

**UNIVERSIDAD  
HISPANOAMERICANA**

**Ingeniería Electrónica**

**Tesina para optar por el grado académico  
de Bachillerato**

**“Diseño e implementación de un sistema  
electrónico para el monitoreo y control de una  
red eléctrica monofásica residencial y  
comercial”**

**Elaborada por:**

**Arturo Jiménez Rivas**

**Tutor:**

**Eduardo Herrera Barquero**

**Agosto, 2017**

# DECLARACIÓN JURADA

## DECLARACIÓN JURADA

Yo Arturo Jiménez Rivas, mayor de edad,  
portador de la cédula de identidad número 1-1387-0871 egresado de la  
carrera de Ingeniería en Electrónica de

la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente  
apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código  
Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi

trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería,  
Electrónica juro solemnemente que mi trabajo investigación titulado:

"Diseño e implementación de un sistema electrónico  
para el monitoreo y control de una red eléctrica  
monofásica residencial y comercial."

es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así  
como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre  
de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de  
1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido  
citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos  
y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que  
redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la  
Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 21 días del  
mes de abril del año dos mil diecisiete.

  
Firma del estudiante

1-13870871  
Cédula

# CARTA DEL TUTOR

## CARTA DEL TUTOR

San José, 21 de Abril de 2017

**Sr(s). Universidad Hispanoamericana.  
Ingeniería Electrónica  
Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

El estudiante **ARTURO JIMÉNEZ RIVAS**, cédula de identidad número **1-1387-0871**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA MONITOREO Y CONTROL DE UNA RED ELÉCTRICA MONOFÁSICA RESIDENCIAL Y COMERCIAL**. El cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachiller en Ingeniería Electrónica.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	15%	15%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	25%	25%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		90%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.  
Atentamente,



**Ing Eduardo Herrera B.**  
**Cédula identidad N1-713-285.**  
**Carné No : IEL-26218**

# CARTA DEL LECTOR



## CARTA DEL LECTOR

San José, 24 de julio del 2017

Señores  
Departamento de Registro  
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Arturo Jiménez Rivas, cédula de identidad número 1-1387-0871, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "*Diseño e Implementación de un sistema electrónico para el monitoreo y control de una red eléctrica monofásica residencial y comercial*", el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,

Ing. Víctor H. Arguedas Arce  
Cédula de identidad: 1-0669-0138  
Carné colegio profesional: IE-6285

# CARTA DEL FILÓLOGO

## CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA

San José, 28 de julio del 2017.

**SEÑORES**  
**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**

**Estimados señores:**

Por este medio yo, Bolívar Bolaños Calvo, mayor, casado, filólogo, incorporado (a) al Colegio de Licenciados y Profesores, con el número de carné 2 949, vecino (a) de Turrucáres de Alajuela, portador de la cédula de identidad 0202790320, hago constar:

1. Que he revisado el **PROYECTO DE GRADUACIÓN (TESINA)** para optar por el grado académico de **BACHILLERATO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA, denominado DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UNA RED ELÉCTRICA Y MONOFÁSICA RESIDENCIAL Y COMERCIAL, DEL ESTUDIANTE ARTURO JIMÉNEZ RIVAS**
2. Que se le han hecho las correcciones pertinentes en acentuación, ortografía, puntuación, concordancia gramatical y otras del campo filológico.

En espera de que mi participación satisfaga los requerimientos de la Universidad.

Se suscribe, atentamente,

  
Dr. Bolívar Bolaños Calvo  
No. 2 949  
2-279-320

## AGRADECIMIENTOS

Cabe destacar aquellas personas que siempre mantuvieron su apoyo incondicional, brindando siempre las mejores motivaciones durante el desarrollo del proyecto, por lo cual en este proyecto se merecen todo el agradecimiento mi madre Nora Rivas Meza, mi padre José Arturo Jiménez Fallas y mi hermano Diego Andrés. Agradezco a mi tutor, Eduardo Herrera Barquero, quien se mantuvo presente como un gran guía y responsable sus labores como tutor. A Nicolás Hernández Fallas, cuya amistad estimo y también estuvo presente durante el desarrollo del proyecto.

Deseo agradecer a una persona muy especial en mi vida Nancy Corrales Fallas, ya que sus motivaciones, impulsos y recomendaciones, siempre estuvieron presentes durante el desarrollo del proyecto. Gracias por ser mi fuerza, mi luz y mi amor.

Agradecer a las personas que facilitaron las tareas de investigación por medio de las entrevistas, el Ing. Víctor Cruz y el Ing. José Pablo Zúñiga, los propietarios de los lugares visitados Luis Guillermo, Andrey, Jonh, Xinia, Tomas, y Guido.

Gracias también a los que aún lejos están muy cerca, Josué, Hugo y Jostin.

## CONTENIDOS

ACTA DEL TRIBUNAL CALIFICADOR .....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTOS .....	vi
CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. INFORMACIÓN GENERAL.....	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.1.1 Descripción del Problema .....	4
1.1.2 Justificación .....	5
1.2 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....	9
1.2.1 Objetivo General .....	9
1.2.2 Objetivos Específicos.....	9
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	10
1.3.1 Alcances .....	10
1.3.2 Limitaciones.....	12
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL .....	14
2.1.1 Ingeniería Electrónica .....	14
2.1.2 Sistemas Electrónicos.....	14
2.1.3 Sistema de Control .....	15
2.1.4 Instalación Eléctrica .....	16
2.1.5 Instalación de Puesta a Tierra .....	17
2.1.6 Corriente de fuga a tierra .....	17
2.2 MARCO DE LA GESTIÓN DEL PROYECTO .....	19
2.2.1 Microcontrolador .....	19
2.2.2 Arduino Mega 2560 R3 .....	21
2.2.3 Arduino 4-Relay Shield .....	22
2.2.4 Sistema Operativo Android .....	23
2.2.5 Declaración de las Variables y Estructura de Lenguaje para Arduino ..	24

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO....	25
2.3.1 Impacto Ambiental y Económico.....	25
2.3.2 Impacto Social del Proyecto .....	27
2.3.3 Seguridad .....	28
2.4 ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	28
2.4.1 Smart Cities .....	28
2.4.2 Smart Grid .....	29
2.4.3 Customer Energy Management (CEM).....	30
CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	33
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN:.....	34
3.1.1 Finalidad .....	34
3.1.2 Dimensión Temporal.....	34
3.1.3 Marco.....	34
3.1.4 Naturaleza .....	34
3.1.5 Carácter .....	35
3.2 DISEÑO METODOLÓGICO.....	35
3.2.1 Metodología para la Propuesta de Mejora y Construcción de un P=rototipo de Medición y Control de una Red Eléctrica Monofásica Residencial y Comercial.....	35
3.2.2 Metodología para la Implementación del Proyecto. ....	38
3.2.3 Metodología para la Verificación, Aseguramiento, Control y Seguimiento del Proyecto.....	38
CAPITULO IV. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO.....	40
4.1 DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS MONOFÁSICOS .....	41
4.1.1 Descripción del Sistema Eléctrico Monofásico .....	44
4.2 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MONITOREO Y CONTROL PARA REDES ELÉCTRICAS MONOFÁSICAS.....	46
4.2.1 Requerimientos del Sistema .....	46
4.2.2 Componentes Principales del Sistema .....	49
4.2.3 Programación Arduino IDE .....	61
4.2.4 Etapas de Desarrollo del Prototipo .....	64
4.2.5 Etapa de Monitoreo para las Lecturas Realizadas.....	71

4.2.6 Etapa de Control para el Encendido y Apagado de Dispositivos. ....	75
4.2.7 Etapa para la Generación de Alertas. ....	79
4.2.8 Etapa de Visualización desde el Panel de Control y Monitoreo. ....	83
4.2.9 Etapa de Comunicación entre el Prototipo y la Aplicación Móvil. ....	85
4.3 DESARROLLO DE APLICACIÓN PARA DISPOSITIVO MÓVIL .....	93
4.4 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO .....	102
4.4.1 Prueba de Verificación de Lecturas Obtenidas por los Sensores y envío de Datos al Panel del Prototipo y Aplicación Móvil .....	105
4.4.2 Pruebas de Funcionamiento de Activación de alertas y representación desde la aplicación Android y el Panel del Prototipo. ....	110
4.4.3 Pruebas de Activación y Desactivación de las Conexiones.....	114
4.4.4 Pruebas de Seguridad para Ingresar a la Etapa de Control .....	117
4.4.5 Implementación del Sistema en una Red Eléctrica Comercial.....	120
4.4.6 Evaluación de Conexiones del Prototipo a la Red Eléctrica. ....	128
4.4.7 Evaluación de la Conexión del sistema con la aplicación móvil.....	130
4.5 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DEL DESARROLLO DEL SISTEMA .....	131
4.5.1 Costo de Visita Técnica de un electricista Profesional.....	131
4.5.2 Costo de Sistema Similar fuera del Territorio Costarricense .....	131
4.5.3 Comparación de Sistemas y Servicios.....	133
4.5.4 Inversión para el Desarrollo del Proyecto .....	134
4.5.5 Retorno de la Inversión.....	135
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	139
CONCLUSIONES.....	140
RECOMENDACIONES .....	143
BIBLIOGRAFÍA .....	144
APÉNDICE .....	149
DECLARACIÓN JURADA .....	ii
CARTA DEL TUTOR.....	iii

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estudio de consumos acumulados	8
Figura 2. Sistema electrónico	15
Figura 3. Sistema de control	15
Figura 4. Distribución de una red eléctrica	16
Figura 5. Electrodo enterrado para sistema puesta a tierra	17
Figura 6. Conexión eléctrica con sobrecargada.	19
Figura 7. Diagrama de bloques general de un microcontrolador	20
Figura 8. Microcontrolador ATmega8U2	20
Figura 9. Arduino Mega 2560 R3	21
Figura 10. Relay Shield	22
Figura 11. Aplicación para dispositivo móvil	23
Figura 12. Concepto de Smart Cities	29
Figura 13. Concepto de Smart Grid	29
Figura 14. Concepto de CEM	30
Figura 15. Arquitectura del sistema CEM	31
Figura 16. Red Eléctrica Monofásica	45
Figura 17. Pantalla LCD	50
Figura 18. Módulo GSM conectado a la placa de Arduino	52
Figura 19. Pulsador de membrana abierto en reposo	53
Figura 20. Sensor de corriente SCT-013	55
Figura 21. Devanado interno del sensor	56
Figura 22. Circuito amplificador	57
Figura 23. Módulo relay	58
Figura 24. Transformador LP-423	60
Figura 25. Tipos de variables	62
Figura 26. Interfaz Arduino IDE.	63
Figura 27. Diagrama de bloques	64
Figura 28. Circuito de acoplamiento para la señal de voltaje	68
Figura 29. Formula de voltaje que ingresa al Arduino	69
Figura 30. Circuito de acondicionamiento para señal de corriente configurado como seguidor de tensión	70
Figura 31. Conector sensor de corriente	71
Figura 32. Esquema de conexión entre Arduino y los sensores de corriente.	72
Figura 33. Esquema de conexión entre Arduino y los sensores de voltaje.	73
Figura 34. Programación Etapa de Monitoreo	74
Figura 35. Programación para la etapa de monitoreo	75
Figura 36. Esquema de conexión entre Arduino y el módulo de relays.	77

Figura 37. Código de programación para la etapa de control	78
Figura 38. Código de Programación para la generación de alertas.	82
Figura 39. Código de programación para visualización desde el panel	83
Figura 40. Esquema de conexión entre Arduino y la pantalla LCD.	84
Figura 41. Esquema de conexión entre Arduino y la tarjeta GSM.	86
Figura 42. Programación de inicialización para la comunicación GSM	87
Figura 43. Subrutinas para cada caracter.	89
Figura 44. Código de notificación de encendido	90
Figura 45. Código de notificación de apagado	91
Figura 46. Código para la recolección de los datos de lectura	92
Figura 47. Diagrama de flujos para la ventana de monitoreo	96
Figura 48. Diagrama de flujos para la ventana de control	98
Figura 49. Diagrama de flujos	99
Figura 50. Diagrama de flujo para la restricción al modo de control	100
Figura 51. Conexiones para red eléctrica residencial	103
Figura 52. Sistema instalado en la red eléctrica residencial	104
Figura 53. Comparación datos obtenidos por equipo de medición profesional Fluke 337	106
Figura 54. Comparación dato de voltaje medido por el Fluke 337, los datos procesados por el prototipo y presentados por la aplicación	107
Figura 55. Visualización datos de potencia por el sistema, presentados en la pantalla del prototipo y aplicación móvil.	108
Figura 56. Comparación de valores obtenidos y procesados por el sistema, para ser mostrados en el panel del prototipo y generar alertas de problemas en la red eléctrica.	109
Figura 57. Alerta del sistema por voltaje entre neutro y tierra fuera del rango establecido, desde la aplicación móvil y panel del prototipo	111
Figura 58. Alerta del sistema por corriente de tierra fuera del rango establecido, desde la aplicación móvil y panel del prototipo	112
Figura 59. Alerta del sistema por desbalance de consumo entre las líneas de la red, desde la aplicación móvil y panel del prototipo	113
Figura 60. Alerta del sistema por posible sobrecarga de la red, desde la aplicación móvil y panel del prototipo	114
Figura 61. Botones físicos y de la aplicación para el control de las conexiones	115
Figura 62. Conexión 1 activada desde la aplicación o panel de control, y respuesta del sistema.	116
Figura 63. Conexión 2 desactivada desde la aplicación o panel de control y respuesta del sistema.	116
Figura 64. Menú de la aplicación.	118
Figura 65. Seguridad de acceso a sistema de control.	119
Figura 66. Comercial Minisúper La Confiteña, San José, Desamparados	120

Figura 67. Tablero eléctrico principal del comercio	121
Figura 68. Conexión sensores de corriente a la red eléctrica	122
Figura 69. Conexión para la medición de tensiones	123
Figura 70. Encapsulado del sistema	124
Figura 71. : Prototipo instalado en la red eléctrica comercial	125
Figura 72. Comparación de lecturas entre el panel y la aplicación	126
Figura 73. Ubicación del prototipo durante el periodo de prueba	127
Figura 74. Conector actual para medición de voltajes	128
Figura 75. Conector adecuado para medición de voltajes	129
Figura 76. Sistema emonPi	132
Figura 77. Costo del sistema emonPi	132

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructura del lenguaje de programación para Arduino.....	24
Tabla 2. Variables para el lenguaje de programación en Arduino .....	25
Tabla 3. Características y ventajas del sistema CEM .....	32
Tabla 4. Tabla comparativa para servicios y sistemas similares al prototipo desarrollado.....	133
Tabla 5. Presupuesto de materiales para el desarrollo del sistema. ....	134
Tabla 6. Valor actual neto anual proyectado a 5 años .....	136
Tabla 7. Tasa interna de retorno de los 3 a los 5 años .....	137

## INTRODUCCIÓN

El servicio de Electricidad es uno de los más importantes para el funcionamiento de cualquier tipo de edificación, y esto lo convierte en uno de los principales gastos en el desarrollo de la mayoría de las actividades humanas. A pesar de esta realidad, el usuario no cuenta con las herramientas necesarias para ejercer un mayor control sobre su consumo eléctrico, esta situación se ve reflejada en grandes pérdidas para el país sobre las fuentes de energía, y aunque las empresas involucradas como el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), realizan campañas de concienciación sobre el uso de los recursos, estas se quedan cortas en cuanto a medidas eficaces. Dentro de este contexto, la mayoría de los usuarios del servicio, además de no llevar un control de su consumo eléctrico, tampoco realizan revisiones periódicas del estado de las redes eléctricas, y se suma a esto la necesidad de nuestra sociedad por automatizar la mayor cantidad de procesos posibles, algo que, además, tiene a su favor, el hecho de poner al alcance de usuarios no especializados, en este caso público en general, la posibilidad de monitorear sistemas complejos a partir de conocimientos básicos.

Es así como surge el interés por diseñar un sistema electrónico que permita medir y monitorear los valores de tensión y corriente de una red eléctrica monofásica residencial, para posteriormente almacenar estos datos en un módulo

de memoria, desde el cual un sistema de control interpretará estos datos y se logrará conocerse la potencia eléctrica por hora que el usuario se encuentra consumiendo dentro de su red eléctrica, los datos de corriente eléctrica servirán para identificar una posible sobrecarga en la red eléctrica, comparando estos datos con la capacidad máxima de la red. Los datos de tensión serán utilizados para valorar si los niveles obtenidos en las mediciones son los adecuados y así conocer que tan estable es la red eléctrica, por medio de una gráfica que lo represente.

Además, se pretende que el sistema permita realizar funciones de encendido y apagado en las conexiones de la red eléctrica. Se espera poder realizar estas funciones de encendido y apagado desde una aplicación móvil, además de visualizar los datos obtenidos por el sistema de medición que estarían almacenados en el módulo de memoria, la comunicación entre la aplicación y el sistema también se espera poder realizarla de manera inalámbrica. Estas mediciones se realizan pos medidor, realizándolas directamente desde el tablero principal de carga perteneciente a la red eléctrica monofásica residencial o comercial.

## **CAPÍTULO I. INFORMACIÓN GENERAL**

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1.1 Descripción del Problema**

Los propietarios de redes eléctricas carecen de un sistema de control y monitoreo que facilite el óptimo funcionamiento de la red. Las personas que adquieren una edificación ya sea comercial o residencial, nueva o antigua poco se preocupan por el estado de las redes eléctricas esta situación conlleva a problemas comunes como sobrecargas de la redes eléctricas, voltajes no deseados que se convierten en consumos de la red, desbalance de cargas entre las fases de la red que pueden generar una sobrecarga en el sistema eléctrico, errores de polarización de la red que crean un potencial eléctrico entre las conexiones neutro y tierra de la red, protecciones de las redes eléctricas que no trabajan adecuadamente, redes eléctricas que carecen de conexiones puesta tierra. Otra situación frecuente es que los propietarios realizan ampliaciones en sus residencias o comercios sin realizar los ajustes necesarios, por lo que terminan sobrecargando los sistemas, creando problemas en el uso de las conexiones, donde para lograr conectar un equipo debe desconectarse otro o incluso varios equipos.

Además de estos errores en el funcionamiento de la red, otro efecto de no tener un control y monitoreo sobre la red, es el consumo ineficiente de la energía eléctrica, ya que algunos equipos obsoletos pueden llegar a consumir hasta el doble de un mismo equipo pero más reciente, el no conocer los puntos de mayor consumo en la red, así como el consumo actual día a día imposibilita poder crear

acciones de mejora que ayuden a hacer un uso eficiente del servicio. Al no contar con un sistema que monitoree la red no puede conocerse la calidad de energía eléctrica suministrada por la compañía eléctrica.

### **1.1.2 Justificación**

La optimización de la red permitiría al usuario tener conocimiento sobre el estado actual de los dispositivos que se encuentran conectados a la red eléctrica monofásica esto en términos de encendido y apagado, ya sea un electrodoméstico, luces u otros. Además de un control que permita al usuario poder realizar estas funciones desde la lejanía de la residencia o comercio, donde, muchas veces, es necesario limitar estas funciones o simplemente no se lograron realizar en el sitio.

