	263,8905	-4,219	1,59876919	
Factor de Potencia	0,9685	0,963	0,0055	0,57113188	
Corriente (A)	1,023	1,013	0,01	0,98716683	Foco Incandescente
Voltaje (V)	120,95	121,1	-0,15	0,12386457	
Potencia (W)	123,7295	122,6745	1,055	0,85999943	
Factor de Potencia	0,9835	0,985	-0,0015	0,15222840	
Corriente (A)	0,2185	0,231	-0,0125	1,60989267	Focos Led
Voltaje (V)	121,25	121,2	0,05	0,36630037	
Potencia (W)	26,4935	27,999	-1,5055	1,59876919	
Factor de Potencia	0,9065	0,9115	-0,005	0,57113188	
Corriente (A)	4,7395	4,8515	-0,112	2,30856436	Secadora de cabello
Voltaje (V)	121,25	121,55	-0,3	0,24681201	
Potencia (W)	574,6575	589,6955	-15,038	2,55012969	
Factor de Potencia	0,675	0,6845	-0,0095	1,38787436	
Corriente (A)	4,6405	4,6565	-0,016	0,34360571	Bomba de Agua
Voltaje (V)	121,15	121,05	0,1	0,08261049	
Potencia (W)	562,1995	563,6705	-1,471	0,26096807	
Factor de Potencia	0,385	0,397	-0,012	3,02267003	

Nota. Esta tabla muestra resultados promedios de cuatro parámetros con las diferentes cargas

En la tabla 3.7 se representa los errores de la medición para los parámetros de voltaje, corriente, factor de potencia y la potencia con diferentes cargas, Se observa que el mayor error se encuentra en la corriente 2,30 A y la Potencia 2,55 W correspondientemente a la secadora de cabello, con un factor de potencia de la bomba de agua del 3,02%.

3.10. Pruebas de consumo eléctrico

Se llevaron a cabo pruebas de consumo de energía durante un periodo de 4 horas, utilizando una luminaria LED de 250 W y conectando en serie los dos medidores. Los resultados de consumo fueron registrados, siendo el medidor Huizhou Zhongcheng DSS 1398; 1 KWh y el módulo PZEM 004T; 1.01 KWh, tal como se muestra en la figura 38.

Figura 38
Prueba con la luminaria Led de 250W



Nota. El gráfico muestra valores del consumo de energía.

3.11. Contrastación del consumo de energía

La tabla 3.8 muestra los resultados del consumo de energía y los cálculos del error, incluyendo una comparación con el medidor Huizhou Zhongcheng DSS 1398. Los valores obtenidos se encuentran detallados en la tabla para su análisis y evaluación.

Tabla 3.8
Comparación del consumo de energía con el medidor DSS1398

Parámetro	PZEM 004T	DSS1398	Diferencia	% Error	Tipo de carga
Consumo de energía (KWh)	1,01 (KWh)	1 (KWH)	0,01 (KWh)	1	Luminaria led de 250 W

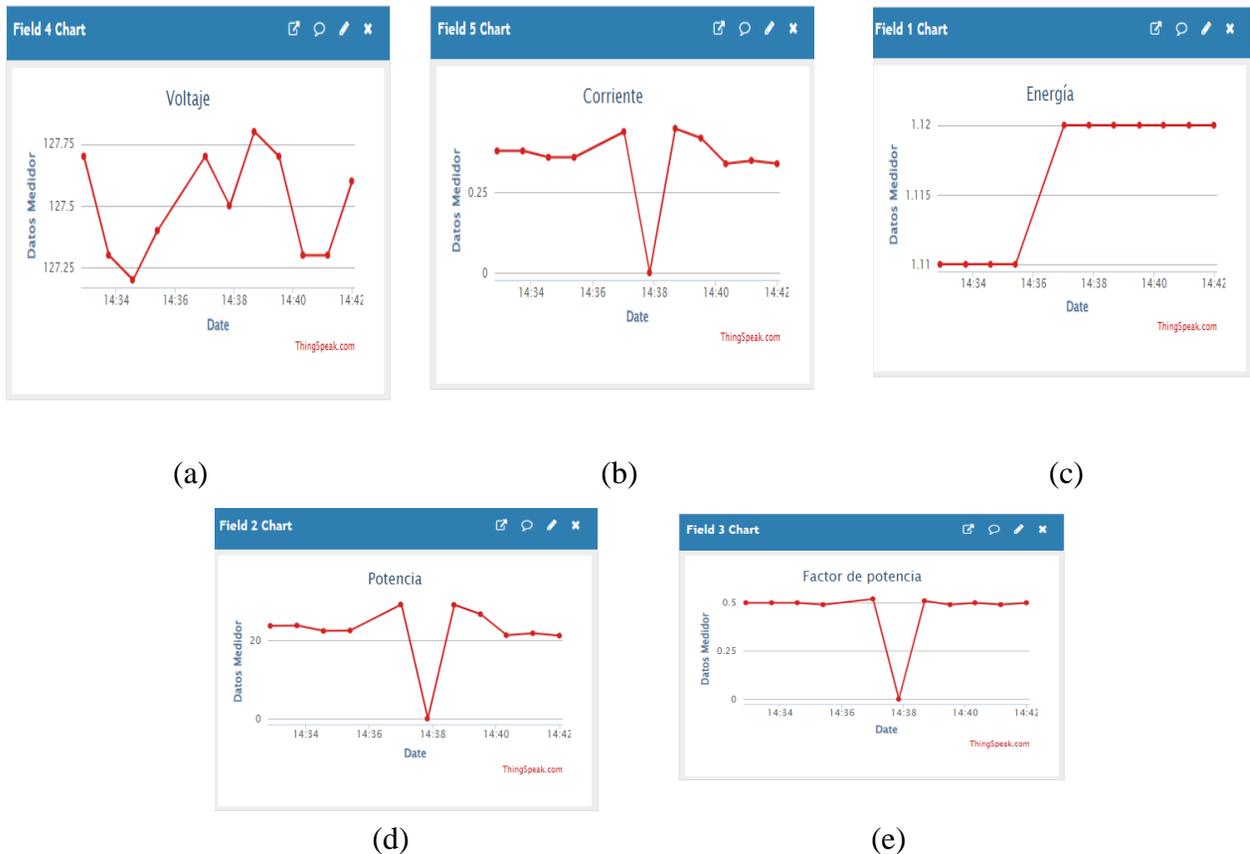
Nota. Esta tabla muestra resultados del consumo de energía.

En la tabla 3.8 se analiza el error de medición obtenido en el consumo de energía de una luminaria LED de 250 W teniendo como resultado de error de 1% con respecto al medidor Huizhou Zhongcheng DSS 1398.

3.12. Pruebas de lectura de datos

La plataforma ThingSpeak ofrece la capacidad de recopilar y almacenar datos, así como la posibilidad de visualizar gráficamente cada parámetro medido, como se puede observar en la figura 39. Esto permite analizar el comportamiento de los diferentes parámetros eléctricos y conocer el valor más reciente registrado por el prototipo de medidor de energía.

Figura 39
Gráficas de cada parámetro eléctrico



Nota. Las gráficas muestran valores de corriente, voltaje, energía, potencia y factor de potencia.

En el cuadro 39, están detalladas las mediciones realizadas iniciando en el literal (a) con valores de voltaje, en el (b) corriente, en el (c) energía consumida, en el (d) potencia y finalmente en el (e) factor de potencia teniendo como resultado variaciones en el voltaje debido a estar conectado a la red y corriente, potencia y factor de potencia dependiendo las cargas que se conecte y teniendo valores permanentes en la energía consumida debido a que el prototipo mide en (KWh).

3.13. Prueba del historial

En la tabla 3.9 muestra el historial de los parámetros medidos, detallando la fecha/hora, el número de mediciones, la energía (KWh), la potencia (W), el factor de potencia, el voltaje (V) y la corriente (I). Este registro proporciona un seguimiento completo de las mediciones realizadas a lo largo del tiempo, permitiendo un análisis histórico detallado de los datos recopilados.

Tabla 3.9
Historial de algunos parámetros eléctricos medidos con el prototipo

Fecha	N°	Energía (KWh)	Potencia (W)	Fp	Voltaje (V)	Corriente (I)
2023-04-27T14:47:21+00:00	629	0,44	255,9	0,96	126	2,11
2023-04-27T14:48:08+00:00	630	0,44	255,6	0,96	125,5	2,12
2023-04-27T14:48:55+00:00	631	0,44	255,3	0,96	125,6	2,11
2023-04-27T14:49:41+00:00	632	0,45	255	0,96	125,6	2,11
2023-04-27T14:50:28+00:00	633	0,45	254,7	0,96	125,7	2,11
2023-04-27T14:51:15+00:00	634	0,45	254,5	0,96	125,5	2,11
2023-04-27T14:52:01+00:00	635	0,46	254,4	0,96	125,1	2,11
2023-04-27T15:01:06+00:00	636	0,5	252,8	0,96	124,8	2,1
2023-04-27T15:01:52+00:00	637	0,5	252,6	0,96	125,1	2,1

Nota. Esta tabla muestra el historial de los parámetros medidos con el prototipo

En la tabla 3.9 se observa el historial de cada parámetro eléctrico medido teniendo como resultado una pequeña variación en el voltaje debido que está conectado a la red y variaciones con los demás parámetros dependiendo el tiempo que estén conectadas las cargas.

