



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MEDIDOR DE
ENERGÍA RESIDENCIAL CONSIDERANDO LAS PÉRDIDAS NO
TÉCNICAS POR HURTO”

TRABAJO DE TITULACIÓN: DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS
Para optar al Grado Académico de:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTOR:
EDWIN HERNÁN ROMERO GAIBOR

TUTOR:
ING. JOSÉ GUERRA S

Riobamba – Ecuador
2017

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MEDIDOR DE ENERGÍA RESIDENCIAL CONSIDERANDO LAS PÉRDIDAS NO TÉCNICAS POR HURTO”**, de responsabilidad del señor EDWIN HERNÁN ROMERO GAIBOR, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna. E DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA.
Ing. Freddy Chávez. V DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES.
Ing. José Guerra. S DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN
Ing. Isidoro Tapia MIEMBRO DEL TRIBUNAL.

Yo, Edwin Hernán Romero Gaibor declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados. Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Edwin Romero

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	viii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1	MARCO TEÓRICO.....	2
1.1	Importancia de la medición eléctrica.....	3
1.1.1	<i>Crecimiento del número de clientes residenciales</i>	4
1.2	Medidores de energía eléctrica.....	4
1.3	Cálculo de monetario del consumo eléctrico.....	5
1.3.1	<i>Tarifa general para consumidores residenciales</i>	5
1.4	Pérdidas de energía eléctrica.....	6
1.4.1	<i>Pérdidas técnicas</i>	6
1.4.2	<i>Pérdidas no técnicas</i>	6
1.4.4	<i>Pérdidas no técnicas de energía en el mundo</i>	7
1.4.5	<i>Programas instituidos para la reducción de PNTHE a nivel mundial</i>	8
1.4.6	<i>Pérdidas no técnicas de energía en Ecuador</i>	9
1.4.7	<i>Programas instituidos para la reducción de PNTHE en nuestro país</i>	10
1.4.8	<i>Investigaciones relacionadas con la temática</i>	11
1.5	Tecnologías de comunicación.....	11
1.5.1	<i>Broadband over power line</i>	11
1.5.2	<i>GSM/GPRS</i>	11
1.5.3	<i>Sistema móvil de toma de lecturas</i>	12
1.5.4	<i>Ethernet</i>	12
1.6	<i>Análisis comparativo de las tecnologías de comunicación</i>	13

CAPÍTULO II

2	MARCO METODOLÓGICO	14
2.1	Requerimientos de la arquitectura del sistema	14
2.2	Concepción universal de diseño de hardware del prototipo MIEER	14
2.3	Diseño de las etapas del MIEER	16
2.3.1	<i>Etapa de APVCP&E</i>	17
2.3.2	<i>Etapa de procesamiento y detección de hurto de energía</i>	17
2.3.3	<i>Etapa de visualización y comunicación</i>	17
2.3.4	<i>Etapa de potencia</i>	18
2.4	Elección de dispositivos electrónicos para la construcción del MIEER	19
2.4.1	<i>Dispositivos de procesamiento</i>	19
2.4.1.1	<i>Tarjeta de desarrollo ARDUINO MEGA 2560</i>	20
2.4.1.2	<i>Circuito integrado medidor de energía eléctrica SD3004</i>	20
2.4.2	<i>Dispositivos de APVCP&E</i>	21
2.4.2.1	<i>Tarjeta PZEM-004T</i>	22
2.4.2.2	<i>Sensores de flujo de corriente</i>	22
2.4.3	<i>Dispositivos para la comunicación a través de Internet</i>	23
2.4.3.1	<i>Shield de Ethernet</i>	24
2.4.4	<i>Dispositivos para la visualización de información</i>	25
2.4.4.1	<i>Pantalla LCD 20x4</i>	25
2.4.4.2	<i>Interfaz Arduino-LCD I2C</i>	25
2.4.5	<i>Dispositivos de control de potencia y protección térmica</i>	26
2.4.5.1	<i>Módulo de relés</i>	27
2.4.5.2	<i>Contactador bipolar</i>	27
2.4.5.3	<i>Breaker monopolar</i>	28
2.4.6	<i>Sistema de alimentación</i>	29
2.5	Esquemas de conexión electrónica	30
2.6	Esquemas de conexión eléctrica	31
2.7	Diseño de Software para el MIEER	32
2.7.1	<i>Requerimientos de software del sistema</i>	32
2.7.2	<i>Software para la lectura de voltaje, corriente, potencia y energía</i>	33
2.7.3	<i>Software para la detección de PNTHE</i>	33
2.7.4	<i>Software para la visualización de información</i>	34
2.7.5	<i>Software para la comunicación bidireccional y control de potencia</i>	35

CAPÍTULO III

3	DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	38
3.1	Comprobación de mediciones de parámetros eléctricos	38
3.1.1	<i>Pruebas de mediciones de voltaje AC</i>	39
3.1.2	<i>Pruebas de mediciones de corriente AC</i>	40
3.2	Comprobación de igualdad de mediciones entre módulos de APVCP&E	41
3.3	Verificación de mediciones tomando en cuenta longitud de la acometida	43
3.4	Prueba de repetitividad de datos	44
3.4	Prueba de detección de hurto de energía	45
3.5	Prueba de cálculo de consumo en valores monetarios	46
3.7	Prueba de almacenamiento de datos	47
3.8	Comparación entre medidor tradicional versus MIEER	49
3.9	Prueba de comunicación	50
3.10	Consumo de energía del MIEER	51
3.11	Análisis económico del MIEER	52
	CONCLUSIONES	54
	RECOMENDACIONES	61
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Cargos Tarifarios para consumidores residenciales	5
Tabla 2-1:	Ejemplo de cálculo de consumo eléctrico	6
Tabla 3-1:	Ventajas y desventajas de las tecnologías de comunicación	13
Tabla 1-2:	Características Arduino Mega 2560	20
Tabla 2-2:	Características módulo PZEM-004T	21
Tabla 3-2:	Características del sensor de corriente.....	22
Tabla 4-2:	Características Shield de Ethernet	24
Tabla 5-2:	Características LCD 20x4.....	25
Tabla 6-2:	Características módulo I2C	26
Tabla 7-2:	Características contactor.....	28
Tabla 8-2:	Terminales de conexión Arduino	30
Tabla 1-3:	Mediciones de voltaje.....	39
Tabla 2-3:	Mediciones de corriente	41
Tabla 3-3:	Mediciones de: VCP&E en módulos PZEM-004T	42
Tabla 4-3:	Mediciones de corriente a diferentes longitudes de ubicación del sensor	44
Tabla 5-3:	Datos suministrados por el MIEER en el monitor serial de Arduino	45
Tabla 6-3:	Prueba de detección de hurto de energía	46
Tabla 7-3:	Prueba de cálculo de consumo de energía en valores monetarios.....	47
Tabla 8-3:	Prueba de almacenamiento de datos.....	48
Tabla 9-3:	Comparacion de mediciones de consumo entre medidor EERSA vs MIEER.....	50
Tabla 10-3:	Consumo de corriente en DC.....	52
Tabla 11-3:	Consumo de corriente en AC.....	52
Tabla 12-3:	Costo del prototipo MIEER.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Evolución decenal de clientes por grupo por consumo	4
Figura 1-2:	Diagrama de concepción universal del prototipo.....	15
Figura 2-2:	Etapa de APVCP&E	16
Figura 3-2:	Etapa de procesamiento y detección de PNTHE.....	17
Figura 4-2:	Etapa de comunicación y visualización	18
Figura 5-2:	Etapa de potencia	18
Figura 6-2:	ARDUINO MEGA 2560	19
Figura 7-2:	SD3004	20
Figura 8-2:	Tarjeta PZEM-004T.....	21
Figura 9-2:	Sensor de corriente.....	22
Figura 10-2:	Shield de Ethernet.....	23
Figura 11-2:	Interfaz de comunicación I2C para LCD	24
Figura 12-2:	LCD 20x4	25
Figura 13-2:	Módulo de Relés	26
Figura 14-2:	Contactador GMC-20P2	27
Figura 15-2:	Breaker FE811863	28
Figura 16-2:	Fuente de alimentación APPLE.....	29
Figura 17-2:	Esquema de conexión electrónica.....	30
Figura 18-2:	Esquema de conexión eléctrica.....	31
Figura 19-2:	Diagrama de flujo de software para la lectura de VCP&E	33
Figura 20-2:	Diagrama de flujo para la detección de PNTHE.....	34
Figura 21-2:	Diagrama de flujo de software para visualización de datos.....	35
Figura 22-2:	Diagrama de flujo de <i>software</i> para la comunicación bidireccional y control de la etapa de potencia	37
Figura 1-3:	Dispositivo implementado	38
Figura 2-3:	Medición de voltaje.....	40
Figura 3-3:	Medición de corriente	41
Figura 4-3 (a):	Comprobación de igualdad de mediciones entre módulos de APVC&E..	43
Figura 4-3 (b):	Datos generados en el monitor serial de Arduino	43
Figura 5-3:	Prueba de repetibilidad de datos en el monitor serial de Arduino	45
Figura 6-3:	Detección de PNTHE.....	47
Figura 7-3:	Consumo de energía en valores monetarios.....	48
Figura 8-3:	Comunicación bidireccional a través de Internet	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Crecimiento del consumo eléctrico en el Ecuador 2010-2022 (GWh).....	3
--	---

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

MIEER:	Medidor Inteligente de Energía Eléctrica Residencial.
APVCP&E:	Adquisición y procesamiento de Voltaje, Corriente, Potencia y Energía
VCP&E:	Voltaje, Corriente, Potencia y Energía
KWh:	Kilovatios por hora
ESEER:	Empresa Suministradora de Energía Eléctrica de la región.
EERSA:	Empresa Eléctrica Riobamba Sociedad Anónima.
PNTHE:	Pérdidas no técnicas por hurto de energía.
CONELEC:	Concejo Nacional de Electricidad.
CELEC:	Corporación Eléctrica del Ecuador.
ARCONEL:	Agencia de Regulación y Control de Electricidad

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Hoja de datos integrado SD3004.
- Anexo B:** Hoja de datos módulo PZEM-004T (V3.0).
- Anexo C:** Hoja de datos LCD 20X4.
- Anexo D:** Hoja de datos módulo serial I2C para ARDUINO.
- Anexo E:** Hoja de datos ARDUINO MEGA.
- Anexo F:** Diagrama de conexión interna de Shield Ethernet para ARDUINO.
- Anexo G:** Hoja de datos contactor bifásico 30 A.
- Anexo H:** Hoja de datos breaker monofásico 63 A.
- Anexo I:** Hoja de datos multímetro
- Anexo J:** *Software* para el MIEER (Código ARDUINO).
- Anexo K:** Pruebas preliminares en la implementación del MIEER.
- Anexo L:** Montaje del MIEER.

RESUMEN

En la presente investigación se desarrolló un prototipo electrónico inteligente de medición del consumo eléctrico a través de módulos de adquisición y procesamiento de voltaje, corriente, potencia y energía (APVCP&E), tiene la capacidad de detectar pérdidas no técnicas por hurto de energía eléctrica en las acometidas. El prototipo se implementó con un procesador Arduino MEGA 2560 y una pantalla de cristal líquido (LCD) que permite visualizar información de voltaje, corriente RMS, potencia activa y el valor a pagar por consumo de energía, este último con la finalidad de incentivar al usuario en ahorro energético. El medidor inteligente permite la comunicación bidireccional vía internet entre la empresa proveedora de energía y el medidor, suministra información en tiempo real del consumo efectuado y si se está accediendo al servicio en forma legal. De forma remota la empresa puede conectar y desconectar el servicio a través de un *software* de control. Como resultado de las pruebas se concluye que el sistema puede medir valores RMS reales de voltaje con un error de ± 0.1 V y errores en corriente de ± 0.3 A, presentando una sensibilidad para corrientes AC despreciables. Se determinó que el prototipo puede sensar a distancias variables de hasta 30 m sin presentar alteración en sus medidas lo que asegura una detección correcta de las pérdidas no técnicas ocasionadas por hurto de energía. Se recomienda diseñar una página web para administrar en base de datos la información que recopila el prototipo, que permita evaluar el consumo histórico del cliente y originar respuestas inmediatas frente a problemáticas que se presenten.

Palabras Claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA>, <MEDIDOR DETECTOR DE HURTO>, <COMUNICACIÓN BIDIRECCIONAL>, <ARDUINO (SOFTWARE-HARDWARE)>, <SENSORES DE CORRIENTE ELÉCTRICA>, <CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA>.

ABSTRACT

A smart electronic prototype to measure the electric consumption by acquisition modules and voltage processing, current, power and electric energy (APVCP&E) has been developed. It can detect no-technical loss when the electrical energy is being stolen in the supply connections. The prototype was implemented with an Arduino processor MEGA 2560 and a Liquid Crystal Display (LCD) which let us see voltage information, RMS (Root-mean-square) current, active power and the value to be paid by energy consumption. The last element is to encourage user to save energy. The smart meter offers bidirectional communication by internet between provider enterprise and the meter, supplies information in real time of the consumption and if it is legal. In a distant way, the enterprise can connect and disconnect the service by a controlling software. As a result, we concluded that the system can measure real RMS values of voltage with an error of ± 0.1 V and errors in current of ± 0.3 A, with a sensitivity for AC (alternating current) insignificant the prototype can detect to variable distance measures. It is a correct detection of no t recommend to desig ant currents. It is determined that s up to 30m without alteration in the echnic losses by energy theft. We n a web page to manage on a data basis the information rototype in order to evaluate the historical consumption of the client and give immediate replies to the problem.

Key words: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES ELECTRONIC TECHNOLOGY AND ENGINERRING>, <METER DETECTOR OF THEFT> <BIDIRECTIONAL COMMUNICATION>, <ARDUINO (SOFTWARE- HARDWARE)> <ELECTRICAL CURRENT SSORS ELECTRICAL>, <ENERGY CONSUMPTION>.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de energía eléctrica en el mundo hace que la generación de electricidad sea el foco de futuros proyectos energéticos, a la par de esto se presenta un índice creciente de pérdidas de energía eléctrica. Las pérdidas de electricidad en el mundo son de alrededor de 290 TWh por año, en América Latina y el Caribe las pérdidas de energía en el año 2012 fueron de 100 TWh y se estima que para el año 2030 alcanzarán los 180 TWh. (JIMENEZ, et al., s.f., p. 5). En nuestro país de igual forma están presentes estas pérdidas debido a la arbitrariedad en los servicios básicos, siempre se busca evitar el pago de dichos servicios especialmente de la luz eléctrica por su facilidad de acceso de forma gratuita. Estos accesos gratuitos son considerados pérdidas no técnicas por hurto de energía eléctrica que desembocan en consecuencias económicas graves para las empresas distribuidoras, las pérdidas por hurto de energía anuales son cuantiosas y ascienden a millones de dólares anuales perjudicando la economía del país. En la ciudad de Riobamba no se controla el acceso al servicio de energía eléctrica sin facturación, presentándose riesgo de accidentes por manipulaciones inapropiadas de los equipos de medición o de las redes de baja tensión por usuarios que desean acceder clandestinamente a este servicio. Otro problema identificado es que los usuarios desconocen el sistema de medición, la información suministrada por los medidores es cuantificada en KW/h, datos difíciles de relacionar con el valor a pagar por su consumo. Existen investigaciones y proyectos efectuados en nuestro país que buscan reducir el nivel de pérdidas de energía con lo que se logró reducir cierto porcentaje de las mismas pero en la actualidad el índice de pérdidas está sobre los límites permitidos y continúa creciendo. Se desconoce de dispositivos capaces de detectar el fraude o hurto de energía. En el mercado mundial se ofertan medidores digitales basados en tecnología de punta, denominados *Smart-Meters*, que suministran información eléctrica y transmiten estos datos por comunicación inalámbrica como Bluetooth, radiofrecuencia, WiFi, entre otros a las empresas proveedoras de energía. En nuestro país existen muchos estudios sobre la implementación de redes eléctricas inteligentes con dispositivos de medición automáticos que se comunican bidireccionalmente con la empresa suministradora y que ofrecen múltiples beneficios y comodidades a los clientes pero ninguno de ellos soluciona el problema de las pérdidas eléctricas por hurto.

Por tal motivo el desarrollo de esta investigación busca implementar un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial que considere las pérdidas por conexiones clandestinas mediante sensores ubicados estratégicamente en la toma de energía y en el medidor. El resultado que se obtenga en esta investigación pretende ser el inicio para incentivar la investigación encausada a solucionar esta problemática y servirá como antecedente para proyectos futuros. El prototipo desarrollado pretende constituirse en una herramienta de ayuda para que las empresas eléctricas

analicen los alcances y estudien la posibilidad de implementar nuevos medidores con estas características en pro de evitar el robo de energía y facilitar la supervisión y control en línea con sus abonados, para lo cual se plantea como objetivos:

- Analizar el método más adecuado para controlar las pérdidas no técnicas por hurto de energía y registro del consumo de energía.
- Seleccionar un medio de comunicación óptimo para la transmisión de información, conexión y desconexión.
- Estudio y selección de la tecnología adecuada a los requerimientos presentes en el diseño del prototipo a implementar
- Analizar los resultados del comportamiento del prototipo.

El presente documento detalla en forma escrita las actividades desarrolladas en esta investigación, en tres capítulos, donde en el Primer Capítulo, describe todos los fundamentos teóricos asociados, se muestran datos estadísticos del crecimiento del consumo eléctrico y del incremento del número de clientes residenciales además se introduce el campo de las pérdidas eléctricas e índices de crecimiento. El Segundo Capítulo aborda el Marco Metodológico incluyendo los requerimientos que necesita el proyecto y el desarrollo del *hardware* con cada una de las etapas y módulos que conforman el sistema, por último el *software* que controlará todo el dispositivo y el diseño de un sitio web a manera de HMI(Interfaz humano-máquina) que se comunique bidireccionalmente con el prototipo. Finalmente el Tercer Capítulo presenta el análisis de los resultados, las pruebas de funcionamiento y un estudio económico de la construcción del dispositivo, como último punto se muestran las conclusiones y recomendaciones de este trabajo de titulación

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

En esta sección se detalla la información en que se fundamenta la presente investigación, además se presenta el estado del arte de la misma.

1.1 Importancia de la medición eléctrica

El control de la energía eléctrica es una pieza clave en el desarrollo económico, los medidores deben encontrarse en buenas condiciones y calibrados para sensar la cantidad exacta de energía que se consume. (Yanqui, 2010). Cada año se verifica un continuo crecimiento de la demanda energética, a continuación se muestran datos desde el año 2010 y proyecciones hasta el año 2022 en Ecuador. Los crecimientos promedio proyectados de demanda de energía eléctrica son del 7.8% de crecimiento anual. (CONELEC, 2013, p. 17). En el grafico 1.1 se visualiza el continuo crecimiento anual y su consumo en el 2010 de 17.59 GWh con la proyección hasta el 2022 de 42.70 GWh, que representa el 142.75 % con relación al 2010.

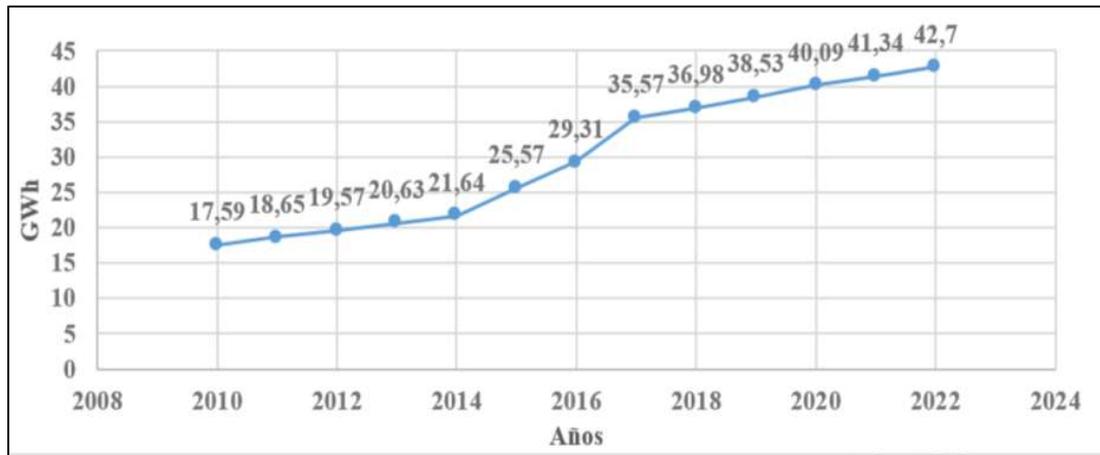


Grafico 1-1: Crecimiento del consumo eléctrico en el Ecuador 2010-2022 (GWh)

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

1.1.1 Crecimiento del número de clientes residenciales

El comportamiento de la demanda eléctrica está marcado por la cantidad de potencia y el horario de utilización de la energía, dependiendo al grupo de consumo al que pertenece (residencial, comercial, industrial y alumbrado público). Con el aumento de la población y la calidad de vida se evidencia un crecimiento del 73% de la demanda de clientes residenciales en 9 años, en la figura 1.1 se muestra el número de clientes por grupo de consumo en los años 2003 y 2012. (CONELEC, 2013, p. 22)

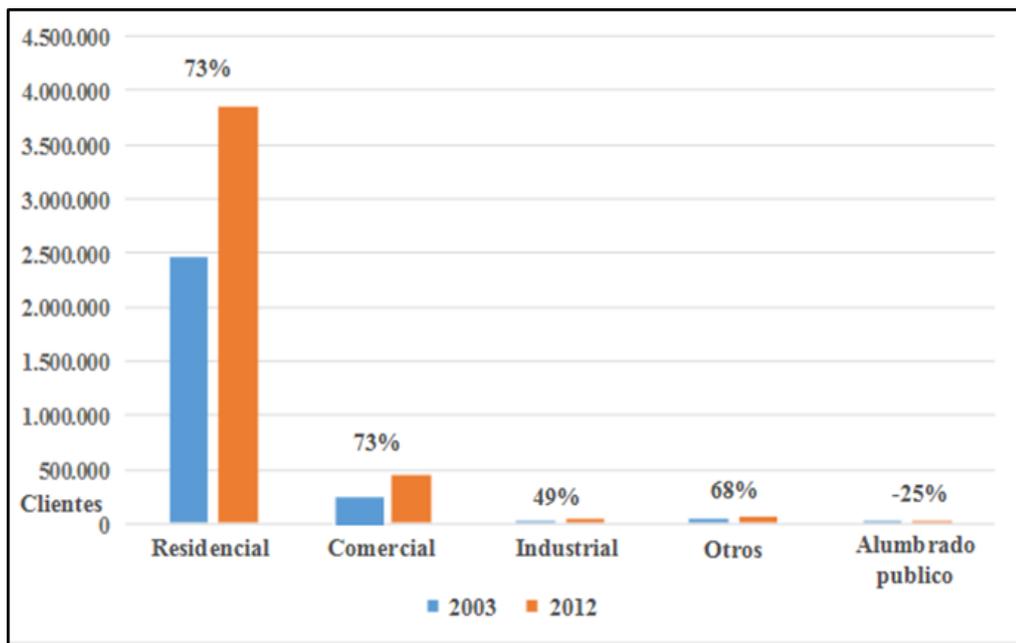


Figura 1-1: Evolución decenal de clientes por grupo de consumo

Fuente: CONELEC, 2013

1.2 Medidores de energía eléctrica

Son equipos electrónicos o electromecánicos encargados de la medición de la cantidad de energía eléctrica consumida en unidades de kWh “kilowatts hora”. Se clasifican en varios tipos dependiendo de su aplicación, su construcción, tipo de energía, etc.

Los medidores inteligentes (Smart Meters) son dispositivos electrónicos multifuncionales que permiten una comunicación bidireccional entre las EESER y sus clientes, estos medidores buscan optimizar las redes eléctricas tradicionales por medio del uso de la tecnología y comunicaciones avanzadas. Ofrecen información detallada del consumo incluso accediendo al precio de la energía consumida permitiendo así que el usuario reaccione al incremento del consumo. (JIMENEZ, et al., s.f., p. 17). Mundialmente se están implementando esta tecnología que además de ser amigable

con el usuario permite una reducción de intervención humana para la recolección de lecturas de consumo y para acciones de corte-desconexión de energía eléctrica.

1.3 Cálculo monetario del consumo eléctrico

Se calculará de acuerdo a la tarifa general de consumo para clientes residenciales estipulado por el ARCONEL. En la tabla 1.1 se muestra los cargos tarifarios para consumidores residenciales.

1.3.1 Tarifa general para consumidores residenciales

Se aplica a los consumidores residenciales con un consumo de 10 kW en donde el consumidor deberá pagar:

- a) Un cargo por comercialización de USD \$ 1.414, independiente del consumo de energía.
 - b) Un cargo por servicio de alumbrado público del 10% del valor del consumo total de energía.
- (ARCONEL, 2016, p. 7)

Dependiendo del rango de consumo que se especifica en la tabla 1-1 se procederá al cálculo de la cantidad de kilovatios consumidos por el valor del rango de consumo, a esto se sumará el valor de comercialización y el 10% del consumo por servicio de alumbrado público. En la tabla3-1 se muestra un ejemplo de cálculo de consumo.