En el sistema eléctrico pueden presentarse sobrecargas y otros problemas, de los cuales el usuario de la red no se encuentra al tanto por falta de una herramienta que le indique las anomalías presentes.

Además, en ciertas ocasiones, se presentan lecturas periódicas mensuales por parte de la compañía suplidora del servicio eléctrico, que no reflejan el consumo real del servicio en el periodo de facturación. Por esto, el usuario no posee una herramienta que le ayude a identificar cuánto es el consumo actual del periodo sin

este haber finalizado y tampoco conoce que dispositivos o sectores de la red eléctrica son los puntos de mayor consumo. Por otro lado, el departamento de bomberos de Costa Rica ha determinado que gran parte de los incendios en residencias y comercios son causados por sobrecargas en las redes eléctricas.

De acuerdo con el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, la principal causa de incidentes de infraestructura tiene relación con daños en el sistema o aparatos eléctricos. El Ing. Héctor Chaves, Director de Bomberos, explicó que "...el 41% de los incendios en Costa Rica se producen por problemas eléctricos, esto debido, entre otros, a la falta de mantenimiento de los sistemas, la utilización de componentes no certificados y la instalación por parte de personas no calificadas"


Esto es confirmado por José Pablo Rojas Wang, gestor de proyectos de Cegesti, que indica que la mayoría de residencias y comercios desconocen cuáles son los puntos o sectores de mayor consumo en sus redes eléctricas como lo manifestó en un artículo publicado en El Financiero, en el cual asegura que "por lo general, los empresarios (en las Pymes) hacen todo. Están muy centrados en el día a día, en lo que popularmente llamamos apagar incendios. Esto genera, como consecuencia, que en la parte energética o en la parte eléctrica funcionemos reactivamente: en el momento en que algo se daña lo reparamos, en el momento

en que vemos que el recibo de electricidad vino muy alto, ahí sí nos ponemos a ver qué sucedió”.

El control del consumo es de gran importancia para las pequeñas empresas y comercios ya que supone gran parte de su presupuesto, con respecto a esto Rojas dice que “han trabajado con empresas que malgastaban la energía y, al generar cambios, pudieron reducir entre un 40% y un 50% su factura energética. Otras empresas cuya gestión era buena, pero hicieron mejoras, lograron disminuirla entre un 5% y un 10%”, estos datos avalan la necesidad del sistema propuesto ya que beneficiarían en gran medida a todos estos usuarios.

En cuanto al cobro del servicio, este depende de las lecturas periódicas que por alguna razón no pueden ser realizadas dentro del periodo de facturación, son echar de manera estimada por medio de un promedio, al llegar la siguiente lectura del periodo y está realizada de la manera adecuada debe ser ajustada a las lecturas anteriores, ocasionando, algunas veces, montos elevados para el cobro del servicio como se evidencia en el siguiente documento:

Figura 1. Estudio de consumos acumulados

COMPANIA NACIONAL DE FUERZA Y LUZ		ESTUDIO DE CONSUMOS ACUMULADOS		Usuario:	SCHAVER					
				Servidor:	PRODUCCION					
				Terminal:	SDRSUSIFRAS05					
				Oficina:	DESAMPARADOS					
				Nombre Fisico:	LMR0265					
				Fecha:	12-08-2016 15:01					
				Página:	1 / 2					
CONTRATO : 27506638		LOCALIZACIÓN : 3600680390								
Nombre: RIVAS MEZA NORA		SERVICIO :								
Dirección: 50E80S DE FAB DONNINELLI		LOCALIZACIÓN : 3600680390								
Tarifa: TR - RESIDENCIAL		SUBPRODUCTO : TOD TODOS LOS SUBPRODUCTOS								
		TIPO CONSUMO : TOD TODOS LOS TIPOS								
		CONTADOR : 0 - TODOS LOS CONTADORES								
		DESDE : ENERO-2015		HASTA: AGOSTO-2016						
Ciclo: 20 Ruta: 04 Consecutivo: 3600										
Periodo	Contador	Medidor	Lect.Anterior	Lect.Actual	Fecha Lectura	Factor	Consumo	Importe	Tipo Evento	
Factura	Días		Total Factura	Estado						
01-2015	4	ENE	1165960	0.00	166.00	06-01-2015	1	166.00 KWH	11,375.00	LECTURA PARCIAL
1330455998	32		12,115.00	CANCELADO						
02-2015	4	ENE	1165960	166.00	271.00	05-02-2015	1	105.00 KWH	7,225.00	LECTURA PERIODICA
1332635491	30		7,690.00	CANCELADO						
03-2015	4	ENE	1165960	271.00	384.00	06-03-2015	1	93.00 KWH	6,510.00	LECTURA PERIODICA
1335846871	29		8,810.00	CANCELADO						
04-2015	4	ENE	1165960	364.00	456.00	07-04-2015	1	92.00 KWH	6,275.00	LECTURA PERIODICA
1336966377	32		6,575.00	CANCELADO						
05-2015	4	ENE	1165960	456.00	570.00	07-05-2015	1	114.00 KWH	7,070.00	LECTURA ESTIMADA C
1337962874	30		7,680.00	CANCELADO						
06-2015	4	ENE	1165960	570.00	684.00	05-06-2015	1	114.00 KWH	7,070.00	ESTIMACION FORZADA
1338950960	29		7,680.00	CANCELADO						
07-2015	4	ENE	1165960	684.00	1,481.00	07-07-2015	1	797.00 KWH	70,265.00	LECTURA PERIODICA
1340202862	32		78,280.00	EN CONVENIO						
08-2015	4	ENE	1165960	1,481.00	1,835.00	05-08-2015	1	354.00 KWH	26,490.00	LECTURA PERIODICA
1341743400	30		44,550.00	CANCELADO						
09-2015	4	ENE	1165960	1,835.00	2,136.00	03-09-2015	1	300.00 KWH	21,335.00	LECTURA PERIODICA
1343158971	29		36,295.00	CANCELADO						
10-2015	4	ENE	1165960	2,136.00	2,442.00	03-10-2015	1	307.00 KWH	22,035.00	LECTURA PERIODICA
1343986095	30		36,905.00	CANCELADO						
11-2015	4	ENE	1165960	2,442.00	2,807.00	04-11-2015	1	365.00 KWH	28,020.00	LECTURA PERIODICA
1344761943	32		43,325.00	CANCELADO						
12-2015	4	ENE	1165960	2,807.00	3,081.00	04-12-2015	1	274.00 KWH	19,255.00	LECTURA PERIODICA
1345646965	30		21,445.00	CANCELADO						
01-2016	4	ENE	1165960	3,081.00	3,403.00	05-01-2016	1	322.00 KWH	24,155.00	LECTURA PERIODICA
1346566057	32		28,025.00	CANCELADO						
02-2016	4	ENE	1165960	3,403.00	3,698.00	03-02-2016	1	295.00 KWH	23,435.00	LECTURA PERIODICA
1347677776	29		26,850.00	CANCELADO						
03-2016	4	ENE	1165960	3,698.00	4,005.00	03-03-2016	1	307.00 KWH	24,705.00	LECTURA PERIODICA
1350245549	29		28,085.00	CANCELADO						
04-2016	4	ENE	1165960	4,005.00	4,345.00	04-04-2016	1	340.00 KWH	28,410.00	LECTURA PERIODICA
1352642488	32		32,205.00	CANCELADO						
05-2016	4	ENE	1165960	4,345.00	4,645.00	04-05-2016	1	300.00 KWH	25,440.00	LECTURA PERIODICA
135534034	30		28,445.00	CANCELADO						
06-2016	4	ENE	1165960	4,645.00	4,921.00	03-06-2016	1	276.00 KWH	22,790.00	LECTURA PERIODICA
1358133908	30		25,505.00	CANCELADO						
07-2016	4	ENE	1165960	4,921.00	5,290.00	05-07-2016	1	369.00 KWH	33,385.00	LECTURA PERIODICA
1359406551	32		37,385.00	CANCELADO						
08-2016	4	ENE	1165960	5,290.00	5,611.00	04-08-2016	1	321.00 KWH	28,255.00	LECTURA PERIODICA
1360530852	30		32,425.00	PENDIENTE						
<b>20 Registros recuperados de Consumo.</b>										
<b>(FA) - Indicador de Factura Ajustada</b>										
<b>CONTADORES</b>										
1	TMT PUNTA									
2	TMT VALLE									
3	TMT NOCTURNO									
4	REGULAR									
5	LECTURA ESPECIAL									
6	PUNTA HORARIA									
7	VALLE HORARIA									
8	NOCTURNA HORARIA									

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la CNFL

## **1.2 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema de medición y control en una red eléctrica monofásica comercial o residencial, por medio a través de un módulo de operación y una aplicación móvil, para la detección de problemas en la red y la regulación del servicio eléctrico por parte de los usuarios.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

1. Diagnosticar el estado actual del funcionamiento de una red monofásica residencial y comercial.
2. Construir el prototipo de un sistema que se encargue de medir y monitorear los valores de tensión y corriente que se presentan en una red eléctrica monofásica residencial y comercial.
3. Crear una aplicación móvil que permita el control y monitoreo del sistema por parte del usuario de manera remota.
4. Implementar el sistema de control y monitoreo en una red eléctrica monofásica residencial y comercial, a nivel de prueba para la detección y corrección de posibles errores.
5. Evaluar la relación costo-beneficio del sistema de control y monitoreo de la red eléctrica.

## 1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

### 1.3.1 Alcances

Contemplando los cinco objetivos específicos, tal y como se detallaron anteriormente se lograran alcanzar los siguientes puntos, esto por medio de un sistema o dispositivo electrónico que permita constantes mediciones y un adecuado monitoreo de los valores de tensión y corriente en una red eléctrica monofásica residencial y comercial, así el usuario podrá conocer y tener desde una aplicación móvil, además desde un panel o módulo de control situado al lado del tablero de carga las siguientes herramientas y facilidades:

El usuario logrará conocer la potencia eléctrica por hora que se encuentra consumiendo dentro de su red eléctrica, según el periodo de facturación. Esto le brindará al cliente del servicio eléctrico una medición lo más exacta posible de su consumo mensual, además podrá tener un control sobre el consumo de la red por medio de un monitoreo en tiempo real de esta. De esta manera, podrán notarse las discrepancias entre las lecturas que realiza la compañía eléctrica y las lecturas lo más exactas posibles del sistema propuesto.

Problemas de una red eléctrica monofásica residencial y comercial como una posible sobrecarga, errores de polaridad, falta de puesta a tierra y otros podrán ser identificados y registrados en el sistema de medición y monitoreo para, posteriormente, generar un mensaje de alerta que se podrá visualizar en el panel

de control y en la aplicación móvil, este por medio de una mensaje de texto, para así finalmente el usuario pueda realizar una debida corrección en su red eléctrica y así conocer el estado actual de la misma en términos de calidad y funcionamiento. Finalmente de esta manera gran parte de los problemas que se presentan en una red eléctrica monofásica residencial y comercial que llegan a terminar en un conato de incendio podrán ser minimizados.

El usuario del servicio tendrá a su disposición reportes mensuales del consumo total de energía eléctrica en términos de potencia (kw/h), y así iniciar diferentes prácticas por parte del usuario que disminuyan su consumo, además hacer conciencia de un uso adecuado del recurso.

Finalmente, se pondrá a disposición un módulo de control que gobernado desde el panel y la aplicación móvil, podrá permitir al usuario controlar el encendido y apagado de las conexiones que alimentan la iluminación y los dispositivos como electrodomésticos que conforman la red eléctrica monofásica residencial y comercial. Esto ayudará a que el usuario de la red se sienta más seguro, de manera que el mismo tenga conocimiento del estado actual de cualquier equipo de su red eléctrica; si el mismo se encuentra encendido o apagado, el mismo podrá limitar la alimentación y, posteriormente, el uso de algún dispositivo que el usuario desee restringir por medio de un sistema de bloqueo con una respectiva contraseña.

### **1.3.2 Limitaciones**

El desarrollo de este sistema está enfocado para el usuario del servicio eléctrico, sin embargo no está dentro del alcance que este sea avalado por la institución reguladora del servicio, ya que el tiempo establecido para el desarrollo del proyecto es muy limitado para cumplir con los procesos de revisión e inscripción del sistema ante la identidad reguladora (Aresep).

La aplicación móvil será diseñada exclusivamente para las plataformas Android, esto debido a que la programación de la aplicación dentro de esta plataforma no tendrá ningún impedimento, ya que el código de programación es de carácter abierto para cualquier programador, sin ningún tipo de restricción.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

## **2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL**

Para el entendimiento de este proyecto es necesario tener conocimientos de ingeniería en electrónica dentro del área de control y comunicación, además son necesarios conocimientos básicos de electricidad relacionados con los problemas que pueden presentarse en una red eléctrica, específicamente en una red monofásica ya sea residencial o comercial.

A continuación se presenta una serie de conceptos que fueron recopilados para facilitar el entendimiento del proyecto, por los que deben ser tomados en consideración.

### **2.1.1 Ingeniería Electrónica**

Según Romero (s.f.), la electrónica es una rama de la física y una especialidad de la ingeniería que estudia y emplea sistemas cuyo funcionamiento se basa en la conducción y el control de los electrones.

### **2.1.2 Sistemas Electrónicos**

Romero (s.f.), menciona que los llamados sistemas electrónicos, están formados por componentes, los cuales se ensamblan de forma organizada para poder conseguir la acción necesaria sobre el flujo de los electrones.

**Figura 2. Sistema Electrónico**

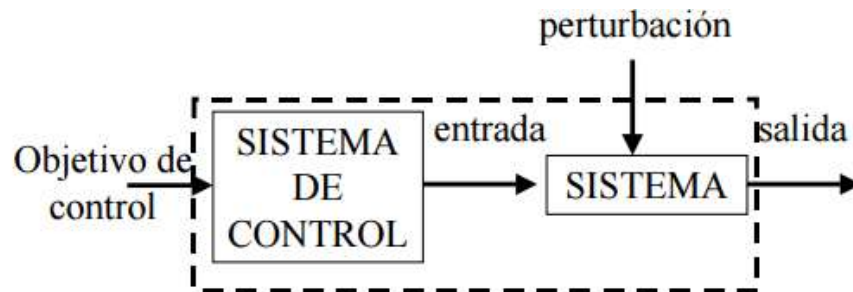


Fuente: [http://2.bp.blogspot.com/-fMCicBVgWWho/UE\\_XpHTs-zl/AAAAAAAAAHE/dj5g37ZJGCA/s1600/circuito+electronico.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-fMCicBVgWWho/UE_XpHTs-zl/AAAAAAAAAHE/dj5g37ZJGCA/s1600/circuito+electronico.jpg)

### 2.1.3 Sistema de Control

Un sistema de control es el conjunto de dispositivos que actúan de manera conjunta para lograr un objetivo de control.

**Figura 3. Sistema de Control**



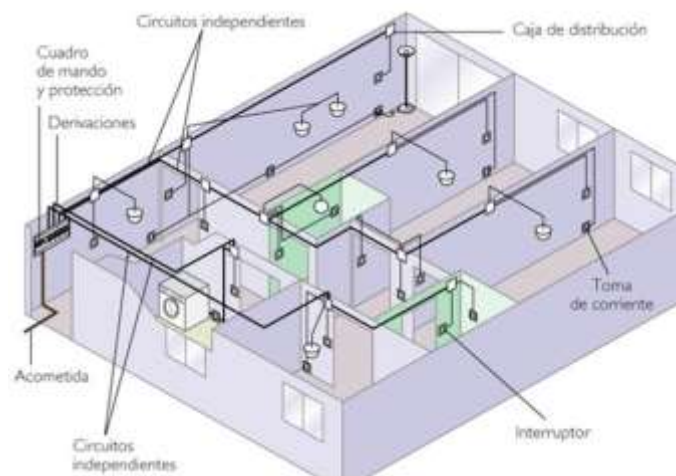
Fuente: [http://www.isa.cie.uva.es/~felipe/docencia/ra12itielec/tema1\\_trasp.pdf](http://www.isa.cie.uva.es/~felipe/docencia/ra12itielec/tema1_trasp.pdf)

### 2.1.4 Instalación Eléctrica

Según Soto (s.f.) se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos los cuales permiten transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos dependientes de esta.

Las instalaciones eléctricas básicas son conformadas por un conjunto de partes como cañerías, conductores, dispositivos de iluminación, toma corrientes, elementos de protección y electrodomésticos que todos se combinan en un sistema para la utilización de la energía eléctrica dentro de una residencia o comercio. Estas descripciones corresponden a la definición de una red eléctrica, para efectos de este proyecto se estudiarán los diferentes problemas que se pueden encontrar en una red eléctrica residencial o comercial.

**Figura 4. Distribución de una red eléctrica**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos100/disenio-electrico-casa/image008.jpg>

### 2.1.5 Instalación de Puesta A Tierra

La puesta a tierra es la conexión eléctrica directa de todas las partes metálicas de una instalación, sin fusibles ni otros sistemas de protección, de sección adecuada y uno o varios electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficies próximas al terreno, no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o la de descarga de origen atmosférico.

### 2.1.6 Corriente de Fuga A Tierra

La corriente de fuga a tierra, es la medida del flujo de corriente a través de la carga que está presente en una red eléctrica, en serie con el conductor de tierra.

**Figura 5. Electrodo Enterrado Para Sistema Puesta A Tierra**



Fuente:[http://www.generadordeprecios.info/imagenes3/iep\\_jabalina\\_1\\_500\\_375\\_4](http://www.generadordeprecios.info/imagenes3/iep_jabalina_1_500_375_4)

8EDCE4A.jpg

### **2.1.7 Corto Circuito Eléctrico**

Es una conexión de poca impedancia entre dos puntos entre los que existe un diferencial de potencial, dando lugar a una corriente de intensidad elevada en comparación con la corriente que soportan los componentes del circuito eléctrico.

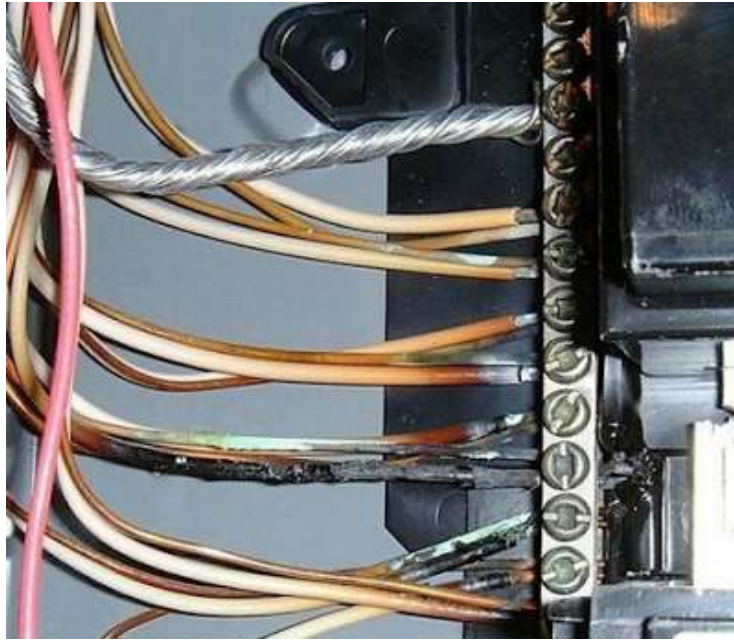
Gómez (s.f.) define corto circuito como un fenómeno eléctrico que ocurre cuando dos puntos entre los cuales existe una diferencia de potencial se ponen en contacto entre sí, caracterizándose por elevadas corrientes circulantes hasta el punto de falla.