3.14. Extracción de la memoria SD

El objetivo experimento es comprobar si el medidor es capaz de almacenar su registro ante cortes de energía. Durante la prueba, la memoria SD del medidor demostró que puede almacenar todos los valores registrados antes del corte de energía, lo que asegura que no se pierdan los datos recopilados. Además, se constató que el medidor retiene el valor de los KWh (kilovatios-hora) de su última medición, lo que permite continuar el registro del consumo de energía desde el punto en que se interrumpió debido al corte de energía. Esta característica es fundamental para afianzar la veracidad y precisión de los datos, incluso en situaciones de interrupción del suministro eléctrico.

Tabla 3.10

Datos de la memoria micro SD

Fecha	N°	Energía (KW)	Potencia (W)	Fp	Voltaje (V)	Corriente(I)
2023-03-08T05:11:38+00:00	1	0,4	0	0	124,7	0
2023-03-08T05:12:25+00:00	2	0,4	0	0	124,7	0
2023-03-08T05:13:10+00:00	3	0,4	1,2	0,3	124,8	0,03
2023-03-08T05:14:44+00:00	4	0,4	13,2	0,57	124,7	0,19
2023-03-08T05:15:29+00:00	5	0,4	0	0	124,7	0
2023-03-08T05:16:16+00:00	6	0,4	0	0	124,8	0
2023-03-08T05:17:03+00:00	7	0,4	0	0	124,6	0
2023-03-08T05:17:49+00:00	8	0,4	13,4	0,57	124,6	0,19
2023-03-08T05:28:50+00:00	9	0,4	0	0	125,2	0
2023-03-08T05:29:36+00:00	10	0,4	0	0	125,1	0

Nota. Esta tabla muestra datos guardados de la micro SD de los parámetros medidos con el prototipo.

En la tabla 3.10 se observa cada parámetro eléctrico medido teniendo como resultado un historial guardado de respaldo en la memoria SD.

Conclusiones

- Se analizaron las diferentes tecnologías de medición, comunicación y obtención de datos disponibles en el mercado local, adaptándolas en un sistema centralizado de medición en el que se registran los datos del usuario mediante el identificador único del código eléctrico nacional y los datos propios del módulo.
- Se implemento un método de medición de energía residencial usando dispositivos para el desarrollo con Arduino mediante módulos comerciales que aplican código abierto en sus librerías y son compatibles para esta aplicación, mediante la cual se han enviado datos al internet para su registro.
- Para la implementación del prototipo se han considerado condiciones reales por lo que se usó un sistema de comunicación GSM, el que mediante la red de telefonía celular envía los datos de forma automática para registrarlos en la plataforma y posteriormente analizarlos.
- Se desarrolló una interfaz para la comunicación con los usuarios en la plataforma ThingSpeak, así como también una en App Inventor del MIT, en la primera se registran los datos y en la segunda se pide al medidor enviar los parámetros de acuerdo con la petición de usuario.

Recomendaciones

- Es importante considerar la aplicación del dispositivo en zonas donde exista cobertura telefónica móvil debido a que usa un módulo GSM que usa esta red para enviar los datos, sin embargo, en lugares de no cobertura se puede usar la memoria interna para el registro de los mismos.
- Se puede ampliar las funcionalidades del dispositivo para mediciones industriales, al agregar equipos de medición eléctricos uno por cada fase para su uso en sistemas trifásicos.
- Se puede usar el equipo como un sistema de medición de parámetros tipo data logger en tiempo real de esta manera se obtendrán datos para analizar el comportamiento de cargas.
- Los datos obtenidos en la plataforma ThinkSpeak, se los puede analizar en línea usando el Matlab incluido en la misma, de esta forma se pueden obtener tendencias y analizar el comportamiento eléctrico de la carga.
- Es posible agregar un sistema de respaldo de energía interno del dispositivo en circunstancias de fallas eléctricas para que el sistema envíe una alerta mientras se restablezca el servicio o cuando existan problemas en los valores.
- Por medio del dispositivo se puede incluir un sistema de supervisión de calidad de la energía enviando alertas y alarmas cuando los niveles de voltaje estén posiblemente fuera de rango de acuerdo con la normativa.

Bibliografía

- ARCONEL. (2019). Pliego Tarifario Para Las Empresas Eléctricas de Distribución - Servicio Público de Energía Eléctrica. *Resolución Nro. ARCONEL – 035/19*, 19, 35.
https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/pliego_tarifario_del_spee_2020_resolucion_nro_035_19.pdf
- Arízaga. (2015). Eficiencia Del Consumo Electrico En El Sector Residencial Urbano De Cuenca. *Universidad De Cuenca*, 165.
- Armijos, & Pesántez. (2016). *Diseño De Un Medidor Inteligente Con Funciones De Respuesta a La Demanda En Infraestructuras De Medición Avanzada*. 90.
<https://pdfs.semanticscholar.org/b3f1/10d7c5b8044271a62cad47d092c674846368.pdf>
- Bermeo, Delgado, de la C. (2009). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL*.
- Calderon Intriago, G. F., Mera Macías, J. C., & Guamán Segarra, J. C. (2018). El Mercado Eléctrico Ecuatoriano Y Su Incidencia En Los Altos Costos De Las Tarifas De Energía Eléctrica a Los Consumidores Residenciales Y Comerciales En La Provincia De Manabí Comprendidos En El Periodo De Enero a Diciembre Del 2018. *Revista de Investigaciones En Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721*, 3(2), 24.
<https://doi.org/10.33936/riemat.v3i2.1627>
- Cargua. (2020). *Caracterización De Energía Eléctrica De Clientes Residenciales Por Medio De Iot*. 77–66. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19376/1/UPS - TTS199.pdf>
- Carricas, R. (2018). *Desarrollo de proyectos electrónicos con microcontroladores PIC*.
- Carvajal, F., Lopez, D., María, S., Sanin, E., Mejdalani, A., Ravillard, P., Chueca-Montuenga, J. E., García-Ochoa, R., & Hallack, M. (2020). Más allá de la electricidad: Cómo la energía provee servicios en el hogar. *Más Allá de La Electricidad: Cómo La Energía Provee Servicios En El Hogar*. <https://doi.org/10.18235/0002688>
- Cruz. (2018). *Control de Sistemas*. 33, 1–6. <https://www.logicbus.com.mx/pdf/articulos/Control-Sistemas- GSM.pdf>
- E. Peláez, & P. Jiménez. (2018). *Diseño de un Sistema de Medición y Monitoreo del Consumo de Energía por Circuitos en el Hogar, Mediante Tecnología de Comunicación por Línea de Potencia*. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7930/1/13668.pdf>
- EresEnergía. (2018). *Funcionamiento del sector eléctrico: empresas distribuidoras y empresas comercializadoras*. <https://www.eresenergia.com/es/public/empresas-distribuidoras-y-comercializadoras-ac-107>
- López. (2020). Diseño e implementación de un sistema de medidor de consumo de energía eléctrica. *Bussiness Law Binus*, 7(2), 33–48.
http://repository.radenintan.ac.id/11375/1/PERPUS_PUSAT.pdf
<http://business-law.binus.ac.id/2015/10/08/pariwisata-syariah/>
<https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
<https://journal.uir.ac.id/index.php/kiat/article/view/8839>

- López, J., Arias, J., & Quintero, E. (2016). *Interactive electronic energy meter for residential use*. 14(1), 61–72. <https://doi.org/10.15665/rp.v14i1.639>
- Martínez, M. (2018). EXPLORACIÓN DE LAS PLATAFORMAS IoT EN EL MERCADO PARA FOMENTAR EL CONOCIMIENTO, BUEN USO Y EFECTIVIDAD DE LOS DISPOSITIVOS IoT CREADOS EN LA FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS BASICAS DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO. *Transcommunication*, 53(1), 1–8.
<http://www.tfd.org.tw/opencms/english/about/background.html>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055>
<https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006>
<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024>
- Monitox. (2020). *Medidor digital multifuncion dt-859b*. 9, 8–9. <https://monitox.com.co/wp-content/uploads/2020/04/FICHA-TECNICA-DT-859B.pdf>
- Morales. (2018). *Redes electricas_telemedicacion_Proyecto de Invetigacion*.
https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28066/1/Tesis_t1410ec.pdf
- Planas. (2020). *Energía Eléctrica*. 2002. <https://energia-nuclear.net/energia/energia-electrica>
- Samaniego Idrovo, D. I., Orellana, V., & Fernando, D. (2016a). *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca Carrera: Ingeniería Electrónica Diseño E Implementación De Un Medidor De Energía Electrónico Para Vivienda, Con Orientación a La Prevención De Consumo Y Ahorro Energético. Trabajo De Titulación Previo a La Obt.*
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12893/1/UPS-CT006717.pdf>
- Samaniego Idrovo, D. I., Orellana, V., & Fernando, D. (2016b). *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca Carrera: Ingeniería Electrónica Diseño E Implementación De Un Medidor De Energía Electrónico Para Vivienda, Con Orientación a La Prevención De Consumo Y Ahorro Energético. Trabajo De Titulación Previo a La Obt.*
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12893/1/UPS-CT006717.pdf>
- Tubón. (2020). *Nuevas Tecnologías*.
<https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/2948/1/77128.pdf>

Anexos

Anexo 1. Especificaciones del módulo PZEM-004T

Overview

This document describes the specification of the **PZEM-004T** AC communication module, the module is mainly used for measuring AC voltage, current, active power, frequency, power factor and active energy, the module is without display function, the data is read through the **TTL** interface.