Tabla 1-1: Cargos Tarifarios para consumidores residenciales

Rango de consumo	Energía (USD/kWh)
0-50	0.091
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	0.105
superior	0.156

Fuente: ARCONEL, 2016

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

Tabla 2-1: Cálculo de consumo monetario.

Descripción	Cantidad(kW/h)	Valor unitario (\$)	Subtotal (\$)
Energía consumida	125.40	0,095	11,91
Alumbrado público	-	10%	1.19
Comercialización	-	1.41	1.41
TOTAL			14.51

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

1.4 Pérdidas de energía

Constituyen el valor equivalente a la diferencia de la energía suministrada menos la energía facturada en un intervalo de tiempo. Esta energía perdida se relaciona con el transporte, distribución, calentamiento de transformadores, robo de energía, fallos en las mediciones, etc. Las pérdidas de energía pueden ser técnicas, y no técnicas, se las expresa como un porcentaje respecto de la energía suministrada a un sistema o parte del mismo y se calcula con la siguiente fórmula: (Castillo & Pérez, 2012, p. 30)

$$\%Pérdidas de energía = \frac{Pérdidas de energía}{Energía suministrada} * 100 \quad (1)$$

1.4.1 Pérdidas técnicas

Es la energía que se disipa en el proceso de transporte, transformación y medición que se convierten principalmente en calor más conocido como el efecto Joule, en la ionización del aire circundante a los conductores (efecto Corona) y en corrientes parásitas que se presentan en los núcleos de los transformadores.. (Castillo & Pérez, 2012, p. 32)

1.4.2 Pérdidas no técnicas

Más conocidas como pérdidas negras, constituyen la diferencia entre las pérdidas totales y las pérdidas técnicas. Se producen como resultado de la ineficiencia y vulnerabilidad de las redes eléctricas, sistemas de medición facturación y recaudación. Se clasifican en pérdidas sociales, comerciales y de gestión. Las sociales se producen por fraude o hurto de energía en la utilización

ilegal de la energía mientras que las comerciales son relacionadas con el consumo no contabilizado producido por alteraciones en los equipos de medición y la falla en la toma de lecturas. Los problemas de gestión ocasionadas por los sistemas administrativos de registro de consumo. (Tama, 2014, p. 15). El fraude o hurto de energía es toda desviación ilegal de energía que no es facturada principalmente por: alteraciones eléctricas y mecánicas dentro del medidor, conexiones y modificaciones en la acometida del medidor, puentes y bypass en los terminales de los medidores, cortocircuitado de los transformadores de corriente, entre otros. (Tama, 2010, p. 4)

1.4.3 Reglamentos y regulaciones relacionados con las pérdidas de energía eléctrica.

Las intervenciones fraudulentas que se cometen en las redes y equipos de medición, están tipificadas como un delito penal y considera que a quienes sean descubiertos hurtando o robando energía eléctrica se aplicarán sanciones económicas y dependiendo de su gravedad, hasta la detención del infractor y/o beneficiario de éste ilícito, para ser procesado por robo con penas de hasta dos años de prisión. Las sanciones económicas van desde el pago de lo no facturado en los últimos 12 meses a multa del 300% del valor facturado y en caso de ser reincidente es hasta el 600%, reliquidación de la diferencia no facturada. Si el hurto es por tercera ocasión se suspende y se da por terminado el contrato de suministro del servicio, llegando al retiro de las conexión eléctrica. (CONTENIDO, 2014, <https://goo.gl/GibZqX>).

1.4.4 Pérdidas de energía a nivel mundial.

Representan un problema generalizado y suponen un alto costo. Aproximadamente 290 TWh representan las pérdidas mundiales que equivaldrían al consumo de energía de México y Perú en un año. En la figura 2-1 podemos apreciar los porcentajes de pérdidas en distribución y generación nivel mundial. “Los países de América latina y el Caribe tienen pérdidas de electricidad por encima del promedio de 17% sobre la producción total de energía. El costo anual de estas pérdidas se estima entre US\$11,000 y US\$17,000 millones” (JIMENEZ, et al., s.f., p. 26), En México las pérdidas anuales de energía son de alrededor de US\$4.4 billones. 20 países en América muestran pérdidas mayores a 10 % del total de electricidad generada, mientras que 12 países presentan un porcentaje mayor al promedio. (JIMENEZ, et al., s.f., p. 26). A pesar de los esfuerzos realizados por mejorar el desempeño del sector eléctrico, los niveles de pérdidas de electricidad en América Latina y el Caribe se han mantenido durante varias décadas por encima de los estándares referenciales (BALZA, et al., 2013, p. 20)

Para el año 2030 las pérdidas podrían representar la generación anual de la central *Itaipú* si no se toma medidas necesarias al escenario actual de las pérdidas de energía. (CICM, 2011) (JIMENEZ, et al., s.f., p. 6)

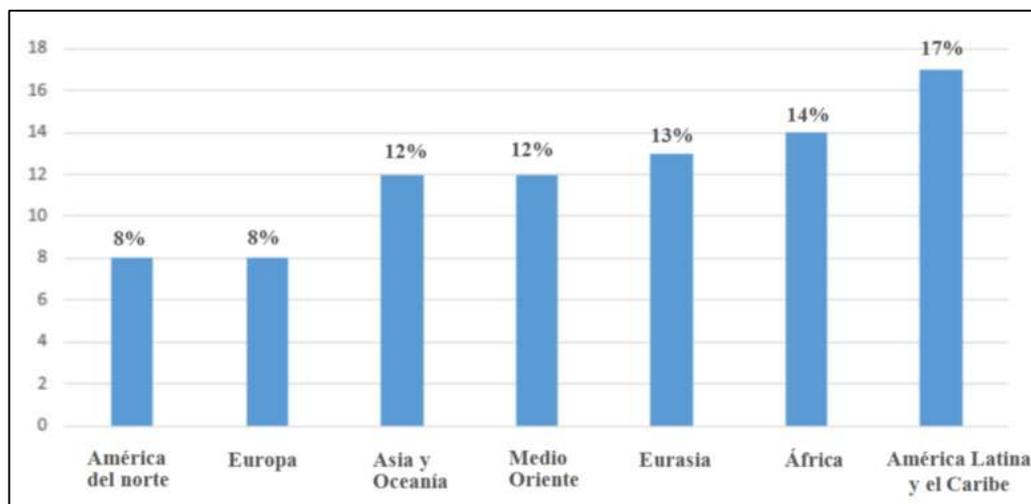


Figura 2-1: Pérdidas de energía por región en porcentaje

Fuente: Jiménez, et al; 2014

1.4.5 *Programas instituidos para reducción de pérdidas no técnicas de energía a nivel mundial*

Los marcos regulatorios y esquemas de gobierno corporativo son esenciales a fin de proporcionar señales adecuadas para reducir las pérdidas. Con respecto a la dimensión regulatoria, los sistemas transparentes de precios e incentivos han mostrado ser útiles para promover el control de pérdidas por parte de las empresas eléctricas. En países como Chile, Colombia, Costa Rica y Perú se han puesto en marcha esquemas de precios que recompensan o sancionan el alto o bajo desempeño sobre la base de metas, tanto en la transmisión como en la distribución. Asimismo, se han implementado políticas de precios de este tipo en grandes áreas metropolitanas de El Salvador, Guatemala, Panamá y Uruguay. Por ejemplo, bajo estos regímenes, el regulador permite que las empresas incluyan los costos de pérdidas en las tarifas eléctricas, hasta un máximo de 7%. Si las pérdidas sobrepasan este punto de corte, las empresas deben absorber los costos, con la consiguiente reducción directa de sus ingresos. (JIMENEZ, et al., s.f.). En Brasil el robo de electricidad se clasificó como delito. Se castiga desde multa hasta encarcelamiento. En Hungría, las empresas de servicios públicos han establecido una base de datos que muestra todos los clientes conectados de acuerdo con sus coordenadas geográficas, y el número de visitas de inspección que han recibido, además de la implementación de un sistema de prepago, el cual ha dado soluciones en las poblaciones más pobres del país. Con esos pre-pagos, la mitad se destina

para borrar la deuda anterior, y la otra mitad es para pagar el consumo actual de electricidad y para que no crezca la deuda. En la India, la red eléctrica aún no está desarrollada, pero los esfuerzos para integrar a la población a la red ya incorporan el uso de nuevas tecnologías para lograrlo.

Con lo anterior, se pretende formalizar y regularizar a los usuarios que comúnmente obtenían su electricidad de manera irregular. Por último en Bulgaria se ha establecido un organismo independiente de control que sanciona malas prácticas, en adición a la medición simultánea en subestaciones que sirva de comparación a las lecturas individuales por usuario. (PINEDA & PEDROZA, 2016, <https://goo.gl/2WsxWR>). Muchas compañías de electricidad y servicios han entrado tarde a la era digital, donde el flujo de datos y su utilización se ha vuelto esencial tanto para un rediseño de la estrategia comercial, como para la diversificación de su oferta de servicios. Una solución en lo individual no resolverá el problema de las pérdidas eléctricas. Es sólo mediante un conjunto de esfuerzos que sigan al avance acelerado en tecnología, políticas públicas adecuadas y la correcta asesoría otorgada por un profesional en la materia que incorpore las mejores prácticas de la industria, como será posible hacer la adecuada implementación de un set de soluciones que den los mejores resultados. (PINEDA & PEDROZA, 2016, <https://goo.gl/2WsxWR>).

1.4.6 Pérdidas de energía en Ecuador.

El Diario EL COMERCIO (ARAUJO, 2015, <https://goo.gl/bfoZca>) publicó que de acuerdo con datos del Ministerio de Electricidad hasta noviembre del 2014, el índice de pérdidas de energía se ubicó en el 12,3% en contraste con el 22,3% que se registró a finales del 2006. Según decreto del CONELEC las empresas distribuidoras deben mantener las pérdidas no técnicas en el orden del 2% del total de energía suministrada, para lo cual se deberán tomar acciones y correctivos necesarios para cumplir esta meta. (Castillo & Pérez, 2012, p. 13). El Estado invirtió entre USD 300 millones y USD 400 millones en los últimos ocho años en proyectos de abatimiento de pérdidas. Según Albornoz, el Ecuador se encuentra entre los países con menores niveles de pérdidas después de Chile y Perú. Aunque aún no alcanza niveles como países desarrollados como Alemania, Noruega o los Países Bajos donde las pérdidas de energía eléctrica son menores al 7%. (ARAUJO, 2015, <https://goo.gl/bfoZca>).

1.4.7 *Programas instituidos para reducción de pérdidas no técnicas de energía en el país*

Las redes construidas con conductores desnudos están siempre expuestas al hurto de energía debido a que es fácil engancharse o colgarse de ellas, ya que para cometer este ilícito solo se requiere de una palanca en la cual se monta el cable conductor con un gancho en su extremo haciéndolo desde el suelo sin necesidad de que el infractor llegue directamente a la red. Una solución para disminuir el hurto por medio de esta modalidad es instalar cable aislado y trenzados entre sí, conocidos como cables preensamblados. Con el uso de las redes pre ensambladas se evita que los infractores se cuelguen directamente de las redes de distribución, sin embargo las acometidas siguen siendo puntos vulnerables ya que el hurto de energía se puede cometer mediante la perforación o pelado de la aislación del cable. (Castillo & Pérez, 2012, pp. 91-93) . Para evitar que los usuarios manipulen los medidores, estos se les ubicara en una caja antihurto; la misma que llevara un tornillo de seguridad en la cual se debe incluir un sello difícil de violar, numerado sobre relieve (esto es básico por su adulteración) que permita un control inmediato sobre sus clientes ya que el número de sello es llevado en la computadora con el historial del cliente. (CASA & SUNCHACHA, 2009, p. 109)

1.4.8 *Investigaciones relacionadas sobre la temática*

En el año 2009 la Universidad Técnica de Cotopaxi desarrolló una en la que el autor concluye que: “Las pérdidas de energía por fraude, hurto y de gestión administrativa es un problema de muy difícil solución; mientras no se realice un cambio estructural dentro de la organización y de la mentalidad y cultura de cada integrante de esta no se obtendrán resultados significativos por muy buenas que sean las acciones y procedimientos que se planteen para reducirlas”. (CASA & SUNCHACHA, 2009, pp. 83,125). La Universidad de Cuenca en el año 2012 se planteó un estudio para la reducción de pérdidas de energía utilizando índices sectorizados en los alimentadores primarios, con estos procedimientos de cierta manera se busca reducir a un porcentaje mínimo pero no produce ningún impacto, solamente con este método se identifican las pérdidas por sector de alimentador. (Castillo & Pérez, 2012, p. 9). Alberto Tama Franco en su artículo publicado en la revista CRIEEL (Tama, 2014, p. 17) informa que “el robo de energía genera pérdidas millonarias a las empresas distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica” y concluye que “debe darse prioridad a todo aquello que tenga por objetivo minimizar las pérdidas técnicas siempre y cuando se encuentren dentro del equilibrio de costo-beneficio”.

1.5 Tecnologías de comunicación

Para transmisión de información entre los medidores inteligentes y la EESER se utilizan diferentes tecnologías, entre estas:

1.5.1 *Broadband over power line*

Tecnología que permite la utilización de las redes eléctricas tanto en alta como en baja tensión para la transmisión de datos permitiendo el desarrollo de las telecomunicaciones de banda ancha. Esto implica que en cada enchufe eléctrico el usuario tendrá disponible un servicio de comunicación. La transmisión de energía eléctrica y de datos es posible sobre el mismo conductor gracias a que ambos trabajan a rangos de frecuencias diferentes sin que haya interferencias del uno sobre el otro. El sistema emisor genera señales de baja potencia (50 MW) con una frecuencia desde 2 a 34 MHz. El receptor identifica y separa la información que ha sido transmitida en el rango de frecuencia establecido a una velocidad de transmisión de 200 Mbps (Yanqui, 2010, pp. 45-44)

1.5.2 *GSM/GPRS*

El sistema global de comunicaciones móviles GSM es un estándar respecto a las comunicaciones móviles mundiales. Permite enlazar a voluntad dos equipos móviles mediante un canal digital que se establece para la comunicación y desaparece seguidamente que esta finalice. Cuando se comunica reserva todo el ancho de banda para esta conexión, independientemente si se están enviando datos o no desaprovechando el ancho de banda. General Packet radio Service (GPRS) es un servicio de datos orientado a paquetes, está disponible para GSM permite velocidades de transferencia de 56 a 114 Kbps. El servicio incluye mensajería corta, mensajería multimedia y acceso a internet. Un usuario GPRS solo utilizara la red cuando transmita un paquete de información, el resto de tiempo permite inactivo permitiendo a otros usuarios usar el servicio. (BERMEO, et al., 2009, pp. 36-48)

1.5.3 *Sistema móvil de toma de lecturas*

La lectura se realiza empleando un medidor que se comunica mediante ondas de radio (radiofrecuencia) ya sea con una estación móvil (un vehículo con un receptor/emisor) o con un lector portátil que lleva la persona que va a recolectar las lecturas. Estos lectores tienen la capacidad de acceder a los registros del medidor de manera remota y muy rápida; hay lectores que pueden tomar hasta 500 lecturas en 3 segundos. (OLVERA, 2003, 5)

1.5.4 Ethernet

Ethernet es la tecnología de Red de Área Local (LAN) más utilizada en la actualidad para transmitir información entre computadoras, es el estándar utilizado en las empresas y el que debería elegirse si se está creando una nueva red de datos. (CHAMBA, 2014, 27). Se basa en el protocolo de comunicaciones TCP-IP que a través de un proveedor de acceso a internet (ISP) se asigna una única dirección IP para cada ordenador que será reconocido en la red. El número de usuarios de internet por sector en Ecuador a través de conexiones físicas ha crecido de manera exponencial entre 2001 y 2015 a niveles que superan el 300%. (ARCOTEL, 2015, <https://goo.gl/Xw4vvs>). El 2012 se obtuvo una tasa de crecimiento aproximado del 30% en número de suscriptores y del 46% en cantidad de usuarios de internet. En el país hay 7'231.000 usuarios de internet aproximadamente, lo que equivale prácticamente al 50% de la población ecuatoriana.

1.5.5 Análisis comparativo entre las tecnologías de comunicación.

En la tabla 3-1 se presenta las ventajas y desventajas de tecnologías de comunicación, se puede apreciar que la tecnología de comunicación Ethernet posee ventajas representativas sobre las demás debido a su adaptabilidad a los requerimientos de los medidores inteligentes., además por su tendencia de estandarización de comunicación global y su disminución de costos progresivos. Esta tecnología ofrece una comunicación bidireccional necesaria para nuestros requerimientos.

Tabla 3-1: Ventajas y desventajas de tecnologías de comunicación

	BPL	GSM/GPRS	STML	Ethernet
V e n t a j a s	<p>Instalación rápida y sencilla: Utiliza infraestructura existente, no requiere obras de cableado adicional.</p> <p>Alta ubicuidad y capilaridad: La mayoría de la población mundial goza del servicio de energía eléctrica esto ofrece la posibilidad de prestar servicios de telecomunicación a zonas alejadas rompiendo las brechas tecnológicas a favor del desarrollo de toda la población.</p> <p>Variedad de servicios a los clientes: banda ancha a internet, facilidad de conexión con el cliente.</p>	<p>Amplia cobertura: Dependiendo de la empresa telefónica proveedora del servicio la cobertura de la señal puede llegar a los rincones más alejados del país. Cobertura en más de 200 países.</p>	<p>Costos: Costo mínimo de implementación de este sistema.</p> <p>Reducción de talento humano: Menos personal para la recolección de mediciones.</p> <p>Alcance: El receptor móvil puede encontrarse desde 20 a 200 m alejado del medidor de energía.</p>	<p>Comunicación global: Internet hoy en día constituye el sistema de comunicación más usado, existe una tendencia a que las telecomunicaciones migren a este sistema, en futuro muy cercano todo estará conectado a esta red.</p> <p>Costos: debido a la gran competencia de servidores de este medio de comunicación los precios cada vez disminuyen. De igual forma el <i>hardware</i> necesario para este sistema es muy económico.</p> <p>Variedad de servicios a los clientes: Mediante Internet podemos tener acceso a múltiples servicios como telefonía, radio televisión, etc.</p> <p>Tendencias del crecimiento de usuarios: la tasa de crecimiento es muy alta, hoy en día tenemos 3500 millones de usuarios.</p> <p>Comunicación bidireccional: Se podrá tener información del consumo, el corte y reconexión de energía se lo realizará de forma remota. El cliente desde cualquier lugar podrá consultar el consumo residencial.</p>
D e s v e n t a j a s	<p>Distancia: Si la distancia de transmisión entre el usuario y la subestación es larga es necesaria la implementación de repetidores de señal.</p> <p>Seguridad: cualquier persona puede tener acceso en cualquier toma de energía por lo cual es necesario una encriptación fuerte de paquetes de información.</p> <p>Elevado costo de implementación: Para poder funcionar correctamente necesita de un sinnúmero de equipos y módulos (Yanqui, 2010, pp. 51-54)</p>	<p>Costos: Precio significativo por el servicio de comunicación, actualmente en nuestro país es de 0,07 ctvs. por mensaje corto.</p> <p>Infraestructura: Implementación de servidores receptores especiales para la comunicación con el cliente</p> <p>Produce interferencia electromagnética. Puede afectar a dispositivos electrónicos sensibles.</p>	<p>Mediciones periódicas la información del consumo es tomada cada mes, no se tiene un registro continuo del consumo.</p> <p>Vulnerabilidad: No se acude a visualizar los medidores por lo que el usuario puede cometer fraude sin que sea detectado.</p>	<p>Alcance: Solo el 12% de los clientes residenciales tienen servicio de Internet fijo, por lo que se debería implementar una excepción y convendría aplicar la tecnología GSM/GPRS. (ARCOTEL, 2015, p. 11)</p>

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

En esta sección se especifica el diseño de *hardware* y *software* del MIEER, se detalla cada uno de los módulos que lo conforman, los componentes utilizados, sus características técnicas y los esquemas eléctricos y electrónicos de los circuitos implementados.

2.1 Requerimientos del prototipo MIEER

El prototipo debe satisfacer los siguientes requerimientos:

- Ser de bajo costo, fácil implementación soportando condiciones ambientales severas.
- Proporcionar mediciones exactas de corriente, voltaje y potencia.
- Detectar el fraude o hurto de energía efectuado en la acometida eléctrica o manipulaciones en el medidor de energía y su respectiva facturación supervisando datos en una longitud máxima de 30 m.
- Visualizar y comunicar el fraude de energía a la empresa suministradora.
- Medir y acumular el consumo de energía eléctrica.
- Cortar y reconectar el suministro de energía de forma remota.
- Visualizar el consumo actual de energía en valores monetarios.
- Presentar señales de alerta en caso de fallo del sistema.

2.2 Concepción universal del diseño de *hardware* del prototipo MIEER

La concepción general propuesta para el MIEER se presenta en la figura 1-2, en donde se aprecia la metodología para detección del hurto de energía y cada una de las etapas que lo conforman.

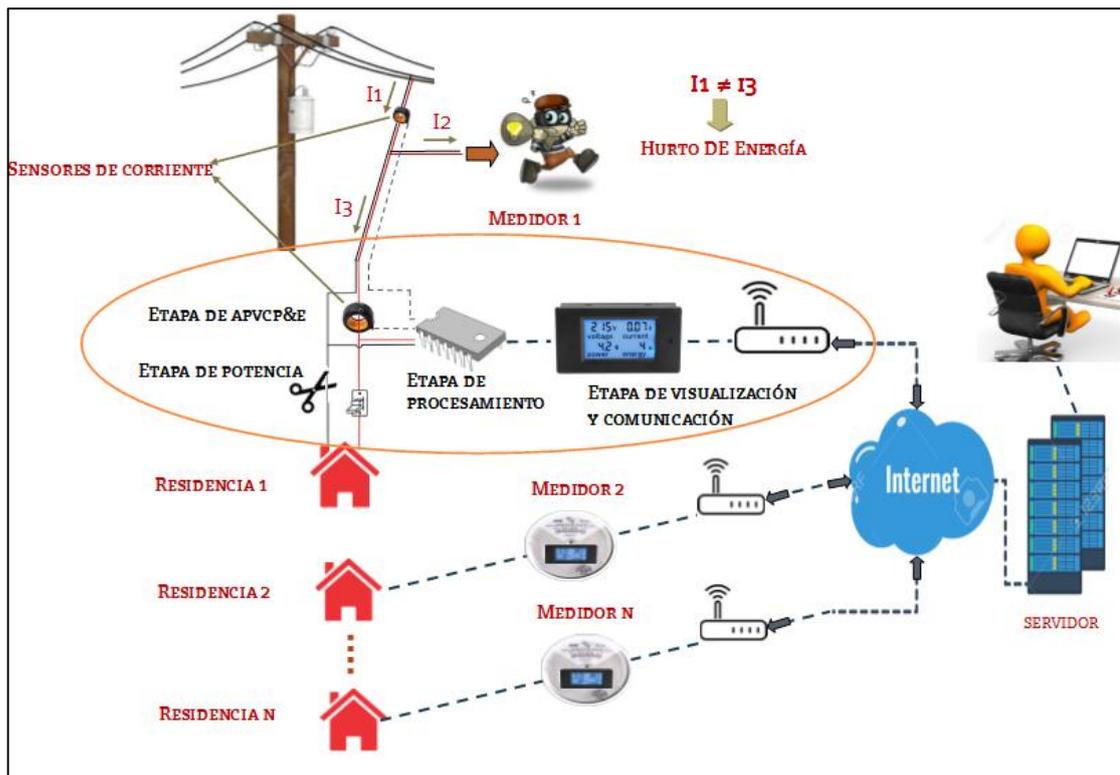


Figura 1-2: Diagrama de la concepción universal del prototipo

Fuente: Romero, Edwin; 2017.

La primera etapa constituye la adquisición y procesamiento de señales de voltaje, corriente potencia y energía. La segunda etapa procesa toda la información adquirida por la etapa anterior por medio de la placa Arduino y controla a la etapa de visualización, comunicación y potencia. Para la detección PNTHE se requiere dos sensores de corriente ubicados estratégicamente en la zona de vulnerabilidad. El procesador compara la corriente en la toma de energía cercana al poste y la corriente que llega al medidor. Si hay desigualdad se debe a una tercera corriente que es tomada ilegalmente en alguna parte del tramo de la comedia de energía. La etapa de visualización incluye una pantalla LCD que muestra los parámetros medidos, los errores suscitados y el estado actual del medidor, mientras que el piloto luminoso indica si existe pérdidas no técnicas por hurto de energía. El módulo Ethernet permite tener comunicación bidireccional entre el medidor y la empresa eléctrica. En último lugar se encuentra la etapa de potencia encargada de cortar y reconectar el suministro de energía eléctrica así como de proteger de sobrecargas y cortocircuitos.