### **2.1.8 Sobrecarga Eléctrica**

Se dice que un circuito está sobrecargado cuando fluye una corriente mayor a la que el sistema eléctrico puede soportar, esto genera temperaturas muy altas y los conductores llegan a calentarse, pudiendo llegar a quemarse y derretirse el forro protector que aísla el cobre de los materiales conductores.

Las sobrecargas son generadas debido al exceso de conexiones en un punto específico de la red, donde estas son realizadas sin control alguno de la capacidad máxima de corriente que el sistema puede tolerar.

**Figura 6. Conexión Eléctrica con Sobrecargada**



Fuente:<http://4.bp.blogspot.com/YMnTvFsagEo/UZIWbznurFI/AAAAAAAAAJI/vPY>

14iVQiMc/s400/Circuito+con+sobrecarga.png

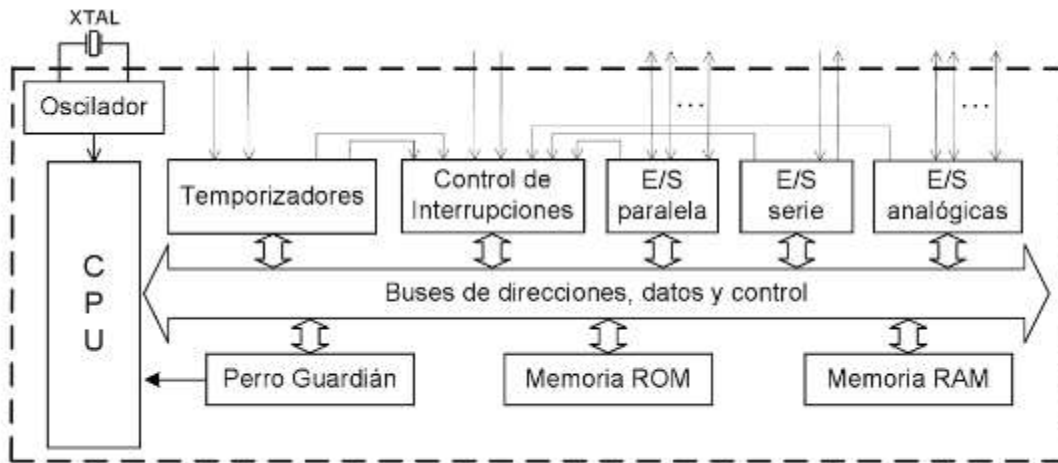
## **2.2 MARCO DE LA GESTIÓN DEL PROYECTO**

### **2.2.1 Microcontrolador**

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico capaz de realizar procesos lógicos, estos procesos son programados previamente por un usuario y son introducidos al microprocesador a través de un programador por medio de un leguaje como ensamblador. Según Valdés y Pallás (2007, p.14) indican:

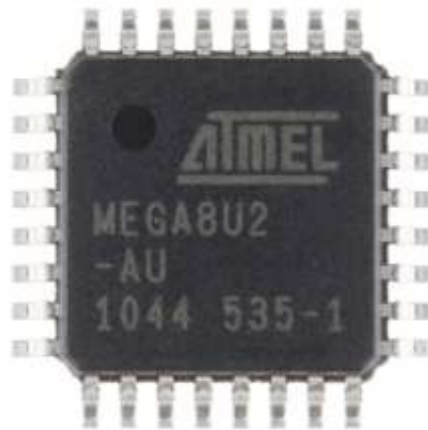
Un microcontrolador combina los recursos fundamentales disponibles en un microcomputador, es decir, la unidad central de procesamiento (CPU), la memoria y los recursos de entrada y salida, en un único circuito integrado.

**Figura 7. Diagrama de Bloques General de un Microcontrolador**



Fuente: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ODenKGOHMRkC&oi=fnd&pg=PA9&dq=microcontrolador&ots=ulvQ2l894B&sig=LWglWp6TVKvQvO84iwTyr7hOfkM#v=onepage&q=microcontrolador&f=false>

**Figura 8. Microcontrolador ATmega8U2**



Fuente: <https://cdn.sparkfun.com//assets/parts/4/6/6/9/13703-02.jpg>

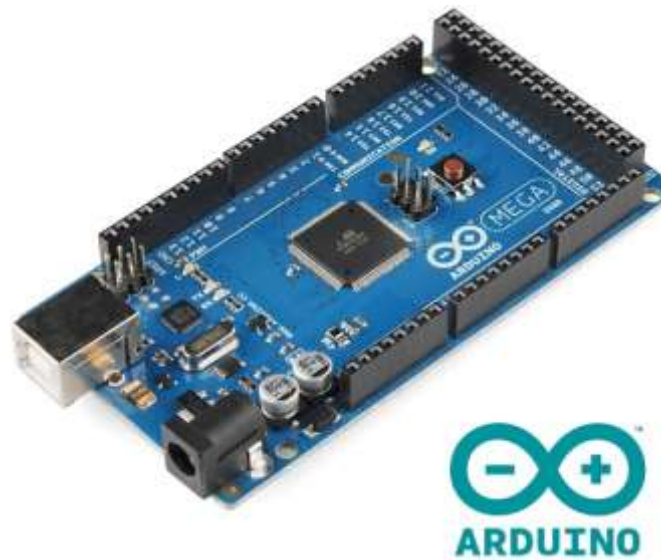
Para este proyecto, se utilizará el microprocesador mostrado en la figura 8, el cual se encuentra añadido a la placa de principal del Arduino Mega, el cual se encargará de ejecutar y procesar las instrucciones que serán determinadas, según

el código de programación implementado para el proyecto, además de los resultados de las variables obtenidas por los diferentes sensores del sistema electrónico de control que pretende construir.

### 2.2.2 Arduino Mega 2560 R3

El Arduino mega 2560 R3 se basa en el microcontrolador ATmega8U2, posee 54 pines de entradas/salidas digitales, además de 16 entradas analógicas, trabaja con un cristal oscilador de 16 Mhz, incorpora todo lo que necesita el microcontrolador para poder trabajar. El Arduino Mega es compatible con la mayoría de los shields diseñados para otros tipos de Arduino (Arduino, s.f.).

**Figura 9. Arduino Mega 2560 R3**



Fuente: [http://arduino.cl/wp-content/uploads/2014/09/MCI-TDD-00757\\_Arduino-](http://arduino.cl/wp-content/uploads/2014/09/MCI-TDD-00757_Arduino-)

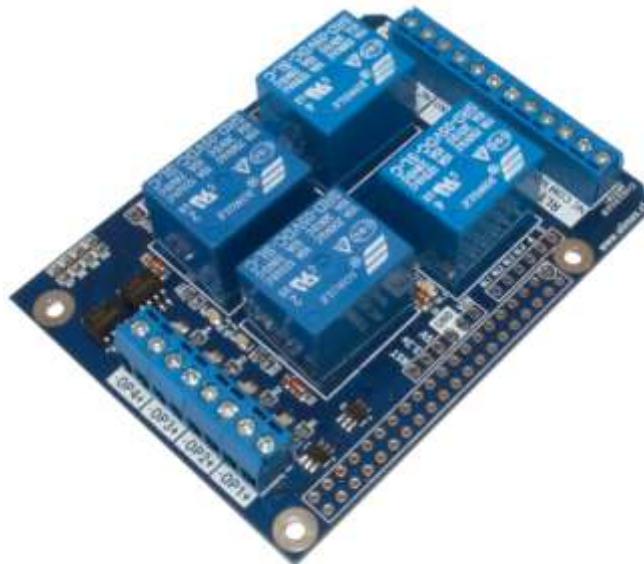
Mega-2560.jpg

### 2.2.3 Arduino 4-Relay Shield

Los shields de Arduino son tarjetas que pueden ser conectadas junto con la tarjeta principal de Arduino para extender sus capacidades, los diferentes shields siguen la misma filosofía de diseño que la placa principal de Arduino, siendo estas de fácil acople.

La 4-Relay Shield tiene 4 entradas optoacopladas para recibir señales de voltaje de 9VDC sin el problema de quemar el Arduino, permitiendo encender o apagar hasta 4 aparatos electrónicos como luces, televisores, equipo de audio, alarmas, entre otros (Arduino, s.f.).

**Figura 10. Relay Shield**



Fuente: [http://arduino.cl/wp-content/uploads/2015/06/DSC\\_0503.jpg](http://arduino.cl/wp-content/uploads/2015/06/DSC_0503.jpg)

## 2.2.4 Sistema Operativo Android

Android es un sistema operativo que fue diseñado para dispositivos móviles, y está basado en el sistema operativo Linux, el código y software que componen el sistema están disponibles para consultas y modificaciones por cualquier persona que lo desee, cualquier programador interesado puede adaptar el sistema operativo Android en cualquier equipo o dispositivo informático. Esto ha incrementado el interés de los programadores por diseñar diferentes aplicaciones que facilitan y brindan las herramientas necesarias para poder realizar muchas de las tareas cotidianas que se realizan en el transcurso del día a día de una persona.

Según Blanco et al. (2009,16) Android es una solución completa de software de código libre para teléfonos y dispositivos móviles. Es un paquete que engloban un sistema operativo, un "runtime" de ejecución basado en Java, un conjunto de librerías de bajo y medio nivel y un conjunto inicial de aplicaciones destinadas al usuario final (todas ellas desarrolladas en Java).

**Figura 11. Aplicación para dispositivo móvil**



Fuente: <http://appio.es/content/uploads/aplicaciones-movil-2-648x276.png>

## 2.2.5 Declaración de las variables y estructura de lenguaje para Arduino

Tabla 1. Estructura del lenguaje de programación para Arduino

Estructuras del Lenguaje de programación de Arduino					
Estructuras de Control	Sintaxis	Operadores Aritméticos	Operadores de comparación	Operadores Booleanos	Operadores Compuestos
if	; (punto y coma)	plus (adición)	== (igual a)	&& (and)	++ (incremento)
if...else	{ } (paréntesis de corchetes)	- (sustracción)	!= (distinto a)	(or)	- (decremento)
for	// (comentario simple de línea)	* (multiplicación)	< (menor que)	! (not)	+= (adición compuesta)
switch case	/* */ (comentario multilínea)	/ (división)	> (mayor que)		-= (sustracción compuesta)
while		% (módulo)	<= (menor o igual que)		*= (multiplicación compuesta)
do... while			>= (mayor o igual que)		/= (división compuesta)
break					
continue					
return					

Fuente: Elaborado por el autor basado en <http://arduino.cl/programacion/>

**Tabla 2. Variables para el Lenguaje de Programación en Arduino**

<b>Variables</b>	
<b>Constantes</b>	<b>Tipos de Datos</b>
HIGH   LOW	boolean
INPUT   OUTPUT	char
true   false	byte
Integer Constants	int
	unsigned int
	long
	unsigned long
	float
	double
	string
	array

Fuente: Elaborado por el autor basado en <http://arduino.cl/programacion/>

## **2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.**

### **2.3.1 Impacto Ambiental y Económico**

El impacto ambiental se manifestará dentro de este proyecto, una vez que los usuarios puedan disponer del sistema propuesto, donde los mismos podrán controlar y monitorear el consumo eléctrico dentro de sus redes eléctricas, para así realizar una gestión optimizada del recurso, el cual es la energía eléctrica.

El poder tener una gestión optimizada de este recurso va permitir que la producción de la energía eléctrica sea acorde a lo que realmente necesitan los

usuarios, para realizar muchas de las actividades cotidianas que son indispensables para el desarrollo de un comercio o las tareas dentro de una residencia. Todo esto permite que las fuentes de producción de energía eléctrica como son la generación hidroeléctrica y eólica del país se vean beneficiadas de manera tal que se dará una producción eficiente de la energía ya que el uso de la misma será optimizado, esto significara que se podrá disponer de un mayor tiempo de estos recursos, donde temporadas de verano donde por las sequias se presentan, dejaran de ser una amenaza significativa para la continuidad del servicio eléctrico.

Todo esto beneficiara a nuestra sociedad ya que brindara más tiempo para buscar otras fuentes de producción de energía eléctrica que ayuden a complementar las ya existentes de manera que se logre tener otras opciones antes de llegar a agotar los recursos existentes de hoy en día o bien lograr sustituirlas por otras.

Económicamente el país será uno de los beneficiados, una vez que la producción de la energía eléctrica sea gestionada de manera adecuada, ya que se conoce que la producción para el país representa costos muy elevados donde muchas veces deja de ser un negocio para las compañías eléctricas del país y pasa a un plano donde la distribución del servicio eléctrico se continua realizando

por un compromiso de carácter nacional que las instituciones cumplen de manera noble, pero que no deja de ser un dolor de cabeza.

El bolsillo de los usuarios también será uno de los beneficiados económicamente ya que trabajando bajo la misma lógica donde un uso optimizado del recurso, representara una ganancia bastante atractiva y significativa, donde en muchos de los casos ya dependiendo de las mejoras realizadas dentro de los sistemas eléctricos y mejoras de gestión del recursos pueden llegar a significar un importante ahorro en las tarifas mensuales del servicio. En definitiva, se trata de reducir significativamente el impacto ambiental de todo el sistema de suministro de electricidad, optimizando su consumo.

### **2.3.2 Impacto Social del Proyecto**

El proyecto impactara de manera social directamente a los usuarios de las redes eléctricas que además de hacer uso de las mismas, también disponen de un servicio de electricidad suministrado por una compañía eléctrica. El impacto se dará de manera que estos usuarios podrán tener facilidades de que hoy en día son necesarias para el desarrollo de las vidas cotidianas de los mismos, donde muchas de las tareas que se realizan dentro de una red eléctrica monofásica, ya sea en un comercio o residencias serán fácilmente ejecutadas desde la comodidad de una aplicación móvil, la mismas permitirá un control y monitoreo de las redes para los usuarios en un tiempo real.

### **2.3.3 Seguridad**

Los usuarios de las redes eléctricas se sentirán más seguros teniendo a su disposición una aplicación móvil que les permita, monitorear y controlar de manera remota la red eléctrica de la cual hacen uso.

## **2.4 ANTECEDENTES DEL PROYECTO**

Actualmente, en Costa Rica, no se han encontrado proyectos similares al que pretende ejecutarse dentro de los sistemas eléctricos para el gran área metropolitana, sin embargo se ha podido encontrar antecedentes de propuestas muy similares en el país de España, donde una compañía llamada UVAX que ha trabajado aportando soluciones tecnológicas desde 1992, con un gran interés en la innovación tecnológica está aportando una innovación aplicada y de mejoras en procesos industriales y soluciones reclamadas por la sociedad moderna.

Algunos ejemplos de los proyectos que se desarrollan dentro de la compañía actualmente de una manera paralela y que poseen características similares al proyecto propuesto para las redes eléctricas del país son:

### **2.4.1 Smart Cities**

El cual ayuda a gestionar recursos, ahorrar energía y crear una nueva evolución de las ciudades.

**Figura 12. Concepto de Smart Cities**

Fuente: <http://uvax.es/wp-content/uploads/2014/09/graf-nuestros-servicios.jpg>

#### 2.4.2 Smart Grid

La compañía ha desarrollado una plataforma que permite la supervisión y automatización de una red eléctrica en los centros de subestación utilizando tanto las líneas de mediana tensión, como las de baja tensión, facilitando la integración de la energía que se distribuye, la gestión de la red eléctrica y el servicio al consumidor.

**Figura 13. Concepto de Smart Grid**

Fuente: [http://uvax.es/wpcontent/uploads/2014/09/02infografia\\_smartgrid.jpg](http://uvax.es/wpcontent/uploads/2014/09/02infografia_smartgrid.jpg)

### 2.4.3 Customer Energy Management (CEM)

Finalmente uno de los ejemplos de soluciones que presenta la compañía europea UVAX que más se acerca a la propuesta para el desarrollo del sistema de control y monitoreo de una red eléctrica monofásica en Costa Rica es el CEM (Customer Energy Management), el cual la compañía lo presenta como el diseño y la fabricación de un sistema de soluciones completas que permitan una fácil gestión y control del consumo de la energía eléctrica desde cualquier dispositivo móvil u ordenador.

**Figura 14. Concepto de CEM**



Fuente:[http://uvax.es/wpcontent/uploads/2014/09/04infografia\\_energy1.jpg](http://uvax.es/wpcontent/uploads/2014/09/04infografia_energy1.jpg)

UVAX (s.f.), presenta diferentes soluciones para que viviendas, negocios e industrias sean capaces de optimizar la captura y almacenamiento de su energía eléctrica o controlar el consumo de sus aparatos eléctricos.

Según UVAX (s.f.) el sistema CEM permite a los clientes monitorizar y controlar sus aparatos eléctricos desde cualquier lugar. Una de sus funcionalidades es el reconocimiento de patrones, reconocer cuándo y qué dispositivos están encendidos o apagados y controlar su consumo de energía midiendo los datos en tiempo real.

**Figura 15. Arquitectura del Sistema CEM**



Fuente: [http://uvax.es/wpcontent/uploads/2014/09/04solucion\\_energy1.jpg](http://uvax.es/wpcontent/uploads/2014/09/04solucion_energy1.jpg)

**Tabla 3. Características y Ventajas del Sistema CEM**

<b>Características del CEM</b>	<b>Ventajas para consumidores</b>	<b>Ventajas para distribuidores</b>
Registro del consumo total del hogar o industria	Ahorros de energía estimados desde un 15% a un 27%.	Control y previsión del consumo de energía
Reconocimiento individual de los aparatos eléctricos para gestionarlos de forma remota	Concienciación de consumo de energía al conocer en tiempo real tus consumos	Eliminación de picos indeseados
Aprovechamiento óptimo de las diferentes tarifas eléctricas diarias	Mayor control para la toma de decisiones en cuanto al uso de la energía	Tarificación a medida
Envío de alertas vía SMS o email		

Fuente: Elaborado por el autor basado en <http://uvax.es/soluciones/energy/cem/>

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

## **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1.1 Finalidad**

La finalidad de este proyecto es de tipo aplicada ya que conlleva el diseño de un prototipo que será parte del sistema de control y monitoreo, el cual será aplicado dentro de una red eléctrica monofásica residencial y comercial.

Según Zorilla (1993), La investigación aplicada busca el conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar.

### **3.1.2 Dimensión Temporal**

La dimensión temporal será de carácter transversal, debido a que la investigación abarca e inicia desde las habilidades de pensamiento de orden inferior, hasta llegar al orden superior, donde se inicia desde el recordatorio y comprensión de los sujetos de estudio para conllevar el proyecto, hasta la creación, diseño e implementación del prototipo para el sistema.

### **3.1.3 Marco**

El marco para la investigación será del orden macro, ya que pretende instalarse el prototipo del sistema dentro de las redes eléctricas monofásicas residenciales y comerciales en la Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica.

### **3.1.4 Naturaleza**

La naturaleza de la investigación será de índole cuantitativa, ya que las variables de estudio podrán ser medidas y cuantificadas. Muchas de las

variables de estudio serán mediciones de magnitudes físicas que ayudaran a comprender el funcionamiento de los sistemas en estudio. Además, se realizarán tablas con promedios ponderados para conocer comportamientos y tendencias de algunos servicios como de los mismos sistemas.