PZEM-004T-10A: Measuring Range 10A (Built-in Shunt)

PZEM-004T-100A: Measuring Range 100A (external transformer)

1. Function description

1.1 Voltage

1.1.1 Measuring range: 80~260V

1.1.2 Resolution: 0.1V

1.1.3. Measurement accuracy: 0.5%

1.2 Current

1.2.1 Measuring range: 0~10A(**PZEM-004T-10A**) ; 0~100A(**PZEM-004T-100A**)

1.2.2 Starting measure current: 0.01A (**PZEM-004T-10A**) ; 0.024 (**PZEM-004T-100A**)

1.2.3. Resolution: 0.001A

1.2.4 Measurement accuracy: 0.5%

1.3 Active power

1.3.1 Measuring range: 0~2.3kW (**PZEM-004T-10A**) ; 0~23kW (**PZEM-004T-100A**)

1.3.2 Starting measure power: 0.4W

1.3.3. Resolution: 0.1W

1.3.4 Display format:

<1000W, it display one decimal, such as: 999.9W

≥ 1000W, it display only integer, such as: 1000W

1.3.5 Measurement accuracy: 0.5%

1.4 Power factor

1.4.1. Measuring range: 0.00~1.00

1.4.2 Resolution: 0.01

1.4.3. Measurement accuracy: 1%

1.5 Frequency

1.5.1 Measuring range: 45Hz~65Hz

1.5.2 Resolution: 0.1Hz

1.5.3. Measurement accuracy: 0.5%

1.6 Active energy

1.6.1. Measuring range: 0~9999.99kWh

1.6.2 Resolution: 1Wh

1.6.3. Measurement accuracy: 0.5%

1.6.4 Display format:

<10kWh, the display unit is Wh(1kWh=1000Wh), such as: 9999Wh

≥ 10kWh, the display unit is kWh, such as: 9999.99kWh

1.6.5 Reset energy: use software to reset.

1.7 Over power alarm

Active power threshold can be set, when the measured active power exceeds the threshold, it can alarm

1.8 Communication interface

RS485 interface.

2 Communication protocol

2.1 Physical layer protocol

Physical layer use UART to RS485 communication interface
Baud rate is 9600, 8 data bits, 1 stop bit, no parity

2.2 Application layer protocol

The application layer use the Modbus-RTU protocol to communicate. At present, it only supports function codes such as 0x03 (Read Holding Register), 0x04 (Read Input Register), 0x06 (Write Single Register), 0x41 (Calibration), 0x42 (Reset energy).etc.

0x41 function code is only for internal use (address can be only 0xF8), used for factory calibration and return to factory maintenance occasions, after the function code to increase 16-bit password, the default password is 0x3721

The address range of the slave is 0x01 ~ 0xF7. The address 0x00 is used as the broadcast address, the slave does not need to reply the master. The address 0xF8 is used as the general address, this address can be only used in single-slave environment and can be used for calibration etc.operation.

2.3. Read the measurement result

The command format of the master reads the measurement result is(total of 8 bytes):

Slave Address + 0x04 + Register Address High Byte + Register Address Low Byte + Number of Registers High Byte + Number of Registers Low Byte + CRC Check High Byte + CRC Check Low Byte.

The command format of the reply from the slave is divided into two kinds:

Correct Reply: Slave Address + 0x04 + Number of Bytes + Register 1 Data High Byte + Register 1 Data Low Byte + ... + CRC Check High Byte + CRC Check Low Byte

Error Reply: Slave address + 0x84 + Abnormal code + CRC check high byte + CRC check low byte

Abnormal code analyzed as following (the same below)

- 0x01,Illegal function
- 0x02,Illegal address
- 0x03,Illegal data
- 0x04,Slave error

The register of the measurement results is arranged as the following table

Register address	Description	Resolution
0x0000	Voltage value	1LSB correspond to 0.1V
0x0001	Current value <i>low</i> 16 bits	1LSB correspond to 0.001A
0x0002	Current value <i>high</i> 16 bits	
0x0003	Power value <i>low</i> 16 bits	1LSB correspond to 0.1W
0x0004	Power value <i>high</i> 16 bits	
0x0005	Energy value <i>low</i> 16 bits	1LSB correspond to 1Wh
0x0006	Energy value <i>high</i> 16 bits	
0x0007	Frequency value	1LSB correspond to 0.1Hz
0x0008	Power factor value	1LSB correspond to 0.01
0x0009	Alarm status	0xFFFF is alarm. 0x0000 is not alarm

For example, the master sends the following command (CRC check code is replaced by 0xHH and 0xLL, the same below)

0x01 + 0x04 + 0x00 + 0x00 + 0x00 + 0x0A + 0xHH + 0xLL

Anexo 2. Especificaciones SIM 900 GSM GPRS Shield

Feature	Implementation
Power supply	3.2V ~ 4.8V
Power saving	Typical power consumption in sleep mode is 1.0mA (BS-PA-MFRMS=9)
Frequency bands	<ul style="list-style-type: none"> ● SIM900 Quad-band: GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900. SIM900 can search the 4 frequency bands automatically. The frequency bands also can be set by AT command "AT+CBAND". For details, please refer to <i>document [1]</i>. ● Compliant to GSM Phase 2/2+
Transmitting power	<ul style="list-style-type: none"> ● Class 4 (2W) at GSM 850 and EGSM 900 ● Class 1 (1W) at DCS 1800 and PCS 1900
GPRS connectivity	<ul style="list-style-type: none"> ● GPRS multi-slot class 10 (default)
	<ul style="list-style-type: none"> ● GPRS multi-slot class 8 (option)
Temperature range	<ul style="list-style-type: none"> ● Normal operation: -30°C ~ +80°C ● Restricted operation: -40°C ~ -30°C and +80 °C ~ +85°C* ● Storage temperature -45°C ~ +90°C
Data GPRS	<ul style="list-style-type: none"> ● GPRS data downlink transfer: max. 85.6 kbps ● GPRS data uplink transfer: max. 42.8 kbps ● Coding scheme: CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4 ● Integrate the TCP/IP protocol. ● Support Packet Broadcast Control Channel (PBCCH)
CSD	<ul style="list-style-type: none"> ● Support CSD transmission
USSD	<ul style="list-style-type: none"> ● Unstructured Supplementary Services Data (USSD) support
SMS	<ul style="list-style-type: none"> ● MT, MO, CB, Text and PDU mode ● SMS storage: SIM card
FAX	Group 3 Class 1
SIM interface	Support SIM card: 1.8V, 3V
External antenna	Antenna pad
Audio features	Speech codec modes: <ul style="list-style-type: none"> ● Half Rate (ETS 06.20) ● Full Rate (ETS 06.10) ● Enhanced Full Rate (ETS 06.50 / 06.60 / 06.80) ● Adaptive multi rate (AMR) ● Echo Cancellation ● Noise Suppression

Anexo 3. Especificaciones Arduino Mega 256

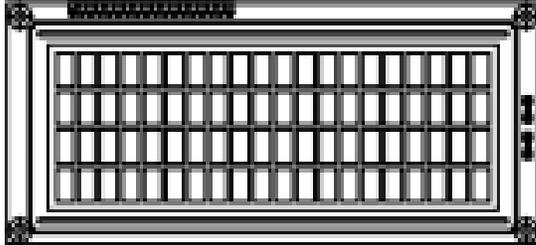
Features

- **ATmega2560 Processor**
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
 - 256k bytes (of which 8k is used for the bootloader)
 - 4k bytes EEPROM
 - 8k bytes Internal SRAM
 - 32 × 8 General Purpose Working Registers
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four 8-bit PWM Channels
 - Four Programmable Serial USART
 - Controller/Peripheral SPI Serial Interface
- **ATmega16U2**
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - 16k bytes ISP Flash Memory
 - 512 bytes EEPROM
 - 512 bytes SRAM
 - USART with SPI master only mode and hardware flow control (RTS/CTS)
 - Master/Slave SPI Serial Interface
- **Sleep Modes**
 - Idle
 - ADC Noise Reduction
 - Power-save
 - Power-down
 - Standby
 - Extended Standby
- **Power**
 - USB Connection
 - External AC/DC Adapter
- **I/O**
 - 54 Digital
 - 16 Analog
 - 15 PWM Output

Anexo 4. Especificaciones de la pantalla LCD



20 x 4 Character LCD



FEATURES

- Type: Character
- Display format: 20 x 4 characters
- Built-in controller: ST 7066 (or equivalent)
- Duty cycle: 1/16
- 5 x 8 dots includes cursor
- +5 V power supply (also available for +3 V)
- LED can be driven by pin 1, pin 2, pin 15, pin 16 or A and K
- N.V. optional for +3 V power supply
- Material categorization: For definitions of compliance please see www.st.com/doc/329212



RoHS
COMPLIANT

MECHANICAL DATA		
ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	146.0 ± 0.5	mm
Viewing Area	123.5 ± 0.0	
Dot Size	0.92 ± 1.10	
Dot Pitch	0.98 ± 1.16	
Mounting Hole	138.0 ± 0.5	
Character Size	4.84 ± 0.22	