2.3 Diseño de las etapas del MIEER

Una vez definida la concepción universal del dispositivo a continuación se muestra el diseño y construcción de cada una de las etapas del dispositivo MIEER.

2.3.1 Etapa de APVCP&E

En la figura 3-2 se presenta en diagrama de bloques la etapa de adquisición y procesamiento de voltaje, corriente potencia y energía, la función de cada bloque y la comunicación con los bloques contiguos. Esta etapa inicializa con la recepción de la señal de voltaje AC, inmediatamente es acondicionado para poder ser procesado en el siguiente bloque, paralelamente un transformador de corriente toma la señal de corriente que circula a través de un conductor y de igual forma lo acondiciona. Esta información es enviada al bloque de procesamiento obteniendo valores RMS de Voltaje, Corriente, Potencia y Energía. El procesador en esta etapa almacena los valores de energía acumulada y finalmente transmite esta información mediante el protocolo de comunicación serial TTL.

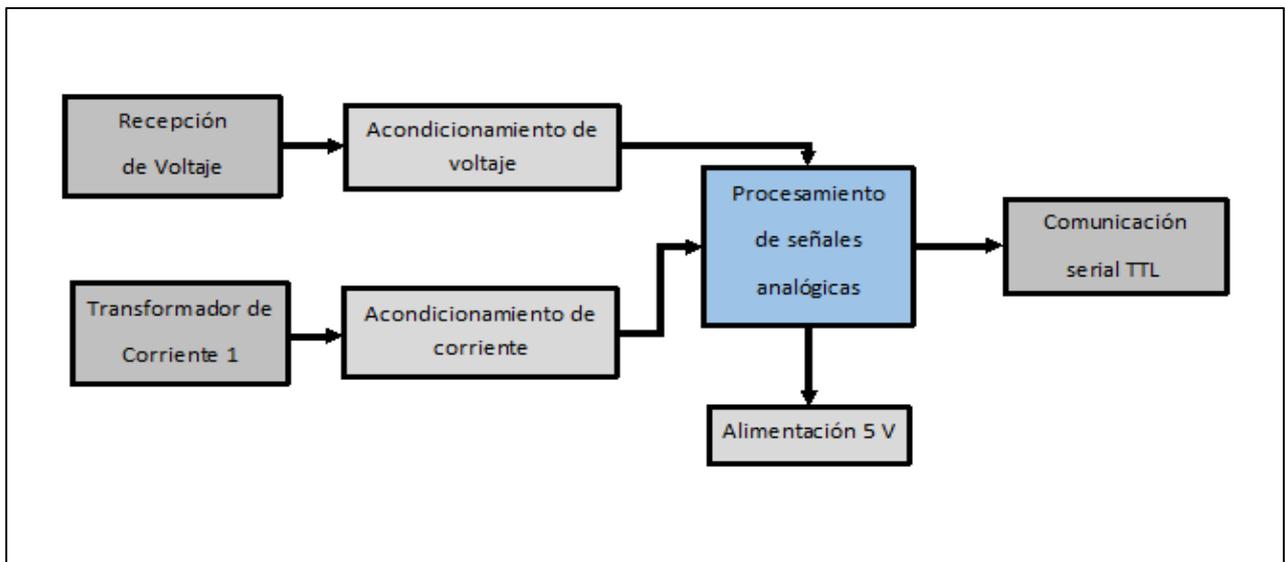


Figura 2-2: Etapa de APVCP&E

Fuente: Romero, Edwin; 2017.

2.3.2 Etapa de Procesamiento y detección de PNHE

En la figura 3-2 se presenta los bloques que conforman la etapa de procesamiento, inicia con la recepción de información generada por la etapa anterior y por la etapa de comunicación. El procesador utilizado es un Arduino MEGA 2560 encargado del análisis de corrientes de ambos módulos de APVCP&E detectando el hurto de energía mientras que los datos de voltaje y energía son mostrados en la etapa de visualización y comunicación. Finalmente de acuerdo a la información procesada, el procesador controla a los actuadores (relés, Contactor, luz piloto).

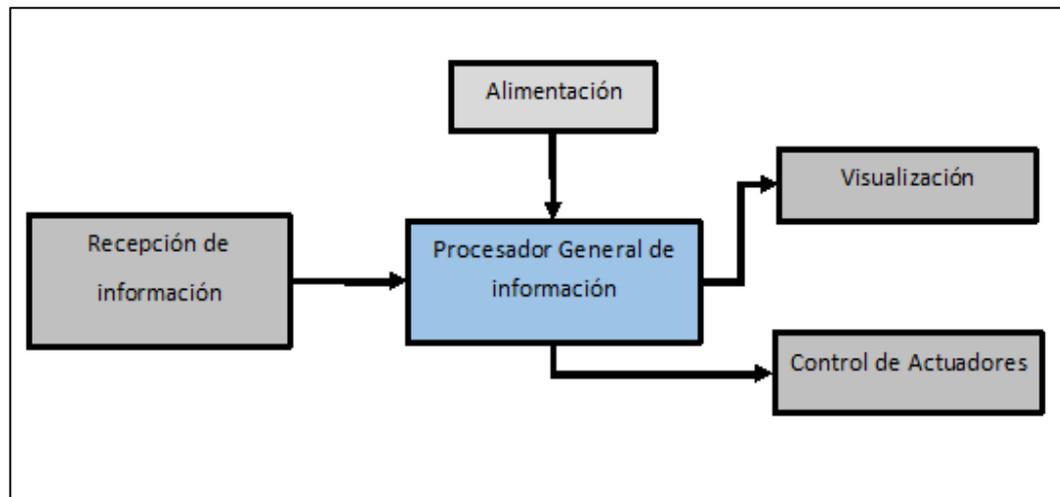


Figura 3-2: Etapa de procesamiento y detección de PNTHE

Fuente: Romero, Edwin; 2017.

2.3.3 Etapa de comunicación y visualización

En la figura 4-2 se ilustra los bloques que conforman la etapa de Comunicación y Visualización. El procesador general se comunica vía puerto serial TTL con el procesador de la etapa de APVCP&E mientras que para comunicarse con la ESEER utiliza el protocolo Ethernet que físicamente maneja una *Shield* de Ethernet para Arduino para establecer una comunicación bidireccional. Para indicar los parámetros de mediciones eléctricas se utiliza un *LCD* que se comunica con el procesador a través de la interfaz serial "I2C". Para informar si existe robo o hurto de energía se activará un indicador luminoso de color rojo ubicado externamente en la carcasa del MIEER.

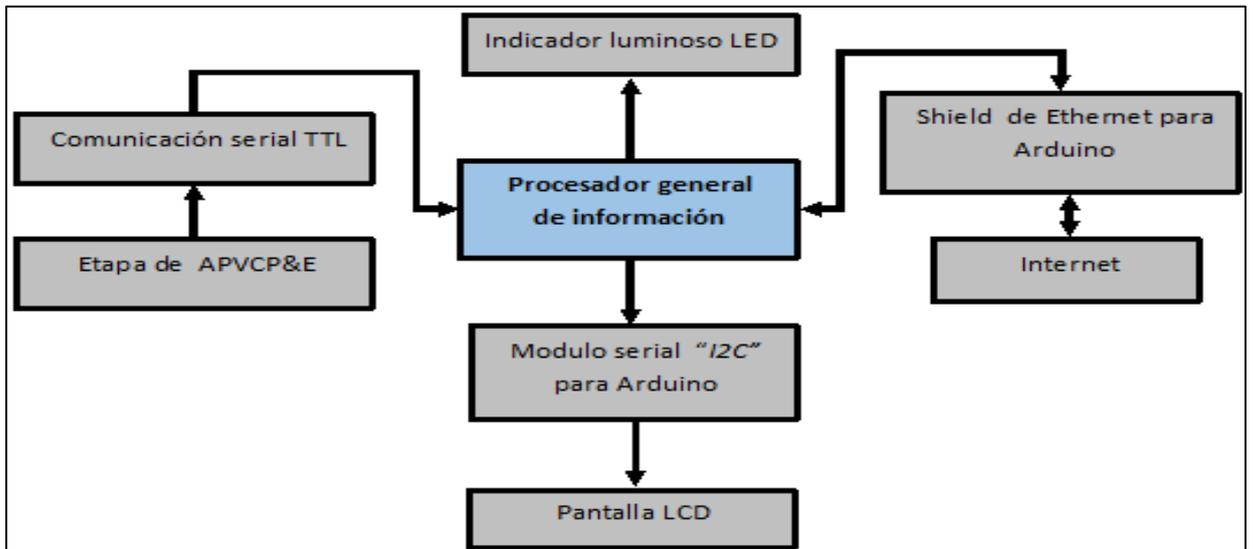


Figura 4-2: Etapa de comunicación y visualización

Fuente: Romero, Edwin; 2017.

2.3.4 Etapa de potencia

En la figura 5-2 está la etapa que controla el suministro de energía eléctrica, conformado por el módulo de relés que permite la activación del contactor que al desactivarse abre el circuito cortando el suministro de energía, en serie con éste se encuentra un Breaker monofásico encargado de la protección contra cortocircuitos y sobrecorrientes.

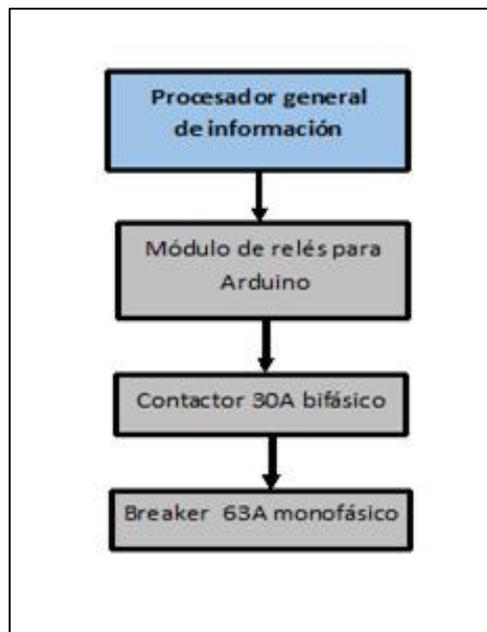


Figura 5-2: Etapa de potencia

Fuente: Romero, Edwin; 2017.

2.4 Elección de dispositivos electrónicos para la construcción del MIEER

En este acápite se muestra las características principales de los dispositivos que conforman el MIEER, en anexos se adjuntan sus hojas técnicas.

2.4.1 Dispositivos de procesamiento

Basados en microcontroladores comerciales de gran disponibilidad muy útiles para aplicaciones electrónicas, para el MIEER se utiliza como procesador general la tarjeta de desarrollo de la plataforma Arduino MEGA y para la medición de parámetros eléctricos se utiliza el circuito integrado SD3004.

2.4.1.1 Tarjeta de desarrollo ARDUINO MEGA 2560

La plataforma Arduino es un *hardware* de código abierto, sus diseños se encuentran disponibles en la web, así como una gran cantidad de documentación y ejemplos. Esto contribuyó a que en la actualidad sea uno de los más utilizados. (GUERRA, 2015, p. 21). En la figura 6-2 se aprecia un Arduino Mega que está basado en el microcontrolador ATmega2560, tiene 54 terminales de entradas/salidas digitales 14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM, 16 entradas análogas, 4 UARTs (puertos serial por *hardware*), posee un cristal oscilador de 16 MHz, conexión USB, *jack* de alimentación, conector ICSP y botón de *reset*. Incorpora todo lo necesario para que el microcontrolador trabaje. Es compatible con la mayoría de los *shields* diseñados para Arduino. (THAYER, s.f.)



Figura 6-2: Arduino MEGA 2560

Fuente: <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>.

Tabla 1-2: Características Arduino Mega 2560

Descripción	Características
Procesador	Atmega2560
Voltaje	5V/ 7-12 V
Velocidad de reloj	16 MHZ
Entradas/ salidas analógicas	16/0
Entradas digitales/ PWM	54/15
Eeprom [kb]	4
Sram [kb]	8
Flash [kb]	256
Corriente DC terminales de in/out	0.4mA
Corriente DC PIN 3.3v	0.5mA
Puertos seriales	4

Fuente: Gusqui, Gloria; Chaglla, Ana; 2016.

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

2.4.1.2 Circuito integrado medidor de energía SD3004

En la figura 7-2 se aprecia el medidor de energía SD3004, es un integrado medidor de alta precisión de: voltaje, corriente, potencia y energía RMS, puede calcular la potencia activa, factor de potencia y frecuencia; además es un controlador de pantallas LCD/LED e incluye una comunicación serial UART e I2C. Permite la simplificación del diseño e implementación de circuitos para la medición de parámetros eléctricos logrando reducir costos de producción. Internamente incluye una memoria de 128 bytes para almacenamiento de datos de energía, un reloj de tiempo real y trabaja a una tensión de 4.75- 5 Voltios. (CHANGHE, Road; et al, s.f.)



Figura 7-2: SD3004

Fuente: Romero, Edwin; 2017

2.4.2 Dispositivos de APVCP&E

Sistema encargado de la adquisición, procesamiento y medición de parámetros eléctricos, el sistema incluye una tarjeta electrónica procesadora PZEM-004T y un sensor externo de corriente.

2.4.2.1 Tarjeta PZEM-004T

Módulo integrado de seguimiento y comunicación eléctrica que permite mediciones de parámetros (voltaje, corriente, potencia y energía) que incluye una función de alarma de sobrecarga si sobrepasa el umbral de energía pre-ajustado emitiendo señales auditivas y visuales. Almacena la energía medida antes de apagarse sin reestablecer los datos al encender nuevamente el sistema también permite reestablecer el valor de energía acumulado, puede conectarse una LCD/LED para visualizar datos y comunicarse con múltiples dispositivos a través de la interfaz serial TTL. (PACEFAIR, s.f., p. 1) .En la tabla 2-2 podemos observar los rangos de valores que pueden ser medidos.



Figura 8-2: Tarjeta PZEM-004T

Fuente: Romero, Edwin; 2017

Tabla 2-2: Características de módulo PZEM-004T

Parámetro	Valor mínimo	Valor máximo
Voltaje (V AC)	80	260
Corriente (A)	0	100
Potencia (kW)	0	22
Energía (kWh)	0	9999

Fuente: Hoja de datos PZEM004-T

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

2.4.2.2 Sensor de flujo de corriente

Para medir la cantidad de energía que fluye hacia el domicilio se utiliza un transformador de corriente mostrado en la figura 9-2, convierte alta corriente del devanado primario a una pequeña corriente en el devanado secundario. La relación de transformación es de 100 A a 0.5 A, siendo esta la capacidad máxima de flujo de corriente a través de él. Las características principales se muestran en la tabla 3-2.



Figura 9-2: Sensor de corriente
Fuente: Romero, Edwin; 2017

Tabla 3-2: Características Sensor de corriente

Descripción	Características	
Corriente de entrada	0-100 A AC	
Corriente de salida	0-50mA	
Linealidad	±3%	
Relación de transformación	100 A : 0.05A	
Temperatura de trabajo	-25 ° C ~ + 70 ° C	
Rigidez dieléctrica	1000V AC/1min 5mA	
Longitud del cable	variable	
Dimensiones	Radio interno	1.5 cm
	Radio externo	3.3 cm
Peso	0.05 kg	

Fuente: <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-corriente-alterna-100a-transformador-sct-013-000/>
Realizado por: Romero, Edwin; 2017

2.4.3 Dispositivos para comunicación a través de internet

Para establecer la comunicación alámbrica a internet se utiliza la *Shield* de Ethernet de la plataforma Arduino. Una comunicación bidireccional permite enviar los parámetros de consumo de energía, hurto de energía y recibir órdenes de corte o reconexión de suministro de energía eléctrica.

2.4.3.1 *Shield de Ethernet*

La Shield Ethernet de Arduino mostrada en la figura 10-2 permite a una placa Arduino conectarse a internet, está basada en el chip Ethernet Wiznet que permite conectarse a la red IP, y soporta los protocolos TCP y UDP, además tolera hasta cuatro conexiones de sockets simultáneas. El W5100 es un chip controlador Ethernet con conexión a internet de 10/100 Mbps con todas las funciones, diseñado para aplicaciones embebidas donde se requiere facilidad de integración, estabilidad, rendimiento, y el control de costos que un sistema requiere. Este chip ha sido diseñado para facilitar la implementación de la conectividad a internet y sin requerir un sistema operativo. Las características técnicas se muestran en la tabla 4-2. (CHAMBA, 2014, p. 52)

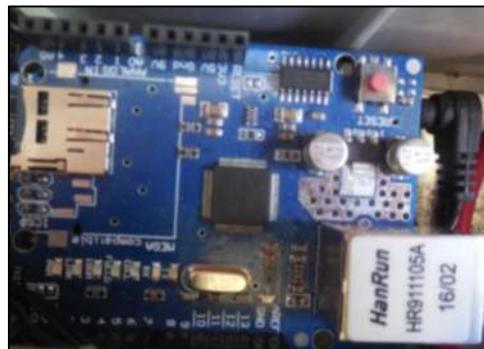


Figura 10-2: Shield de Ethernet

Fuente: Romero, Edwin; 2017

Tabla 4-2: Características Shield de Ethernet

Descripción	Características
Tensión de funcionamiento	5 V
Controlador de Ethernet	W5500 con 32K buffer interno.
velocidad de conexión:	10/100 Mb.
Conexión con Arduino	Puerto SPI.
Control de sobrecargas y cortocircuitos.	Incluido
Soporta conexiones simultáneas	Hasta 4
tarjetas micro-SD	Incluido

Fuente: <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

2.4.4 Visualización de la información

Para la comunicación con el usuario el MIEER utiliza una pantalla *LCD* (pantalla de cristal líquido) de 20x4 caracteres (figura 11-2), la pantalla es controlada por medio del Arduino MEGA a través de la interfaz serial I2C, finalmente para indicar presencia de hurto de energía se activa un LED piloto de luz roja. En las tablas 4-2 y 5-2 se muestra la información técnicas de los dispositivos utilizados en esta etapa.

2.4.4.1 Pantalla LCD 20X4

La pantalla en el MIEER muestra valores RMS de voltaje, corriente, potencia y el consumo eléctrico en unidades monetarias en cada línea de caracteres de la pantalla respectivamente en un alto contraste y retro iluminado con LED azul. En la tabla 5-2 mostramos los detalles técnicos de la misma.



Figura 11-2: LCD 20X4

Fuente: Romero, Edwin; 2017

Tabla 5-2: Características LCD 20x4

Descripción	Características	
Controlador integrado	HD44780	
Voltaje de alimentación	5V	
Contraste	alto	
Formato de pantalla	20 caracteres x 4 líneas	
Color texto	negro	
Ciclo de trabajo	1/16	
	variable	
Dimensiones (mm)	Largo	98
	Ancho	3.3
	Espesor	12
Peso	0.05 kg	
Temperatura máxima de trabajo	<50°C	
Humedad ambiental	<70%	
Horas de vida	50000 horas	

Fuente: <https://electronilab.co/tienda/display-lcd-20x4-con-backlight-azul/>

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

2.4.4.2 Interfaz Arduino-LCD I2C

La pantalla LCD necesita de 16 terminales digitales para su funcionamiento lo que resulta complicado y limita los terminales del Arduino para conectar otros módulos. El módulo I2C convierte la conexión en paralelo de la pantalla en conexión en serie mediante los protocolos de comunicación que soporta Arduino. Para conectarlo a Arduino son necesarios los terminales SDA y SCL (en el caso de Arduino MEGA son el 20 y 21) y los terminales que corresponden a la alimentación (GND y 5V). Para regular el contraste I2C incluye un potenciómetro y un jumper para desactivar la iluminación. (GILTESA, 2014) . La distribución de terminales es mostrada en la tabla 6-2.

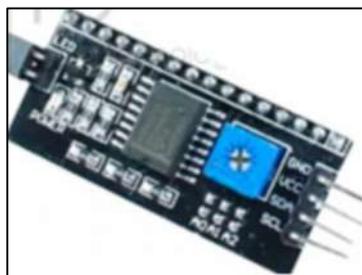


Figura 12-2: Interfaz i2c para LCD

Fuente: Romero, Edwin; 2017

Tabla 6-2: Características módulo I2C

Descripción	Características	
Procesador	PFC85741	
Voltaje	5V V	
Retroiluminación	blanca	
Contraste	Ajustable por potenciómetro	
Salidas digitales a la LCD	16	
Dimensiones (mm)	Largo	80
	Ancho	36
	Espesor	20

Fuente: <https://opencircuit.nl/ProductInfo/1000061/I2C-LCD-interface.pdf>

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

2.4.5 Dispositivos de control de potencia y proteccion térmica

Se busca controlar el suministro de energía al domicilio mediante el procesador Arduino cuya señal es amplificada mediante un módulo de relés que controlará la activación/desactivacion de un contactor bifásico que se encuentra en paralelo con un breaker monofásico unipolar cuya funcion es de proteger el domicilio de sobrecorrientes y de cortocircuitos.

2.4.5.1 Módulo de relés

El dispositivo de la figura 13-2 permite amplificar la señal de las salidas de los terminales de Arduino para poder manejar relés que controlan cargas que consuman demasiada corriente. El módulo incluye dos canales para controlar potencia de hasta 10 A a 250 V cada uno contiene LEDs indicadores de estado . La etapa de potencia esta completamente aislada de la etapa de control mediante optacopladores por lo que si existe algun problema de potencia, el Arduino esta completamente protegido.



Figura 13-2: Módulo de relés

Fuente: Romero, Edwin; 2017

2.4.5.2 Contactor bipolar

Un Contactor es un interruptor automático que puede ser activado/desactivado a distancia, está formado por un electroimán que al ser energizado acciona un elemento móvil (armadura) que cierra y abre el circuito de potencia. Está formado por la etapa de control en donde se encuentran contactos NC Y NO auxiliares y la bobina; y por la etapa de potencia en donde encontramos los contactos principales que por lo general manejan corrientes muy grandes. Para calcular la capacidad de corriente que debe soportar el dispositivo aplicamos la *Ecuación 2* tomando en cuenta que la potencia máxima disponible para cada hogar residencial en Ecuador es 6000 W para medidores monofásicos con una tensión nominal de 127 V en donde $\cos\phi$ representa el factor de potencia para nuestro caso el valor es 0.95 debido a que las cargas son variables. Despejando I_n (Corriente nominal) de la *Ecuación 2* obtenemos: una corriente aproximada a 60 A.

$$P = V \cdot I_n \cdot \cos \Phi \quad (2)$$

En el MIEER es encargado de cortar el suministro de energía al ser activado por el módulo de relés, en la tabla 7-2 Se observa datos técnicos del contactor escogido. El contactor deberá ser unipolar de contacto principal NC y soportar una corriente de 60 A, el contactor más aproximado a estas características es el GMC-30P2 de la figura 14-2, si dividimos las corrientes para dos polos obtenemos 30 A para cada polo sumando el total de 60 A requerido.



Figura 14-2: Contactor GMC-20P2

Fuente: Romero, Edwin; 2017

Tabla 7-2: Características Contactor

Características	Descripción
-----------------	-------------

Marca	LG (LS)
Modelo	GMC-30P2
Capacidad de corriente	30A
Polos	2
Contactos auxiliares	Ninguno
Contactos principales	Normalmente abiertos
Tensión de bobina	110 V AC
Corriente de la bobina	32 mA

Fuente: <http://www.pdcgroup.com.au/media/9120/LS%20Contactors%20and%20Overload%20Relays.pdf>

Realizado por: Romero, Edwin ; 2017

2.4.5.3 Breaker unipolar

Un breaker es un interruptor de corriente esencial en la protección de cargas eléctricas, funciona cuando detecta una sobrecarga o cortocircuito interrumpiendo inmediatamente el flujo de corriente. Internamente tiene un circuito termo-magnético que relaciona al calor dilatándose separando los contactos principales de potencia. Existe tres tipos: unipolares, bipolares, y tripolares, para nuestro proyecto utilizamos un breaker de un polo que soporte una corriente de 60 A de acuerdo al cálculo anterior. El breaker comercial que más se aproxime a estas especificaciones es el de la figura 15-2.



Figura 15-2: Breaker FE81/63

Fuente: Romero, Edwin; 2017

2.4.6 Sistema de alimentación.

Está basado en el cálculo de consumo de corriente y capacidad de voltaje de todos los dispositivos que integran el prototipo cuya selección se justifica en el siguiente capítulo. La alimentación de los módulos del MIEER se establece mediante un conversor AC-DC de 5 voltios de salida, específicamente usa un adaptador de voltaje para celulares de la marca Apple cuyos diseños producen una alimentación de alta calidad y cuidadosamente filtrada para reducir las interferencias electromagnéticas. Además incluye un circuito de apagado por sobretensión, protecciones contra sobre-temperatura y un aislamiento total entre la entrada y salida. Apple

incluye toda esta tecnología en un espacio de apenas 20x20x15 milímetros de dimensión. (SHIRRIFFS, 2012)



Figura 16-2: Fuente de alimentación APPLE

Fuente: <http://www.righto.com/2012/05>

2.5 Esquema de conexión electrónica

En la figura 17-2 se muestra el esquema general de conexión de *hardware* con sus respectivos terminales de conexión (tabla 8-2) cuyo elemento central es la placa de Arduino Mega. Los módulos PZEM-004T se comunican con el Arduino en los puertos seriales 2 y 3 respectivamente. El módulo de relés ocupa dos terminales digitales para controlar el piloto luminoso y el contactor, la información es mostrada en el LCD mediante la interfaz serial I2C. Para la comunicación la Shield de Ethernet se monta sobre el Arduino conectándose previamente una fuente de voltaje adicional para que soporte la potencia de todos los componentes.