### **3.1.5 Carácter**

Según Porto y Merino (2008), proyecto es el conjunto de las actividades que desarrolla una persona o una entidad para alcanzar un determinado objetivo, conociendo esta definición podemos decir que el carácter de esta investigación es de proyecto, ya que en la misma se incluyen ciertas actividades establecidas por el autor para alcanzar un objetivo general.

## **3.2 DISEÑO METODOLÓGICO**

### **3.2.1 Metodología para la Propuesta de Mejora y Construcción de un Prototipo de Medición y Control de una Red Eléctrica Monofásica Residencial y Comercial.**

#### **I Objetivo: Diagnosticar el Estado Actual de la red**

El conocer previamente el estado actual de la red eléctrica monofásica residencial o comercial ayudará a tener detalles propios de la misma, identificando los primeros indicios de problemas que se encuentran dentro de la red eléctrica sobre la cual se pretende implementar el sistema propuesto.

Para poder cumplir con el primer objetivo se plantea realizar una lista de chequeo, en la cual se podrá verificar el estado actual de la red, mediante el

conocimiento de las variables que ayudan a determinar dicho estado como son: diseño, condición de los componentes de la red, el tipo de cableado, protecciones y conexiones de la red. La lista de chequeo se llevara a cabo mediante una inspección visual de las variables en estudio que acompañado de un conocimiento previo de electricidad y electrónica se podrá obtener un diagnóstico del estado actual de la red eléctrica en términos generales, esto sin profundizar en más detalles, los cuales se piensan abarcar posteriormente con el sistema propuesto.

## **II Objetivo: Construir el Prototipo de un Sistema que se Encargue de Medir y Monitorear los Valores de Tensión y Corriente que se presentan en una Red Eléctrica Monofásica Residencial y Comercial**

El desarrollo de este segundo objetivo se llevara a cabo mediante la consulta a profesionales en ingeniería electrónica y una investigación bibliográfica, para de esta manera conocer los requerimientos mínimos del sistema y el funcionamiento de sus principales componentes.

Luego de conocer los requerimientos mínimos y tener un panorama más claro de las funciones que el sistema debe realizar, se determinarán los componentes principales por utilizar para la construcción del prototipo, describiendo el funcionamiento de los mismos dentro del sistema.

Estos componentes serán parte del hardware, el cual deberá trabajar complementariamente con el software, esto conllevara a una programación de instrucciones y tareas que el microcontrolador, los sensores y actuadores deberán ejecutar de manera sujeta al código de programación.

Finalmente, es necesario realizar una revisión de diferentes fuentes de información para conocer sobre el lenguaje de programación que se utilizará para abarcar la elaboración del software que trabajará en conjunto con el hardware que, a su vez, conformarán el sistema propuesto que pretende implementarse dentro de la red monofásica.

### **III Objetivo: Crear una aplicación móvil que permita el control y monitoreo del sistema por parte del usuario de manera remota**

El tercer objetivo será abarcado inicialmente mediante una investigación de diversas fuentes tanto bibliográficas como de contenido audiovisual, la misma deberá abarcar información acerca de aplicaciones móviles y los dispositivos móviles, donde trabajan las mismas. Cumplir con este objetivo es de suma importancia, ya que la tendencia actual de todo sistema, dispositivo o herramienta que ayuda a facilitar muchas de las tareas diarias que realizamos las personas, han sido llevadas a nuestras manos, donde por medio de una instrucción dada de parte de un usuario desde una aplicación móvil que se conecta de manera inalámbrica a los diferentes sistemas, puede ejecutar innumerables tareas de manera remota. Se pretende que el sistema propuesto pueda realizar todas las tareas que se logran desde el panel de control, así como desde la aplicación móvil.

Posteriormente, a la revisión de las fuentes de información se procederá al desarrollo de la aplicación móvil, implementando los conocimientos adquiridos.

### **3.2.2 Metodología para la Implementación del Proyecto**

**IV Objetivo: Implementar el sistema de control y monitoreo en una red eléctrica monofásica residencial y comercial, a nivel de prueba para la detección y corrección de posibles errores**

Para la implementación del prototipo creado se procede a su instalación dentro de una red monofásica residencial y una red comercial para la recopilación y valoración de los datos de interés, realizando así un estudio de las siguientes variables: funcionamiento del sistema dentro de la red, acoplamiento del sistema junto con las partes que lo conforman a la red eléctrica, y la comunicación del sistema con la aplicación móvil. Estas variables se mantendrán en estudio por un periodo de prueba, al finalizar el periodo de prueba se realizara el levantamiento de los datos y la valoración de los mismos para así conocer si los resultados son acorde al funcionamiento deseado en la instalación del sistema dentro de la red eléctrica monofásica.

### **3.2.3 Metodología para la Verificación, Aseguramiento, Control y Seguimiento del Proyecto**

**Objetivo V: Evaluar la relación costo-beneficio del sistema de control y monitoreo de la red eléctrica**

En esta sección se espera lograr argumentar la sostenibilidad del prototipo, mediante su comparación con sistemas o servicios similares. Para evaluar si el proyecto tiene rentabilidad alguna, se realizará un análisis de costo beneficio, donde se incluirán variables como la inversión inicial, adquisición de los materiales, costos y tiempos de fabricación del prototipo, así como su rentabilidad de la misma manera sujetos de estudio como el ahorro o la disminución que podrá obtener dentro del consumo eléctrico gracias al funcionamiento adecuado del prototipo que podría traducirse como una ganancia, estos son datos importantes en esta evaluación, ya que posteriormente serán utilizados para conocer la rentabilidad del proyecto, porque serán comparados con tecnologías, herramientas o servicios similares al sistema que se propone, y que, hoy en día, son ofrecidos dentro o fuera del país, para así, finalmente, poder demostrar las ventajas que el sistema propuesto ofrece sobre las opciones existentes en el mercado actual.

## **CAPÍTULO IV. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO**

## 4.1 DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

### MONOFÁSICOS

Para el desarrollo de la propuesta inicialmente es necesario tener un panorama general del estado actual de las redes eléctricas monofásicas, conociendo su estructura y prácticas de diseño, para así identificar los problemas más comunes dentro de estas

La red eléctrica monofásica que desea diagnosticarse es del tipo trifilar, esto quiere decir tres hilos, los cuales son las dos líneas activas y el neutro, no se considera la tierra, porque en teoría es una conexión externa a la red eléctrica, y no es parte del funcionamiento habitual de la red, solo es parte de una protección a la misma.

Para llevar a cabo el diagnóstico de esta red, se elaboró una lista de chequeo que permitió identificar los problemas y carencias más comunes dentro de las redes comerciales y residenciales, a partir de una evaluación en los tableros eléctricos principales para cada red, tanto a nivel residencial como comercial. Esta herramienta utilizada para la recolección de los datos, puede encontrarse dentro del **Apéndice A** del documento. El levantamiento de las listas de control se llevó a cabo dentro de la Gran Área Metropolitana (GAM), obteniendo datos de redes ubicadas en San José, Cartago y Heredia, tanto en residencias como comercios.

Ya que dentro de todo el territorio costarricense todas las redes eléctricas se basan en un mismo código eléctrico se determinó desarrollar las pruebas dentro del Gran Área Metropolitana, por la facilidad de acceso por parte del

investigador. El objetivo fue identificar los problemas más comunes que se presentaron dentro de los casos que fue posible estudiar y evaluar.

Para realizar el levantamiento de las listas de control se procedió a visitar tanto comercios y residencias por parte del investigador, en diferentes puntos de la Gran Área Metropolitana para obtener una muestra variada.

Para completar la muestra de redes eléctricas comerciales se solicitó la colaboración del Técnico Electrónico Industrial el señor Diego Jiménez Rivas Cedula: 1-1570-0505, que, actualmente, se desempeña dentro del campo de sistemas electrónicos de potencia para redes eléctricas, realizando funciones de mantenimiento preventivo a los sistemas de potencia, lo que le permite tener un contacto diario con las redes en estudio. Inicialmente se le capacitó al técnico para que el mismo logre realizar la lista de control; seguidamente, el técnico durante su labor profesional procedió a completar las listas de control en algunos de los comercios visitados.

Al completar la muestra deseada se inició un proceso de evaluación de los datos, que junto a las conversaciones que se mantuvieron con los propietarios de los comercios y residencias visitadas, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Problemas como la falta de un sistema de puesta a tierra dentro de las redes eléctricas monofásicas son muy comunes, el personal que realiza las conexiones por falta de conocimiento utilizan los puntos de tierra como neutro y esto genera problemas de polaridad dentro de las redes, provocando flujos de corriente que circulan por la conexión de tierra, siendo dañinas para la red y los usuarios de estas.

- Se concluyó que los usuarios de redes tipo residenciales no se preocupan por identificar a qué circuito corresponden las protecciones que se ubican dentro de los tableros eléctricos.
- Las redes eléctricas residenciales en su mayoría no respetan el código de colores para el cableado de la red, por otro lado, en las redes comerciales se notó un comportamiento variado algunas redes lo cumplen y otras no.
- Los usuarios de las redes se preocupan por la ubicación que determinan para sus tableros principales, ya que se encuentran ubicados de una manera adecuada en lugares seguros y de fácil acceso.
- Se identificaron casos en donde cableados que corresponden a algún circuito de la red se conectan directamente a la barra de la línea viva, sin antes pasar por algún dispositivo de protección para una adecuada conexión.
- Algunas redes eléctricas, sobre todo, las comerciales por problemas de diseño, no realizan una adecuada distribución de sus cargas y consumos entre las dos fases, donde la mayoría de circuitos están conectados a una sola fase, dejando totalmente libre la otra fase; esto crea un gran desbalance entre ambas y puede generar en un futuro una posible sobrecarga en la fase recargada.
- Se identificó que los usuarios de las redes eléctricas no poseen algún sistema o servicio similar al que pretende desarrollarse, que brinde información importante y le permita a los usuarios corregir problemas de la red de una manera preventiva, esto antes de sufrir consecuencias que se den a raíz de los problemas que presenta la red eléctrica.

Gracias a las conversaciones que se llevaron a cabo con los propietarios de las redes eléctricas en estudio, durante el levantamiento de las listas de chequeo se lograron determinar algunos puntos importantes que a continuación se nombran.

Se identifica que a la fecha son pocos los usuarios de las redes eléctricas que se preocupan por el estado en que se encuentran estas, ya que muchos usuarios han instalado sus redes eléctricas desde hace más de 10 años, donde se han realizado varios cambios y modificaciones a la misma, sin embargo durante este periodo no se ha elaborado un análisis del estado de la red.

La mayoría de problemas durante la construcción de las redes eléctricas se debe a que la mayoría de usuarios contratan personal poco calificado que llega a cometer errores muy básicos en la instalación de la red o bien en algún cambio dentro de la misma.

#### **4.1.1 Descripción del sistema eléctrico monofásico**

La normativa llamada supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y media tensión (AR-NT-SUCOM), determina una amplitud de tensión nominal en redes de distribución en baja tensión, entre líneas activas de 240 voltios, entre líneas y neutro 120 voltios.

Según la capacidad de potencia que genera una red eléctrica monofásica de baja tensión es de 12 kilo watts, lo cual representa una corriente máxima del sistema para 100 amperios aproximadamente. Según la normativa para la acometida de una red eléctrica no se requieren conductores de una capacidad superior a los 150 amperios.

Las conexiones de los circuitos dentro de la red eléctrica, deben tener un punto en común, este punto generalmente son los tableros eléctricos donde se realizan las conexiones de las líneas vivas, los neutros y los sistemas de protección, además de la conexiones de cada circuito a la protección de tierra, una conexión de una red eléctrica monofásica común se puede observar en la siguiente Figura.

**Figura 16. Red Eléctrica Monofásica**



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 16 se muestra la conexión habitual de una red eléctrica, se puede observar que las conexiones de los circuitos son protegidas por dispositivos

llamados disyuntores, que se encargan de interrumpir la conexión en el momento que se supera la corriente máxima del circuito.

Lograr tener una red eléctrica que funcione en óptimas condiciones no solo permite a los usuario tener una mayor tranquilidad y seguridad de su bien inmueble, también permite al mismo poder reducir el gasto de energía y utilizar más eficientemente la misma, ya que es de suma importancia poder utilizar nuestros recursos de la manera más correcta debido a que nos sabemos si en un futuro los seguiremos teniendo a mano como hoy en día.

## **4.2 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MONITOREO Y CONTROL PARA REDES ELÉCTRICAS MONOFÁSICAS**

### **4.2.1 Requerimientos del sistema**

Para el diseño y desarrollo del proyecto es necesario establecer primeramente cuáles son los requerimientos básicos que debe tener el sistema a desarrollar, con el fin de que responda a las necesidades identificadas por profesionales en Ingeniería Electrónica. Para esto se utilizó como instrumento de consulta un cuestionario el cual se puede observar en el Apéndice B, que se aplicó a través de entrevistas dirigidas al Ing. Víctor Cruz Quesada, cedula: 1-1015-0764 y al Ing. José Zúñiga Loría, cedula: 1-1452-0465, las cuales se pueden observar en el **Apéndice B**. Basado en las respuestas y conversaciones establecidas con los señores Cruz y Zúñiga que trabajan dentro del campo de sistemas de potencia para redes eléctricas, y cuya experiencia permite aportar al proyecto una visión amplia de las necesidades del sistema, se determinan a continuación los siguientes puntos:

El prototipo del sistema debe ser capaz de monitorear para una red eléctrica monofásica comercial o residencial los siguientes valores:

- Tensiones entre neutro y tierra.
- Corriente que circula en tierra.
- Consumo de potencia en términos de kw/h.
- Variaciones de voltaje en el flujo eléctrico.
- Posibles Sobrecargas.

Además de contar con la función de monitoreo, el sistema debe ser capaz de interpretar los valores monitoreados y generar alertas para los valores que no sean óptimos en el buen funcionamiento de la red eléctrica. Por lo tanto, el sistema al ejecutar el código de programación genera las alertas de la siguiente manera:

- Alerta por sobrecarga: Esta alerta se genera al superarse un 80% de la capacidad máxima de corriente que circula a través del conductor que está siendo monitoreado, esto se logró identificar gracias a la conversación que se mantuvo con el señor Cruz, donde en una breve explicación comenta que los disyuntores comerciales y usados usualmente dentro de las redes en estudio, aunque son identificados con una capacidad máxima, realmente es el 80% de esta y no la rotulada.
- Alerta corriente de tierra: Esta alerta se genera una vez que el sistema monitorea un valor igual o mayor a 1 amperio, ya que durante las entrevistas con los ingenieros se determinó, que corriente circulando por la conexión de tierra es dañino tanto para la red como para los usuarios de la misma.

- Alerta voltaje neutro y tierra: Esta alerta se activa luego de superar los 3 voltios. Este problema está relacionado con la conexión existente entre neutro y tierra, se sugirió un valor pequeño y, a la vez, significativo que permita identificar el problema desde sus inicios.
- Alerta desbalance de consumo: Esta alerta se debe presentar una vez que el flujo de corriente en alguna de las fases sea igual o mayor a un 80% con respecto a la fase restante.

También se sugiere que el sistema permita controlar el encendido y apagado de algunos circuitos de la red eléctrica de una manera remota. Se espera que la implementación del sistema mediante el monitoreo y la generación de alertas permita al usuario tener conocimiento del estado actual de su red eléctrica, para que de esta manera el usuario pueda tomar acciones correctivas para la prevención de problemas en su red eléctrica.

Se pretende que el usuario pueda tener conocimiento del consumo que la red está presentando durante el periodo actual de la facturación, para que pueda controlar el gasto de energía de una manera eficiente.

Dados estos requerimientos se procede al diseño del sistema, el cual consta de cuatro etapas fundamentales que se deben de comunicar entre sí, para permitir el correcto funcionamiento, estas etapas son:

- Monitoreo de la red.
- Procesamiento de la información.
- Comunicación GSM.
- Control de dispositivos conectados a los circuitos de la red.

#### **4.2.2 Componentes Principales del Sistema**

Después de determinar los requerimientos se procede a definir los dispositivos y componentes que el prototipo del sistema requiere. Todas las partes involucradas en el diseño del sistema deben de estar conectadas entre sí y gobernadas por un sistema de control, este sistema es el microcontrolador Arduino uno, el cual contiene ciertas entradas y salidas que permiten tanto las funciones de monitoreo y de control en el prototipo.

Dentro del programa que el Arduino ejecuta, cuenta con una función de ciclo que permite al sistema tener un monitoreo remoto en tiempo real y mantener una actualización constante de las lecturas tomadas por el sistema, lo cual ayuda a identificar algunos problemas que la red puede presentar, mediante la función de generación de alertas que el sistema posee.

Para conocer en detalle cómo funciona el microcontrolador Arduino y todos los diferentes componentes que interactúan con el mismo se realizaron constantes consultas a diversas fuentes de información, en este caso se contó con el libro de apoyo “Libro Básico de Arduino”, confeccionado por la Tienda de Robótica y el Equipo de Cosas de Mecatrónica en la ciudad de Bogotá, Colombia en el año 2012, así como diversos tutoriales encontrados en blogs relacionados a la electrónica. Para efectos del libro mencionado, además de brindar información valiosa sobre los componentes del prototipo, también dentro de su contenido explica de una manera clara y concisa el lenguaje de programación que se utiliza dentro de la interface de programación Arduino IDE, de manera que también fue necesaria la constante consulta del libro para el desarrollo del código durante la programación. Las consultas realizadas tuvieron el fin de

definir el concepto y funcionamiento de los principales componentes del sistema los cuales se mencionan a continuación.

#### **4.2.2.1 Pantalla de cristal líquido (LCD)**

La pantalla de cristal líquido comúnmente llamada LCD por sus siglas en inglés que quieren decir Liquid Crystal Display, es una pantalla delgada y plana de muy bajo consumo de energía eléctrica.

Para este proyecto se utilizó un LCD con una matriz de 16x2, esto quiere decir que se dispone de 2 filas con 16 caracteres cada una, este dispositivo se empleó dentro del sistema de control y monitoreo, para lograr visualizar las mediciones que el sistema realiza, además de representar las alertas que se pueden generar durante el monitoreo, también para poder visualizar los estados de encendido y apagado, dentro del modo de control del prototipo.

**Figura 17. Pantalla LCD**



Fuente: <http://www.lopacan.es/PANTALLA-LCD-16X2-I2C-SERIAL-RETROILUMINADA-VERDE>

#### **4.2.2.2 Módulo SIM900 GSM/GPRS**

Es una tarjeta electrónica totalmente compatible con el sistema Arduino, su comunicación con el Arduino es por medio de los puertos serial que posee el microcontrolador y es de manera inalámbrica, la tarjeta está configurada y controlada por vía UART usando comandos AT. Es ideal para sistemas remotos, comunicación recursiva y puntos de control; por medio de mensajes de texto.

Esta placa tiene una facilidad de conexión con la placa Arduino, ya que los pines del módulo GSM concuerdan en posición con los pines del Arduino, de manera tal que solo basta con colocar la tarjeta GSM sobre la tarjeta de Arduino y la comunicación será exitosa. La tarjeta posee dos puntos de conexión para conectar la antena, uno directamente a la tarjeta y el otro por medio de un cable que se conecta en un extremo a la tarjeta y el otro a la antena. Se puede utilizar cualquiera de los dos puntos de conexión, esto depende de la posición y estética que requiera el proyecto.