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS					
ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE			UNIT
		MIN.	TYP.	MAX.	
Power Supply	V_{DD} to V_{SS}	-0.3	-	7.0	V
Input Voltage	V_I	-0.3	-	V_{DD}	

Note

- $V_{SS} = 0\text{ V}$, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$

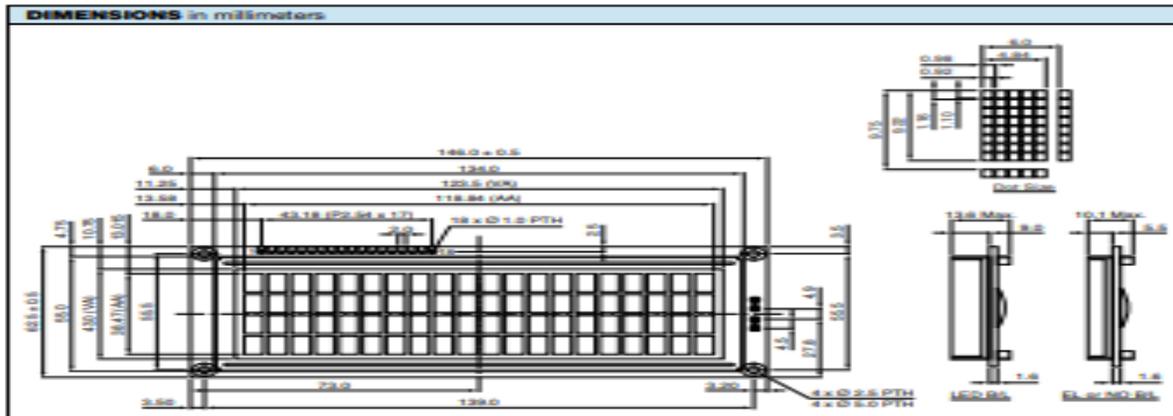
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE			UNIT
			MIN.	TYP.	MAX.	
Input Voltage	V_{DD}	$V_{DD} = +5\text{ V}$	4.7	5.0	5.3	V
		$V_{DD} = +3\text{ V}$	2.7	3.0	3.3	
Supply Current	I_{DD}	$V_{DD} = +5\text{ V}$	-	8.0	10.0	mA
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temperature Version Module	V_{DD} to V_I	-20 °C	5.0	5.1	5.7	V
		0 °C	4.6	4.8	5.2	
		25 °C	4.1	4.5	4.7	
		50 °C	3.9	4.2	4.5	
		70 °C	3.7	3.9	4.3	
LED Forward Voltage	V_F	25 °C	-	4.2	4.6	V
LED Forward Current	I_F	25 °C	-	540	1080	mA
EL Power Supply Current	I_{EL}	$V_{EL} = 110 V_{DD}$, 400 Hz	-	-	5.0	mA

OPTIONS									
PROCESS COLOR						BACKLIGHT			
TN	STN Gray	STN Yellow	STN Blue	PSTN BAW	STN Color	None	LED	EL	CCFL
x	x	x	x	x		x	x	x	

For detailed information, please see the "Product Numbering System" document.

DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE																					
Display Position		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DD RAM Address:		00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13
DD RAM Address:		40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53
DD RAM Address:		14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	20	21	22	23	24	25	26	27
DD RAM Address:		54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	60	61	62	63	64	65	66	67

INTERFACE PIN FUNCTION		
PIN NO.	SYMBOL	FUNCTION
1	V _{CC}	Ground
2	V _{CC}	+3 V or +5 V
3	WC	Contrast adjustment
4	RST	I ² C register select signal
5	R/W	I ² C read/write signal
6	E	H → L enable signal
7	DS0	I ² C data bus line
8	DS1	I ² C data bus line
9	DS2	I ² C data bus line
10	DS3	I ² C data bus line
11	DS4	I ² C data bus line
12	DS5	I ² C data bus line
13	DS6	I ² C data bus line
14	DS7	I ² C data bus line
15	A	Power supply for LED (4.2 V)
16	K	Power supply for B/L (0 V)
17	NC/V _{CC}	NC or negative voltage output
18	NC	NC connection



Anexo 5. Especificaciones del RTC DS 3231

General Description

The DS3231 is a low-cost, extremely accurate I²C real-time clock (RTC) with an integrated temperature-compensated crystal oscillator (TCXO) and crystal. The device incorporates a battery input, and maintains accurate timekeeping when main power to the device is interrupted. The integration of the crystal resonator enhances the long-term accuracy of the device as well as reduces the piece-part count in a manufacturing line. The DS3231 is available in commercial and industrial temperature ranges, and is offered in a 18-pin, 300-mil SO package.

The RTC maintains seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator. Two programmable time-of-day alarms and a programmable square-wave output are provided. Address and data are transferred serially through an I²C bidirectional bus.

A precision temperature-compensated voltage reference and comparator circuit monitors the status of V_{CC} to detect power failures, to provide a reset output, and to automatically switch to the backup supply when necessary. Additionally, the RST pin is monitored as a pushbutton input for generating a µP reset.

Benefits and Features

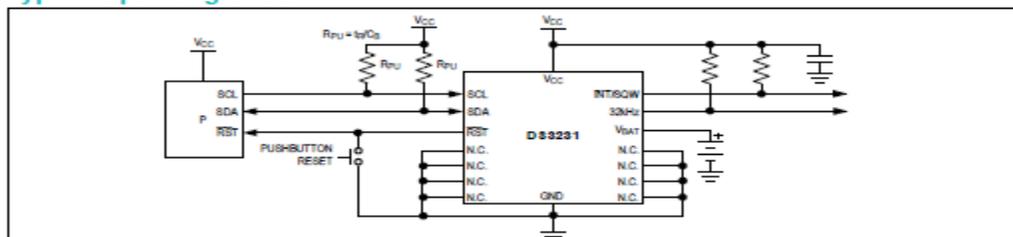
- Highly Accurate RTC Completely Manages All Timekeeping Functions
 - Real-Time Clock Counts Seconds, Minutes, Hours, Date of the Month, Month, Day of the Week, and Year, with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
 - Accuracy ±2ppm from 0°C to +40°C
 - Accuracy ±3.5ppm from -40°C to +85°C
 - Digital Temp Sensor Output: ±3°C Accuracy
 - Register for Aging Trim
 - RST Output/Pushbutton Reset Debounce Input
 - Two Time-of-Day Alarms
 - Programmable Square-Wave Output Signal
- Simple Serial Interface Connects to Most Microcontrollers
 - Fast (400kHz) I²C Interface
- Battery-Backup Input for Continuous Timekeeping
 - Low Power Operation Extends Battery-Backup Run Time
 - 3.3V Operation
- Operating Temperature Ranges: Commercial (0°C to +70°C) and Industrial (-40°C to +85°C)
- Underwriters Laboratories® (UL) Recognized

Applications

- Servers
- Telematics
- Utility Power Meters
- GPS

Ordering Information and Pin Configuration appear at end of data sheet.

Typical Operating Circuit



Anexo 6. Especificaciones del breaker de protecciones

BlitzTrap

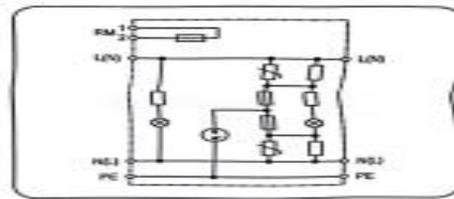
BT D 120 RM



CE

SPD

Basic circuit diagram:



• Technical data

Type	BT D 120 RM	
Art.-No.	B20 301	
Rated voltage (max. continuous voltage)	U_n	150V -/-
Nominal current	I_n	16A
Nominal discharge current (B/20)	I_n	2.5kA (L - N) 5kA (L+N - PE)
Combination wave	U_{oc}	6kV (L - N) 10kV (L+N - PE)
Voltage protection level	U_p	$\leq 0.7kV$ (L - N) $\leq 1.1kV$ (L/N - PE)
Response time	t_r	$\leq 25ns$ (L - N) $\leq 100ns$ (L/N - PE)
Max. back up fuse		16A gL/gG
Operating temperature range	T_a	-40°C...+80°C
Cross-sectional area		0.5mm ² - 6mm ² solid / 4mm ² flexible
Mounting on		35mm DIN rail
Enclosure material		Purple thermoplastic, UL94-V0
Dimension		1.5 mod.
Test standards		IEC 61643-11; GB 18802.1; YD/T 1235.1
Certification		CE (LVD, EMC)
Type of remote signalling contact		Break contact
Switching capacity	U_p/I_n	AC:250V/0.5A DC:250V/0.1A, 125V/0.2A, 75V/0.5A
Cross-sectional area for remote signalling contact		Max. 1.5mm ² solid / flexible

© Copyright Telebahn 2010

Lightning and Surge Protection

Anexo 7. Construcción del banco de pruebas





Anexo 8. Pruebas realizadas de corriente, voltaje, potencia y factor de potencia cada tres minutos