Para la adquisición de datos se conecta externa el dispositivo a través de los módulos PZEM-004T cuyo canal de voltaje se vincula a la red de forma paralela (fase y neutro), mientras que en el canal de corriente se conectan las terminales del sensor de corriente para transmitir datos a Arduino se conecta el puerto serial TTL, GND y Vcc respectivamente. La interfaz I2C permite reducir 16 cables de conexión a cuatro, para conectarlo a Arduino utilizamos los terminales SDA y SCL. El módulo I2C se conecta a cada uno de los terminales del LCD, se debe ubicar correctamente el sentido del módulo para eso tomamos como referencia la posición de la tierra del dispositivo, el pin que está más cercana a la misma corresponde al número uno. El jumper que incluye el módulo debe estar cortocircuitando las dos terminales para activar la luz de fondo. La Shield de Ethernet de Arduino no requiere de cableado, pues son modulares y se lo instala colocándolo encima de un Arduino para darle alguna funcionalidad extra. El Arduino se comunica con el módulo de relés a través de sus terminales digitales 1 y 2, además requiere alimentación de 5 V.

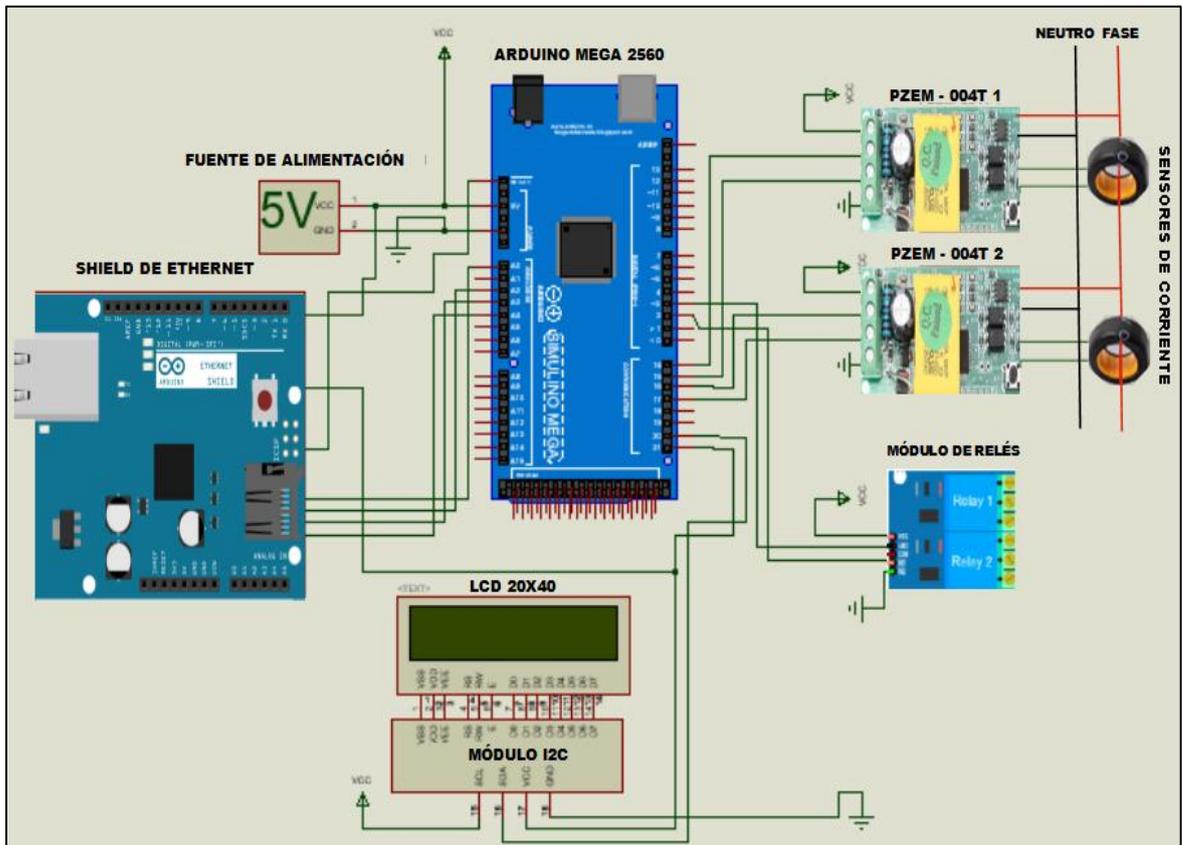


Figura 17-2: Esquema de conexión electrónica

Fuente: Romero, Edwin; 2017

Tabla 8-2: Terminales de conexión de Arduino

Terminales de Arduino	Módulos PZEM-004T
14 (Tx 3)	Rx Módulo1
15 (Rx 3)	Tx Módulo1
16 (Tx 2)	Rx Módulo2
17 (Rx 2)	Tx Módulo2
	Interfaz I2C
20 (SDA)	SDA módulo
21(SCL)	SCL módulo
	Módulo de relés
2(salida digital)	Canal In1
3(salida digital)	Canal In2
	Fuente de alimentacion
Vcc	Vcc
Gnd	Gnd

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

2.6 Esquema de conexión eléctrica.

En la figura 18-2 se observa el diagrama eléctrico en donde el contacto normalmente cerrado del primer canal del módulo de relés se conecta al terminal A1 de la bobina del contactor mientras que A2 cierra el circuito a neutro. La fase que ingresa a los contactos principales del contactor se encuentra en puente para dividir la corriente por ambos contactos, al salir del contactor nuevamente se puentean para dirigirse al breaker en donde finalmente regresan a la bornera totalmente controlado y protegido. El contacto normalmente abierto del segundo canal es el encargado de encender a piloto luminoso.



Figura 18-2: Esquema de conexión eléctrica.

Fuente: Romero, Edwin; 2017

2.7 Diseño del *software* para el MIEER

Para el desarrollo del *software* se utilizó el lenguaje de programación de la plataforma Arduino basado en C++, un código con gran soporte mundial que ofrece librerías para realizar operaciones específicas. Arduino es el *software* más utilizado para proyectos electrónicos por la facilidad de códigos gratuitos y la variedad de *hardware* a precios muy cómodos. Para la programación de la comunicación Ethernet se utilizó código HTML.

El *software* del dispositivo se lo puede dividir en varios algoritmos dependiendo de cada etapa que compone y de los requerimientos del MIEER.

2.7.1 *Requerimientos de software del sistema.*

El dispositivo debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Adquirir datos de voltaje, corriente, potencia y energía a través del puerto serial de Arduino.
- Realizar un análisis de corrientes de ambos sensores para detectar hurto de energía y activa el indicador luminoso de hurto, se debe emitir señales de alerta en caso de fallo de algún sensor
- Programar en un LCD la visualización de: voltaje, corriente y mostrar el cálculo de consumo de energía en valores monetarios.
- Establecer una comunicación bidireccional mediante la Shield de Ethernet que permita conocer a la ESEER el consumo actual de energía y el estado del fraude, y que active/desactive el corte del suministro de energía.

2.7.2 *Software para la lectura de voltaje, corriente, potencia y energía.*

En la figura 19-2 se muestra el diagrama de flujo de software para la lectura de parámetros eléctricos. Los módulos PZEM-004T son los encargados de entregar lecturas de voltaje, corriente, potencia y energía a través del uso de la librería <pzem004t.h> al Arduino mediante el protocolo serial de comunicación que maneja la librería <SoftwareSerial.h>. El algoritmo para esta función es la siguiente:

- Se inicia con la inclusión de librerías, declaración de variables e inicialización de valores.
- Se inicializa el puerto serial y se configura la tasa de transición de datos a 9600 baudios
- Se inicializa el bloque de repetición indefinida adquiriendo datos del módulo por el puerto serial cada tres segundos.
- Se verifica que los datos sean positivos caso contrario se imprime un valor de cero en las lecturas. Si son positivos se colocan los datos en las variables para su posterior visualización o procesamiento.

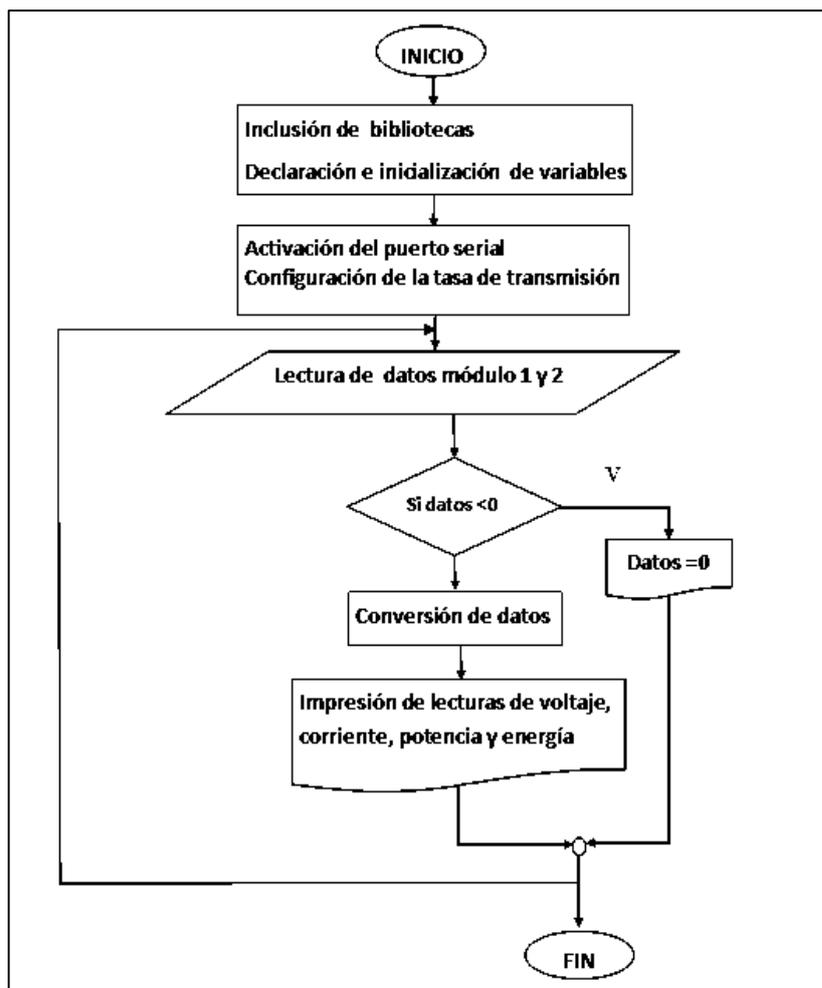


Figura 19-2: Diagrama de flujo del *software* para la lectura de VCP&E

Fuente: Romero, Edwin; 2017

2.7.3 *Software para la detección de PNTHE*

El fraude o hurto de energía se detecta mediante el análisis de corrientes como se muestra en el diagrama de flujo de la figura 20-2 que se describe a continuación:

- Se adquieren las lecturas de corrientes: I1 y I2 cuyos sensores se ubican estratégicamente en los extremos de la zona vulnerable en la acometida.
- Se procede a verificar igualdad de corrientes, si son iguales se muestra un consumo normal mientras que si son diferentes se detecta el hurto de energía y activa el piloto luminoso.
- Los sensores nunca deben medir una corriente igual a cero debido a que siempre existe consumo, caso contrario algún sensor se encuentra averiado o desconectado, en este caso se debe visualizar señales de alerta.
- Todo este proceso se repite de forma indefinida.

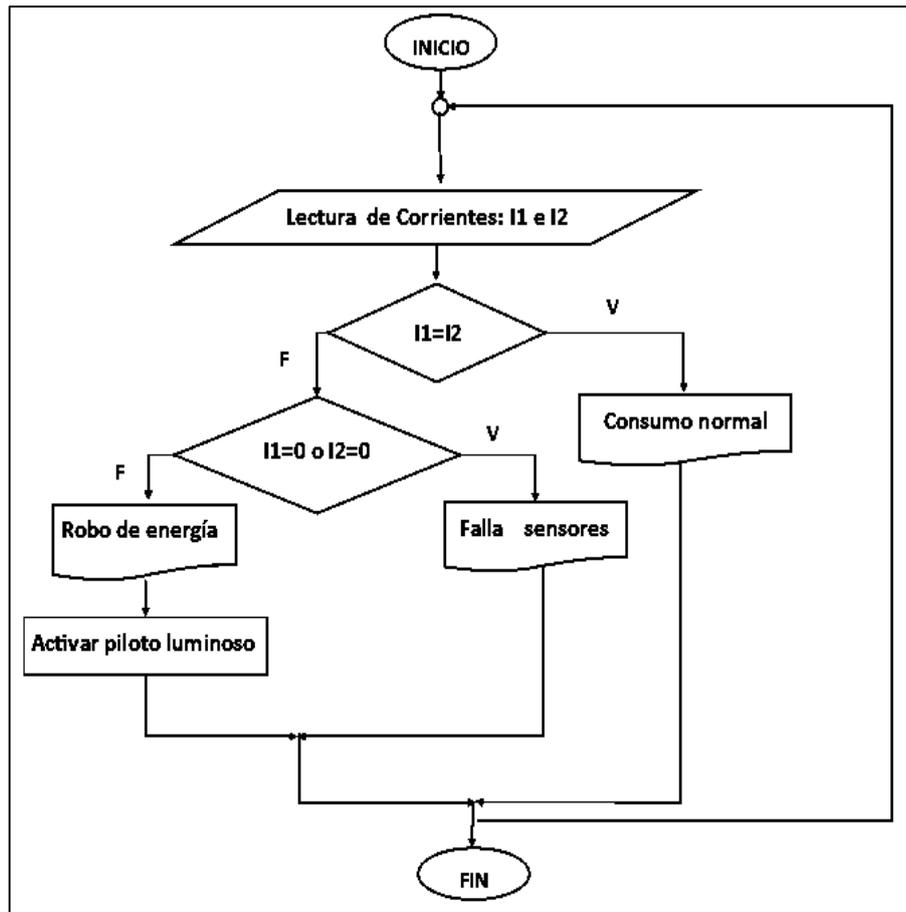


Figura 20-2: Diagrama de flujo del *software* para detección de PNTHE
 Fuente: Romero, Edwin; 2017

2.7.4 *Software para la visualización de información*

Para la visualización de datos en el LCD mediante la interfaz I2C se necesita cambiar la comunicación paralela a comunicación serial entre el LCD y el Arduino, para esto Arduino ofrece la librería (Wire.h) y para controlar el LCD se utiliza la librería (LiquidCrystal_I2C.h). En la figura 21-2 se indica el diagrama de flujo de *software* de la etapa de visualización de datos que se describe a continuación:

- Se inicia con la inclusión de librerías declaración del tipo de LCD a utilizar especificando número de caracteres y filas.
- Se procede a limpiar la pantalla, activar la retroiluminación y fijar la posición del cursor mediante las funciones `lcd.clear()`, `lcd.backlight()` y `lcd.setCursor(x,y)` respectivamente.
- De forma indefinida se imprimen las variables de voltaje, corriente potencia y se calcula el consumo de energía con la Ecuación 3 en donde E es el consumo en kW.

$$E_{USD} = E(1 + 10\%) * 0.010 + 1.41 \quad (2)$$

- Se borra todos los datos la pantalla mediante el comando **lcd.clear()**, se activa un retardo de tiempo de tres segundos y se actualiza con nuevas lecturas de las variables en cuestión.

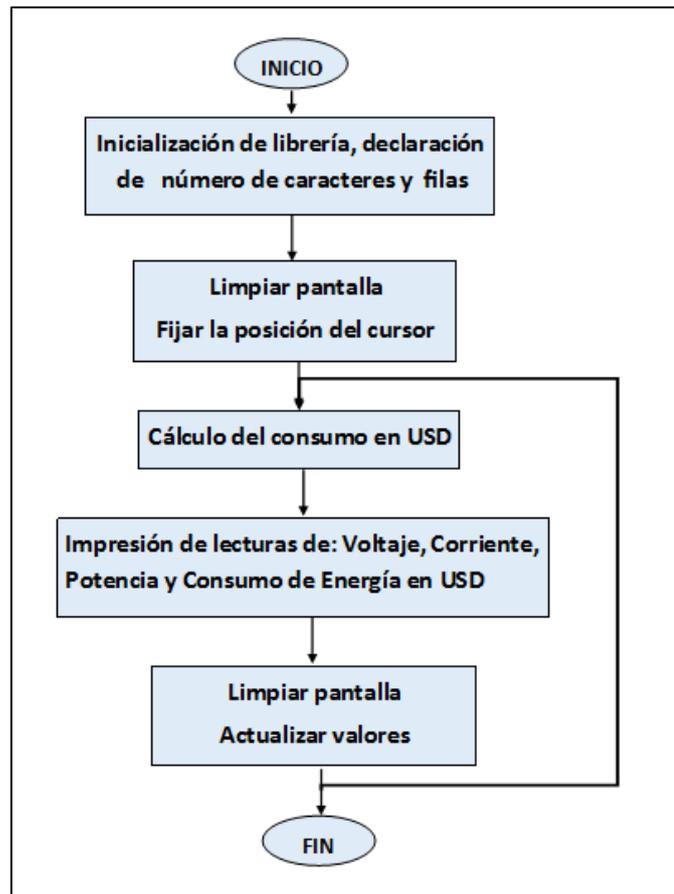


Figura 21-2: Diagrama de flujo del *software* para visualización de datos

Fuente: Romero, Edwin; 2017

2.7.5 *Software para la comunicación bidireccional y control de la etapa de potencia*

En la figura 22-2 se indica el diagrama de flujo de *software* para utilizar el protocolo Ethernet mediante la Shield de Arduino y para el manejo de la etapa de potencia que se describe a continuación:

- Se incluye las librerías <SPI.h> encargada de manejar los protocolos de comunicación sincrónica y <Ethernet.h> usada para manejar la Shield de Ethernet con los protocolos TCP/IP.

- Se Establece un nombre “Alias” para el nombre del servidor y se configura en el puerto 80 por defecto.
- Se inicializa las direcciones IP –MAC y el servidor.
- Mediante código HTML se envía petición de conexión desde el servidor y se verifica que sea válida
- Se abre las etiquetas HTML y se coloca un encabezado o nombre a la página
- Se procede a programar las variables que serán leídas y los terminales que van a ser activados desde la página web. Se necesita enviar el consumo del cliente y el estado de hurto de energía y recibir la orden de activación/desactivación del suministro de energía desde la página.
- El Arduino ordena el cambio de estado *ON/OFF* del relé que activará al contactor.
- Se programa el tiempo de actualización de la página mediante la función:
<script>setTimeout('document.location.reload()',tiempo en mms); </script>

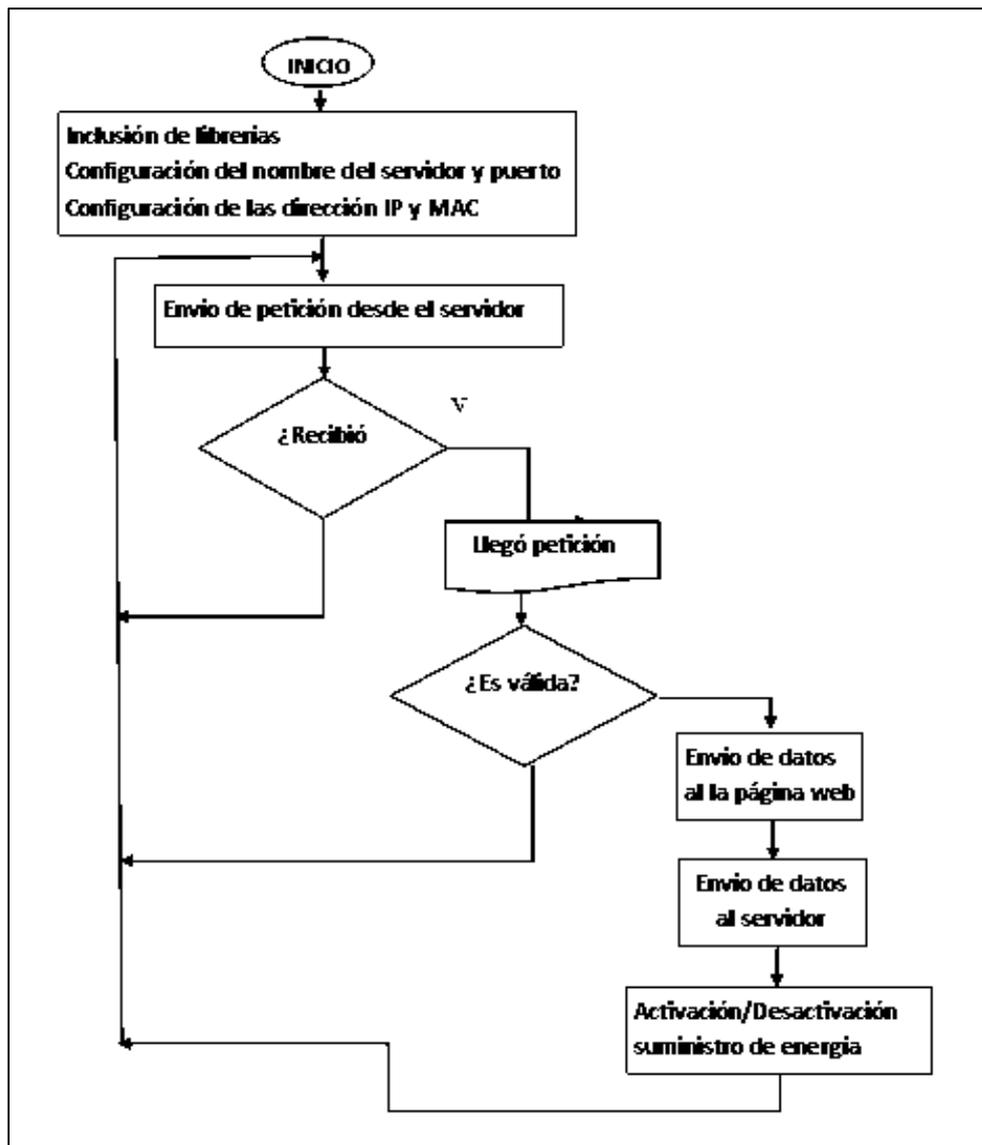


Figura 22-2: Diagrama de flujo del *Software* para la comunicación bidireccional y control de la etapa de potencia

Fuente: Romero, Edwin; 2017

CAPÍTULO III

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Este capítulo muestra los resultados obtenidos en pruebas realizadas a cada una de las etapas del dispositivo implementado MIEER que se muestra en la figura 1-3. Además Se analizan los alcances y limitaciones en los requerimientos tanto en *hardware* y *software* planteados en el Capítulo II. Adicionalmente se incluye un estudio económico del costo del dispositivo y un análisis del consumo energético de los componentes que lo integran.

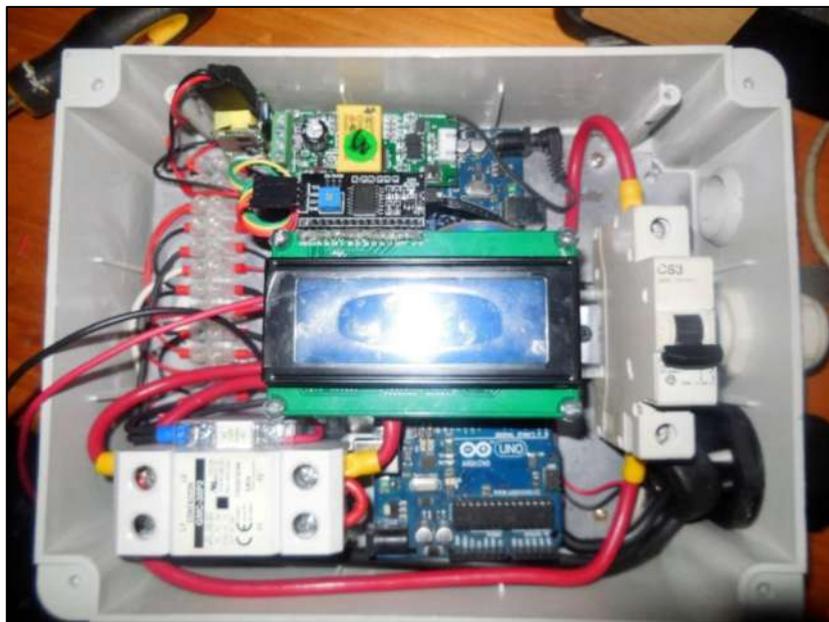


Figura 1-3: Dispositivo implementado

Fuente: Romero, Edwin; 2017

3.1 Comprobación de mediciones de parámetros eléctricos

La función principal del MIEER es medir el consumo de energía para ello son necesario valores de voltaje y corriente para su cálculo. Para verificar el funcionamiento el dispositivo fue sometido a pruebas de mediciones utilizando como equipo patrón el multímetro “*True RMS UNIT-T UT204*”.