Dentro de los requerimientos de diseño se propuso tener una aplicación móvil que se comunicara de manera inalámbrica al sistema de control y monitoreo, pensando en que se deseaba tener control desde la aplicación a largas distancias, donde una comunicación por medio de un módulo bluetooth era muy limitada ya que los rangos de distancia son entre los 30 metros y los 100 metros dependiendo de cada módulo. Se encontró la manera de comunicación

deseada por medio de este módulo GSM, donde la cobertura de esta señal es muy extensa a lo largo del territorio costarricense.

**Figura 18. Módulo GSM Conectado a la Placa de Arduino**



Fuente: <https://www.sainsmart.com/sim900-gprs-gsm-board-quad-band-module-kit-for-arduino-high-quality-new.html>

#### **4.2.2.3 Pulsadores de Membrana**

El pulsador es un dispositivo que permite el flujo de corriente mientras es accionado, cuando ya no se presiona vuelve a su posición de reposo y deja de permitir el flujo de corriente, según el Libro Básico de Arduino diseñado por la Tienda de Robótica et al, "...un botón de un dispositivo electrónico funciona por lo general como un interruptor eléctrico, es decir en su interior tiene dos contactos, si es un dispositivo NA (normalmente abierto) o NC (normalmente cerrado), con lo que al pulsarlo se activará la función inversa de la que en ese momento este realizando" (2012, p.29).

Los utilizados para el proyecto son activados al ser pulsados con el dedo y permiten el flujo de 12 voltios y 50 milis amperios, con una resistencia de contacto máxima de 30 mega ohm; además ocupan una fuerza de maniobra muy baja de aproximadamente 130 g. Para efectos del proyecto estos dispositivos son los encargados de la etapa de control que el prototipo del sistema requiere. Uno de los pulsadores llamado control es el encargado de ingresar y salir del modo de control dentro del sistema, los pulsadores restantes son los encargados de las funciones de encendido y apagado dentro del modo de control.

Todos los pulsadores trabajan en conjunto antes de entrar al modo de control donde por medio de una serie de combinaciones según el orden en que se presiona cada dispositivo se crea una contraseña de ingreso al modo de control.

**Figura 19. Pulsador de Membrana Abierto en Reposo**



Fuente: <http://electronica.mercadolibre.com.ar/componentes-electronicos-en-cordoba/micro-pulsadores-electronico>

#### **4.2.2.4 Sensor de Corriente AC SCT-013-100**

Para censar las diferentes corrientes que circulan dentro de una red eléctrica monofásica, ya sea las corrientes que circulan por las líneas vivas, el neutro o bien el sistema de tierra. Es necesario la utilización de un sensor de corriente que se acopla a un circuito de acondicionamiento, para posteriormente conectarse con el sistema microcontrolador Arduino, y de esta manera poder visualizar las lecturas realizadas por estos sensores desde el panel de control del sistema de medición y control o bien desde la aplicación móvil que se comunica con el sistema.

Para realizar estas mediciones se ha utilizado el sensor de corriente SCT-013-100, este sensor permite tomar la medición de corriente que circula por un conductor en un tiempo real, pero además de esto también permite poder realizar la medición de la corriente sin la necesidad de interrumpir o bien abrir el circuito por donde circula la corriente, ya que este es el caso de muchos sistemas de medición donde se necesita conectar el dispositivo en serie con el cableado eléctrico para obtener la medición, caso contrario con el utilizado. Además de estos puntos se tomó en consideración las diferentes variantes del sensor ya que varían según capacidad de lectura llegando cada uno a una corriente máxima distinta, en este caso se seleccionó el SCT-013-100, debido a que el número 100 nos indica la corriente máxima de lectura del dispositivo, siendo para este 100 amperios. Se seleccionó esta capacidad ya que dentro de la gama que se logran encontrar en el mercado, la capacidad anterior a 100 amperios es 30 amperios, donde considerando el consumo habitual de una ducha eléctrica de baño se sobrepasan los 30 amperios fácilmente, siendo la

ducha eléctrica un aparato común de una red eléctrica monofásica residencial o bien comercial.

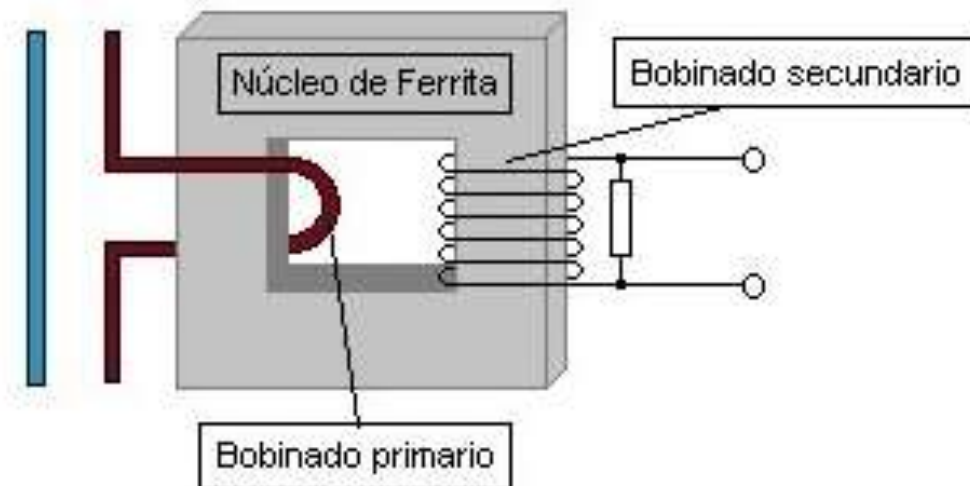
**Figura 20. Sensor de Corriente SCT-013**



Fuente: [http://www.naylampmechatronics.com/blog/51\\_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html)

Los sensores de la serie SCT-013 son sensores que trabajan como transformadores por eso se les conoce como sensores CT por sus siglas en inglés que quieren decir current transformers, “la corriente que circula por el cable que deseamos medir actúa como el devanado primario (1 espira) e internamente tiene un devanado secundario que dependiendo del modelo pueden tener hasta más de 2000 espiras” (Naylamp Mechatronics, s.f.).

**Figura 21. Devanado Interno del Sensor**



Fuente: [http://www.naylampmechatronics.com/blog/51\\_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html)

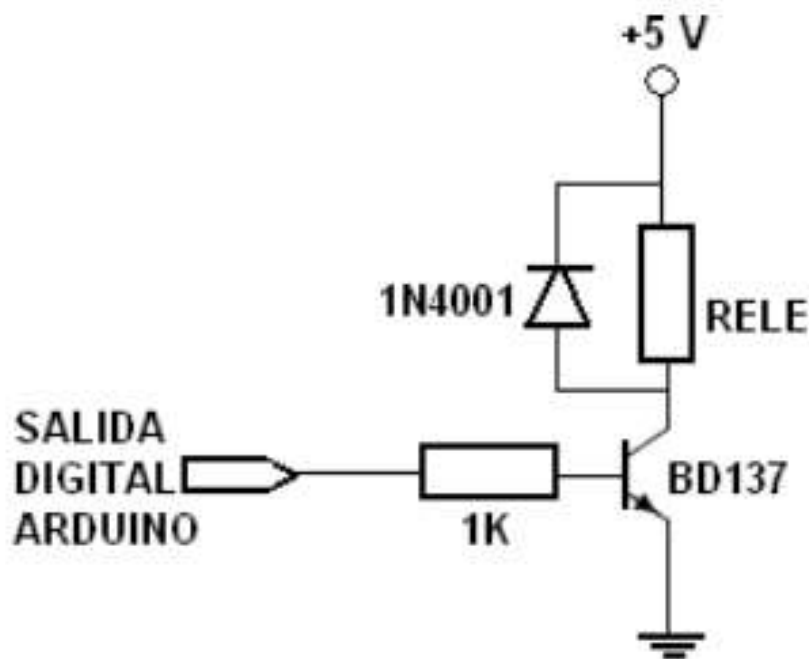
#### 4.2.2.5 El Relay

Según Duarte (s.f.) el relé es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

El prototipo del sistema consta de un módulo de relay que se adapta fácilmente al controlador Arduino, cada relay del módulo tiene una conexión independiente y separada una de la otra. Esto permite varias conexiones totalmente independientes para cada uno de los dispositivos conectados a la red, puede tenerse el control de encendido y apagado por medio del control de estos relays. Los relays se encargan de interrumpir la línea viva que alimenta las

conexiones de la red ya sea en una de toma corriente o en un interruptor de iluminación. Cada relay posee independientemente dentro de la misma tarjeta electrónica un pequeño circuito que permite la excitación de la bobina que acciona el relay y así poder accionar el mismo, sin este circuito de acoplamiento ya integrado en la tarjeta ninguno de los relay podrían funcionar ya que la corriente que proporcionan las salidas del Arduino, donde se conectan los relays es muy limitada y no permiten excitar la bobina que acciona al relay.

**Figura 22. Circuito amplificador**



Fuente: [https://www.arduineando.com/tutoriales\\_arduino/](https://www.arduineando.com/tutoriales_arduino/)

Cada uno de los relay se activan con una señal de tan solo 5 voltios y permite manejar valores de hasta 250 voltios y 10 amperios para una señal de corriente alterna, y para una señal de corriente directa permite 30 voltios y 10 amperios, en este proyecto se enfoca en las capacidades de la señal alterna, sin embargo

es importante saber que si ocupamos controlar un flujo de señal directo lo podemos hacer sin superar estos rangos máximos.

**Figura 23. Módulo relay**



Fuente: [www.filipeflop.com/pd-c0ce5-modulo-rele-5v-4-canais.html](http://www.filipeflop.com/pd-c0ce5-modulo-rele-5v-4-canais.html)

#### **4.2.2.6 Transformador**

Para el prototipo del sistema es necesario el uso de estos dispositivos, ya que son parte del circuito de acondicionamiento para las lecturas de voltaje realizadas por el sistema en el modo de monitoreo, el transformador que lleva

cada circuito tiene una diferencia de potencial en el devanado con primario un valor aproximado de los 120 voltios corriente alterna, ya que esta es la diferencia de potencial común entre una línea viva y el retorno dentro de una red eléctrica monofásica ubicada dentro del territorio costarricense. Seguidamente, en el devanado secundario se encontrara una diferencia de potencial de 9 voltios, esto debido a que la función del transformador es reducir el voltaje que llegara a las conexiones del circuito de acondicionamiento.

Los transformadores que se integran en el proyecto trabajan en conjunto con los circuitos de acondicionamiento para lograr la medición, ya que se necesita obtener un valor bajo de voltaje para lograr ingresar la señal de corriente alterna a las entradas analógicas que posee el Arduino, las cuales el microcontrolador se encargara de monitorear contantemente los valores de voltaje presentes en la red. En total para el diseño del prototipo del sistema se han requerido el uso de tres transformadores y tres circuitos de acoplamiento, esto solo para las mediciones de voltaje que realiza el sistema, lectura línea uno neutro, lectura línea dos neutro y, finalmente, el voltaje presente que pueda existir entre el neutro y la tierra.

Todos los transformadores utilizados tienen la capacidad de manejar dos devanados primarios separados de 120 voltios, y un solo devanado secundario de 18 voltios, sin embargo el mismo posee una división para dos conexiones de 9 voltios, cada transformador logra soportar una corriente de 500 miliamperios.

**Figura 24. Transformador LP-423**



Fuente: <http://www.semiconductores.com.ve/tienda/prod-864.html>

Es importante mencionar que el transformador y el circuito de acondicionamiento para la lectura de voltaje trabajan en conjunto para lograr realizar una tarea de censado, por lo cual este pequeño sistema se considera el equivalente a los sensores de corriente requeridos para el sistema.

#### **4.2.2.7 Microcontrolador**

Un microcontrolador “es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres unidades funcionales principales: unidad central de procesamiento (CPU), memoria y periféricos de entrada y salida” (Tienda de Robótica *et al.*, 2012, p.25).

El diseño de este sistema contara con el uso de un Arduino Uno, este será el dispositivo que recibirá la información de los sensores, procesara la información para poder visualizar las lecturas en la pantalla del panel, realizara

las comparaciones necesarias de la información y generara las alertas que se requieran, procesara las solicitudes de las funciones de encendidos y apagados en el modo de control. Arduino tiene una gran facilidad de conexión entre todas las partes involucradas para el funcionamiento del sistema, además, actualmente, el mercado ofrece muchos dispositivos de censado, control y comunicación de los cuales se han basado sus diseños para trabajar de una manera fácil y conjunta con este microcontrolador.

El microcontrolador trabajara conjuntamente con el módulo GSM, para permitir la comunicación entre el prototipo del sistema y la aplicación móvil. De esta manera, podrán tenerse las funciones de monitoreo, alertas y control desde un dispositivo móvil.

#### **4.2.3 Programación Arduino IDE**

La programación es un gran recurso que permite crear diversas secuencias de pasos lógicos que van a satisfacer nuestras necesidades y las de nuestros sistemas (Tienda de Robótica, 2012, p.33).

Un lenguaje de programación es un idioma artificial diseñado para expresar operaciones que pueden ser llevadas a cabo por máquinas como los computadores (Tienda de Robótica, 2012, p.34).

Para programar las instrucciones que el microcontrolador Arduino ejecuta, es necesaria la utilización del software Arduino IDE, una programación estructurada y dividida en subrutinas que a su vez cada una tienen instrucciones específicas permiten abarcar cada etapa del sistema.

El Libro Básico de Arduino (2012), explica que el programa de Arduino se puede dividir en tres partes principales: la estructura, las variables (valores y constantes) y funciones.

## Estructuras

Son dos funciones principales que debe tener todo programa en Arduino:

Setup: Código de configuración inicial, solo se ejecuta una vez.

Loop: Esta función se ejecuta luego del setup, se mantiene ejecutándose hasta que se desenergice o desconecte el Arduino.

## Variables

Es un dato o conjunto de datos que cambia su valor con la ejecución del programa. En la siguiente imagen se muestra algunos tipos de variables:

**Figura 25. Tipos de Variables**

Booleano	Entero	Carácter
true ó false	Valor entero	Almacena un ASCII
<code>Boolean encendido=true;</code>	<code>int conta=5;</code>	<code>char letra='a';</code>

Fuente: Libro Básico de Arduino (2012)

## Funciones

Una función es un conjunto de líneas de código que realizan una tarea específica y puede retornar un valor. Las funciones son utilizadas para descomponer grandes problemas en tareas simples y para implementar

operaciones que son comúnmente utilizadas durante un programa y de esta manera reducir la cantidad de código.

**Figura 26. Interfaz Arduino IDE.**



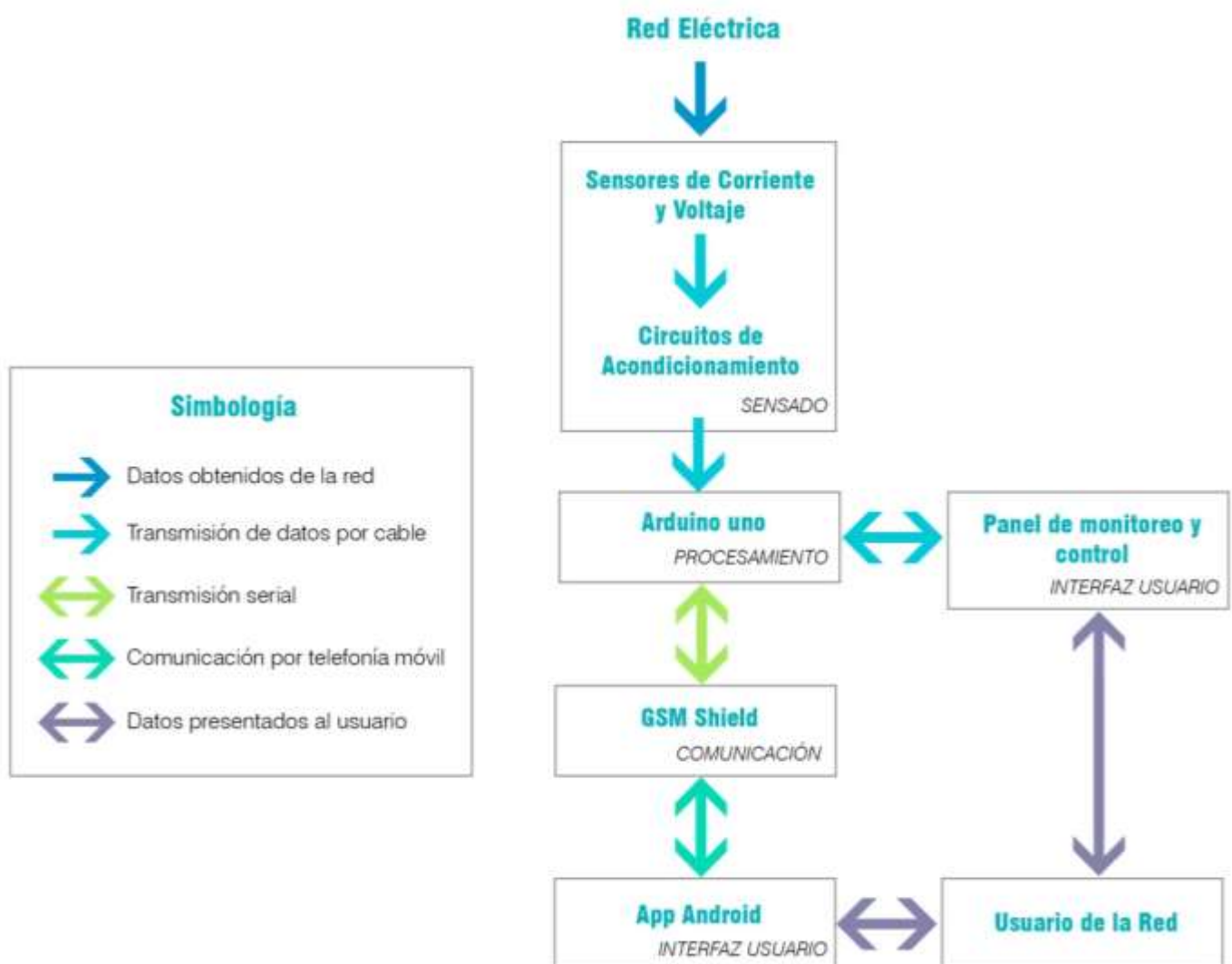
Fuente: <http://www.intel.la/content/www/xl/es/support/boards-and-kits/intel-galileo-boards/000006321.html>

## 4.2.4 Etapas de Desarrollo del Prototipo

### 4.2.4.1 Diseño del Sistema

Para resumir el funcionamiento del programa y la selección de las etapas programadas, se muestra el diagrama de bloques de como el sistema procesa la información.

Figura 27. Diagrama de bloques



Fuente: Elaborado por el autor

En la Figura 27 se logra observar las etapas del sistema, así como la relación que existe entre cada una de ellas y los módulos que se utilizan para cada etapa, también puede observarse el tipo de comunicación presente en cada módulo y etapa del sistema, la dirección de los flujos de datos por medio del sistema.