LUMINARIA LED 250 W PZEM 004T				
Tiempo(min)	Corriente (A)	Voltaje (V)	fp. A.R	Potencia (W)
3	2,04	122	0,98	248,88
6	2,05	122	0,97	250,1
9	2,19	124	0,97	271,56
12	2,13	123	0,95	261,99
15	2,16	124	0,98	267,84
18	2,04	123	0,95	250,92
21	2,1	123	0,97	258,3
24	2,07	122	0,96	252,54
27	2,11	123	0,97	259,53
30	2,18	124	0,95	270,32
33	2,17	124	0,98	269,08
36	2,14	124	0,97	265,36
39	2,17	123	0,98	266,91
42	2,03	123	0,97	249,69
45	2,12	123	0,98	260,76
48	2,19	122	0,97	267,18
51	2,2	123	0,96	270,6

LUMINARIA LED 250 W CL 800				
Tiempo(min)	Corriente (A)	Voltaje (V)	fp. A.R	Potencia (W)
3	2,19	123	0,95	269,37
6	2,09	124	0,96	259,16
9	2,2	124	0,96	272,8
12	2,2	122	0,94	268,4
15	2,2	124	0,96	272,8
18	2,16	122	0,98	263,52
21	2	123	0,95	246
24	2,19	123	0,98	269,37
27	2,16	122	0,95	263,52
30	2,15	124	0,98	266,6
33	2,2	122	0,97	268,4
36	2,18	122	0,98	265,96
39	2,18	124	0,96	270,32
42	2,03	124	0,95	251,72
45	2,17	122	0,96	264,74
48	2,03	124	0,98	251,72
51	2,2	123	0,95	270,6

Bomba de Agua PZEM 004T				
Tiempo(min)	Corriente (A)	Voltaje (V)	fp. A.R	Potencia (W)
3	4,64	121	0,39	561,44
6	4,65	122	0,38	567,3
9	4,64	122	0,39	566,08
12	4,63	120	0,38	555,6
15	4,63	120	0,39	555,6
18	4,65	121	0,39	562,65
21	4,64	122	0,39	566,08
24	4,65	121	0,39	562,65
27	4,65	122	0,38	567,3
30	4,64	122	0,39	566,08
33	4,63	121	0,39	560,23
36	4,63	120	0,38	555,6
39	4,65	122	0,38	567,3
42	4,65	121	0,39	562,65
45	4,64	121	0,39	561,44
48	4,64	121	0,38	561,44
51	4,65	121	0,38	562,65
54	4,63	121	0,38	560,23
57	4,63	121	0,38	560,23
60	4,64	121	0,38	561,44
Promedio	4,6405	121,15	0,385	562,1995

Bomba de Agua CL 800				
Tiempo(min)	Corriente (A)	Voltaje (V)	fp. A.R	Potencia (W)
3	4,65	121	0,39	562,65
6	4,66	123	0,4	573,18
9	4,64	119	0,4	552,16
12	4,65	122	0,39	567,3
15	4,64	121	0,39	561,44
18	4,66	122	0,4	568,52
21	4,64	121	0,39	561,44
24	4,67	123	0,4	574,41
27	4,67	120	0,4	560,4
30	4,66	122	0,4	568,52
33	4,67	119	0,4	555,73
36	4,66	121	0,39	563,86
39	4,67	120	0,4	560,4
42	4,64	120	0,4	556,8
45	4,65	123	0,4	571,95
48	4,67	122	0,4	569,74
51	4,67	119	0,39	555,73
54	4,65	120	0,4	558
57	4,66	123	0,4	573,18
60	4,65	120	0,4	558
Promedio	4,6565	121,05	0,397	563,6705

Secadora de Cabello PZEM 004T					Secadora de Cabello CL 800				
Tiempo(min)	Corriente (A)	Voltaje (V)	fp. A.R	Potencia (W)	Tiempo(min)	Corriente (A)	Voltaje (V)	fp. A.R	Potencia (W)
3	4,8	120	0,68	574,8	3	4,8	119	0,69	588
6	4,7	122	0,68	575,84	6	4,75	120	0,68	590,48
9	4,7	120	0,68	574,8	9	4,9	120	0,69	594,09
12	4,77	122	0,67	579,5	12	4,8	123	0,68	590,4
15	4,73	122	0,67	585,6	15	4,76	120	0,68	597,8
18	4,77	122	0,67	565,2	18	4,77	123	0,68	580,72
21	4,79	121	0,67	569,91	21	4,87	120	0,68	591,7
24	4,76	122	0,67	573,4	24	4,81	120	0,68	588,04
27	4,72	122	0,68	577,06	27	4,77	122	0,69	595,32
30	4,77	121	0,67	576	30	4,9	120	0,69	597,8
33	4,76	122	0,67	566,4	33	4,83	121	0,69	590,48
36	4,76	121	0,67	579,5	36	4,79	119	0,68	565,25
39	4,7	122	0,68	574,62	39	4,78	119	0,69	586,8
42	4,79	121	0,67	579,5	42	4,77	119	0,69	595,32
45	4,76	120	0,67	573,4	45	4,85	120	0,68	601,47
48	4,76	122	0,68	574,75	48	4,9	123	0,68	596,55
51	4,78	120	0,67	572,33	51	4,84	122	0,68	586,8
54	4,76	122	0,67	579,5	54	4,78	119	0,69	577,15
57	4,77	122	0,68	565,2	57	4,8	123	0,68	590,48
60	4,72	121	0,67	575,84	60	4,89	123	0,68	589,26
Promedio	4,7395	121,25	0,675	574,6575	Promedio	4,8515	121,55	0,6845	589,6955

Anexo 9. Código en Arduino IDE

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <PZEM004Tv30.h>
#include <SoftwareSerial.h>

#if defined(ESP32)
  #error "Software Serial is not supported on the ESP32"
#endif

/* Use software serial for the PZEM
 * Pin 12 Rx (Connects to the Tx pin on the PZEM)
 * Pin 13 Tx (Connects to the Rx pin on the PZEM)
 */
#if !defined(PZEM_RX_PIN) && !defined(PZEM_TX_PIN)
#define PZEM_RX_PIN 12
#define PZEM_TX_PIN 13
#endif

SoftwareSerial pzemSWSerial(PZEM_RX_PIN, PZEM_TX_PIN);
PZEM004Tv30 pzem(pzemSWSerial);
const int rs = 8, en = 9, d4 = 4, d5 = 5, d6 = 6, d7 = 7;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
```

```

char numero_cell[]="593979091770";//numero de telefono
int led =13;
boolean valor=true;
int i=0;
int j=0;
char DAT;
char DAT_dos;
boolean condicion=true;
String energyf;
char energyc[10];
String powerf;
char powerc[10];
String pff;
char pfc[5];
String voltagef;
char voltagec[10];
String currentf;
char currentc[5];

char datosSERIAL[10];
//char clave_uno[]= "LEDON"; //OTRA FORMA DE USAR UN ARREGLO
char clave_uno[]={'L','E','C','O','N'};//AQUI CAMBIAMOS TODO EL MENSAJE DE
CONTROL
//char energyc[5];

//////////Datos de thingspeak//////////
String apiKey = "";
unsigned long currentTime = 0;
unsigned long sendDataTime = 60000;//1 minutos
unsigned long serverRequestTime = 0;
bool serverState = false;

void setup()
{
  lcd.begin(16, 2);
  pinMode(led,OUTPUT);
  pinMode(13,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  Serial1.begin(9600);
  delay(2000);
  configuracion_inicial();
  //Serial1.begin(9600);
  //Serial.begin(115200);

```

```

//Serial.println("inicializacion");
delay(1000);
currentTime = millis();
}

void loop()
{
  Serial.println("Inicializando sistema ...");
  while(true)
  {
    leer_mensaje();
    Serial.print("Custom Address:");
    Serial.println(pzem.readAddress(), HEX);

    // Read the data from the sensor
    float voltage = pzem.voltage();
    float current = pzem.current();
    float power = pzem.power();
    float energy = pzem.energy();
    float frequency = pzem.frequency();
    float pf = pzem.pf();
    //String energyf;
    energyf += energy;
    energyf.toCharArray(energyc, 5);
    powerf += power;
    powerf.toCharArray(powerc, 5);
    pff += pf;
    pff.toCharArray(pfc, 5);
    voltagef += voltage;
    voltagef.toCharArray(voltagec, 5);
    currentf += current;
    currentf.toCharArray(currentc, 5);
    // Check if the data is valid
    if(isnan(voltage)){
      Serial.println("Error reading voltage");
    } else if (isnan(current)) {
      Serial.println("Error reading current");
    } else if (isnan(power)) {
      Serial.println("Error reading power");
    } else if (isnan(energy)) {
      Serial.println("Error reading energy");
    } else if (isnan(frequency)) {
      Serial.println("Error reading frequency");
    }
  }
}

```

```

} else if (isnan(pf)) {
    Serial.println("Error reading power factor");
} else {
    // Print the values to the Serial console
    Serial.print("Voltage:
");      Serial.print(voltage);      Serial.println("V");
    Serial.print("Current:
");      Serial.print(current);      Serial.println("A");
    Serial.print("Power:
");      Serial.print(power);      Serial.println("W");
    Serial.print("Energy:
");      Serial.print(energy,3);      Serial.println("kWh");
    Serial.print("Frequency: ");      Serial.print(frequency, 1);
Serial.println("Hz");
    Serial.print("PF: ");      Serial.println(pf);
    //Serial.println(energyf);
    //Serial.println(energyc);
    lcd.clear();
    lcd.print(power);
    lcd.print("W ");
    lcd.print(energy);
    lcd.print("kWh");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("fp ");
    lcd.print(pf);

    delay(2000);
    lcd.clear();
    lcd.print(voltage);
    lcd.print("V ");
    lcd.print(current);
    lcd.print("A");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("kWh ");
    lcd.print(energy);
    //mensaje_enviado();
    delay(2000);
}

if((unsigned long)(millis() - currentTime)>sendDataTime)
{
    HttpRequestThingspeak();
    currentTime = millis();
}

```