3.1.1 Prueba de medición de voltaje AC

El objetivo de esta prueba es verificar que el equipo mide valores reales de voltaje para esto se tomaron 15 medidas con variación ascendentes de voltaje AC de la red eléctrica y se comparó con las medidas del equipo patrón. Las variaciones deben estar dentro del rango de 110 V hasta 127 V, según las normativas de la EERSA. El multímetro muestra los valores de voltaje con una resolución de hasta un decimal y con un error de $\pm 10\text{mV}$, la resolución del prototipo de igual forma con un decimal y el error que presenta es de 100mV . Con los resultados experimentales de la tabla 1-3 se verifica que el prototipo mide valores reales de voltaje (TRUE RMS).

Tabla 1-3: Mediciones de voltaje

UNIT-T UT204 (V)	MIEER (V)	Error Absoluto (V)
110.4	110.5	-0.1
112.3	112.4	-0.1
113.1	113.1	0
113.5	113.5	-0.1
117.6	117.6	0
119.3	119.3	0
121.9	121.9	0
122.6	122.6	0
123.3	123.4	-0.1
124.0	124.0	0
125.3	125.4	-0.1
125.7	125.7	0
126.0	126.0	0
126.8	126.9	-0.1
127.1	127.2	-0.1

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

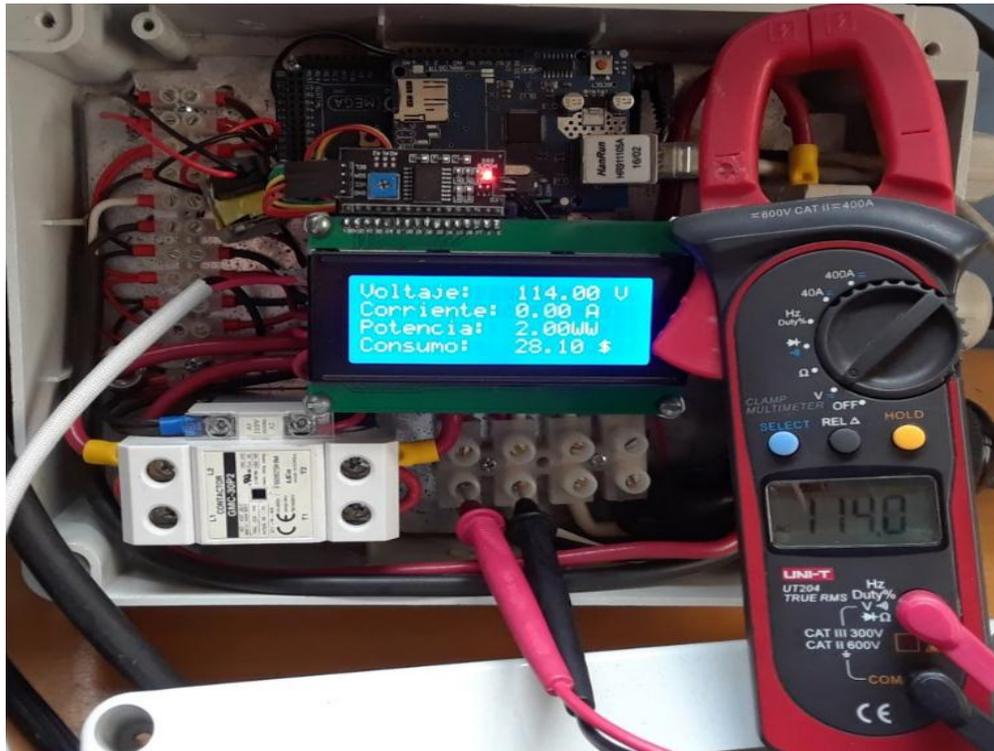


Figura 2-3: Mediciones de voltaje

Fuente: Romero, Edwin; 2017

3.1.2 Prueba de medición de corriente AC

Esta prueba determina la exactitud de las mediciones de corriente, para ello se tomaron 15 lecturas de corriente sometiendo al medidor a cargas variables con valores desde 0.05 A hasta 60 A que le permite la protección, de igual forma se comparó con las medidas del equipo patrón que tiene una resolución de 0.01 A en la escala de 0 a 40 A y de 0.1 A de 40 a 400 A con un error de $\pm 2\text{mA}$. En la tabla 2-3 se presentan los resultados de esta prueba y se verifica que el prototipo puede medir valores de corriente con un error absoluto máximo de ± 0.3 A y es sensible incluso para corrientes AC despreciables para el objetivo que persigue el prototipo implementado.

Tabla 2-3: Mediciones de corriente

<i>UNIT-T UT204 (V)</i>	MIEER (A)	Error Absoluto (A)
0.08	0.05	0.03
0.15	0.14	0.01
0.66	0.67	0.03
0.78	0.75	0.08
3.50	3.45	0.05
5.00	5.11	-0.11
6.43	6.73	-0.30
10.15	10.45	-0.30
38.12	38.20	-0.20
45.23	44.98	-0.25
49.80	49.78	0.02
58.00	57.93	0.07
58.50	58.42	0.08
59.11	59.13	-0.02
60.00	60.01	-0.01

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

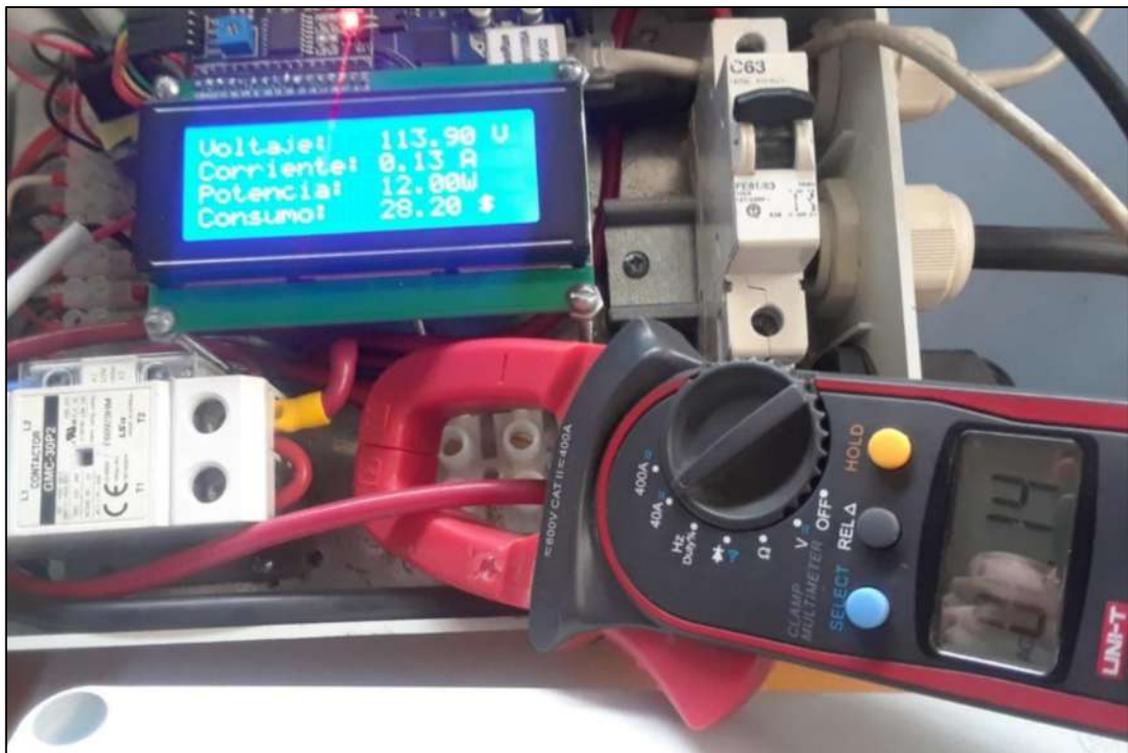


Figura 3-3: Mediciones de corriente

Fuente: Romero, Edwin; 2017

3.2 Comprobación de igualdad de mediciones entre módulos de APVCP&E

La prueba de la figura 4-3(a) consiste en verificar que las mediciones de consumo son iguales en ambos módulos de APVCP&E, para ello se conectaron los módulos a la misma fuente de energía y cargas idénticas a sus sensores, consecuentemente se tomaron datos de voltaje, corriente, potencia y energía de forma simultánea. Los resultados obtenidos se muestra en la tabla 3-3 con sus respectivos errores máximos de 0.4 V, 0,3 A, 9 W y 0 Wh, los errores absolutos de corriente y potencia incrementan proporcionalmente a la cantidad de carga conectada mientras que no existe error absoluto para las mediciones de consumo de energía con lo que se concluye que las mediciones en ambos módulos son iguales. En la figura 4-3(b) se muestran los datos en el monitor serial de Arduino

Tabla 3-3: Mediciones de voltaje, corriente, potencia y energía en módulos PZEM-004T

Módulo PZEM-004T #1				Módulo PZEM-004T #2				Errores Absolutos			
Voltaje(V)	Corriente(A)	Potencia(W)	Energía(Wh)	Voltaje(V)	Corriente(A)	Potencia(W)	Energía(Wh)	Voltaje(V)	Corriente(A)	Potencia(W)	Energía(Wh)
127.3	0	0	109	127,5	0	0	109	-0,2	0	0	0
126.0	0,04	5	109	126,2	0,04	5	109	-0,2	0	0	0
125.5	0,02	3	109	125,4	0,03	4	109	0,1	-0,1	1	0
124.40	0	0	110	124.60	0	0	110	0.2	0	0	0
124.30	0.06	3.00	110	124.40	0.07	3.00	110	0.1	0.01	0	0
124.00	0.14	17.00	111	124.30	0.15	17.00	111	0.1	0.1	1	0
123.80	0.49	22.00	111	123.90	0.50	21.00	111	0.4	-0.1	1	0
123.20	0.67	85.00	112	123.60	0.66	86.00	112	0.1	0.5	1	0
118.90	6.54	785.00	114	118.70	6.49	785.00	114	0.2	0.2	0	0
121.30	31.60	3800.00	116	122.00	31.50	3795.00	16	-0.2	0.1	-5	0
117.10	58.01	7020.00	125	117.5	58.80	7029.00	125	0.4	0.3	-7	0
115.10	59.0	6792	132	115.20	59,1	6796	132	-0,1	-0,1	-4	0
115.30	59.6	6871	156	115.20	59,3	6880	156	0,1	0,3	-9	0

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

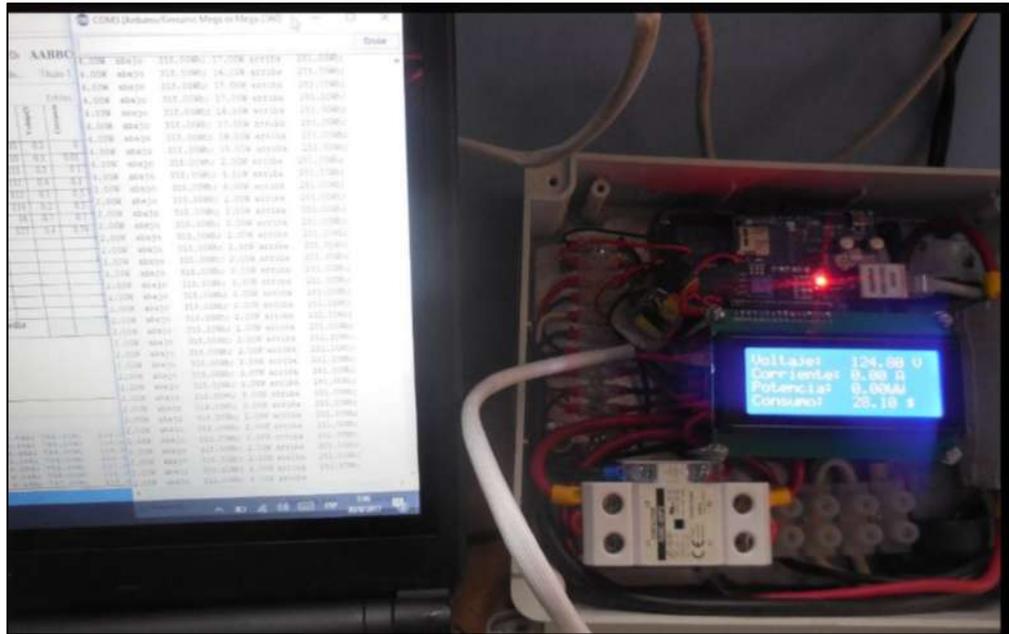


Figura 4-3(a): Comprobación de igualdad de mediciones entre módulos de APVCP&E
Fuente: Romero, Edwin; 2017

COM3 (Arduino/Genuino Mega or Mega 2560)							
118.70V;	6.54A;	785.00W;	114.00Wh;	118.40V;	6.54A;	785.00W;	114.00Wh;
118.50V;	6.46A;	765.00W;	115.00Wh;	118.00V;	6.46A;	765.00W;	115.00Wh;
118.90V;	6.41A;	768.00W;	115.00Wh;	118.80V;	6.36A;	768.00W;	115.00Wh;
118.80V;	6.34A;	759.00W;	116.00Wh;	118.80V;	6.32A;	759.00W;	116.00Wh;
118.10V;	6.29A;	753.00W;	117.00Wh;	118.90V;	6.28A;	753.00W;	117.00Wh;
118.90V;	6.21A;	748.00W;	118.00Wh;	118.30V;	6.24A;	746.00W;	118.00Wh;
118.70V;	6.23A;	735.00W;	119.00Wh;	118.00V;	6.23A;	747.00W;	119.00Wh;

Figura 4-3 (b): Datos generados en el monitor serial de Arduino
Fuente: Romero, Edwin; 2017

3.3 Verificación de mediciones tomando en cuenta la longitud de la acometida

El objetivo de esta prueba es determinar que no existe variación en los sensores de corriente al situarlos a diferentes longitudes. Esta prueba se centró en tomar 10 mediciones de corriente ubicando al sensor a distancias variables en el conductor de la acometida, los medidores de ciertos domicilios pueden ubicarse a una distancia de hasta 30 m de longitud. En esta prueba se ubica el sensor a distancias de 0, 5, 10, 20 y 30 metros de distancia haciendo circular una corriente de 0.06 A y 50A a través del conductor de la acometida. En la tabla 4-3 se muestra las lecturas obtenidas y se verifica que el coeficiente de variación alcanza un valor de 1.8% para la corriente de 0.06 A y de 0.14% para la de 50 A, concluyéndose que las mediciones del sensor de corriente no muestra variación ante longitudes variables de hasta 30 m (ARMITAGE & BERRY, 1997, p. 37), es decir no se atenúa la señal enviada por los sensores en distancias largas

Tabla 4-3: Mediciones de Corriente a diferentes longitudes de ubicación del sensor

Longitudes de acometida	Corriente (0.06 A)	Corriente (50 A)
0	0.06	50.01
5	0.059	50.11
10	0.059	50.0
20	0.058	49.91
30	0.056	49.89
Media	0.0584	49.98
Desviación estándar	0.00106	0.008
Coefficiente de variación (%)	1.81	0.14

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

3.4 Prueba de repetitividad de datos

Con esta prueba se verifica que el equipo sea estable, para esto se tomaron y registraron en el monitor serial de Arduino 10 lecturas de voltaje, corriente, potencia y energía con un intervalo de tiempo de tres segundos ante una carga constante de 2 W. Con la ayuda del *Software* CalCasioFx9860, se calculó la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación en cada uno de los parámetros eléctricos. En la tabla 5-3 se muestran los valores de las lecturas y su análisis estadístico. El coeficiente de variación para el voltaje es de 0.24% y de 0% en las mediciones de corriente, potencia y energía. El coeficiente se encuentra dentro de los niveles de estabilidad por lo que se concluye que el sistema diseñado es estable. (ARMITAGE & BERRY, 1997, p. 37)

Tabla 5-3: Datos suministrados por el MIEER

No.	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Energía (kWh)
1	121,8	0.02	2	136
2	121,8	0.02	2	136
3	121,8	0.02	2	136
4	121,8	0.02	2	136
5	122,8	0.02	2	136
6	122,8	0.02	2	136
7	121,8	0.02	2	136
8	121,8	0.02	2	136
9	121,1	0.02	2	136
10	121,1	0.02	2	136
Media	122.66	0.02	2	136
Desviación estándar	0.295	0	0	0
Coefficiente de variación	0.24	0	0	0

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

Figura 5-3: Prueba de repetitividad de datos en el Monitor serial de Arduino

```
COM3 (Arduino/Genuino Mega or Mega 2560)
121.80V; 0.00A; 2.00W; 136.00Wh;
121.80V; 0.02A; 2.00W; 136.00Wh;
122.10V; 0.02A; 2.00W; 136.00Wh;
122.10V; 0.02A; 2.00W; 136.00Wh;
121.80V; 0.02A; 2.00W; 136.00Wh;
121.80V; 0.02A; 2.00W; 136.00Wh;
```

Fuente: Romero, Edwin; 2017

3.5 Prueba de detección de hurto de energía

El objetivo de esta prueba es determinar si el MIEER detecta hurto de energía, para esta prueba el prototipo fue sometido a diferentes formas de acceso ilegal de energía en la zona vulnerable al colocar conductores que permitan tomar energía como se lo indica en la figura 6-3, o realizando un *bypass* entre la entrada y salida de la fase dentro del medidor. Se realizó 10 ensayos colocando cargas variables en la zona vulnerable y se verificó el estado del piloto indicador de hurto de

acuerdo a la diferencia en las mediciones de potencia. En la tabla 6-3 se observa el estado del piloto y las mediciones de potencia en ambos módulos de APVCP&E ante dos tipos de fraude, se concluye que el equipo detecta el hurto de energía cometido dentro de la zona vulnerable.

Tabla 6-3: Prueba de detección de hurto de energía

Fraude o Hurto	Potencia 1 (W)	Potencia 2(W)	Estado luz piloto
En la acometida	2	2	Bajo
	2	5	Alto
	10	15	Alto
	100	100	Bajo
	1000	1302	Alto
En el medidor	2	2	Bajo
	2	5	Alto
	10	10	Bajo
	100	100	Bajo
	1000	1302	Alto

Realizado por: Romero, Edwin; 2017



Figura 6-3: Detección de PNTHE

Fuente: Romero, Edwin; 2017

3.6 Prueba de cálculo de consumo de energía en valores monetarios

La presente prueba consiste en comparar el valor de consumo generado por el prototipo y el valor calculado de forma manual para lo cual se utilizó 15 valores de energías acumuladas cada 24 horas y se calculó el consumo monetario aplicando la **Ecuación 2** y las reglas de cálculo especificado en el capítulo 1, los resultados de esta prueba se muestra en la tabla 7-3, El error absoluto aparece en cinco valores y se debe al error de redondeo del prototipo. El prototipo cobra \$ 0.01 dólares menos en el 25% de los cálculos.

Tabla 7-3: Prueba de cálculo de consumo en valores monetario

kWh	Cálculo prototipo (\$)	Cálculo manual (\$)	Error Absoluto (\$)
1072	113.43	113.43	0
1074	113.64	113.64	0
1076	113.85	113.85	0
1079	114.16	114.17	-0.01
1082	114.47	114.48	-0.01
1085	114.79	114.79	0
1088	115.10	115.11	-0.01
1090	115.31	115.32	-0.01
1093	115.62	115.63	-0.01
1096	115.94	115.94	0
1101	116.46	116.46	0
1105	116.88	116.88	0
1109	117.30	117.30	0
1116	118.03	118.03	0
1120	118.45	118.45	0

Realizado por: Romero, Edwin; 2017



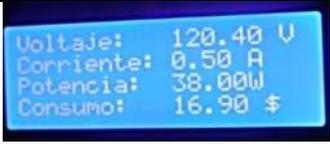
Figura 7-3: Consumo de energía en valores monetarios

Fuente: Romero, Edwin; 2017

3.7 Prueba de almacenamiento de datos

El objetivo de esta prueba es comprobar que el valor almacenado de consumo no varíe ante cortes de energía eléctrica, para ello se procedió a verificar previamente el valor del consumo que fue de 16.90 USD, después se sometió al dispositivo a varios cortes del suministro de energía eléctrica por 15, 30, 45 min y por 24 horas. En la tabla 8-3 se observa los resultados de esta prueba comprobando que los valores se mantienen constantes por lo que se concluye que la memoria que acumula el consumo de energía es no-volátil.

Tabla 8-3: Prueba de almacenamiento de datos

Pruebas	Valor consumo de energía (\$)	Visualización
Corte por 15 min	16.90	
Corte por 30 min	16.90	
Corte por 45 min	16.90	
Corte por 24 horas	16.90	

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

3.8 Comparación de mediciones de consumo de energía entre el medidor tradicional vs MIEER

El objetivo de esta prueba es comparar la eficiencia en medición de consumo del MIEER con el medidor tradicional de la EERSA. Para este análisis se comparó 15 medidas diarias de consumo eléctrico en kW/h del prototipo MIEER y las de un medidor tradicional que se llevó a cabo en una residencia con consumo moderado. Para calcular el consumo diario se obtiene la diferencia del consumo actual menos el consumo anterior en ambos medidores. Las pruebas se las realizaron durante 15 días y los resultados se muestran en la tabla 9-3. Del día 1 al 6 se determina un error mínimo de -0.2 y máximo de 0.5 kWh a partir del día 7 no presenta error absoluto en las mediciones. El prototipo mide el consumo en Wh hasta 9.99 kWh a partir de los 10 se utilizan las unidades de kW/H, por ello las primeras mediciones son más exactas en comparación con el medidor tradicional. Después de los 10 kWh el error absoluto es 0 kW es decir el prototipo mide el mismo consumo que el medidor tradicional. Se concluye que de esta prueba realizada el MIEER no tiene porcentaje de error en las mediciones de energía mayores a 10 kW en relación al medidor tradicional.

Tabla 9-3: Comparación de mediciones de consumo de energía medidor EERSA vs MIEER

Día	Medidor EERSA (kW/H)		MIEER (kW/H)		Error Absoluto (kWh)
1	1072	0	0	0	0
2	1074	2	2.201	2.201	-0.201
3	1076	2	4.299	2.098	-0.098
4	1079	3	7.491	3.192	-0.192
5	1082	3	9.949	2.458	0.542
6	1085	3	13	3.151	-0.151
7	1088	3	16	3	0
8	1090	2	18	2	0
9	1093	3	21	3	0
10	1096	3	24	3	0
11	1101	5	29	5	0
12	1105	4	33	4	0
13	1109	4	37	4	0
14	1112	3	40	3	0
15	1116	4	44	4	0

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

3.9 Prueba de comunicación

El objetivo de esta prueba es verificar que exista una comunicación bidireccional entre el MIEER y la EESER para ello se elaboró una página web de prueba programada mediante lenguaje HTML que al no ser parte de los requerimientos nos permitirá controlar remotamente el suministro de energía y la visualización de la misma. Se conectó el MIEER y un computador a una red LAN y se ingresó a la página programada, inmediatamente el valor de consumo de energía y el estado de hurto se visualizó en la página, también desde la página se controló la activación/desactivación del suministro de energía pulsando los botones de la página que se muestra en la figura 8-3, concluyéndose que el medidor puede comunicarse bidireccionalmente con una ESSER a través de una página web que trabaja con los protocolos de comunicación ETHERNET.



Figura 8-3: Comunicación bidireccional a través de Internet

Fuente: Romero, Edwin; 2017

3.10 Consumo de energía del MIEER

La mayoría de dispositivos que integran el MIEER necesitan un voltaje de 5 V DC y una corriente DC específica para cada componente que se indica en la tabla 10-3. La corriente total es de 398 mA, este valor se multiplicó por los 5 V obteniendo una potencia de 1.99W. Para calcular la corriente que consume la fuente de DC se despejó I_{AC} de la **Ecuación 4** en donde V_{AC} es 120 V con un resultado de 0.016 A. En la tabla 11-3 se aprecia el consumo de corriente de los dispositivos que trabajan en AC dando un total de 0.042 A de igual forma aplicando la **Ecuación 4** se obtuvo una potencia de 5.04W, este valor de potencia incluye el consumo del piloto luminoso que solo se enciende en presencia de hurto de energía, en condiciones normales de funcionamiento el dispositivo MIEER consume una potencia de 3.72 W en un mes equivalente a \$0.25 en valores monetarios.

$$P = V_{AC} \times I_{AC} \quad (4)$$

Tabla 10-3: Consumo de corriente en DC

Componente	Corriente DC (mA)
Arduino Mega	93
Shield Ethernet	46
Módulos PZEM-004T	44
Interfaz I2C	15
LCD	20
Módulo Relés	180
Total	398

Fuente: Romero, Edwin; 2017

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

Tabla 11-3: Consumo de corriente en AC

Componente	Corriente AC (mA)
Bobina del contactor	15
Piloto Luminoso	11
Fuente DC	16
Total	42

Fuente: Romero, Edwin; 2017

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

3.11 Análisis económico del MIEER

En la tabla 12-3 se presenta el costo en detalle de todos los dispositivos y materiales utilizados en cada una de las etapas que conforman el prototipo. La etapa de menos coste es la de control de potencia que representa el 15% del total, seguido de la etapa de visualización y comunicación con el 17%. El costo más representativo es de carcasas y cableados que alcanza el 26% y la etapa de APVCP&E con 23%, por último está el costo de la placa de procesamiento que representa el 18%. El prototipo tiene costo general de 244 dólares americanos que equivale al 200% del precio en el mercado un medidor tradicional y al 160 % de un medidor inteligente.