La interacción entre las diferentes etapas permite el correcto funcionamiento del sistema, por lo que algún fallo en alguna de estas limitará el funcionamiento, por esta razón es de suma importancia una correcta selección, conexión y programación en cada una de las etapas.

#### **4.2.4.2 Construcción del Prototipo**

El desarrollo del sistema implica la programación y conexión entre cada una de las etapas, por lo que se deben realizar conexiones entre los shields y los sensores al Arduino, los shields que se utilizan están diseñados para funcionar con Arduino Uno por lo que no se requiere de conexiones extras entre el Arduino y los shields a utilizar.

La programación del código que ejecuta el Arduino Uno se realizó en la interfaz de Arduino IDE, la misma fue desarrollada y es de uso libre propio al microcontrolador utilizado para el desarrollo del sistema.

Para la conexión de los sensores al Arduino, el sistema está conformado por circuitos de acondicionamiento que se encargan de las lecturas de los diferentes sensores que se utilizan, cada uno de estos circuitos se encuentran conectados a los pines del Arduino necesarios para funcionar, para el envío de datos. Estos circuitos realizan ajustes en las señales que transmiten los sensores para satisfacer los requerimientos básicos que permiten el ingreso de una señal en los pines utilizados del microcontrolador. La implementación de estos circuitos para las lecturas de cada sensor y los pines del Arduino a los que cada sensor llega, serán desarrollados a continuación:

#### **A. Circuitos de Acondicionamiento para las Mediciones de Corriente y Voltaje**

Para llevar a cabo las mediciones de corriente y voltaje que el sistema de monitoreo y control realiza dentro de la red eléctrica monofásica, es necesario el acople de dos tipos de circuitos al sistema de monitoreo gobernado por el microcontrolador Arduino, además del acople con el sistema de monitoreo también es necesario una adecuada conexión de estos circuitos de acondicionamiento con los sensores de corriente y voltaje. Anteriormente se nombraron los sensores que se han utilizado para realizar de las lecturas correspondientes y se aclaró que es necesario el uso de estos circuitos para lograr una adecuada conexión al sistema de control.

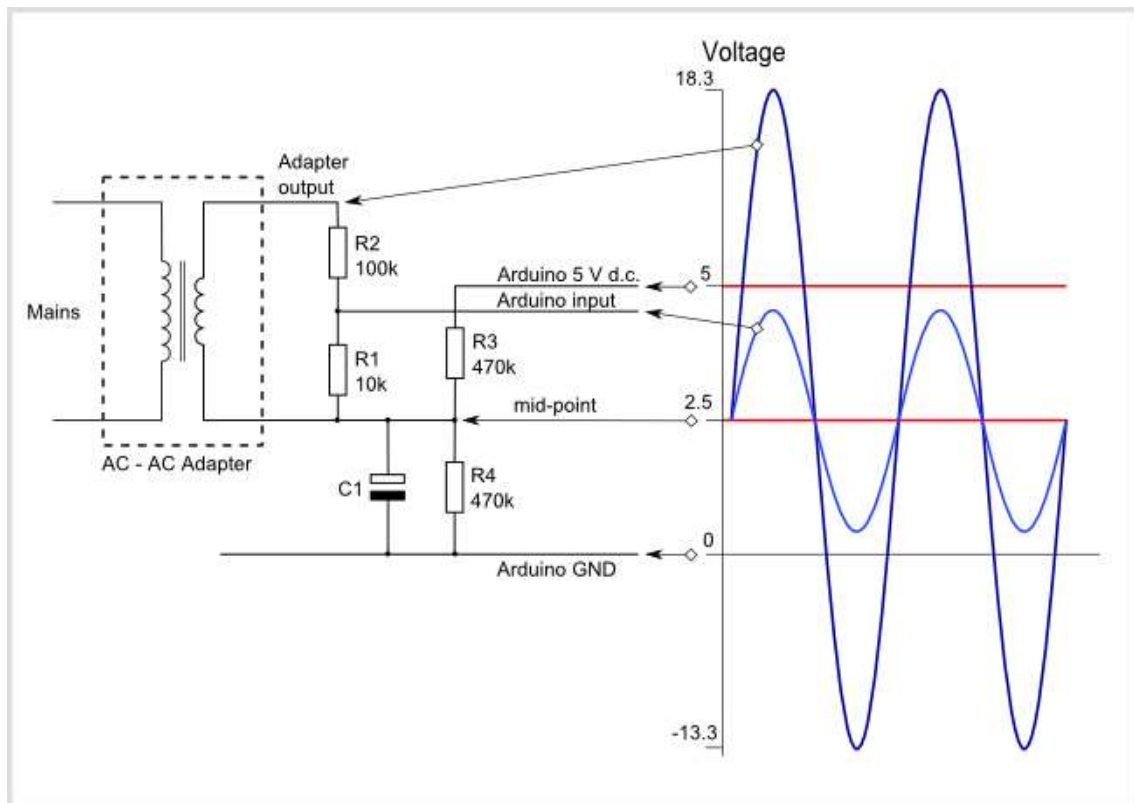
Los pines de entradas analógicas que posee el controlador Arduino, con la numeración que se encuentra impresa en la placa van desde A0 hasta la A5,

estas entradas son para señales analógicas, sin embargo tienen ciertas restricciones ya que las mismas no permiten ingresar valores por debajo de 0, es decir valores con magnitudes negativas, por otro lado tiene un valor máximo de 5 voltios de entrada; es así que por medio de los circuitos de acondicionamiento se logra una adecuada conexión al sistema Arduino.

### **B. Circuitos de Acoplamiento para las Mediciones de Voltaje**

Para lograr que el sistema de monitoreo realice las lecturas de voltaje ha sido necesario la construcción de un pequeño circuito electrónico, conformado básicamente por un transformador que se encarga de reducir el voltaje que se encuentra en el devanado primario, hasta un valor adecuado para ingresarlo en una de las entradas analógicas del Arduino. En la programación del Arduino se ha introducido la librería emon (energy monitoring), la cual por medio de cálculos matemáticos y teniendo en cuenta la relación de transformación se encarga de obtener el valor de tensión existente en la red eléctrica. El circuito de acondicionamiento utilizado para la medición de voltaje es el siguiente:

**Figura 28. Circuito de acoplamiento para la señal de voltaje**



Fuente: <https://learn.openenergymonitor.org/electricity-monitoring/voltage-sensing/measuring-voltage-with-an-acac-power-adapter>

El circuito de la Figura 28, tiene dos etapas muy importantes que permiten el ingreso de la señal a la entrada analógica del Arduino. La primera etapa la constituye el transformador y las resistencias R1 y R2, para lograr tener un valor menor a los 5 voltios que soporta la entrada analógica. El transformador reduce el voltaje de la red a un nivel de 9 voltios y las resistencias R1 y R2 funcionan como un divisor de tensión, donde el voltaje entre el la resistencia R1 y la tierra del circuito es aproximadamente 1 voltio, este es el valor ingresado en la entrada analógica del Arduino.

### Figura 29. Formula de Voltaje que Ingresa al Arduino

$$V_p = 9 \text{ vrms} * \sqrt{2} = 12,72 \text{ vp} \qquad V_{pp} = V_p * 2 = 25,45 \text{ vpp}$$

$$V \text{ entrada arduino} = \frac{10\text{Kohn}}{(100\text{kohn} + 10\text{kohn})} * V_{pp} = 2,31 \text{ vpp}$$

Fuente: Elaborado por el autor basado en

<https://learn.openenergymonitor.org/electricity-monitoring/voltage-sensing/measuring-voltage-with-an-acac-power-adapter>

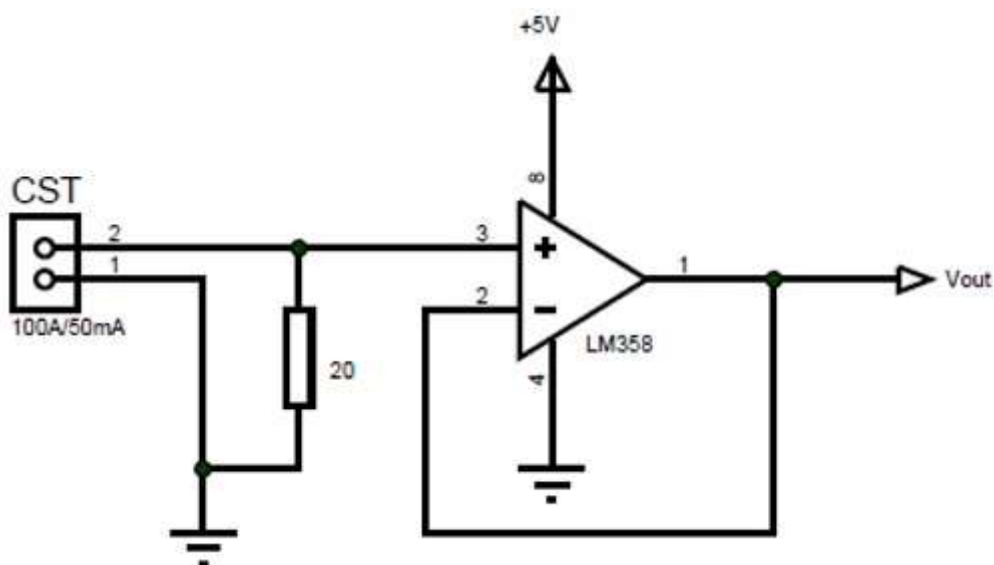
En la segunda etapa del circuito, las resistencias R3 y R4 realizan un desplazamiento vertical o comúnmente llamado un “offset” de la señal de corriente directa que proviene del Arduino, la señal que proviene del divisor de tensión es alterna, presenta un valor positivo y un valor negativo, por esto se debe realizar este desplazamiento de la señal, como se muestra en el diagrama de la Figura 28, el valor de tensión se encuentra dentro del rango entre los 0 y 5 voltios, esto gracias al ajuste vertical de la señal.

El voltaje final que se obtuvo luego de aplicar la formula da un valor de 1,15 voltios pico, este valor se suma a los 2,5 voltios del ajuste vertical lo cual da como resultado un valor de 3,65 voltios para el ciclo positivo por otro lado se restan los 1,15 voltios del ciclo negativo a los 2,5 voltios del ajuste y se obtiene un voltaje de 1,35 voltios para el ciclo negativo. Estos valores satisfacen los requerimientos de voltaje para las entradas analógicas del Arduino.

### C. Circuito de Acoplamiento para Mediciones de Corriente

Para la confección de este circuito se integró el operacional LM358, configurado como un seguidor de tensión, el mismo al trabajar con una polaridad positiva, se encarga de eliminar la parte negativa de la señal que se ingresa en el la entrada del Arduino, como se observa en la Figura 30. Anteriormente se mencionó que el controlador no permite ingresar magnitudes por debajo del valor 0, dentro de sus entradas analógicas.

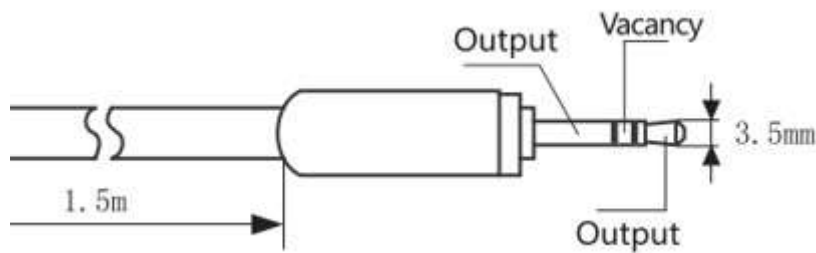
**Figura 30. Circuito de Acondicionamiento para Señal de Corriente Configurado como Seguidor de Tensión**



Fuente: [http://www.naylampmechatronics.com/blog/51\\_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html)

El conector de sensor es del tipo usado comúnmente para señales de audio, el pin central del conector esta desconectado, los dos restantes son la salida del sensor.

**Figura 31. Conector Sensor de Corriente**



Fuente: [http://www.naylampmechatronics.com/blog/51\\_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html)

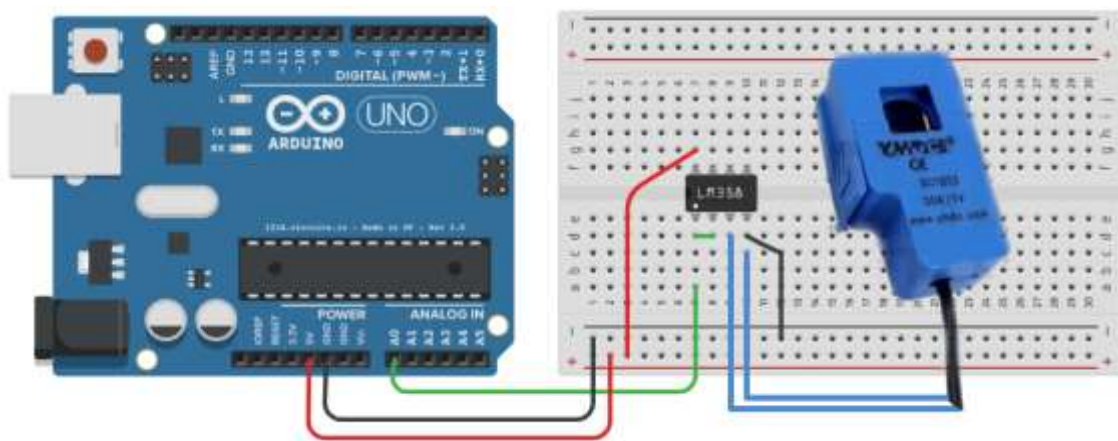
En la Figura 31 se muestra cómo debe realizarse la conexión entre la salida del sensor y el circuito operacional, además se debe añadir una resistencia de carga con un valor de 20ohm, esto debido a que la relación en la señal de salida del sensor es de 50miliamperios para una corriente de 100 amperios, con esta resistencia de carga se logra obtener una relación de 1 voltio para una corriente de 100 amperios, esta es la relación que se necesita ingresar en la entrada del controlador, ya que la magnitud debe ser representada por una señal de voltaje, de esta manera se podrá para realizar las lecturas por el sistema.

#### **4.2.5 Etapa de Monitoreo para las Lecturas Realizadas**

En esta etapa los sensores de corriente y voltaje ya acoplados al circuito de acondicionamiento y posteriormente conectados de manera unidireccional al sistema microcontrolador Arduino, son los encargados de realizar las mediciones de corriente y voltaje en tiempo real que se encuentran presentes dentro de la red eléctrica, esto una vez instalado el prototipo del sistema a dicha red.

Para realizar la conexión de estos sensores en los puertos del Arduino, se deben definir las entradas que se utilizarán dentro del código de programación Arduino IDE, en este caso como las mediciones que se requieren realizar son magnitudes físicas se han seleccionado las entradas analógicas que posee el Arduino, las entradas A1, A3 y A5 para las lecturas de corriente y las entradas A0, A2 y A4 para las lecturas de voltaje. Además son necesarios los circuitos de acondicionamiento explicados anteriormente para la conexión física de los sensores al Arduino.

**Figura 32. Esquema de Conexión entre Arduino y los Sensores de Corriente**

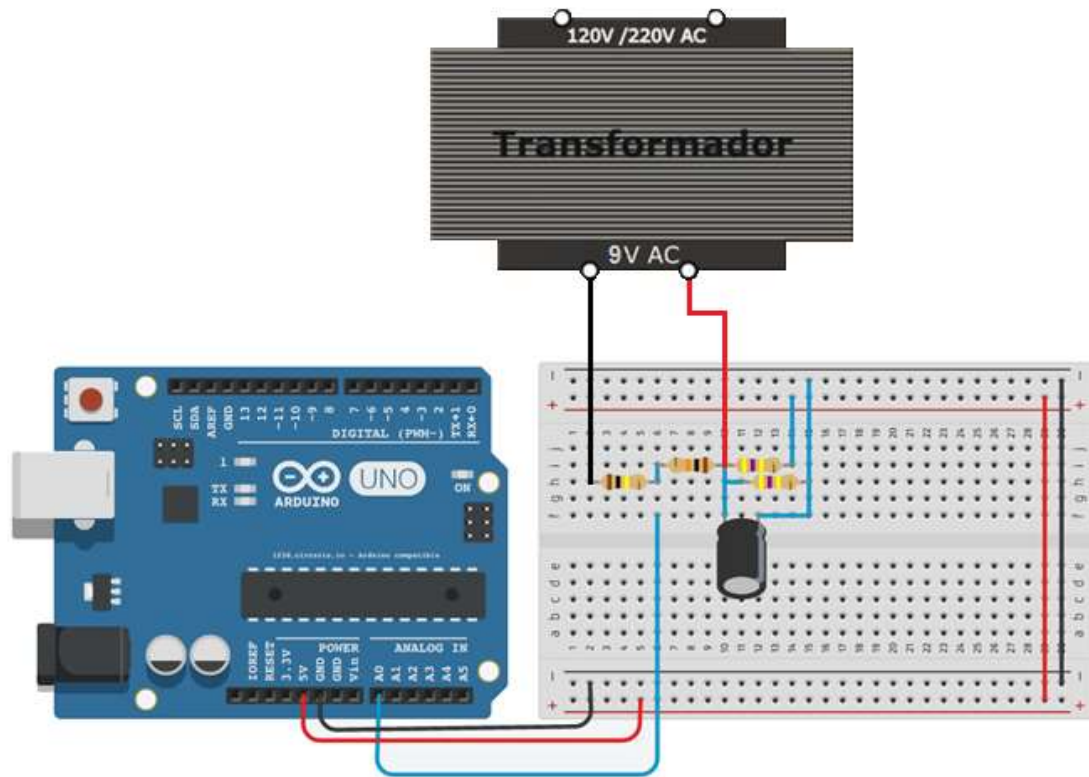


Fuente: Elaborado por el autor basado en

[http://www.naylampmechatronics.com/blog/51\\_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html)

En la Figura 32 se observa cómo se realizan las conexiones entre el sensor utilizado para las lecturas de corriente y sistema microcontrolador Arduino, se puede observar como la señal del sensor primero llega al circuito de acondicionamiento, finalmente la señal que se genera en la salida de circuito llega a la entrada analógica, y así el Arduino pueda realizar la función de monitoreo correspondiente.

Figura 33. Esquema de Conexión entre Arduino y los Sensores de Voltaje



Fuente: Elaborado por el autor

En la Figura 33 se puede observar como para lograr la medición de voltaje es necesario que la señal que llega a la entrada analógica pase primero por el circuito de acondicionamiento.

La programación en Arduino IDE para el control de las lecturas en los sensores de corriente y voltaje es la siguiente:

**Figura 34. Programación Etapa de Monitoreo**

```
void lectura()
{
    emon1.calcVI(20,2000);

    float realPower      = emon1.realPower;
    float apparentPower  = emon1.apparentPower;
    float powerFactor    = emon1.powerFactor;
    float supplyVoltage  = emon1.Vrms;
    float Irms           = emon1.Irms;
}
```

Fuente: Elaborado por el autor basado en

<https://github.com/openenergymonitor/EmonLib/tree/master/examples>

Dentro del código se puede observar una variable definida como emon, esta variable significa energy monitoring; la cual es parte de la librería emonLib, encargada de tomar las lecturas que realizan los sensores y por medio de modelos matemáticos obtener como resultado los valores de corriente, voltaje, potencia aparente y potencia real, además el factor de potencia. Para esto solo se debe definir la librería dentro de la programación de Arduino y las variables emon, para estas variables se deben definir una calibración de voltaje y corriente relacionada a la magnitud que se desea medir, también se debe definir el pin de entrada para el Arduino y finalmente un cambio de fase.