```

    }
  }
}

void configuracion_inicial()//configura los codigos de lectura de mensajes
{
  Serial1.println("AT+IPR=9600");//modo texto
  Serial.println("AT+IPR=9600");//modo texto
  delay(300);
  Serial1.println("AT+CMGF=1");//modo texto
  Serial.println("AT+CMGF=1");//modo texto
  delay(300);
  Serial1.println("AT+CMGR=?");//ACTIVAMOS CODIGO PARA RECIBIR MENSAJES
  Serial.println("AT+CMGR=?");//ACTIVAMOS CODIGO PARA RECIBIR MENSAJES
  delay(300);
  Serial1.println("AT+CNMI=2,2,0,0");//ACTIVAMOS PARA VER MENSAJES
  Serial.println("AT+CNMI=2,2,0,0");//ACTIVAMOS PARA VER MENSAJES
  //Serial1.println("AT+CNMI=3,3,0,0");//ACTIVAMOS PARA VER MENSAJES
  //Serial.println("AT+CNMI=3,3,0,0");//ACTIVAMOS PARA VER MENSAJES
  delay(300);
  Serial.println("AT+CGATT=1");
  Serial1.println("AT+CGATT=1");
  delay(1000);
  Serial.println("AT+CSTT=\"internet.claro.com.ec\",\"\","");
  Serial1.println("AT+CSTT=\"internet.claro.com.ec\",\"\","");
  delay(3000);
  Serial.println("AT+CIICR");
  Serial1.println("AT+CIICR");
  delay(3000);
  Serial.println("AT+CIFSR");
  Serial1.println("AT+CIFSR");
  delay(3000);
  Serial.println("configuracion terminada...");
  delay(300);
}

void leer_mensaje()
{
  salir:
  if (Serial1.available()>0)
  {
    char DAT =Serial1.read();
    if(DAT=='@')//el arroba hace detectar el inicio del codigo

```

```

    { //If arroba
    digitalWrite(13,HIGH); //led de testeo de mensaje
    Serial.println("LECTURA ENVIADA"); //para verificar si lo detecto

    while(true) //ingresa en un while para leer solo los codigos futuros que
    estan por llegar despues de la arroba
    {
        if (Serial1.available()>0)
        { //cierre del segundo if
            char DAT_dos =Serial1.read(); // @LECON enter
            datosSERIAL[j]= DAT_dos; //almacena en cadena de caracteres, suma
de caracteres
            j++;

            if (DAT_dos=='\n') //cuando termine de entregar todos los datos
dara un enter
                //garantizando el final del codigo
                {

                    Serial.println("Lectura:"); //IMPRIME LOS CARACTERES ALMACENADOS
PARA VER SI TODO ESTA OK
                    for(int i=0;i<=j;i++)
                    {
                        Serial.print(datosSERIAL[i]); //IMPRIME TODO EL CODIGO GUARDADO
EN EL ARRAY
                    }
                    led_on(); //llama a la la funcion y verifica codigo
                    delay(500);
                    for(int i=0;i<=j;i++)
                    {
                        datosSERIAL[i]=0; //borro array
                        DAT_dos=0;
                        DAT=0;
                    }
                    j=0; //borra el puntero o acumulador si no se hace esto no
detecta los siguientes codigos
                    goto salir; //sale de todos los ciclos y va al inicio para
volver a leer codigo
                } //CIERRA AL /N

            } //cierre del segundo if
        } //while
    } //arroba

```

```

    }//serial available
}

void led_on()
{
    if(datosSERIAL[0]==clave_uno[0] && datosSERIAL[1]==clave_uno[1] &&
datosSERIAL[2]==clave_uno[2] && datosSERIAL[3]==clave_uno[3] &&
datosSERIAL[4]==clave_uno[4])
    {
        digitalWrite(led,HIGH);
        Serial.println(" LECTURA ENVIADA");
        mensaje_enviado();
        digitalWrite(led,LOW);
    }
}

void mensaje_enviado()
{
    Serial1.println("AT+CMGF=1");//modo texto
    //Imprime los datos al puerto serie como texto ASCII seguido de un retorno
de carro
    delay(2000);
    Serial1.print("AT+CMGS=");// comando de envio de mensaje
    //Imprime los datos al puerto serie como texto ASCII
    Serial1.print((char)34);//ponemos las comillas ", para que lo tome debe ser
char de lo contrario el serial envia caracter por caracter
    Serial1.print(numero_cell);//colocamos numero de telefono
    Serial1.println((char)34);//volvemos a poner el caracter "
    delay(200);//tiempo para que de respuesta el modulo >
    //Serial1.println((char)34);
    Serial1.print(currentc);//mensaje que enviare
    Serial1.print("A");
    Serial1.print(voltagec);//mensaje que enviare
    Serial1.print("V");
    Serial1.print(powerc);//mensaje que enviare
    Serial1.print("W");
    Serial1.print(energyc);//mensaje que enviare
    Serial1.print("kWh");
    Serial1.print(pfc);//mensaje que enviare
    Serial1.print("fp");
    //Serial1.print(energyc);//mensaje que enviare
    //Serial1.print("kWh");
}

```

```

        //Serial1.println((char)34);
        Serial1.print((char)26);//ponemos el simbolo ascii 26,que corresponde a
        CTRL+Z,con lo que el modulo sabe que el sms termino
        Serial.print("enviado con exito");//mensaje que enviare
    }

```

```

void HttpRequestThingspeak(){
    String getRequest = "GET /update?api_key=";
        getRequest += apiKey;
        getRequest += "&field1=";//Field 1 guarda variable energy
        getRequest += energyf;
        getRequest += "&field2=";//Field 2 guarda variable power
        getRequest += powerf;
        getRequest += "&field3=";//Field 3 guarda variable pf
        getRequest += pff;
        getRequest += "&field4=";//Field 4 guarda variable voltage
        getRequest += voltagef;
        getRequest += "&field5=";//Field 5 guarda variable current
        getRequest += currentf;
        getRequest += " HTTP/1.1\r\n";
        getRequest += "Host: 184.106.153.149\r\n";
        getRequest += "Connection: close\r\n\r\n";

```

```

String tamañoRequest = (String)getRequest.length();

```

```

//Conectar con el servidor de thingspeak
serverRequestTime = millis();
Serial.println("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"184.106.153.149\",80");
Serial1.println("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"184.106.153.149\",80");
while(true){
    if(Serial1.find("CONNECT OK")){
        Serial.println("Estado de conexion: OK");
        serverState = true;
        break;
    }
    if((unsigned long)(millis() - serverRequestTime)>5000){
        Serial.println("Estado de conexion: ERROR");
        serverState = false;
        serverRequestTime = millis();
        break;
    }
}
}

```

```

if(serverState){
  Serial.println("AT+CIPSEND="+tamanoRequest);
  Serial1.println("AT+CIPSEND="+tamanoRequest);
  serverRequestTime = millis();
  while(true){
    if(Serial1.find(">")){
      Serial.println(F(">"));
      Serial.print(getRequest);
      Serial1.print(getRequest);
      break;
    }
    if((unsigned long)(millis() - serverRequestTime)>5000){
      Serial.println(F("Error de comunicacion con el servidor de thingspeak"));
      serverRequestTime = millis();
      break;
    }
  }
  String strDat;
  serverRequestTime = millis();
  while(true){
    if(Serial1.available()){
      char dat = Serial1.read();
      strDat += dat;
      if (dat == '\n'){
        Serial.print(strDat);
        strDat = "";
      }
    }
    if((unsigned long)(millis() - serverRequestTime)>5000){
      serverRequestTime = millis();
      break;
    }
  }
}