Al analizar las pérdidas de energía en la ciudad de Riobamba y tomando en cuenta el costo promedio de venta de \$ 0.08 que asume la EERSA por kWh de pérdidas no técnicas el costo de pérdidas es de \$ 964016.00 anual. Si en la ciudad de Riobamba existen 40000 medidores (RUIZ,

2017), por cada uno anualmente se pierde \$ 24. En conclusión solo las pérdidas no técnicas por hurto que se controlarán con el MIEER en un tiempo de 10 años cubrirán el valor del prototipo.

Tabla 12-3: Costo del prototipo MIEER

Etapas del MIEER	Componentes	Cantidad	Costo (USD)
Etapa de procesamiento	Tarjeta Arduino MEGA	1	\$ 45,00
	Costo de la etapa de procesamiento		\$ 45,00
Etapa de APVCP&E	Módulo PZEM-004T	2	\$ 40,00
	Sensores de corriente	2	\$ 12,00
	Fuente 5 V, 1 A	1	\$ 5,00
	Costo de la etapa de APVCP&E		\$ 57,00
Etapa de visualización y comunicación	LCD 20X4	1	\$ 15,00
	Interfaz I2C	1	\$ 10,00
	Piloto luminoso	1	\$ 2,00
	Shield de Ethernet	1	\$ 15,00
	Costo de la etapa de Lectura-Transmisión		\$ 42,00
Etapa de control de potencia	Módulo de relés para Arduino	1	\$ 8,00
	Contactador bifásico 30 A	1	\$ 20,00
	Breaker 63 A monofásico	1	\$ 6,00
	Borneras para cable # 8	1	\$ 3,00
	Costo de la etapa de control de potencia		\$ 37,00
Carcasas y cableados	Carcasa para medidor 20x25 cm	1	\$ 25,00
	Carcasa sensor de acometida	1	\$ 10,00
	Cables #8, #10, #16 y terminales	1	\$ 25,00
	Bornera #16	1	\$ 3,00
	Costos Adicionales		\$ 63,00
COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO MIEER			\$ 244,00

Fuente: Romero, Edwin; 2017

Realizado por: Romero, Edwin; 2017

CONCLUSIONES

- Se implementó un medidor inteligente de energía eléctrica capaz de reconocer fraude o hurto de energía tanto en la acometida como dentro del medidor, utiliza tecnología Ethernet como medio de comunicación con la EESER y permite visualizar voltaje, corriente, potencia y consumo de energía en valores monetarios.
- Se comprobó que el sistema puede medir valores reales RMS de voltaje con un error de ± 0.1 V y de corriente con un error de ± 0.3 A cuando las cargas son altas y es sensible incluso para corrientes AC despreciables similares a la de un cargador de celular. Se pueden medir cargas de hasta 100 A aunque el breaker solo limita a un consumo de 63 A; y voltajes de hasta 260 V pero con igualdad de cargas en ambas fases. El prototipo mide el consumo en Wh hasta 9.99 kWh a partir de los 10 se utilizan las unidades de kW/H, no tiene porcentaje de error en las mediciones de energía mayores a 10 kW en relación al medidor tradicional.
- De las pruebas realizadas en la comparación de las mediciones entre módulos PZEM-04T se determinó que no existe error para las mediciones de consumo de energía lo que asegura una detección correcta de pérdidas no técnicas por hurto de energía.
- Se demostró que los sensores de corriente pueden tomar lecturas en distancias variables de hasta 30 m sin presentar alteración en sus medidas.
- El error de consumo de energía en valores monetarios es de \$ 0.01 dólares, este valor no se resetea ante cortes del suministro de energía debido a la memoria no volátil que incluye el prototipo.
- En condiciones normales de funcionamiento el MIEER consume 2.6 kWh por mes equivalente a 25ctvs. Más del 35% de consumo se atribuye al contactor debido a que la bobina debe estar energizada la mayor parte del tiempo.
- El costo de pérdidas no técnicas por hurto en la ciudad de Riobamba es de \$ 964.016.00 anual. Por cada medidor anualmente se pierde \$ 24, en un tiempo de 10 años se cubrirá el valor del prototipo.

RECOMENDACIONES

- Diseñar una página web para administrar la información recopilada por el MIERR permitiendo generar bases de datos para evaluar el consumo histórico del cliente y para tener respuesta inmediata frente a problemáticas

- Implementar el circuito de potencia utilizando un contactor con contactos principales normalmente cerrados para evitar el consumo innecesario de energía al estar la bobina siempre desenergizada.

- Incorporar una pantalla de visualización dentro de los hogares para tener mayor control de consumo como de voltaje adecuado. Debe estar instalado cerca del centro de carga y conectado inalámbricamente al MIEER.

- Agregar alarmas visuales y auditivas de sobreconsumo para incentivar el ahorro de energía en los hogares.

BIBLIOGRAFÍA

ARAUJO, A. "El 12,3% de la energía eléctrica en Ecuador se pierde. EL COMERCIO,(2015). Disponible en: <http://www.elcomercio.com/actualidad/energia-electrica-ecuador-perdidas.html>

ARCONEL, Pliego tarifario para las empresas eléctricas [en línea]. 2016. [Consulta: 15 Enero del 2016]. Disponible en: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Pliego-y-Cargos-Tarifarios-2016-01-02-2016.pdf>

ARCOTEL, Internet, boletín estadístico del sector de telecomunicaciones. [En línea] .2015 Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/11/Boletin6.pdf>

ARMITAGE, P. & BERRY, G. Estadística para la Investigación Biomédica. Tercera Edición ed. 1997 Madrid, España: Harcourt Brace, p 85.

BALZA, JIMÉNEZ & MERCADO, Privatization, Institutional Reform, and Performance in the Latin American Electricity Sector. Washington: Inter-American Development Bank. 2013

BERMEO, PACHECO & CASTRO. Lectura corte y reconexión de energía eléctrica usando la red GSM/GPRS [En línea] (tesis de pregrado) Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador 2009. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/7979>

CASA & SUNCHÁ, Control y reducción de pérdidas no técnicas de energía mediante el método balance de energía por transformador en 19 sectores de la provincia de Cotopaxi designados por ELEPCO S.A. [En línea] (tesis de grado). Universidad técnica de Cotopaxi. Ecuador 2009. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/1031>

CASTILLO & PÉREZ, Diseño de una metodología para la reducción y control de pérdidas de energía utilizando índices sectorizados de pérdidas en alimentadores primarios para CNEL S.A. regional el Oro. [En línea] (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca 2012. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/691>

CHAMBA, J. *Diseño e implementación de un sistema de medición de energía eléctrica inteligente para uso doméstico.* (Tesis de grado). Universidad Nacional de Loja. Loja 2014. p 27.

CHANGHE, R. *SD3004* [En línea] Hangzhou SDIC Microelectronics Co., Ltd. [Consultado el 25 de junio del 2017]. Disponible en: <http://www.sdicmicro.com/products.html?ic=SD3004>

COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE MÉXICO. *Estudio de integración de proyectos de infraestructura* [En línea. [Consultado el 30 de junio del 2017]. Disponible en: <https://itunes.apple.com/mx/book/propuesta-programa-nacional-infraestructura-2013-2018/id633366570?mt=11>

CONELEC. *Plan Maestro de Electrificación 2013-2022* [En línea].2013. [Consulta: 32 de junio del 2017]. Disponible en: <https://www.celec.gob.ec/electroguayas/files/vol2.pdf>, 2013.

CONTENIDO. *CNEL EP combate el hurto de energía* [En línea]. Publicado el 08 de Enero del 2014. Disponible en: <http://www.contenido.com.ec/cnel-ep-combate-el-hurto-de-energia/>

EL TELÉGRAFO. *Netlife registró la mayor tasa de crecimiento de proveedores de internet en el 2012.* [En línea]. Publicado el 15 Abril del 2013. Disponible en: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/netlife-registro-la-mayor-tasa-de-crecimiento-de-proveedores-de-internet-en-el-2012>

ETOLOCKA, *Módulo de 4 relés para Arduino* [blog]. [Consulta: 12 de marzo del 2017] Disponible en: <http://www.profetolocka.com.ar/2015/05/09/modulo-de-4-reles-para-arduino/>

GILTESA, *Pantalla LCD por comunicación I2C para Arduino* [blog]. 2014]. [Consulta: 18 de marzo del 2017]. Disponible en: <https://giltesa.com/2014/02/18/pantalla-lcd-por-comunicacion-i2c-para-arduino#comments>

GONTRÁN, J. *Proyecto para el abatimiento de las pérdidas no técnicas de energía eléctrica de la Comisión Federal de electricidad de la zona de Tijuana.* [En línea] (Tesis de pregrado). México DF 2004 Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/1039/1/celayapino.pdf>

GUERRA, J. *Diseño e implementación de un sistema inalámbrico para el monitoreo en línea del microclima de invernaderos Artesanales.* (Tesis). (Maestría). Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana, Cuba. 2015. p 21

GUERRERO, G. *Diseño e implementación de un sistema de control digital con conexión a redes de datos para medición de parámetros eléctricos.* (Tesis de grado). [En línea]. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima-Perú 2007. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/235?show=full>

INEC. *Noticias INEC* [En línea]. [Consulta: 14 Octubre 2015]. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/siete-de-cada-diez-hogares-en-ecuador-no-realizan-ninguna-practica-de-ahorro-de-agua/>

JARAMILLO, N. *Una aproximación a la adopción de medidores inteligentes en el mercado eléctrico colombiano y su influencia en la demanda.* (Tesis de Magíster). Universidad Nacional de Colombia. Medellín.2013.

JÁCOME & LEÓN. *Diseño y construcción de un sistema de medición inteligente para la gestión de la energía eléctrica y medición de agua potable en los hogares.* (Tesis de grado). [En línea]. Universidad de las fuerzas armadas ESPE Ecuador. Disponible en: <http://repositorio-espe.edu.ec/handle/21000/8293>

JIMENEZ, R., SEREBRISKY, T. & MERCADO, J. *Electricidad Perdida.* [En línea]. Banco Interamericano de Desarrollo Disponible en: www.iadb.org/intal/intalcdi/-/PE/2016/15969es.pdf

OLVERA, J. *Diseño de un medidor eléctrico digital de prepago.* . (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional de México. Centro de investigación en computación (C.I.C) México, D.F. 2003.

PACEFAIR, AC digital display Multifunction Meter Product Type: PZEM-004T. [En línea] [Consulta: 18 de noviembre del 2016]. Disponible en: <https://www.circuitspecialists.com/content/189799/ac004.pdf>

PINEDA, G. & PEDROZA, J. *Energía a debate.* [En línea] Publicada el 30 de Junio del 2016 [Consulta: 18 de junio del 2017]. Disponible en: <https://www.energiaadebate.com/pérdidas-electricas-en-mexico/>

RODRÍGUEZ & MORALES, *Implementación de un medidor de consumo eléctrico residencial para facturación vía internet.* (Tesis de grado). [En línea]. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador 2013. Disponible en: <http://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=12204>

RUIZ, J.,. *Análisis de pérdidas no técnicas en la Empresa Eléctrica Riobamba SA.* [Entrevista] 2017. (15 junio 2017).

SHIRRIFFS, K. *Apple iPhone charger teardown: quality in a tiny expensive package.* [blog]. [Consulta: 28 de abril del 2017]. Disponible en: <http://www.righto.com/2012/05/apple-iphone-charger-teardown-quality.html>

TAMA, A. “*Las pérdidas de energía eléctrica*”. [En línea]. Revista *CRIEEL* 2014. [Consulta: 08 de octubre del 2016]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/albertama/las-prdidadas-de-energa-elctrica>. pp. 14-16.

TAMA, A. *Experiencias y metodologías por parte de la empresa Electrica del Ecuador INC en la reduccion y control de pérdidas de energia* [En línea]. [Consulta: 18 de septiembre del 2016]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/25747/1/Control%20y%20Reduccion%20de%20P%C3%A9rdidas%20de%20Energ%C3%ADa.pdf>

THAYER, L. *ARDUINO MEGA 2560 R3* . [En línea] [Consulta: 8 de marzo del 2016]. Disponible en: <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>.

YANQUI, V. *Estudio y diseño de una red de telemedición utilizando tecnología BPL para la Empresa Eléctrica SA subestacion 4, alimentador 3.* (Tesis de grado). [En línea]. ESPOCH. Ecuador 2010. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/387>

ANEXOS

Anexo A: Hoja de datos integrado SD3004



SD3004
Energy Measurement SOC

Features

- High precision energy measurement
- Provide RMS voltage and RMS current
- Calculates active power and power factor
- Calculates AC frequency
- High frequency CF pulse for calibration
- Calculates total energy usage over time
- 24 mag = 8 count LCD drivers, can be switched to Inverse I/O pins
- Supports LED driving
- Real time clock, can output second signal
- UART and I2C interfaces
- 28K x 16 bits OTP program memory, support online programming, 128 bytes data memory
- Operating voltage, energy measurement circuit: 4.75 ~ 5.25V, rest of the IC 2.4 ~ 5.25V

General Description

The SD3004 is an electric energy measurement SOC with built in MCU, energy/voltage/current measurement circuit, LCD/LED display drivers, and UART communication interface. It greatly simplifies circuit designs and reduces production costs for energy meter, metering socket, and similar products.

Ordering Information

LQFP64-10 × 10-0.5 package



Pin Diagram and Descriptions

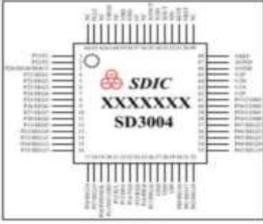


Figure 1. Pin-out diagram

SDIC Microelectronics Rev. 0.2a Aug 2012
http://www.sdic-micro.com



SD3004

Table 1. Pin Descriptions

Pin No.	Pin Name	Pin Attribute	Pin Description
1	P11	I/O	Pin P11 of port P1 (bits 0-7)
2	P12	I/O	Pin P12 of port P1 (bits 8-15)
3-4	P20 ~ P21	I/O	Pin P20 ~ P21 of port P2 (bits 0-15)
5	P22	I/O	Pin P22 of port P2 (bit 16)
6	P23	I/O	Pin P23 of port P2 (bit 17)
7	P24	I/O	Pin P24 of port P2 (bit 18)
8	P25	I/O	Pin P25 of port P2 (bit 19)
9	P26	I/O	Pin P26 of port P2 (bit 20)
10	P27	I/O	Pin P27 of port P2 (bit 21)
11	P28	I/O	Pin P28 of port P2 (bit 22)
12	P29	I/O	Pin P29 of port P2 (bit 23)
13	P30	I/O	Pin P30 of port P3 (bit 0)
14	P31	I/O	Pin P31 of port P3 (bit 1)
15	P32	I/O	Pin P32 of port P3 (bit 2)
16	P33	I/O	Pin P33 of port P3 (bit 3)
17	P34	I/O	Pin P34 of port P3 (bit 4)
18	P35	I/O	Pin P35 of port P3 (bit 5)
19	P36	I/O	Pin P36 of port P3 (bit 6)
20	P37	I/O	Pin P37 of port P3 (bit 7)
21	P38	I/O	Pin P38 of port P3 (bit 8)
22	P39	I/O	Pin P39 of port P3 (bit 9)
23	P40	I/O	Pin P40 of port P3 (bit 10)
24	P41	I/O	Pin P41 of port P3 (bit 11)
25	P42	I/O	Pin P42 of port P3 (bit 12)
26	P43	I/O	Pin P43 of port P3 (bit 13)
27	P44	I/O	Pin P44 of port P3 (bit 14)
28	P45	I/O	Pin P45 of port P3 (bit 15)
29	P46	I/O	Pin P46 of port P3 (bit 16)
30	P47	I/O	Pin P47 of port P3 (bit 17)
31	P48	I/O	Pin P48 of port P3 (bit 18)
32	P49	I/O	Pin P49 of port P3 (bit 19)
33	P50	I/O	Pin P50 of port P3 (bit 20)
34	P51	I/O	Pin P51 of port P3 (bit 21)
35	P52	I/O	Pin P52 of port P3 (bit 22)
36	P53	I/O	Pin P53 of port P3 (bit 23)
37	P54	I/O	Pin P54 of port P3 (bit 24)
38	P55	I/O	Pin P55 of port P3 (bit 25)
39	P56	I/O	Pin P56 of port P3 (bit 26)
40	P57	I/O	Pin P57 of port P3 (bit 27)
41	P58	I/O	Pin P58 of port P3 (bit 28)
42	P59	I/O	Pin P59 of port P3 (bit 29)
43	P60	I/O	Pin P60 of port P3 (bit 30)
44	P61	I/O	Pin P61 of port P3 (bit 31)
45	P62	I/O	Pin P62 of port P3 (bit 32)
46	P63	I/O	Pin P63 of port P3 (bit 33)
47	P64	I/O	Pin P64 of port P3 (bit 34)
48	P65	I/O	Pin P65 of port P3 (bit 35)
49	P66	I/O	Pin P66 of port P3 (bit 36)
50	P67	I/O	Pin P67 of port P3 (bit 37)
51	P68	I/O	Pin P68 of port P3 (bit 38)
52	P69	I/O	Pin P69 of port P3 (bit 39)
53	P70	I/O	Pin P70 of port P3 (bit 40)
54	P71	I/O	Pin P71 of port P3 (bit 41)
55	P72	I/O	Pin P72 of port P3 (bit 42)
56	P73	I/O	Pin P73 of port P3 (bit 43)
57	P74	I/O	Pin P74 of port P3 (bit 44)
58	P75	I/O	Pin P75 of port P3 (bit 45)
59	P76	I/O	Pin P76 of port P3 (bit 46)
60	P77	I/O	Pin P77 of port P3 (bit 47)
61	P78	I/O	Pin P78 of port P3 (bit 48)
62	P79	I/O	Pin P79 of port P3 (bit 49)
63	P80	I/O	Pin P80 of port P3 (bit 50)
64	P81	I/O	Pin P81 of port P3 (bit 51)
65	P82	I/O	Pin P82 of port P3 (bit 52)
66	P83	I/O	Pin P83 of port P3 (bit 53)
67	P84	I/O	Pin P84 of port P3 (bit 54)
68	P85	I/O	Pin P85 of port P3 (bit 55)
69	P86	I/O	Pin P86 of port P3 (bit 56)
70	P87	I/O	Pin P87 of port P3 (bit 57)
71	P88	I/O	Pin P88 of port P3 (bit 58)
72	P89	I/O	Pin P89 of port P3 (bit 59)
73	P90	I/O	Pin P90 of port P3 (bit 60)
74	P91	I/O	Pin P91 of port P3 (bit 61)
75	P92	I/O	Pin P92 of port P3 (bit 62)
76	P93	I/O	Pin P93 of port P3 (bit 63)
77	P94	I/O	Pin P94 of port P3 (bit 64)
78	P95	I/O	Pin P95 of port P3 (bit 65)
79	P96	I/O	Pin P96 of port P3 (bit 66)
80	P97	I/O	Pin P97 of port P3 (bit 67)
81	P98	I/O	Pin P98 of port P3 (bit 68)
82	P99	I/O	Pin P99 of port P3 (bit 69)
83	P100	I/O	Pin P100 of port P3 (bit 70)
84	P101	I/O	Pin P101 of port P3 (bit 71)
85	P102	I/O	Pin P102 of port P3 (bit 72)
86	P103	I/O	Pin P103 of port P3 (bit 73)
87	P104	I/O	Pin P104 of port P3 (bit 74)
88	P105	I/O	Pin P105 of port P3 (bit 75)
89	P106	I/O	Pin P106 of port P3 (bit 76)
90	P107	I/O	Pin P107 of port P3 (bit 77)
91	P108	I/O	Pin P108 of port P3 (bit 78)
92	P109	I/O	Pin P109 of port P3 (bit 79)
93	P110	I/O	Pin P110 of port P3 (bit 80)
94	P111	I/O	Pin P111 of port P3 (bit 81)
95	P112	I/O	Pin P112 of port P3 (bit 82)
96	P113	I/O	Pin P113 of port P3 (bit 83)
97	P114	I/O	Pin P114 of port P3 (bit 84)
98	P115	I/O	Pin P115 of port P3 (bit 85)
99	P116	I/O	Pin P116 of port P3 (bit 86)
100	P117	I/O	Pin P117 of port P3 (bit 87)
101	P118	I/O	Pin P118 of port P3 (bit 88)
102	P119	I/O	Pin P119 of port P3 (bit 89)
103	P120	I/O	Pin P120 of port P3 (bit 90)
104	P121	I/O	Pin P121 of port P3 (bit 91)
105	P122	I/O	Pin P122 of port P3 (bit 92)
106	P123	I/O	Pin P123 of port P3 (bit 93)
107	P124	I/O	Pin P124 of port P3 (bit 94)
108	P125	I/O	Pin P125 of port P3 (bit 95)
109	P126	I/O	Pin P126 of port P3 (bit 96)
110	P127	I/O	Pin P127 of port P3 (bit 97)
111	P128	I/O	Pin P128 of port P3 (bit 98)
112	P129	I/O	Pin P129 of port P3 (bit 99)
113	P130	I/O	Pin P130 of port P3 (bit 100)
114	P131	I/O	Pin P131 of port P3 (bit 101)
115	P132	I/O	Pin P132 of port P3 (bit 102)
116	P133	I/O	Pin P133 of port P3 (bit 103)
117	P134	I/O	Pin P134 of port P3 (bit 104)
118	P135	I/O	Pin P135 of port P3 (bit 105)
119	P136	I/O	Pin P136 of port P3 (bit 106)
120	P137	I/O	Pin P137 of port P3 (bit 107)
121	P138	I/O	Pin P138 of port P3 (bit 108)
122	P139	I/O	Pin P139 of port P3 (bit 109)
123	P140	I/O	Pin P140 of port P3 (bit 110)
124	P141	I/O	Pin P141 of port P3 (bit 111)
125	P142	I/O	Pin P142 of port P3 (bit 112)
126	P143	I/O	Pin P143 of port P3 (bit 113)
127	P144	I/O	Pin P144 of port P3 (bit 114)
128	P145	I/O	Pin P145 of port P3 (bit 115)
129	P146	I/O	Pin P146 of port P3 (bit 116)
130	P147	I/O	Pin P147 of port P3 (bit 117)
131	P148	I/O	Pin P148 of port P3 (bit 118)
132	P149	I/O	Pin P149 of port P3 (bit 119)
133	P150	I/O	Pin P150 of port P3 (bit 120)
134	P151	I/O	Pin P151 of port P3 (bit 121)
135	P152	I/O	Pin P152 of port P3 (bit 122)
136	P153	I/O	Pin P153 of port P3 (bit 123)
137	P154	I/O	Pin P154 of port P3 (bit 124)
138	P155	I/O	Pin P155 of port P3 (bit 125)
139	P156	I/O	Pin P156 of port P3 (bit 126)
140	P157	I/O	Pin P157 of port P3 (bit 127)
141	P158	I/O	Pin P158 of port P3 (bit 128)
142	P159	I/O	Pin P159 of port P3 (bit 129)
143	P160	I/O	Pin P160 of port P3 (bit 130)
144	P161	I/O	Pin P161 of port P3 (bit 131)
145	P162	I/O	Pin P162 of port P3 (bit 132)
146	P163	I/O	Pin P163 of port P3 (bit 133)
147	P164	I/O	Pin P164 of port P3 (bit 134)
148	P165	I/O	Pin P165 of port P3 (bit 135)
149	P166	I/O	Pin P166 of port P3 (bit 136)
150	P167	I/O	Pin P167 of port P3 (bit 137)
151	P168	I/O	Pin P168 of port P3 (bit 138)
152	P169	I/O	Pin P169 of port P3 (bit 139)
153	P170	I/O	Pin P170 of port P3 (bit 140)
154	P171	I/O	Pin P171 of port P3 (bit 141)
155	P172	I/O	Pin P172 of port P3 (bit 142)
156	P173	I/O	Pin P173 of port P3 (bit 143)
157	P174	I/O	Pin P174 of port P3 (bit 144)
158	P175	I/O	Pin P175 of port P3 (bit 145)
159	P176	I/O	Pin P176 of port P3 (bit 146)
160	P177	I/O	Pin P177 of port P3 (bit 147)
161	P178	I/O	Pin P178 of port P3 (bit 148)
162	P179	I/O	Pin P179 of port P3 (bit 149)
163	P180	I/O	Pin P180 of port P3 (bit 150)
164	P181	I/O	Pin P181 of port P3 (bit 151)
165	P182	I/O	Pin P182 of port P3 (bit 152)
166	P183	I/O	Pin P183 of port P3 (bit 153)
167	P184	I/O	Pin P184 of port P3 (bit 154)
168	P185	I/O	Pin P185 of port P3 (bit 155)
169	P186	I/O	Pin P186 of port P3 (bit 156)
170	P187	I/O	Pin P187 of port P3 (bit 157)
171	P188	I/O	Pin P188 of port P3 (bit 158)
172	P189	I/O	Pin P189 of port P3 (bit 159)
173	P190	I/O	Pin P190 of port P3 (bit 160)
174	P191	I/O	Pin P191 of port P3 (bit 161)
175	P192	I/O	Pin P192 of port P3 (bit 162)
176	P193	I/O	Pin P193 of port P3 (bit 163)
177	P194	I/O	Pin P194 of port P3 (bit 164)
178	P195	I/O	Pin P195 of port P3 (bit 165)
179	P196	I/O	Pin P196 of port P3 (bit 166)
180	P197	I/O	Pin P197 of port P3 (bit 167)
181	P198	I/O	Pin P198 of port P3 (bit 168)
182	P199	I/O	Pin P199 of port P3 (bit 169)
183	P200	I/O	Pin P200 of port P3 (bit 170)
184	P201	I/O	Pin P201 of port P3 (bit 171)
185	P202	I/O	Pin P202 of port P3 (bit 172)
186	P203	I/O	Pin P203 of port P3 (bit 173)
187	P204	I/O	Pin P204 of port P3 (bit 174)
188	P205	I/O	Pin P205 of port P3 (bit 175)
189	P206	I/O	Pin P206 of port P3 (bit 176)
190	P207	I/O	Pin P207 of port P3 (bit 177)
191	P208	I/O	Pin P208 of port P3 (bit 178)
192	P209	I/O	Pin P209 of port P3 (bit 179)
193	P210	I/O	Pin P210 of port P3 (bit 180)
194	P211	I/O	Pin P211 of port P3 (bit 181)
195	P212	I/O	Pin P212 of port P3 (bit 182)
196	P213	I/O	Pin P213 of port P3 (bit 183)
197	P214	I/O	Pin P214 of port P3 (bit 184)
198	P215	I/O	Pin P215 of port P3 (bit 185)
199	P216	I/O	Pin P216 of port P3 (bit 186)
200	P217	I/O	Pin P217 of port P3 (bit 187)
201	P218	I/O	Pin P218 of port P3 (bit 188)
202	P219	I/O	Pin P219 of port P3 (bit 189)
203	P220	I/O	Pin P220 of port P3 (bit 190)
204	P221	I/O	Pin P221 of port P3 (bit 191)
205	P222	I/O	Pin P222 of port P3 (bit 192)
206	P223	I/O	Pin P223 of port P3 (bit 193)
207	P224	I/O	Pin P224 of port P3 (bit 194)
208	P225	I/O	Pin P225 of port P3 (bit 195)
209	P226	I/O	Pin P226 of port P3 (bit 196)
210	P227	I/O	Pin P227 of port P3 (bit 197)
211	P228	I/O	Pin P228 of port P3 (bit 198)
212	P229	I/O	Pin P229 of port P3 (bit 199)
213	P230	I/O	Pin P230 of port P3 (bit 200)
214	P231	I/O	Pin P231 of port P3 (bit 201)
215	P232	I/O	Pin P232 of port P3 (bit 202)
216	P233	I/O	Pin P233 of port P3 (bit 203)
217	P234	I/O	Pin P234 of port P3 (bit 204)
218	P235	I/O	Pin P235 of port P3 (bit 205)
219	P236	I/O	Pin P236 of port P3 (bit 206)
220	P237	I/O	Pin P237 of port P3 (bit 207)
221	P238	I/O	Pin P238 of port P3 (bit 208)
222	P239	I/O	Pin P239 of port P3 (bit 209)
223	P240	I/O	Pin P240 of port P3 (bit 210)
224	P241	I/O	Pin P241 of port P3 (bit 211)
225	P242	I/O	Pin P242 of port P3 (bit 212)
226	P243	I/O	Pin P243 of port P3 (bit 213)
227	P244	I/O	Pin P244 of port P3 (bit 214)
228	P245	I/O	Pin P245 of port P3 (bit 215)
229	P246	I/O	Pin P246 of port P3 (bit 216)
230	P247	I/O	Pin P247 of port P3 (bit 217)
231	P248	I/O	Pin P248 of port P3 (bit 218)
232	P249	I/O	Pin P249 of port P3 (bit 219)
233	P250	I/O	Pin P250 of port P3 (bit 220)
234	P251	I/O	Pin P251 of port P3 (bit 221)
235	P252	I/O	Pin P252 of port P3 (bit 222)
236	P253	I/O	Pin P253 of port P3 (bit 223)
237	P254	I/O	Pin P254 of port P3 (bit 224)
238	P255	I/O	Pin P255 of port P3 (bit 225)
239	P256	I/O	Pin P256 of port P3 (bit 226)
240	P257	I/O	Pin P257 of port P3 (bit 227)
241	P258	I/O	Pin P258 of port P3 (bit 228)
242	P259	I/O	Pin P259 of port P3 (bit 229)
243	P260	I/O	Pin P260 of port P3 (bit 230)
244	P261	I/O	Pin P261 of port P3 (bit 231)
245	P262	I/O	Pin P262 of port P3 (bit 232)
246	P263	I/O	Pin P263 of port P3 (bit 233)
247	P264	I/O	Pin P264 of port P3 (bit 234)
248	P265	I/O	Pin P265 of port P3 (bit 235)
249	P266	I/O	Pin P266 of port P3 (bit 236)
250	P267	I/O	Pin P267 of port P3 (bit 237)
251	P268	I/O	Pin P268 of port P3 (bit 238)
252	P269	I/O	Pin P269 of port P3 (bit 239)
253	P270	I/O	Pin P270 of port P3 (bit 240)
254	P271	I/O	Pin P271 of port P3 (bit 241)
255	P272	I/O	Pin P272 of port P3 (bit 242)
256	P273	I/O	Pin