En el código puede observarse cómo se define la variable emon.current para la lectura de corriente y emon.voltage para la lectura de voltaje, para cada una se define el pin de entrada, calibración y cambio de fase. Dentro del modo de

monitoreo se necesitan tres segmentos de lectura, esto para lograr abarcar todas las mediciones que el sistema debe realizar.

### Figura 35. Programación para la Etapa de Monitoreo

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  emon1.voltage(2, 146, 1.7); // Voltage: input pin, calibration, phase_shift
  emon1.current(1, 111.1);    // Current: input pin, calibration.

  emon2.voltage(4, 146, 1.7); // Voltage: input pin, calibration, phase_shift
  emon2.current(3, 111.1);    // Current: input pin, calibration.

  lcd.begin(16, 2);

  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(9, INPUT);
  pinMode(10, INPUT);
}
```

Fuente: Elaborado por autor basado en <https://learn.openenergymonitor.org/electricity-monitoring/ctac/how-to-build-an-arduino-energy-monitor?redirected=true>

#### 4.2.6 Etapa de Control para el Encendido y Apagado de Dispositivos

En este modo el sistema permite el apagado y encendido de las diferentes conexiones de la red eléctrica, por ejemplo, la iluminación de una casa, sistemas de regados, y también los diferentes dispositivos electrónicos que se encuentran conectados a la red eléctrica por medio de una toma de corriente como, por ejemplo, los electrodomésticos comunes del hogar, o bien aparatos específicos que se puedan conectar a una red eléctrica del tipo monofásica.

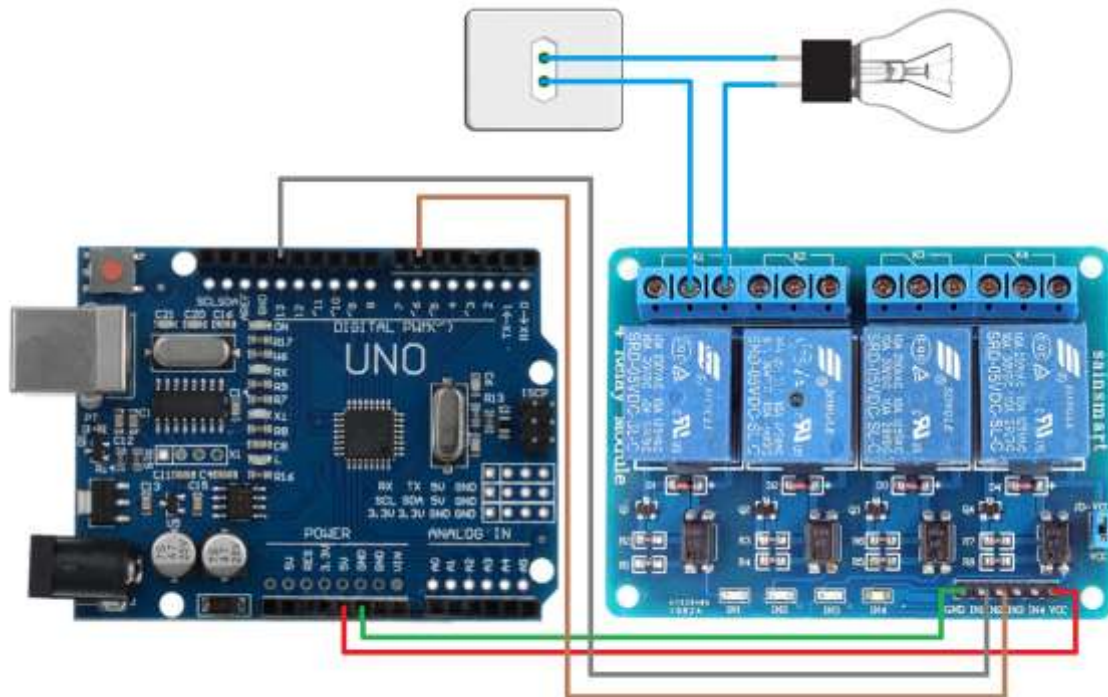
Para ingresar al modo de control se ha habilitado un botón denominado control, este botón está conectado al pin 9 del Arduino, dicho pin ha sido declarado como una entrada dentro del programa Arduino, una vez que el usuario desee salir del modo de control deberá presionar nuevamente el botón control, de esta manera el programa retomara la etapa de medición.

Los dispositivos que el usuario desee poder controlar serán gobernados por un módulo de relays, este, a la vez, es controlado por el sistema Arduino, el módulo de relays permite la conexión independiente para cada relay, de manera tal que el usuario del sistema puede hacer uso independiente de la conexión que quiera hacer para cada dispositivo de la red, esto en términos de encendido y apagado.

Los pines destinados en el Arduino para el control de los relay son el pin 6 y el pin 13, dentro de la programación de Arduino lo que debemos hacer es declarar estos dos pines como salidas, estos van a actuar según el comportamiento de los pines 10 y 1 que han sido declarados como entradas. Las entradas son leídas constantemente por el microcontrolador, de manera que cuando se presente un cambio de estado en una de las mismas también se hará un cambio de estado en el pin de salida ligado a su respectiva entrada. Es así como la entrada del pin 10 controla la salida del pin 6, y este a su vez controla el encendido y apagado del primer relay, donde se realiza la conexión del dispositivo que se encuentra dentro de la red y se desea controlar. Para el

segundo relay conectado en el pin 13 definido como salida, este es controlado por el cambio de estado que se presente en el pin 1 definido como entrada.

**Figura 36. Esquema de Conexión entre Arduino y el Módulo de Relays**



Fuente: Elaborado por el autor

En la Figura 36 se detallan las conexiones nombradas entre los pines configurados como entradas y salidas para el modo de control, se puede apreciar como el relé se encarga de interrumpir la conexión del circuito, como se había dicho la interrupción se realiza en la fase del circuito, por medio del contacto comúnmente abierto, de manera tal que si el relé no se encuentra activo no hay conexión y no habrá flujo de corriente para el circuito, pero en el momento que el relé se active el contacto se cierra permitiendo el flujo de corriente y la alimentación para el dispositivo.

El código de programación para la etapa de control es el siguiente:

**Figura 37. Código de Programación para la Etapa de Control**

```
void control() {  
  
  while(ciclo==0){  
  
    estado = digitalRead(10);  
  
    if((estado == HIGH) && (estadoAnterior == LOW)){  
      salida = 1 - salida;  
      delay(200);  
    }  
  
    estadoAnterior = estado;  
  
    if(salida == 1){  
      digitalWrite(6, HIGH);  
      Serial.println("Circuito1 Conectado");  
      lcd.setCursor(0,0);  
      lcd.print("Circuito 1");  
      lcd.setCursor(0,1);  
      lcd.print("Conectado");  
      delay(2000);  
    }  
    else {  
      digitalWrite(6, LOW);  
      Serial.println("Circuito1 desconectado");  
      lcd.setCursor(0,0);  
      lcd.print("Circuito 2");  
      lcd.setCursor(0,1);  
      lcd.print("Desconectado");  
      delay(2000);  
      lcd.clear();  
    }  
  
    estado1=digitalRead(9);  
    if(estado1==HIGH){  
      ciclo=1;}}}
```

Fuente: Elaborado por el autor

En el segmento de código puede observarse que se inicia con un ciclo while, el mismo trabaja de manera que el código será leído una y otra vez ejecutando el ciclo, en el momento que el estado del pin 9 cambia de estado el programa sale de la función control y retoma a la función de monitoreo. También, puede apreciarse en el segmento de código que por medio de una relación entre las variables estado y estado anterior, las cuales son los cambios de estado en el pin 10 declarado como entrada, se controlan los cambios de estado del pin 6 definido como salida.

#### **4.2.7 Etapa para la Generación de Alertas**

Esta etapa trabaja con las mismas lecturas de monitoreo, luego de obtener los valores de las mediciones por medio de un llamado en el código de programación a las tres funciones de lectura, se encarga de comparar los valores obtenidos, si el resultado de alguna de las comparaciones se cumple, el sistema muestra un mensaje de alerta en el panel de control que se puede visualizar en la pantalla LCD, este mensaje va a aparecer luego de que el sistema termina de mostrar las lecturas de la etapa de monitoreo, el proceso de monitoreo y generación de alertas se repite una y otra vez en el Arduino, esto permite un sistema de monitoreo constante en tiempo real que refresca sus lecturas en periodos de corto tiempo.

Cuando el valor de alguna de las corrientes de fase de la red supera los 80 amperios el sistema genera el mensaje de “Posible Sobrecarga”, indicando una posible sobrecarga para alguna de las fases de la red eléctrica. El sistema se

encarga de especificar cuál de las fases sufre una posible sobrecarga. Se escogió este el valor de 80 amperios, porque las normas para la instalación de una red eléctrica residencial dentro del territorio costarricense son de un máximo de consumo de 100 A.

Para indicar una inadecuada relación de consumo de corriente entre las fases L1 y L2 de la red eléctrica del sistema, se ha creado una relación porcentual de un 80%, en el momento que una fase supere el valor de corriente de la otra a este porcentaje, se mostrara el mensaje “Desbalance de consumo L1-L2”.

El mensaje “It supera el valor permitido”, especifica que en la conexión de tierra que presenta la red eléctrica está presente un flujo de corriente mayor a 1 amperio, no adecuado para la red y que se debe eliminar debido a que por norma en condiciones normales del funcionamiento de una red eléctrica no debe existir este flujo de corriente, esta conexión solo permite la descarga de un flujo de corriente externo a la red y que se presenta en condiciones anormales.

Finalmente se genera un mensaje que dice “Vnt supera el valor permitido”, esto quiere decir que existe un voltaje mayor a los 5 voltios, presente en la conexión de neutro y tierra y que debe ser corregido e eliminarlo, generalmente este voltaje se genera por errores de polarización en las conexiones que se realizan dentro de la red eléctrica, lo más común es invertir conexiones de neutro y

tierra en los tomas de corriente y apagadores. Estos errores generan estas diferencias de potencial que no son buenas para el adecuado funcionamiento y una buena estabilidad de la red eléctrica.

Todos los mensajes anteriores que se pueden presentar en la pantalla del panel, también serán enviados a la aplicación móvil y serán visualizados como una alerta presente dentro de la aplicación.

Las conexiones de esta etapa son las mismas que se utilizan en la etapa de monitoreo, ya que esta etapa está directamente relacionada a las lecturas realizadas dentro de la etapa de monitoreo.

**Figura 38. Código de Programación para la Generación de Alertas**

```

void alerta (){

    lectural1();

    lectura2();

    lectura3();

    if (Vnt >= 3){
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Vnt Supera el");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("valor permitido");
        delay(5000);
        lcd.clear();
    }

    if (It >= 1){
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("It Supera el");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("valor permitido");
        delay(5000);
        lcd.clear();
    }

    if (Irms1 >= (Irms2*80%)){
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Desbalance de");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("consumo L1-L2");
        delay(5000);
        lcd.clear();
    }

    if (Irms2 >= (Irms1*80%)){
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Desbalance de");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("consumo L1-L2");
        delay(5000);
        lcd.clear();
    }

    if (Irms1 >= 80){
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Posible");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("sobrecarga");
        delay(5000);
        lcd.clear();
    }

    if (Irms2 >= 80){
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Posible");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("sobrecarga");
        delay(5000);
        lcd.clear();
    }
}
}

```

Fuente: Elaborado por el autor

En la escritura del código que se observa en la Figura 38 se logra apreciar la programación para cada una de las alertas, además puede apreciarse los mensajes que serán mostrados en la pantalla LCD del prototipo y dentro de la aplicación móvil del sistema.

#### 4.2.8 Etapa de Visualización desde el Panel de Control y Monitoreo

Para lograr la visualización que el usuario requiere, para conocer las lecturas que son realizadas en la etapa de monitoreo, además del estado de los dispositivos que se controlan por medio del sistema, se requiere una pantalla LCD que muestre todos estos datos.

Dentro de la programación del Arduino es necesario incluir la librería específica para el uso de la pantalla, además de definir los pines de conexión entre la pantalla y el Arduino. Para cada etapa del sistema se han creado instrucciones que permiten al usuario visualizar las tareas que se están ejecutando, para cada una de las subrutinas. La programación para la pantalla LCD es la siguiente:

**Figura 39. Código de Programación para Visualización desde el Panel**

```
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

void setup()
{

  lcd.begin(16, 2);

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Bienvenido");
  delay (1000);

}
```

Fuente: Elaborado por el autor

En el segmento del código de la Figura 39, se ejemplifica cómo debe incluirse la librería de la pantalla al programa, se especifican los pines que se utilizan



#### **4.2.9 Etapa de Comunicación entre el Prototipo y la Aplicación Móvil**

En esta etapa de construcción para el diseño del sistema, se realiza la comunicación entre el prototipo del panel de control y la aplicación móvil. La comunicación entre ambas partes será por medio de una tarjeta de comunicación GSM que trabaja conjuntamente con el sistema Arduino, para de esta manera lograr una adecuada comunicación. La clave de la comunicación es un mensaje de texto SMS, el cual dependiendo del contenido del mismo el sistema podrá realizar una función de monitoreo, control o bien generar las alertas.

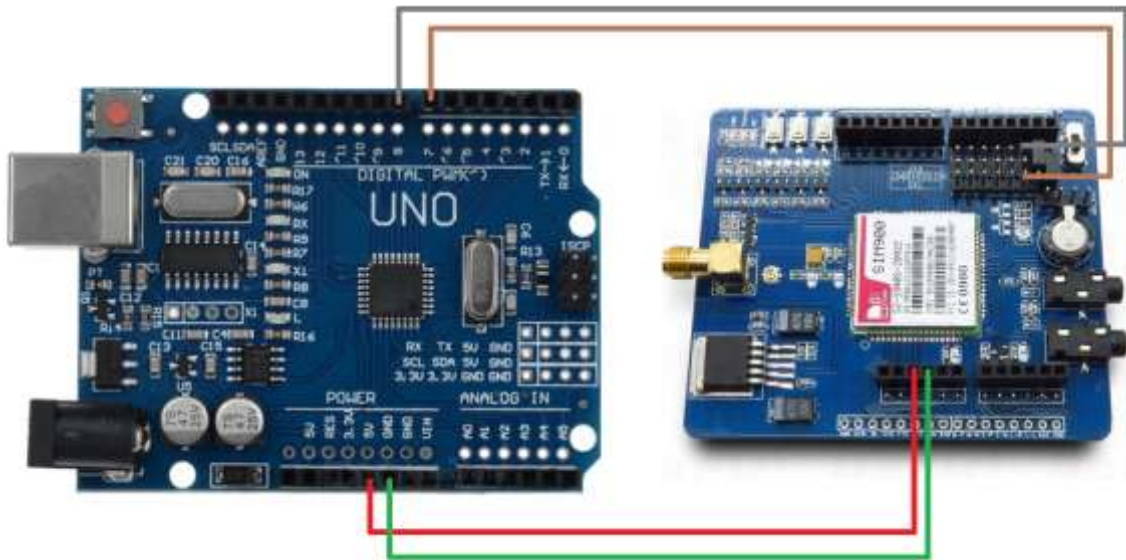
Esta etapa tiene una estrecha relación con todas las anteriores, ya que las mismas tienen una comunicación constante, un cambio de estado en el encendido y apagado de una conexión que se realice en el panel dentro del modo de control, debe ser registrada por la aplicación móvil. Las lecturas y alertas generadas por el sistema de igual manera deben ser visualizadas en la aplicación móvil.

#### **4.4.7.1 Conexión de la Tarjeta GSM para la Comunicación**

Para lograr una comunicación se debe conectar la tarjeta GSM al controlador Arduino, esto por medio de los pines 7 y 8 del Arduino como se muestra en la Figura 41, estos pines serán los encargados de la comunicación serial que debe existir entre ambas tarjetas, además de la comunicación también es necesario alimentar la tarjeta GSM, para esto se tomarán los pines de alimentación que posee el Arduino, la tarjeta se alimenta con 5 voltios, por lo

cual se utilizaran los pines de 5 voltios y de tierra que posee la tarjeta Arduino en la sección de “Power” o poder, la conexión física es la siguiente:

**Figura 41. Esquema de Conexión entre Arduino y la Tarjeta GSM.**



Fuente: Elaborado por el autor

#### **4.4.7.2 Programación para la comunicación entre el prototipo del sistema y la aplicación móvil.**

Para poder tener una comunicación entre el panel y la aplicación móvil del sistema es necesario la realización de un código con una rutina de envíos y recibidos por medio de mensajes SMS.

El carácter específico para el llamado de cada subrutina, ya sea para el control o monitoreo del sistema es generado dentro de la aplicación móvil, por medio de un mensaje de texto SMS.

Primero es importante realizar la inicialización para la comunicación GSM entre el prototipo y la aplicación móvil. La programación de inicialización es la siguiente:

**Figura 42. Programación de Inicialización para la Comunicación GSM**

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial SIM900(7, 8); // Configura el puerto serial para el SIM900

char incoming_char; //Variable para guardar los caracteres que envía el SIM900

void setup()
{
  SIM900.begin(19200); //Configura velocidad del puerto serie para el SIM900
  Serial.begin(19200); //Configura velocidad del puerto serie del Arduino
  Serial.println("OK");
  delay (1000);
  SIM900.println("AT + CPIN = \n****\n"); //Comando AT para introducir el PIN de la tarjeta
  delay(25000); //Tiempo para que encuentre una RED
  Serial.println("PIN OK");
  SIM900.print("AT+CLIP=1\r"); // Activamos la identificación de llamada
  delay(1000);
  SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); //Configura el modo texto para enviar o recibir mensajes
  delay(1000);
  SIM900.print("AT+CMIM=2,2,0,0,0\r"); //Muestra los SMS recibidos en el monitore serie
  delay(1000);
}
```

Fuente: Elaborado por el autor basado en [https://github.com/bizen63/MeteoTelecontrolGSM-GPRS-SIM900/blob/master/TELECONTROL\\_GSM\\_SMS/TELECONTROL\\_GSM\\_SMS.ino](https://github.com/bizen63/MeteoTelecontrolGSM-GPRS-SIM900/blob/master/TELECONTROL_GSM_SMS/TELECONTROL_GSM_SMS.ino)

Se puede observar que primero se debe incluir la librería softwareserial, esta se encarga de la comunicación serial que existe entre la tarjeta GSM y el Arduino, posteriormente se definen los pines utilizados para la comunicación, pines 7 y 8. Se define la variable incoming\_char, esta se encarga de guardar el carácter que es enviado desde la aplicación móvil.

Es importante definir la velocidad de comunicación y cambiar los asteriscos por el código PIN correspondiente a la tarjeta SIM del módulo GSM que se utiliza para la comunicación con el dispositivo móvil.

Luego de iniciar con las configuraciones respectivas para la comunicación se procede a realizar el código que se encarga de interpretar el mensaje enviado por la aplicación móvil y ejecutar las subrutinas correspondientes al mensaje de llegada.