Serial.println(F("AT+CIPCLOSE"));
Serial1.println(F("AT+CIPCLOSE"));
delay(1000);
Serial.println(F("AT+CIPSHUT"));
Serial1.println(F("AT+CIPSHUT"));
delay(1000);
}

```

Anexo 10. Turnitin



Identificación de reporte de similitud. oid:21463:248906193

NOMBRE DEL TRABAJO

Tesis Leyver Estrada.docx

AUTOR

Leyver Estrada

RECuento DE PALABRAS

15222 Words

RECuento DE CARACTERES

85656 Characters

RECuento DE PÁGINAS

100 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

22.6MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 28, 2023 9:13 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 28, 2023 9:14 AM GMT-5



9% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 9 palabras)

Resumen

2023

MEDIDOR RESIDENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON REVISIÓN DE CONSUMO DE FORMA INALÁMBRICA

MANUAL DE USUARIO

**MANUAL DE USUARIO MEDIDOR RESIDENCIAL DE
ENERGÍA ELÉCTRICA CON REVISIÓN DE CONSUMO DE
FORMA INALÁMBRICA**

ÌNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. PANEL FRONTAL**
- 3. FUNCIONAMIENTO**
- 4. DESCRIPCIÓN**
- 5. FUNCIONES**
- 6. INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO**
- 7. UTILIZACIÓN**
- 8. MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN**

1. INTRODUCCIÓN:

- El módulo multifunción PZEM-004T mide parámetros eléctricos como: voltaje y corriente RMS, potencia activa, factor de potencia y energía que toma una carga conectada a una línea monofásica de 110 / 220 Vac.
- La medición de corriente es no invasiva y usa una bobina lo que hace posible ampliar el rango adicionando un transformador en la entrada correspondiente.
- Esta información es enviada a un microcontrolador, Arduino o PIC y a la PC usando un adaptador USB a TTL.
- Cuenta además con salidas opto acopladas, alarma de sobrecarga, almacenamiento de valores cuando se corta la energía y botón de reset.
- Transferencia de los datos almacenados, utilizando el módulo SIM900, que es un módulo de comunicación celular. El microcontrolador Arduino se conecta al módulo SIM900 y utiliza sus capacidades de comunicación para establecer una conexión con una red celular.

2. PANEL FRONTAL:

Cuenta con una pantalla LCD de 20x4 en la que se proyectan los siguientes datos:

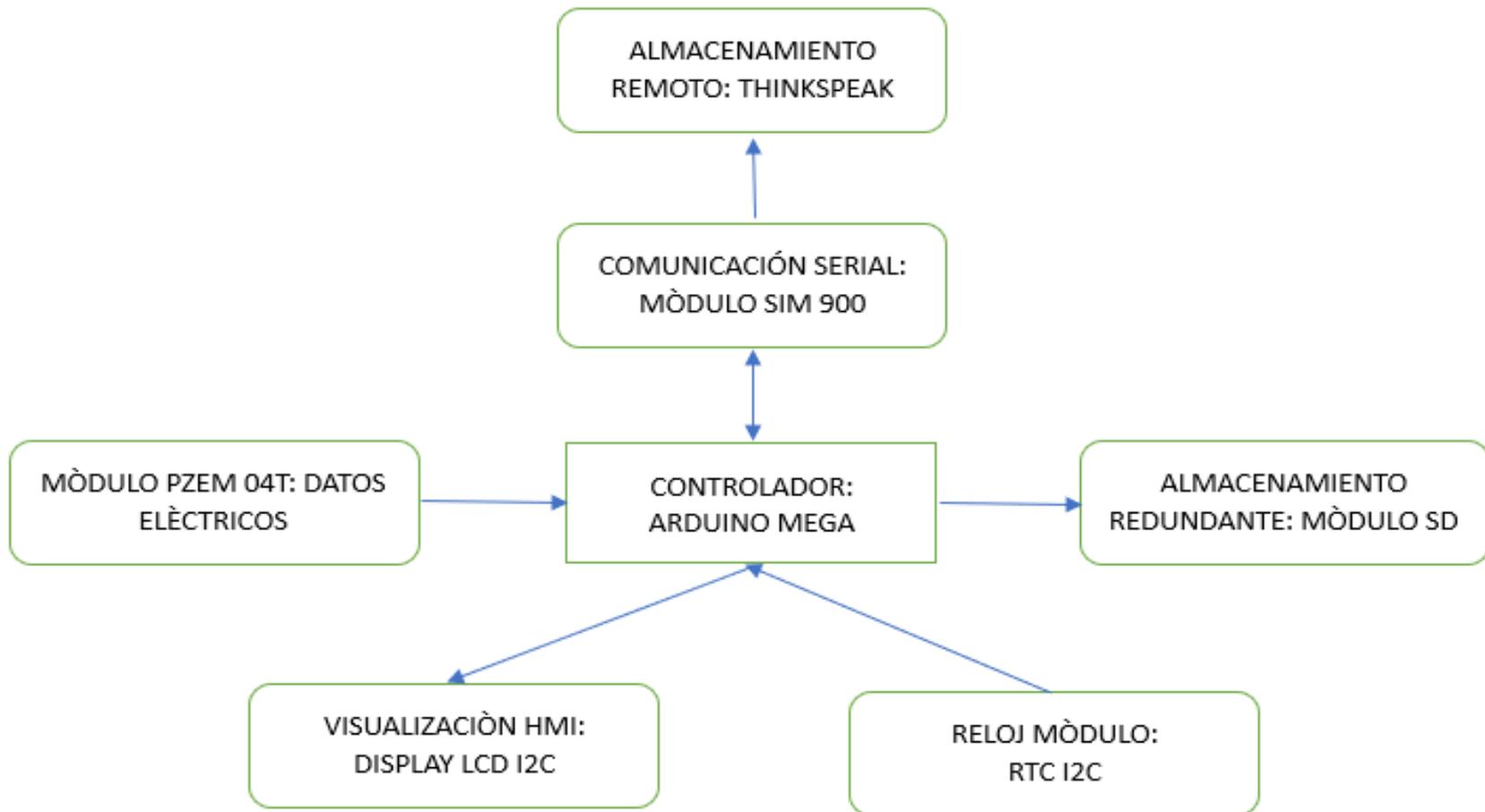
- Fecha y hora
- Voltaje (Fase-Fase y Fase-Neutro)
- Corriente de Fase
- Potencia Activa
- Consumo en kW/h



3. FUNCIONAMIENTO:

- El dispositivo mide y almacena en tres sitios diferentes los parámetros de voltaje, corriente y potencia de una residencia.
- Los datos son almacenados en: memoria EPROM interna del dispositivo PZEM, microSD y en la plataforma ThinkSpeak.
- Los valores son enviados a la plataforma y bajo pedido por SMS a través del dispositivo SIM900, el que usa la red telefónica móvil para lograr estos servicios.
- Las mediciones también pueden ser recibidos en un dispositivo móvil a través de la aplicación desarrollada, la que envía un mensaje con un código. El dispositivo responde al número registrado con un SMS el que contienen los parámetros.
- Se puede visualizar y almacenar los datos haciendo uso de servicios en la nube, para luego analizarlos de manera práctica y tenerlos a disposición para tratarlos de forma analítica.

3.1 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO:

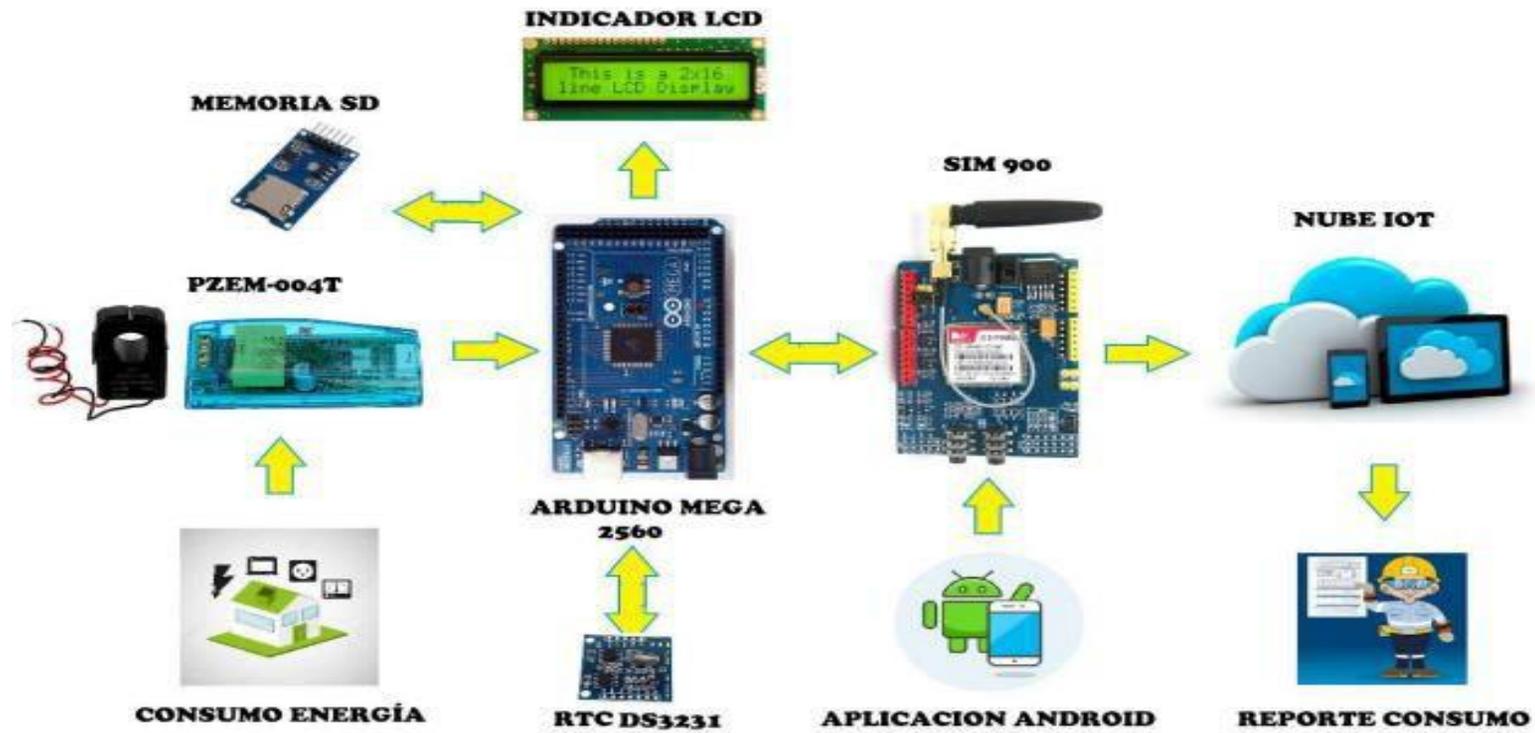


3.2 MEDICIÓN DE PARÀMETROS:



- Entrada y salida del medidor de potencia a través de las cuales realizara el análisis y recopilación de datos para su posterior procesamiento y almacenamiento.
- de hasta 220Vac y una corriente de 100A.
- Dispone de una protección de corriente.
- El dispositivo dispone de un sistema de adquisición monofásico que admite voltajes

4. DESCRIPCIÓN:

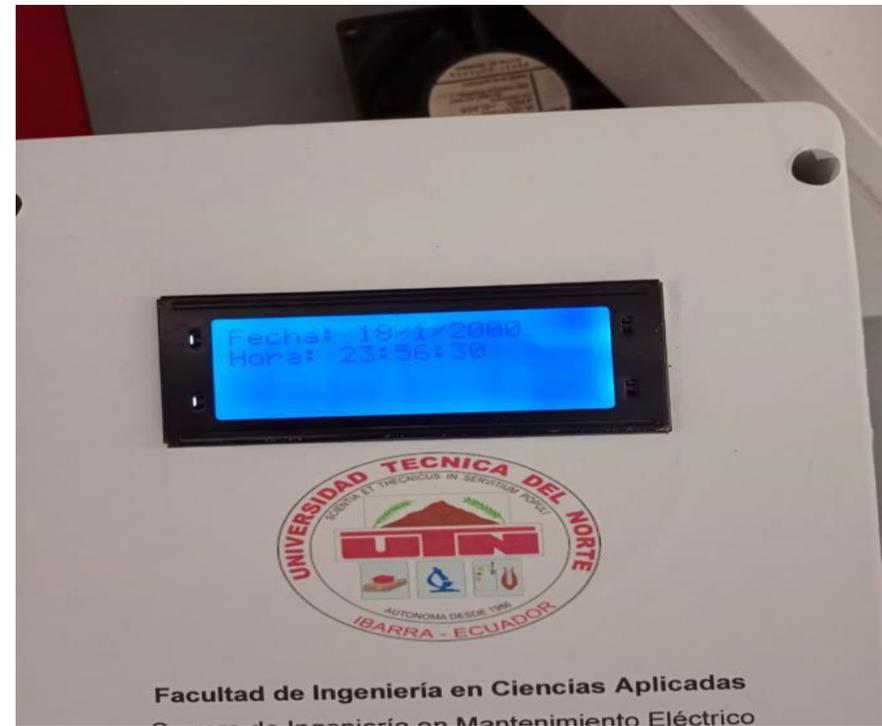


representa el equipo de medición inalámbrico

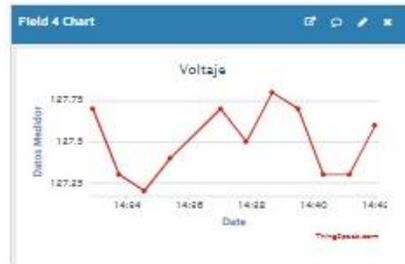
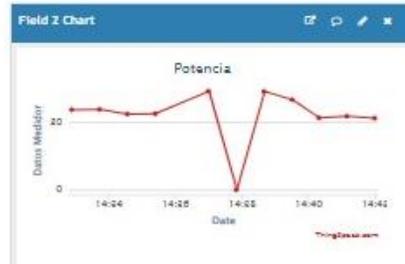
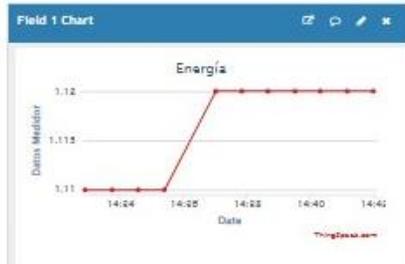
Tomado del Autor.

5. FUNCIONES:

- Visualiza fecha y hora actual
- Visualiza la tensión en tiempo real
- Visualiza la corriente en tiempo real
- Visualiza la potencia en tiempo real
- Visualiza el consumo en tiempo real
- Almacena los datos recopilados en la microSD
- Envía los datos de forma inalámbrica mediante un módulo GPRS Sim900



Entries: 11



6. VISUALIZACIÓN DE PARÁMETROS EN LÍNEA:

- Es posible visualizar y almacenar los datos del medidor de acuerdo con la programación del dispositivo, estos son enviados periódicamente al servidor de acuerdo con la configuración realizada en el programa principal.