AC digital display Multi-Function Meter

Product Type: F220-004(V.3.0)

A. Features

1. Acts as parameter monitor means between (voltage, current, power, energy)
2. Overload alert function (over power, over temperature, over heat, over frequency)
3. Power data in the field panel has the 1 unit conversion (1000=10000)
4. The reset function of energy display
5. When data below power off state, the accumulated energy before power off
6. High level of digital display items to display multiple currents, at the power on stage
7. Support two modes of data for RS485 TTL serial interface (RS-485, RS-485) and a variety of protocols through the pin board (read and write the full address)

B. Front display panel

1. Display interface

Display interface is formed by four digital multi-color LEDs, used to display the voltage, current, power, energy in real time.

2. Display format

1. Power: Two Digit: 0 ~ 9999
 Voltage: 0 ~ 1000V, the display format is 0000 ~ 9999
 Current: 0 ~ 2000A, the display format is 0000 ~ 2000
2. Energy: Four Digit: 0 ~ 9999999
 Voltage: 0 ~ 1000V, the display format is 0000 ~ 9999
 Current: 0 ~ 10000A, the display format is 0000 ~ 9999
 Power: 0 ~ 100000W, the display format is 0000 ~ 9999
 Energy: 0 ~ 9999999, the display format is 0000 ~ 9999
3. Energy: Two Digit: 00 ~ 2000000
 Display Format is 11000 ~ 20000
4. Current: Two Digit: 0 ~ 1000A
 Display Format is 00000 ~ 9999

3. LED Bar

There is a bar on the panel, it can be used to reset energy.
 The method of reset energy: long press the key for 5 seconds and the digital energy display returns to 0. The key returns to 0. Short press the key again when the energy data is 0 and you can

the starting state, when the reset operation is completed, it will jump to 5 seconds again, until the keypad key is pressed and the reset state.

C. Wiring diagram

Figure 1 AC IM Wiring diagram

Figure 2 TTL serial communication wiring diagram

The wiring of this module is divided into two parts: the voltage data can not be input in real wiring and the serial communication wiring, as shown in Figure 1 and 2. According to the actual needs of the clients, with different TTL pin board or other connection are not difficult to terminal. TTL pin board is not included in this module packaging. If you need it, please prepare it yourself or buy a online.

3. Display interface

The whole meter panel display window is formed by four LEDs, they are voltage, current, power and energy. The following are brief descriptions of each parameter display.

1. Voltage display

Monitor panel displays the current power frequency grid voltage.

2. Current display

Monitor panel displays the current load (appliance) current. There is supplementary load action that the current rises when the temperature rises, but this module belongs to high power use equipment, if you are about the data level to meet safety, accuracy, it is not recommended.

3. Energy display

Monitor panel displays the current accumulated power consumption. There is supplementary instruction that the maximum and of the energy metering is 0.001kWh, which means it changes in accumulation from 1Wh, (effectively speaking, the real number is rather high, for the low power level, you can take observe the accumulation process rather clearly).

4. Power display

Monitor panel displays the current load power. There is supplementary instruction that the power value is from the beginning of 0.001kW, which means it lights on first 10W but this module belongs to high power use equipment, if you have the requirement of the testing within 10W, it is not recommended.

5. Serial communication

This module is equipped with TTL serial data communication interface, you can read and set the relevant parameters via the serial port, but if you want to communicate with a device which has USB or RS232 (such

as computer), you need to be equipped with different TTL pin board (USB communication needs to be equipped with TTL to USB pin board; RS232 communication needs to be equipped with TTL to RS232 pin board), the specific connection type as shown in Figure 2. In the below table are the communication protocols of this module:

No.	Function	Send	Data / Status	Item
1	voltage	00 C0 A0 01 01 00	(Computer sends a request to read the voltage value)	1A
		00 00 02 00 00	(Meter reply the voltage value is 230.2V)	00
2	current	00 C0 A0 01 01 00	(Computer sends a request to read the current value)	1B
		00 11 20 00 00	(Meter reply the current value is 17.32A)	02
3	Active power	00 C0 A0 01 01 00	(Computer sends a request to read the active power value)	1C
		00 00 00 00 00	(Meter reply the active power value is 2200W)	02
4	Read energy	00 C0 A0 01 01 00	(Computer sends a request to read the energy value)	1D
		00 00 00 00 00	(Meter reply the energy value is 999999kWh)	09
5	Set the module address	00 C0 A0 01 01 00	(Computer sends a request to set the address, the address is 192.168.1.1)	1E
		00 00 00 00 00	(Meter reply the address was successfully set)	0A
6	Set the power alarm threshold	00 C0 A0 01 01 14	(computer sends a request to set a power alarm threshold)	13
		00 00 00 00 00	(Meter reply the power alarm threshold was successfully set)	05

Illustration of the communication protocol examples:

1. Set the communication address: 192.168.1.1

Send command: 00 C0 A0 01 01 00 1E
 Reply data: A4 00 00 00 00 0A

Note: The above example illustrates that setting the communication address as 192.168.1.1 (the user can set their own address based on their preferences and needs), sending commands and replying data automatically are as shown above, the data are expressed in hexadecimal, the last byte of the sending and replying data are 1E and 0A, being to cumulative sum. At sending commands: 00 + C0 + A0 + 01 + 01 + 00 = 21E (use the hexadecimal addition), the cumulative sum data is 21E, take the last two bytes: 1E to be used the cumulative sum data in sending commands; data in reply: A4 + 00 + 00 + 00 + 00 = 0A (use the hexadecimal addition), the cumulative sum data is 0A, which is the cumulative sum data in reply.

The explanation of the cumulative sum is now finished, the following parameter examples are the same as this, there is no explanation any more.

2. Set the power alarm threshold: 20 KW

Send command: 00 C0 A0 01 01 14 13
 Reply data: A5 00 00 00 00 05

Note: 14 in the message command in the above table 14 is a hexadecimal data conversion, which is converted to decimal is 20. What you should note is the power data in other of this module is based on KW units, which means the minimum alarm value is 20W. The maximum value is 2200W.

3. Read the current voltage

Send command: 00 C0 A0 01 01 00 1A
 Reply data: A0 00 02 00 00 00

Note: Reply voltage data is 00 02 00 = 00.120000 is equivalent to the target 120 in the voltage. It represents the decimal value in the target value, which means the voltage is 120V. The decimal value is 0.00, converts 02 to decimal is 2, in the original value range is 230.2V.

4. Read the current current

Send command: 00 C0 A0 01 01 00 1B
 Reply data: A0 11 20 00 00 00

Note: Reply current data is 00 11 20 = 00.112000 is equivalent to the target 11.2 in the current. It represents the decimal value in the target value, which means the current is 11.2A. The decimal value is 0.00, converts 11 to decimal is 11, converts 20 to decimal is 20, in the original value range is 17.32A.

5. Read the current power

Send command: 00 C0 A0 01 01 00 1C
 Reply data: A0 00 00 00 00 00

Note: Reply power data is 00 00 00 = 00.000000 is equivalent to the target 0 in the power. It represents the decimal value in the target value, which means the power is 0W. The decimal value is 0.00, converts 00 to decimal is 0, converts 00 to decimal is 00, in the original value range is 2200W.

6. Read the energy

Send command: 00 C0 A0 01 01 00 1D
 Reply data: A0 00 00 00 00 09

Note: Reply energy data is 00 00 00 = 00.000000 is equivalent to the target 0 in the energy. It represents the decimal value in the target value, which means the energy is 0kWh. The decimal value is 0.00, converts 00 to decimal is 0, converts 00 to decimal is 00, in the original value range is 999999kWh.

F. Description of the communication

1. Connect the wire according to the wiring diagram in Figure 1 and 2.
2. After power on the meter, please check the communication port, this module supports computer software to read and set the meter (COM255/COM5/COM6), you can check through device manager. If it has the above communication ports, you can connect to the meter.

G. Precautions

1. This module is suitable for indoor use, please do not use outdoors.
2. Applied load should not exceed the rated power.
3. Wiring should be in a bag.

H. Specification parameters

1. Working voltage: 80 ~ 260VAC
2. Test voltage: 80 ~ 260VAC
3. Rated power: 100A/22000W
4. Operating frequency: 45-65Hz
5. Measurement accuracy: 1.0 grade

H. Dimension diagram

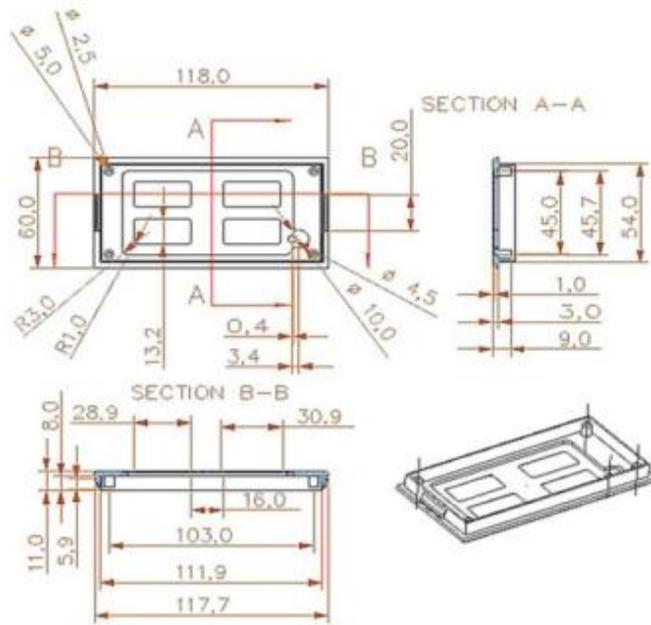


Figure 3 Dimension diagram (mm)

Instruction description

Outline

To overcome the speed difference between the internal clock of K50066U and the MPU clock, K50066U performs internal operations by starting control in formations to IR or DR. The internal operation is determined according to the signal from MPU, composed of read/write and data bus (Refer to Table 7).
Instructions can be divided largely into four groups.

- 1) K50066U function set instructions (set display methods, set data length, etc.)
- 2) Address set instructions to internal RAM
- 3) Data transfer instructions with internal RAM
- 4) Others

The address of the internal RAM is automatically increased or decreased by 1.

Note: during internal operation, busy flag (DB7) is read "High".

Busy flag check must be preceded by the next instruction.

When an MPU program with checking the busy flag (DB7) is made, it must be necessary 1/2 bus for executing the next instruction by the falling edge of the "E" signal after the busy flag (DB7) goes to "LOW".

Contents

- 1) Clear display

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Clear all the display data by writing "00H" (space code) to all DDRAM address, and set DDRAM address to "00H" into AC (address counter).

Return cursor to the original status, namely, brings the cursor to the left edge on the first line of the display. Make the entry mode increment (LD="High").

- 2) Return home

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	-

Return home is cursor return home instruction.

Set DDRAM address to "00H" into the address counter.

Return cursor to its original size and return display to its original status, if shifted. Contents of DDRAM does not change.

- 3) Entry mode set

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	1D	SH

Set the moving direction of cursor and display.

ID: increment / decrement of DDRAM address (cursor or blink)

When ID="High", cursor/blink moves to right and DDRAM address is increased by 1.

When ID="Low", cursor/blink moves to left and DDRAM address is increased by 1.

*CGRAM operates the same way as DDRAM, when reading from or writing to CGRAM. (ID="high" shift left, ID="Low", Shift right).

- 4) Display ON/OFF control

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	0	C	B

VER 1.0 5/9 2003.12.09

Control display/cursor/blink ON/OFF 1 bit register.

D: Display ON/OFF control bit

When D="High", entire display is turned on.

When D="Low", display is turned off, but display data remains in DDRAM.

C: cursor ON/OFF control bit

When C="High", cursor is turned on.

When C="Low", cursor is disappeared in current display, but LD register preserves its data.

B: Cursor blink ON/OFF control bit

When B="High", cursor blink is on, which performs alternately between all the "High" data and display characters at the cursor position.

When B="Low", blink is off.

- 5) Cursor or display shift

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	SC	RL	-

Shifting of right left cursor position or display without writing or reading of display data.

This instruction is used to correct or search display data. (Refer to Table 6)

During 2-line mode display, cursor moves to the 2nd line after the 40th digit of the 1st line.

When display data is shifted repeatedly, each line is shifted individually.

When display shift is performed, the contents of the address counter are not changed.

Shift patterns according to SC and RL bits

SC	RL	Operation
0	0	Shift cursor to the left, AC is decreased by 1
0	1	Shift cursor to the right, AC is increased by 1
1	0	Shift all the display to the left, cursor moves according to the display
1	1	Shift all the display to the right, cursor moves according to the display

- 6) Function set

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	DL	N	F	-	-

DL: Interface data length control bit

When DL="High", it means 8-bit bus mode with MPU.

When DL="Low", it means 4-bit bus mode with MPU. Hence, DL is a signal to select 8-bit or 4-bit bus mode.

When 4-bit bus mode, it needs to transfer 4-bit data twice.

N: Display line number control bit

When N="Low", 1-line display mode is set.

When N="High", 2-line display mode is set.

F: Display line number control bit

When F="Low", 5x11 dots format display mode is set.

When F="High", 5x11 dots format display mode.

- 7) Set CGRAM address

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	AC3	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0

Set CGRAM address to AC.

The instruction makes CGRAM data available from MPU.

VER 1.0 6/9 2003.12.09

- 8) Set DDRAM address

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	AC5	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0

Set DDRAM address to AC.

This instruction makes DDRAM data available from MPU.

When 1-line display mode (N=LOW), DDRAM address is from "00H" to "4FH".

In 2-line display mode (N=High), DDRAM address in the 1st line from "00H" to "7FH", and DDRAM address in the 2nd line is from "80H" to "BFH".

- 9) Read busy flag & address

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	BF	AC5	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0

This instruction shows whether K50066U is in internal operation or not.

If the resultant BF is "High", internal operation is in progress and should wait BF to be LOW, which by then if the next instruction can be performed. In this instruction you can also read the value of the address counter.

- 10) Write data to RAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	DF	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

Write binary 8-bit data to DDRAM/CGRAM.

The selection of RAM from DDRAM, and CGRAM, is set by the previous address set instruction (DDRAM address set, CGRAM address set).

RAM set instruction can also determine the AC direction to RAM.

After write operation, the address is automatically increased/decreased by 1, according to the entry mode.

- 11) Read data from RAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	1	DF	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

Read binary 8-bit data from DDRAM/CGRAM.

The selection of RAM is set by the previous address set instruction. If the address set instruction of RAM is not performed before this instruction, the data that has been read first is invalid, as the direction of AC is not yet determined.

If RAM data is read several times without RAM address instructions set before, read operation, the correct RAM data can be obtained from the second. But the first data would be incorrect, as there is no time margin to transfer RAM data.

In case of DDRAM read operation, cursor shift instruction plays the same role as DDRAM address set instruction.

It also transfers RAM data to output data register.

After read operation, address counter is automatically increased/decreased by 1 according to the entry mode.

After CGRAM read operation, display shift may not be executed correctly.

NOTE: In case of RAM write operation, AC is increased/decreased by 1 as in read operation.

At this time, AC indicates next address position, but only the previous data can be read by the read instruction.

VER 1.0 7/9 2003.12.09

Anexo D: Hoja de datos módulo serial I2C para LCD

Datasheet

I2C 1602 Serial LCD Module




Product features:

The I2C 1602 LCD module is a 2 line by 16 character display interfaced to an I2C daughter board. The I2C interface only requires 2 data connections, +5 VDC and GND to operate.

For in depth information on I2C interface and history, visit: <http://www.wikipedia/wiki/I2c>

Specifications:

<p>I2C Address Range Operating Voltage Backlight Contrast Size Viewable area</p>	<p>2 lines by 16 character 0x20 to 0x27 (Default=0x27, addressable) 5 Vdc; White Adjustable by potentiometer on I2c interface 80mm x 36mm x 20 mm 68mm x 16mm</p>
--	---

Power:
The device is powered by a single 5Vdc connection.

Pinout Diagram:



Pin/Control Descriptions:

Pin #	Name	Type	Description
1	GND	Power	Supply & Logic ground
2	VCC	Power	Supply 40 to 50 (operational)
3	SDW	I/O	Serial Data line
4	SCL	I/O	Serial Clock line
A0	A0	JUMPER	Optional address selection A0 - see below
A1	A1	JUMPER	Optional address selection A1 - see below
A2	A2	JUMPER	Optional address selection A2 - see below
Backlight	JUMPER	Jumpered - enable backlight; Open - disable backlight	
Contrast	POT	Adjust for best viewing	

Addressing:

A0	A1	A2	Address
Open	Open	Open	0x27
Jumpered	Open	Open	0x26
Open	Jumpered	Open	0x28
Jumpered	Jumpered	Open	0x24
Open	Open	Jumpered	0x23
Jumpered	Open	Jumpered	0x22
Open	Jumpered	Jumpered	0x21
Jumpered	Jumpered	Jumpered	0x20

Software:

Download the required LCD Arduino™ library for this device from:
http://www.circuitcity.com/downloads/category?sample_code.html?download=PK3&another-I2c-library-easier-to-use

Replace current liquid crystal library found in the Arduino library directory with the above
 (Note: if you use the examples included with the library, be sure to change address to 0x27)

Simple example using library above.

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#if defined(ARDUINO) && ARDUINO >= 100
#define printByte(args) write(args);
#else
#define printByte(args) print(args,BYTE);
#endif
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // set the LCD address to 0x27 for a
//char and 2 line display
void setup()
{
  lcd.init(); // initialize the lcd
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  delay(100);
  for(int i = 0; i< 3; i++)
  {
    lcd.backlight();
    delay(250);
    lcd.noBacklight();
    delay(250);
  }
  lcd.backlight();
}

void loop()
{
  int x=0;
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(2,0); //Start at character 0 on line 0
  lcd.print("Hello World");
  lcd.setCursor(0,1); //Start at character 0 on line 1
  lcd.print(" opencircuitn");
  delay(3000); //Wait 3 seconds
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0); //Start at character 0 on line 0
  lcd.print("Cursor Blink");
  lcd.blink();
  delay(2000);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Cursor noBlink");
  lcd.noBlink();
  delay(2000);
}
    
```

Anexo E: Hoja de datos Arduino Mega



Arduino MEGA 2560

CE

Product Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 (datasheet). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller: simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Index

- Technical Specifications Page 2
- How to use Arduino Programming Environment, Basic Tutorials Page 6
- Terms & Conditions Page 7
- Environmental Policies (half sum of green via Impetto Zeroli) Page 7



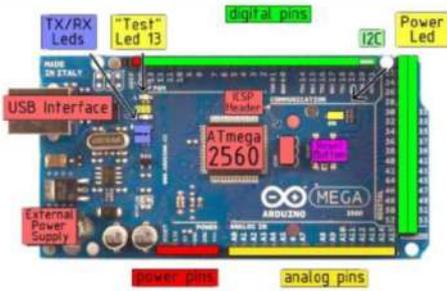



Technical Specification

EAGLE file: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#), Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary	
Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

the board








Power

The Arduino Mega2560 can be powered via the USB connector or with an external power supply. The power source is selected automatically. External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (adapter) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the GND and VIN pin headers of the POWERB header.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega16U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- VIN: The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connector or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- 5V: The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- GND: A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- GND: Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-40 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 16 (RX) and 14 (TX). Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega16U2 USB-to-TTL serial chip.
- External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 4), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 0). These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- PWM: 0 to 10. Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- SPI: 60 (MISO), 61 (MOSI), 62 (SS), 63 (SCK). These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Duemilanove and Diecimila.
- LED: 13. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on; when the pin is LOW, it's off.
- I²C: 20 (SDA) and 21 (SCL). Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the [Wire website](#)). Note that these pins are not in the same location as the I²C pins on the Duemilanove.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the [analogReference\(\)](#) function.

There are a couple of other pins on the board:

- AREF: Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- Reset: Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which lock the pin on the board.






Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega16U2 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega16U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega16U2 chip and USB connection to the computer (not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega's digital pins.

The ATmega2560 also supports I²C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I²C bus, see the [documentation on the Wiring website](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega2560 datasheet.

Programming

The Arduino Mega2560 can be programmed with the Arduino software ([download](#)). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega16U2 on the Arduino Mega comes preprogrammed with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.








Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega2560 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Mega contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics and Shield Compatibility

The maximum length and width of the Mega PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

The Mega is designed to be compatible with most shields designed for the Duemilanove or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent ARDF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external Interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header on both the Mega and Duemilanove / Duemilanove. Please note that PC is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Duemilanove (analog inputs 4 and 5).

How to use Arduino



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [C++](#)) and the Arduino development environment (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software running on a computer (e.g. [Flash](#), [Processing](#), [Max/MSP](#)).

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](#) for the latest instructions. <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

Linux Install

Windows Install

Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can plug the Arduino to your PC via USB cable.

Blink led

Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming "hello world", select:

File>Sketchbook> Arduino-0017>Examples> Digital>Blink

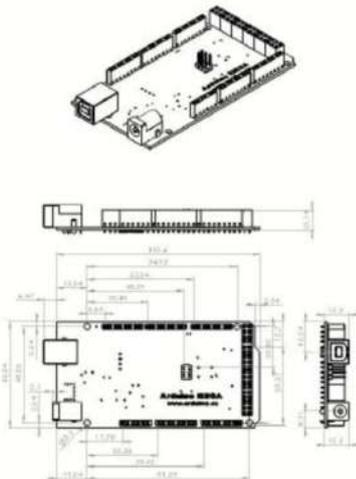
Once you have your sketch you'll see something very close to the screenshot on the right.

In Tools>Board select MEGA

Now you have to go to Tools>SerialPort and select the right serial port, the one arduino is attached to.



Dimensioned Drawing



Terms & Conditions



1. Warranties

1.1. The producer warrants that its products will conform to the Specifications. This warranty sets for one (1) year from the date of the sale. The producer will be liable for any defects that are covered by repair, replace or replacement by the Customer, including transport, installation or setting, or for any products that have been altered or modified in any way by a Customer. Moreover, the producer shall not be liable for any defects that result from Customer's design, applications or modifications to such products. Testing and other quality control techniques are used to the extent the producer deems necessary.

1.2. If any products fail to conform to the warranty set forth above, the producer's sole liability shall be to replace such products. The producer's liability shall be limited to products that are determined by the producer not to conform to such warranty. If the producer decides to replace such products, the producer shall have a reasonable time to replacements. Replaced products shall be warranted for a new full warranty period.

1.3. EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, PRODUCER ASSUMES NO LIABILITY FOR AND WILL NOT BE RESPONSIBLE FOR THE PRODUCTION OF, OR THE USE OF, ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

1.4. Customer agrees that prior to using any systems that include the producer's products, Customer will test such systems and the functionality of the products to be used in such systems. The producer may provide technical, application or design advice, quality characterization, reliability data or other services. Customer acknowledges and agrees that providing these services shall not constitute or otherwise alter the producer's warranties, set forth above, and no additional obligations or liabilities shall arise from the producer providing such services.

1.5. The producer's products are not authorized for use in safety-critical applications unless a notice of the product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death. Safety-critical applications include, without limitation, the support structure and systems, equipment or systems for the operation of nuclear facilities and aerospace systems. Arduino's products are neither designed nor intended for use in military or aerospace applications or environments and for aerospace applications or environments. Customer acknowledges and agrees that any such use of Arduino's products which is made at the Customer's risk, and that Customer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

1.6. Customer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products and any use of Arduino's products in Customer's applications, notwithstanding any specifications-related information or support that may be provided by the producer.

2. Indemnification

The Customer acknowledges and agrees to defend, indemnify and hold harmless the producer from and against any and all third party losses, damages, liabilities and expenses it incurs in the extent directly caused by (i) an actual breach by a Customer of the representation and warranties made under the terms and conditions of (ii) the price negotiated or agreed to by the Customer.

3. Consequential Damages Waiver

If it were not the producer shall be liable to the Customer or any third parties for any special, punitive, indirect, punitive, incidental, consequential or exemplary damages in connection with or arising out of the products provided hereunder, regardless of whether the producer has been advised of the possibility of such damages. The section shall survive the termination of this warranty period.

4. Changes to specifications

The producer may make changes to specifications and product descriptions at any time without notice. The Customer must not rely on the absence or discontinuation of any features or specifications without notice. The producer reserves the right to change specifications and shall have no responsibility whatsoever for any such changes or for any damages arising from such changes to them. The product information on the top left of the board is subject to change without notice. Do not fabricate a design with the information.

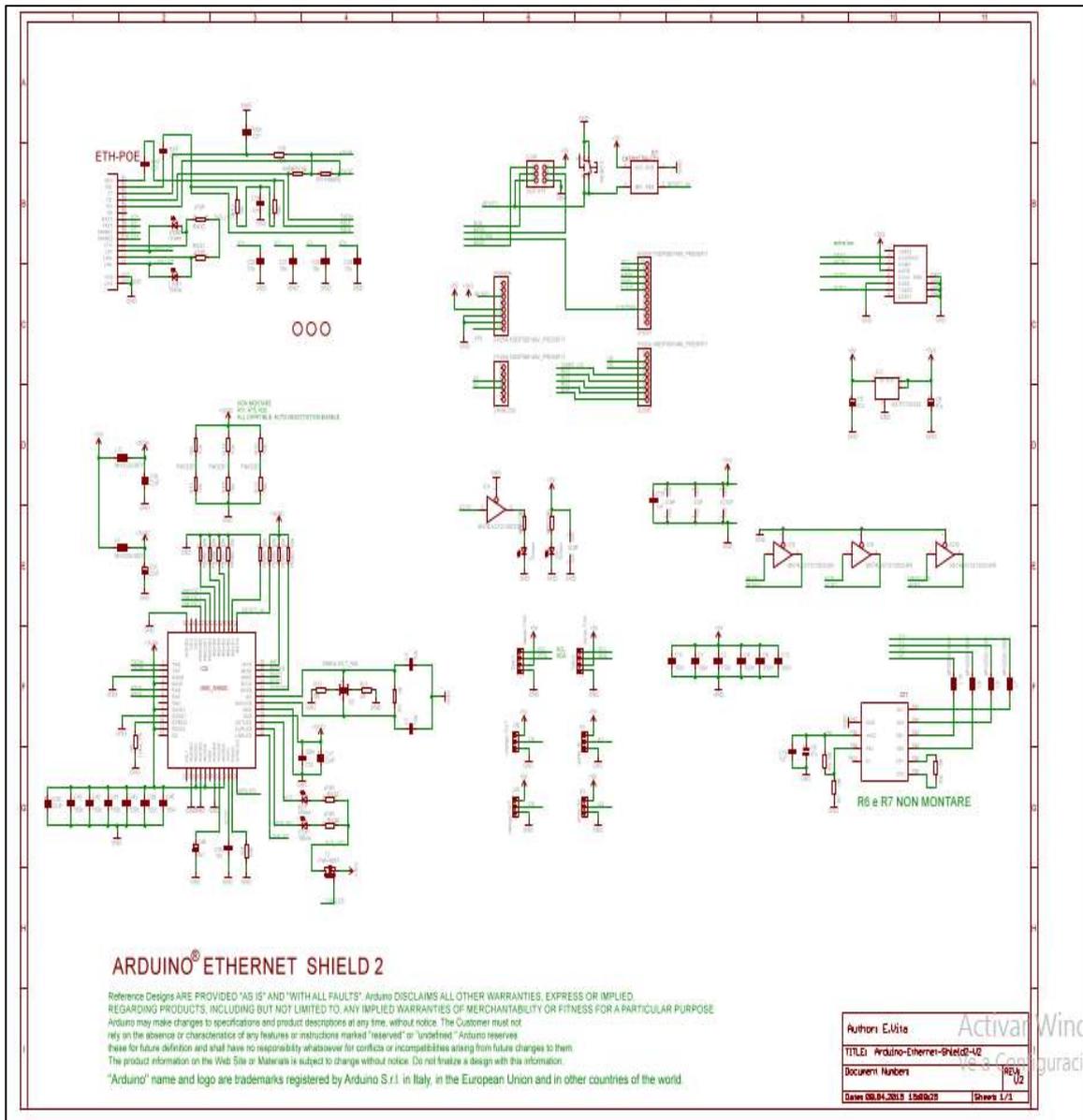
Environmental Policies



The producer of Arduino® has joined the Impatto Zero policy of LifeGate.it. For each Arduino board produced is created / looked after half squared km of Costa Rica's forests.



Anexo F: Diagrama de conexión interno Shield Ethernet para ARDUINO



Anexo G: Hoja de datos Contactor Bifásico 30 A

Metasol

2-pole AC Contactors, Definite purpose



Description

- Two normally open main contacts
- Screw clamp or fast-on connections
- Small and light design suitable for use in air conditioners, heaters, refrigerators, etc.
- Screw mountable
- No auxiliary contact
- AC control voltage

Ratings

Type	AC3 ratings			Ith	Contact	
	220-240V	380-440V	500-550V		NO	NC
GMC-10P2	10A	8A	6A	20A	2	-
GMC-20P2	20A	17A	14A	30A	2	-
GMC-25P2	25A	21A	17A	35A	2	-
GMC-30P2	30A	23A	21A	40A	2	-
GMC-35P2	35A	26A	23A	45A	2	-
GMC-40P2	40A	32A	26A	50A	2	-

Insulation voltage: 690V at AC, 250V at DC

Control coil characteristics

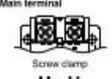
Coil voltage	Coil consumption (VA)		Thermal dissipation (W)	Operational voltage(V)		Coil current (mA)	Operational time (ms)	
	Inrush	Holding		Pick-up	Drop-out		Closing	Opening
24V 50/60Hz	35	6.0	2	18-20	10-15	263	40	30
48V 50/60Hz	35	6.0	2	36-40	19-27	131	40	30
100V 50/60Hz	35	6.0	2	74-81	39-57	63	40	30
110V 50/60Hz	35	6.0	2	78-90	50-64	57	40	30
120V 50/60Hz	35	6.0	2	90-100	52-66	53	40	30
200V 50/60Hz	35	6.0	2	155-165	90-115	32	40	30
220V 50/60Hz	35	6.0	2	160-175	90-120	29	40	30
230V 50/60Hz	35	6.0	2	165-180	110-130	27	40	30
240V 50/60Hz	35	6.0	2	168-185	110-135	26	40	30

Notes: 1. The condition of the above data: 60Hz, 20 °C from cold state.
2. Coil consumption (VA) is average value.

Type numbering system

GMC	/	10P	/	2	/	TS	/	BQ	/	100V
Contactors		Capacity (A)		Pole		Main terminal connect		Power supply connect		Operational voltage (AC)
		10P 10		2 2pole		TS Screw clamp		BS Screw clamp		20V 24V
		20P 20				TQ Quick connect		BQ Quick connect		48V 24-240V
		25P 25								110V 100-120V
		30P 30								220V 208-240V
		35P 35								
		40P 40								

Main terminal



Screw clamp



Fast-on (Quick connect)

Coil terminal



Screw clamp



Fast-on (Quick connect)

Anexo H: Hoja de datos breaker monofásico 63 A

HOWO
HONGHUA ELECTRIC

DZ47-63 SERIES MINIATURE CIRCUIT BREAKER

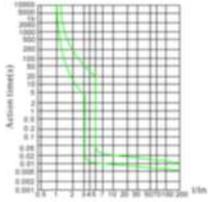
Main technical parameter

Model	DZ47-63/1P	DZ47-63/2P	DZ47-63/3P	DZ47-63/4P	
Picture					
Rated current (A)	1,2,3,4,6,10,16,20,25,32,40,50,63	1,2,3,4,6,10,16,20,25,32,40,50,63	1,2,3,4,6,10,16,20,25,32,40,50,63	1,2,3,4,6,10,16,20,25,32,40,50,63	
Rated voltage (V)	240, 240/415V	415	415	415	
Number of poles	1P	2P	3P	4P	
Type of instantaneous release	B,C D	B,C D	B,C D	B,C D	
Rated short circuit breaking capacity (A): 1P, 240/415V 2P, 3P, 4P, 415V	1-40A: 6000 50-63A: 4500	1-40A: 6000 50-63A: 4500	1-40A: 6000 50-63A: 4500	1-40A: 6000 50-63A: 4500	
Lifetime (times)	Electric lifetime Mechanical lifetime	≥ 4000 ≥ 20000	≥ 4000 ≥ 20000	≥ 4000 ≥ 20000	≥ 4000 ≥ 20000

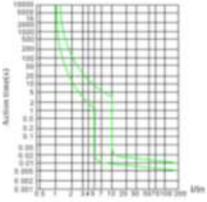
The over-current protection property

Item No.	Rated current of release	Initial status	Test current	Expected result	Expected result	Remark
1	1-63	Cold position	1.13I _n	1 ≥ 1h	Non-release	-
2	1-63	Carried-out immediately after previous test	1.45 I _n	1 < 1h	Release	Current smoothly rises to specified value within 5s
3	I _n ≤ 32	Cold position	2.55 I _n	1s < 1 < 40s	Release	-
	I _n > 32	Cold position	2.55 I _n	1s < 1 < 120s	Release	-
4	1-63	Cold position	3 I _n	1 ≥ 0.1s	Non-release	Type B
	1-63	Cold position	5 I _n	1 < 0.1s	Release	Type B
	1-63	Cold position	5 I _n	1 ≥ 0.1s	Non-release	Type C
	1-63	Cold position	10 I _n	1 < 0.1s	Release	Type C
	1-63	Cold position	10 I _n	1 ≥ 0.1s	Non-release	Type D
	1-63	Cold position	14 I _n	1 < 0.1s	Release	Type D

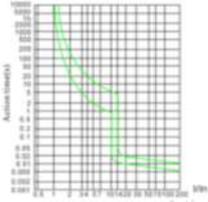
Performance curve of release



Type B



Type C



Type D

Anexo I: Hoja de datos Multímetro UNI-T 203



Model UT203/204: OPERATING MANUAL

B. AC Voltage

Range	Resolution	Accuracy	Overload protection
4.000V	1mV	±(1%+5)	600V DC/AC
40.00V	10mV		
400.0V	100mV		
600V	1V	±(1.2%+5)	

Remarks:

- | Input impedance: 10MΩ// less than 100pF
- | Frequency response: 40Hz~400Hz.
- | **Change to AC:**
 - > **UT203:**
Change to AC by using average response method. Input sine wave, then adjust the reading until it is same as the effective value.
 - > **UT203:**
Combine AC and True RMS response method. Input sine wave to adjust. Non sine wave must follow the below data to adjust:

 Peak factor: 1.4~2.0, add 1.0% on the stated accuracy
 Peak factor: 2.0~2.5, add 2.5% on the stated accuracy
 Peak factor: 2.5~3.0, add 4.0% on the stated accuracy.

36



Model UT203/204: OPERATING MANUAL

I. AC Current

Range	Resolution	Accuracy	Frequency Response	Overload protection
40.00A	0.01A	±(2.5%+8)	50Hz ~ 60Hz	400A DC/AC
400.0A	0.1A	±(2.5%+5)		

Warning
 The operating temperature must be 0°C ~40°C when measuring current.

Remark:

- | It may have 10 digits or less unstable or wrong digits, it will not affect measurement result.
- | Hold the Meter tight, do not release. The Hall components are very sensitive not only to the magnet but also to heat and machines reaction force. Any shock will cause the changing in reading in the short time. Follow the below procedure to measure current will be more precise:
 1. Hold the Meter tight and press the lever to open the transformer jaw. Center the conductor within the transformer jaws, then release the Meter slowly until the transformer jaw is completely closed. Make sure the conductor to be tested is placed at the center of the transformer jaw, otherwise it will cause +1.0% deviation based on the stated accuracy.

42

Anexo J: Software del MIEER (Código ARDUINO)

```
// Declaración de librerías

#include <LiquidCrystal.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SoftwareSerial.h> // Arduino IDE <1.6.6
#include <PZEM004T.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

PZEM004T pzem(&Serial3);
PZEM004T pzem2(&Serial2);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
byte mac[]={0xDE,0xAD,0xBE,0xEF,0xFE,0xED}; //MAC
IPAddress ip(192, 168, 1, 7); //IP
EthernetServer servidor(80);
int PIN_LED=3;
String readString=String(30);
String state=String(3);
IPAddress ip2(192, 168, 1, 1); //IP

void setup() {

  Serial.begin(9600);
  Serial3.begin(9600);
  Serial2.begin(9600);
  pzem.setAddress(ip);
  pinMode(2, OUTPUT);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  Ethernet.begin(mac, ip); //Inicializamos con las direcciones asignadas
  servidor.begin();
  pinMode(PIN_LED,OUTPUT);
  digitalWrite(PIN_LED,HIGH);
  state="OFF";
  digitalWrite(2, HIGH);
}

void loop() {

//lectura y visualización de valores

  int piloto;
  float v = pzem.voltage(ip);
  if (v < 0.0) v = 0.0;
  if(v >= 0.0){ lcd.setCursor(0,0); lcd.print("Voltaje: ");
  lcd.print(v+1.4);lcd.print(" V"); }
  float i = pzem.current(ip);
  if(i >= 0.0){ lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Corriente: ");
  lcd.print(i);lcd.print(" A"); }

  float p = pzem.power(ip);
  if(p >= 0.0){ Serial.print(p);Serial.print("W arriba "); }
```

```

if(p >= 0.0){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("Potencia: ");
lcd.print(p-2);lcd.print("W"); }

float e = pzem.energy(ip);
if(e >= 0.0){ Serial.print(e);Serial.print("Wh; "); }
if(e >= 0.0){ lcd.setCursor(0,3); lcd.print("Consumo: ");
lcd.print(e*0.1);lcd.print(" $"); }

Serial.println();

float p2 = pzem2.power(ip2);
if(p2 >= 0.0){ Serial.print(p2);Serial.print("W abajo "); }

float e2 = pzem2.energy(ip2);
if(e2 >= 0.0){ Serial.print(e2);Serial.print("Wh; "); }
digitalWrite(2, HIGH);

    // Detección de robo de energía

if (p >= 4)
{

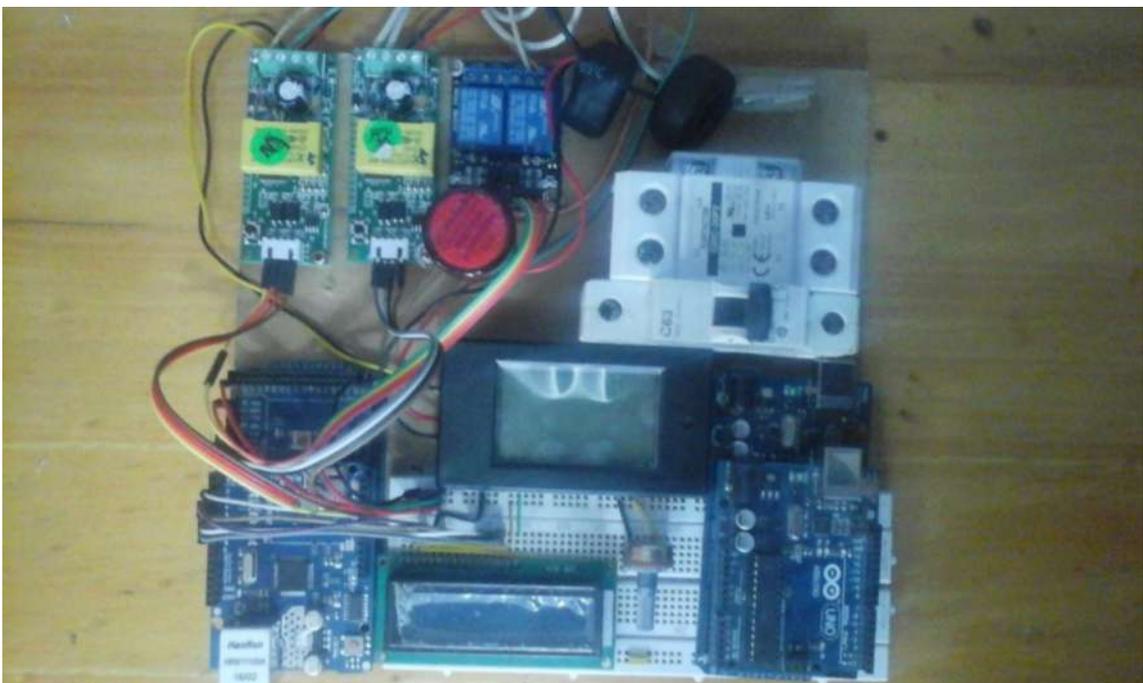
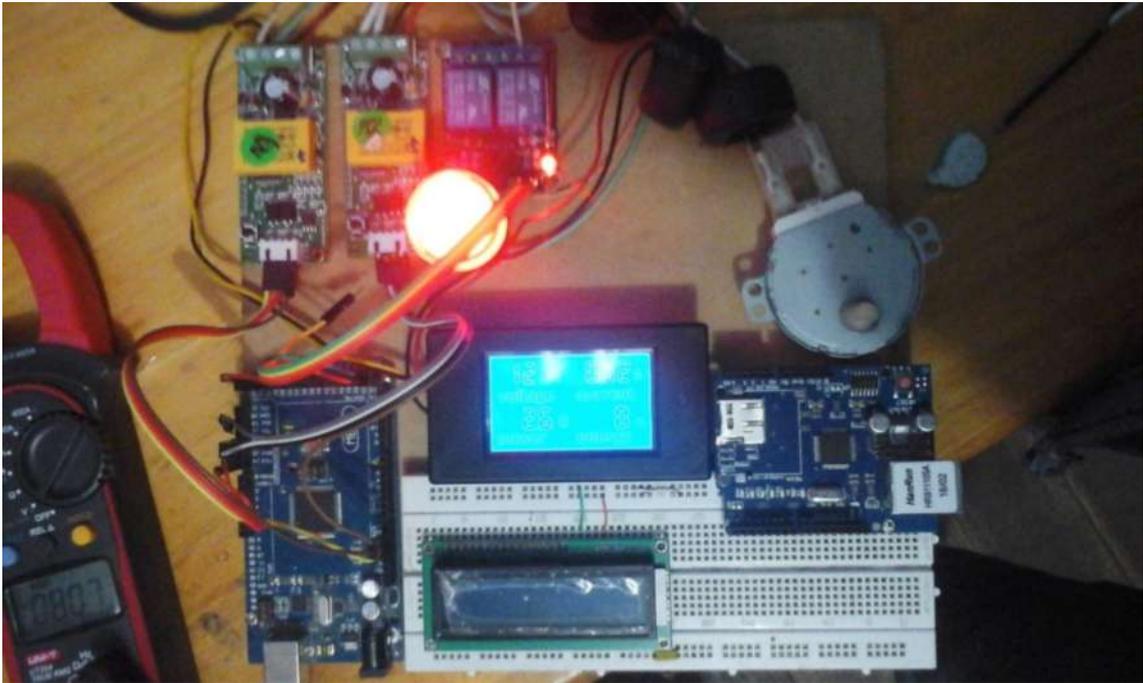
if (p2+4 <= p)
{
digitalWrite(2, LOW);
piloto= HIGH;
}
else
{
digitalWrite(2, HIGH);
piloto= LOW;
}
//delay(2000);
//Serial.print(" piloto= ");Serial.print(piloto); Serial.print(" ");
}
else
{
digitalWrite(2, HIGH);
piloto= LOW;
}

//Código página web

EthernetClient cliente= servidor.available();
if(cliente) {
boolean lineaenblanco=true;
while(cliente.connected()) {
if(cliente.available()) {
char c=cliente.read();
if(readString.length()<30) {
readString.concat(c);
}
if(c=='\n' && lineaenblanco) //Si la petición HTTP ha finalizado
{
int LED = readString.indexOf("LED=");
if(readString.substring(LED,LED+5)=="LED=T") {
digitalWrite(PIN_LED,HIGH);
state="ON"; }
}
}
}
}

```


Anexo K: Pruebas preliminares en la implementación del MIEER



Anexo L: Construcción y montaje del MIEER