- La plataforma de ThingSpeak puede hacer que se descarguen los valores almacenados con formato .xls, para procesarlos luego con Excel u otros programas, es posible adicionalmente procesarlos directamente con Matlab en línea.
- Para visualizar los valores se debe entrar a: <https://thingspeak.com/> luego de autenticarse, se ingresa a My Channels y es posible visualizar los datos cómo en la figura.

7. USO DE LA APP PARA EL DISPOSITIVO:

- Mediante la interfaz disponible en: <https://ai2.appinventor.mit.edu/#5168482034253824>, la que se puede instalar en un dispositivo con SO Android.
- Luego de instalarla, se visualizará en la pantalla la aplicación como en la figura adjunta, en la que se dispone de 2 botones, los mismos que permitirán ejecutar dos acciones.
- Existe un botón LEER DATOS que al presionar y si el número de teléfono se encuentra registrado en el equipo, este responderá en un mensaje SMS con los parámetros almacenados hasta el momento.
- El otro botón BORRAR enviará un mensaje de texto con una clave informando al dispositivo que debe borrar los datos almacenados en la memoria SD, sin embargo, estos permanecerán grabados en la plataforma y en el módulo PZEM.





CONFIGURACIÓN Y ACCESO A THINKSPEAK:

- La visualización de los datos en la plataforma se la realiza al declarar los canales a usar, a ellos se los puede nombrar de acuerdo con el tipo de dato que visualizarán, en este dispositivo se usan uno para: energía, potencia, factor de potencia, voltaje y corriente.
- Para acceder a la plataforma de ThinkSpeak es necesario agregar al código de Arduino el Write API Key, el mismo que dará acceso a la plataforma y dará de alta la grabación en la misma.

RECOMENDACIONES:

- No conectar el medidor en zonas donde no exista cobertura 3G
- Verificar el voltaje al cual se va a conectar el medidor
- Verificar que la potencia máxima del aparato conectado al medidor no sea superior a la dada por el fabricante
- Disponer de una sim de su operadora de preferencia con datos y mensajes (Claro, Cnt, Movistar.).
- Numero del sin agregado al medidor 0982539264 de operadora Claro.

INSTALACIÓN DEL DISPOSITIVO:

- Se conecta a la red eléctrica en los terminales marcados con ENTRADA
- Los terminales de SALIDA se deben conectar a la caja térmica principal.
- Verificar que la hora y la fecha se encuentren sincronizadas.
- Inmediatamente se visualizarán los datos en el LCD.
- Se debe iniciar el módulo SIM 900 presionando el botón de key power hasta que el led indicador se active.
- Una vez realizado eso se debe comprobar que las lecturas lleguen al servicio, y así verificamos que se encuentra trabajando el equipo.



8. MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN:

Es importante revisar que los datos de fecha y hora sean correctos, caso contrario será necesario calibrarlos y verificar que se mantengan desconectando la energía, de no hacerlo será necesario cambiar la batería.

Se pueden verificar los parámetros eléctricos del equipo usando una pinza amperimétrica para el efecto, el rango de tolerancia aceptable debe estar por debajo del 5%, caso contrario se debe construir una curva de calibración y de ser no lineal será necesario reemplazar el módulo PZEM.

Será necesario realizar la verificación de datos en la plataforma ThinkSpeak, se comprobará que el módulo SIM disponga de datos saldo para poder enviarlos y que se encuentre activado, el segundo paso será comprobar que la ID no haya cambiado en la plataforma.

Al iniciar el equipo podría no mostrar información en la pantalla, esto podría deberse a que no existe carga conectada y el módulo PZEM envía información desde valores superiores a 0.1 A, esto se soluciona conectando una carga al dispositivo.



ALMACENAMIENTO DE DATOS:

- El medidor dispone de una batería para en el Real Time Clock (RTC), desde donde se toman los datos de tiempo para almacenar en la tarjeta SD.
- Para recuperar los datos se extrae la tarjeta SD, se inserta en un lector y se pueden verificar en un archivo con la extensión *.txt, este podrá ser abierto en el block de notas o leído con ayuda de un procesador de datos como el Excel.
- Es posible también extraer desde el Thinkspeak donde se almacenan y poder verlos directamente en Matlab.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Alimentación: 120Vac
- Rango de medida de corriente: 0.05A a 30A
- Frecuencia: 60 Hz
- Precisión del reloj: hora/min - día/mes/año
- Batería adicional del Real Time Clock (RTC) en caso de un corte del servicio eléctrico
- Temperatura de utilización: -10° C a 40° C.