En total se han creado tres subrutinas que abarcan las etapas de control y monitoreo del sistema. Para la ejecución de cada subrutina se ha especificado una serie de caracteres, los cuales son:

Primer Carácter (?): Se encarga de realizar las lecturas del modo de monitoreo.

Segundo Carácter (H): Se encarga de la función de encendido en la etapa de control.

Tercer Carácter (L): Encargado de la función de apagado para la etapa de control.

**Figura 43. Subrutinas para cada Carácter.**

```

void gsm()
{
  if (SIM900.available() > 0)
  {
    incoming_char = SIM900.read(); //Guardamos el caracter que llega desde el SIM900
    Serial.print(incoming_char); //Mostramos el caracter en el monitor serie
  }
  if (incoming_char == '?')
  {
    mensaje_sms(); //Envia SMS
  }
  if (incoming_char == 'H')
  {
    digitalWrite(X,HIGH); // Pin declarado como salida.

    mensaje_smsON();
    Serial.println(incoming_char);
  }
  if (incoming_char == 'L')
  {
    digitalWrite(X,LOW); //Pin declarado como salida.

    mensaje_smsOFF();
  }
  if (incoming_char != '?' && 'L' && 'H')
  {
    delay(250);
  }
}
}

```

Fuente: Elaborado por el autor basado en [https://github.com/bizen63/MeteoTelecontrolGSM-GPRS-SIM900/blob/master/TELECONTROL\\_GSM\\_SMS/TELECONTROL\\_GSM\\_SMS.ino](https://github.com/bizen63/MeteoTelecontrolGSM-GPRS-SIM900/blob/master/TELECONTROL_GSM_SMS/TELECONTROL_GSM_SMS.ino)

Dentro de la rutina GSM se han creado tres subrutinas, dos para las notificaciones sobre el estado de encendido y apagado en la etapa de control, y una más para las lecturas de la etapa de monitoreo.

La programación para el mensaje de notificación de encendido que llega a la aplicación móvil es la siguiente:

**Figura 44. Código de notificación de encendido**

```

void mensaje_smsON()
{
  Serial.println("Enviando SMS...");
  SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); //Comando AT para mandar un SMS
  delay(1000);
  SIM900.println("AT + CMGS = \"*****\"); //Numero al que vamos a enviar el mensaje:
  delay(1000);
  SIM900.println("SISTEMA CONECTADO");// Texto del SMS
  delay(100);
  SIM900.println((char)26);//Comando de finalizacion ^Z
  delay(100);
  SIM900.println();
  delay(5000); // Esperamos un tiempo para que envíe el SMS
  Serial.println("SMS enviado");
  incoming_char == '0';
}

```

Fuente: [https://github.com/bizen63/MeteoTelecontrolGSM-GPRS-SIM900/blob/master/TELECONTROL\\_GSM\\_SMS/TELECONTROL\\_GSM\\_SMS.ino](https://github.com/bizen63/MeteoTelecontrolGSM-GPRS-SIM900/blob/master/TELECONTROL_GSM_SMS/TELECONTROL_GSM_SMS.ino)

El mensaje generado por el sistema es “SISTEMA CONECTADO”, este mensaje aparecerá en la aplicación en el momento que se encienda algún dispositivo controlado por medio de la aplicación.

El mensaje de apagado que se genera para la aplicación en el momento que se apague algún dispositivo es “SISTEMA DESCONECTADO”, como se ve a continuación.

Figura 45. Código de Notificación de Apagado

```
void mensaje_smsOFF()
{
  Serial.println("Enviando SMS...");
  SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); //Comando AT para mandar un SMS
  delay(1000);
  SIM900.println("AT + CMGS = \">*****\"); //Numero al que vamos a enviar el mensaje:
  delay(1000);
  SIM900.println("SISTEMA DESCONECTADO");// Texto del SMS
  delay(100);
  SIM900.println((char)26);//Comando de finalizacion ^Z
  delay(100);
  SIM900.println();
  delay(5000); // Esperamos un tiempo para que envíe el SMS
  Serial.println("SMS enviado");
  incoming_char == '0';
}
```

Fuente: <https://github.com/bizen63/MeteoTelecontrolGSM-GPRS->

[SIM900/blob/master/TELECONTROL\\_GSM\\_SMS/TELECONTROL\\_GSM\\_SMS.ino](https://github.com/bizen63/MeteoTelecontrolGSM-GPRS-SIM900/blob/master/TELECONTROL_GSM_SMS/TELECONTROL_GSM_SMS.ino)

Finalmente, para lograr el monitoreo de las lecturas dentro de la aplicación móvil se llevó a cabo la construcción de un segmento de código donde se ha creado un buffer que contendrá todas las variables que se visualizan dentro de la aplicación móvil, gracias a este buffer se crea un solo mensaje sms que contiene toda la información de las diferentes lecturas en la etapa de monitoreo. La aplicación móvil se encargara de separar el conjunto de lecturas y acomodarlos los datos obtenidos para cada casilla correspondiente en la interface de monitoreo.

El código para la comunicación en la etapa de lectura es el siguiente:

**Figura 46. Código para la Recolección de los Datos de Lectura**

```

void mensaje_sms()
{
  Serial.println("Enviando SMS...");
  SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); //Comando AT para mandar un SMS
  delay(1000);
  SIM900.println("AT + CMGS = \"*****\"); //Numero al que vamos a enviar el mensaje*.
  delay(1000);
  sprintf(buffer, "%d/%d", supplyVoltage/Irms/realPower); //concatena varias variables
  Serial.println(buffer);
  delay(1000);
  SIM900.println("DATA/"); // Texto del SMS
  delay(100);
  SIM900.println(buffer); // Texto del SMS
  delay(100);
  SIM900.println("UL"); // Texto del SMS
  SIM900.println((char)26); //Comando de finalizacion ^Z
  delay(100);
  SIM900.println();
  delay(5000); // Esperamos un tiempo para que envíe el SMS
  Serial.println("SMS enviado");
  incoming_char = '0';
}

```

Fuente: Elaborado por el autor basado en [https://github.com/bizen63/MeteoTelecontrolGSM-GPRS-SIM900/blob/master/TELECONTROL\\_GSM\\_SMS/TELECONTROL\\_GSM\\_SMS.ino](https://github.com/bizen63/MeteoTelecontrolGSM-GPRS-SIM900/blob/master/TELECONTROL_GSM_SMS/TELECONTROL_GSM_SMS.ino)

Como se mencionó anteriormente la clave para la comunicación que existe entre el prototipo y la aplicación móvil son los mensajes SMS que se generan y que contienen la información necesaria para el funcionamiento del sistema. Pero es muy importante resaltar que para lograr toda esta comunicación es necesario el uso de los comandos AT dentro de la programación en la interface de Arduino IDE.

### **4.3 DESARROLLO DE APLICACIÓN PARA DISPOSITIVO MÓVIL**

Para llevar a cabo el desarrollo de la programación de las diferentes ventanas de la aplicación fue necesaria una consulta previa en diversas fuentes de información entre las cuales se consultó tanto documentación digital como audiovisual, además de diferentes tutoriales que se encuentran en la web.

Para iniciar el desarrollo de esta etapa se realizó una búsqueda de herramientas de uso libre que permitan la construcción de la aplicación móvil que se desea implementar. Posteriormente a la búsqueda se seleccionó como herramienta de trabajo la plataforma MIT App Inventor, desarrollada por Massachusetts Institute of Technology.

Esta herramienta permite desarrollar aplicaciones que trabajan con la plataforma Android. La cual según El gran libro de Android escrito por Jesús Tomas Girones (2013) es una plataforma realmente abierta, ya que es de desarrollo libre, también es adaptable a cualquier tipo de hardware, brinda una portabilidad asegurada, ya que las aplicaciones son desarrolladas en Java, lo que asegura que puede ser ejecutada en cualquier tipo de CPU, tanto presente como futuro, además brinda gran cantidad de servicios incorporados como el GPS, optimiza baja potencia y poca memoria, finalmente maneja una alta calidad de gráficos y sonidos.

Para abarcar la función de monitoreo dentro de la aplicación se vio el tutorial “Visualización de Múltiples Sensores con Arduino y App inventor” del blog Editronikx (2016), este blog permitió conocer el código de programación para lograr visualizar múltiples señales de forma simultánea dentro de la aplicación.

Para recolectar los datos que los sensores estaban obteniendo fue necesario establecer una comunicación por medio de un módulo GSM, para esto se consultó el material audiovisual “Domótica con Arduino y shield GSM” el cual explica como enviar un mensaje de texto con la información de los valores obtenidos desde el sistema Arduino hacia un dispositivo móvil,

Seguidamente para desarrollar la función de control en el dispositivo se determinó la necesidad de investigar el cómo se puede encender y apagar un circuito remotamente desde una aplicación móvil, lo cual condujo al tutorial “Como crear su propia App en Android para controlar Arduino” del blog Electrónica, Tecnología y Sistemas creado por Erick García.

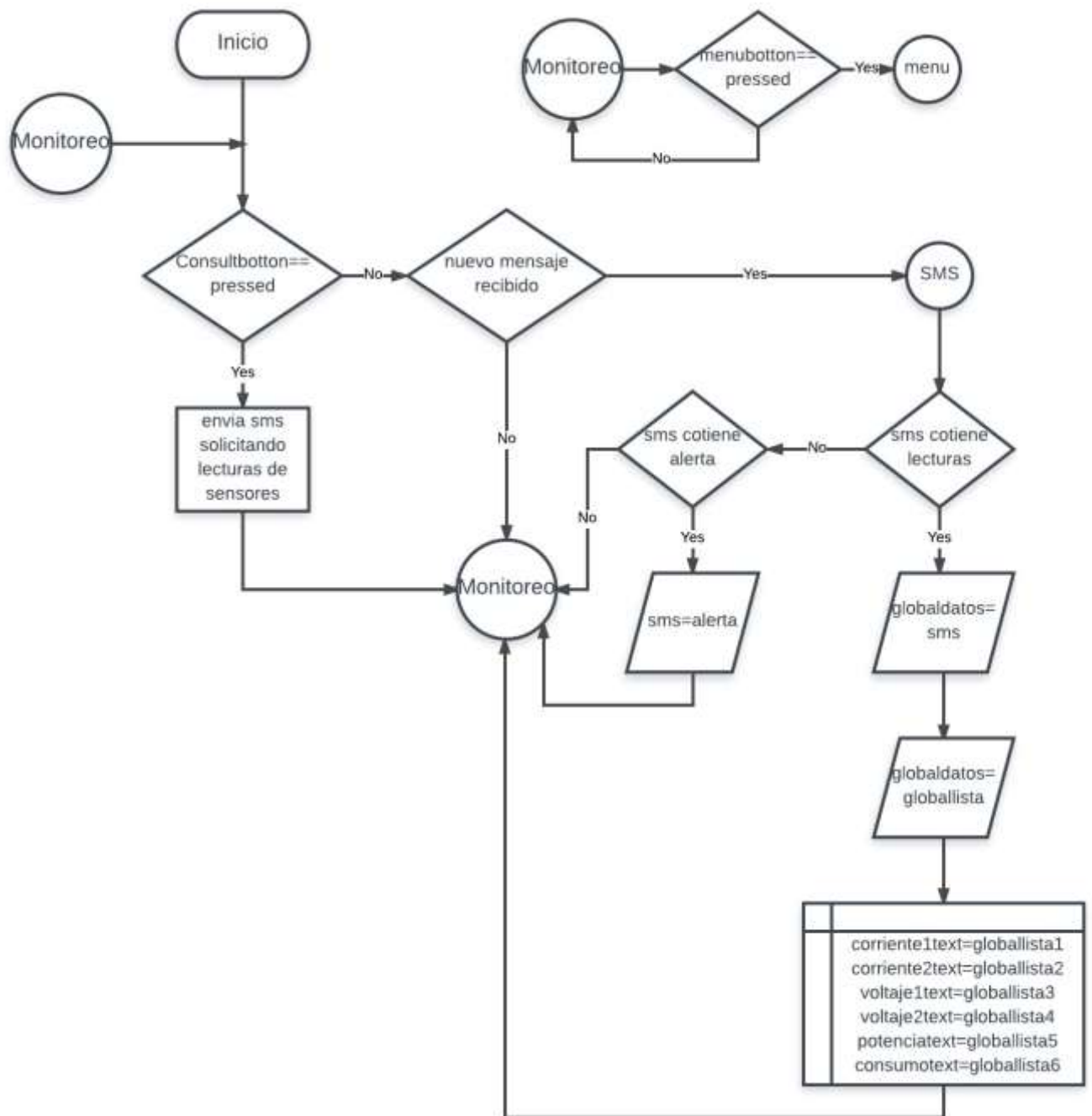
El desarrollo de esta aplicación propone que el sistema pueda ser configurable y accesible a sus datos por medio de mensajería de texto, por lo que esto implica la utilización de un dispositivo móvil como una *Tablet o Smartphone*. Con el fin de facilitar y mejorar el uso del sistema por parte del usuario se desarrolla una aplicación para dispositivos móviles que su sistema operativo sea o esté basado en Android, la cual cubre gran parte del mercado actual.

La aplicación se encargará de gestionar la información recibida y hacer que esta sea visualmente más fácil de entender, además, realizará el envío de los mensajes solicitando la información, de esta manera el usuario no deberá aprender ningún comando para poder hacer uso del sistema, ya que la aplicación se encargará de la gestión de la información recibida y los comandos necesarios.

La aplicación está conformada por tres ventanas que permiten su funcionamiento, cuenta con una ventana encargada del monitoreo de las lecturas hechas por el sistema, otra ventana se encarga de las funciones de control y una ventana más que permitirá la configuración de parámetros configurables de la aplicación.

A continuación se presentan los diagramas de flujo correspondientes al desarrollo de cada ventana de la aplicación, estos permiten tener una mejor comprensión del funcionamiento de la aplicación.

Figura 47. Diagrama de Flujos para la Ventana de Monitoreo



Fuente: Elaboración del autor

La Figura 47 presenta el flujo que sigue la función de monitoreo, cuando se presiona el botón consultar se envía un mensaje sms al prototipo del sistema, el mismo luego de interpretarlo envía los datos de las lecturas por medio de un mensaje de texto como respuesta a la solicitud enviada por la aplicación, la

aplicación se encarga de obtener y procesar esta información como se ve en el diagrama, para posteriormente separar este mensaje de texto en los diferentes valores obtenidos por el sistema, además de colocar cada valor dentro de la casilla correspondiente a cada lectura.

Cada vez que se desee actualizar la lectura de los datos obtenidos es necesario que el usuario ejecute la consulta, así cada vez se obtendrá información más actualizada. Además de las lecturas que se presentan en cada una de las casillas dentro del mensaje de texto enviado también se integran las posibles alertas que genere el sistema, la aplicación por medio de la interpretación de la información como se muestra en el diagrama se encarga de generar un mensaje de alerta que se podrá visualizar dentro de la ventana de monitoreo como un aviso, al igual que las lecturas cada vez que se ejecute la función de consulta se actualizarán los datos esto quiere decir que si la alerta tuvo la debida atención por el usuario de la red eléctrica, la misma no se generara y por consecuencia no se presentara nuevamente en la aplicación móvil. La Figura 48 muestra el proceso que sigue la aplicación cuando se ingresa al modo de control, la pantalla permite el control remoto de varias conexiones según lo permita así el prototipo del sistema, desde la pantalla de control se envía un mensaje al sistema que contiene un carácter para el encendido y otro para el apagado.

Figura 48. Diagrama de Flujos para la Ventana de Control

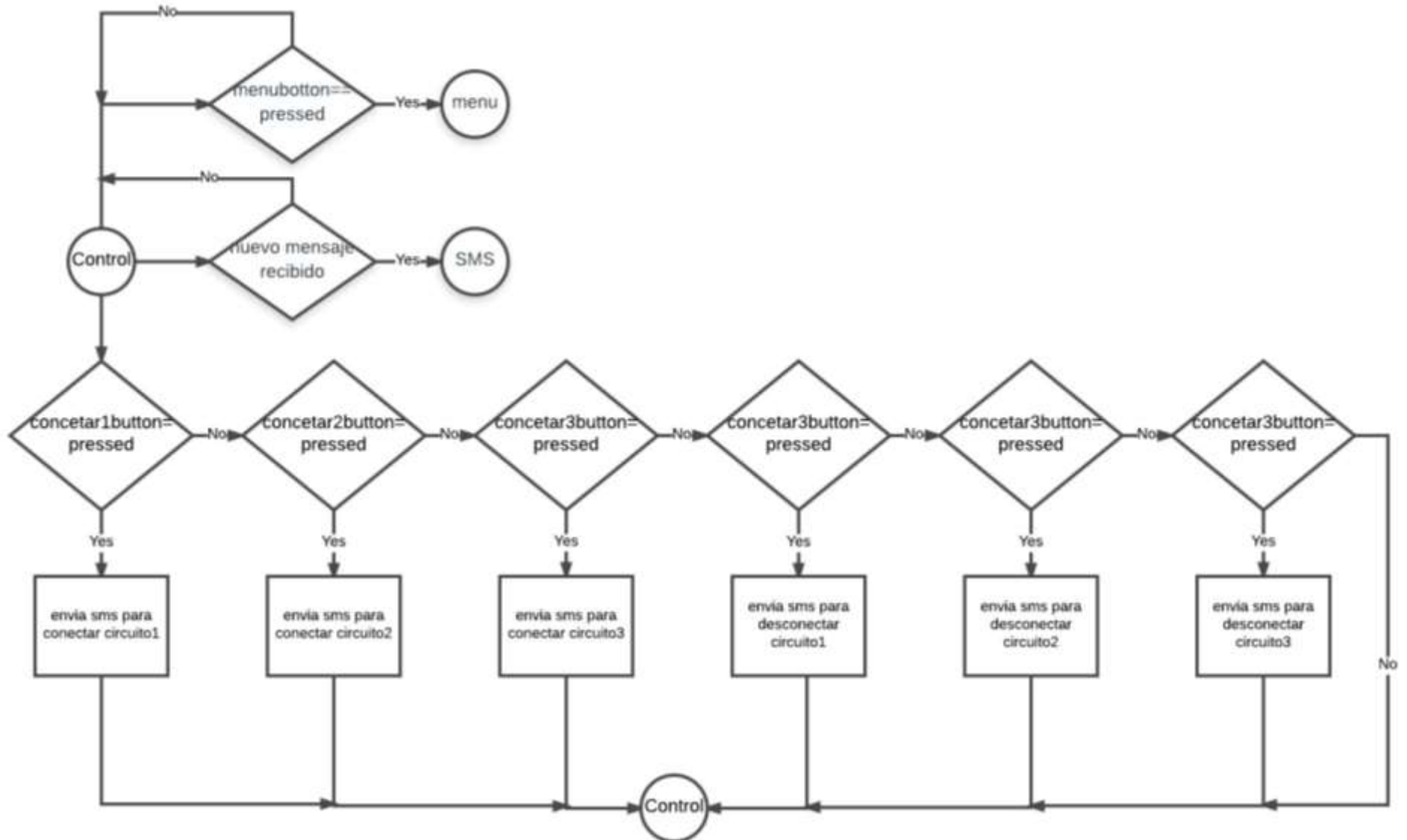
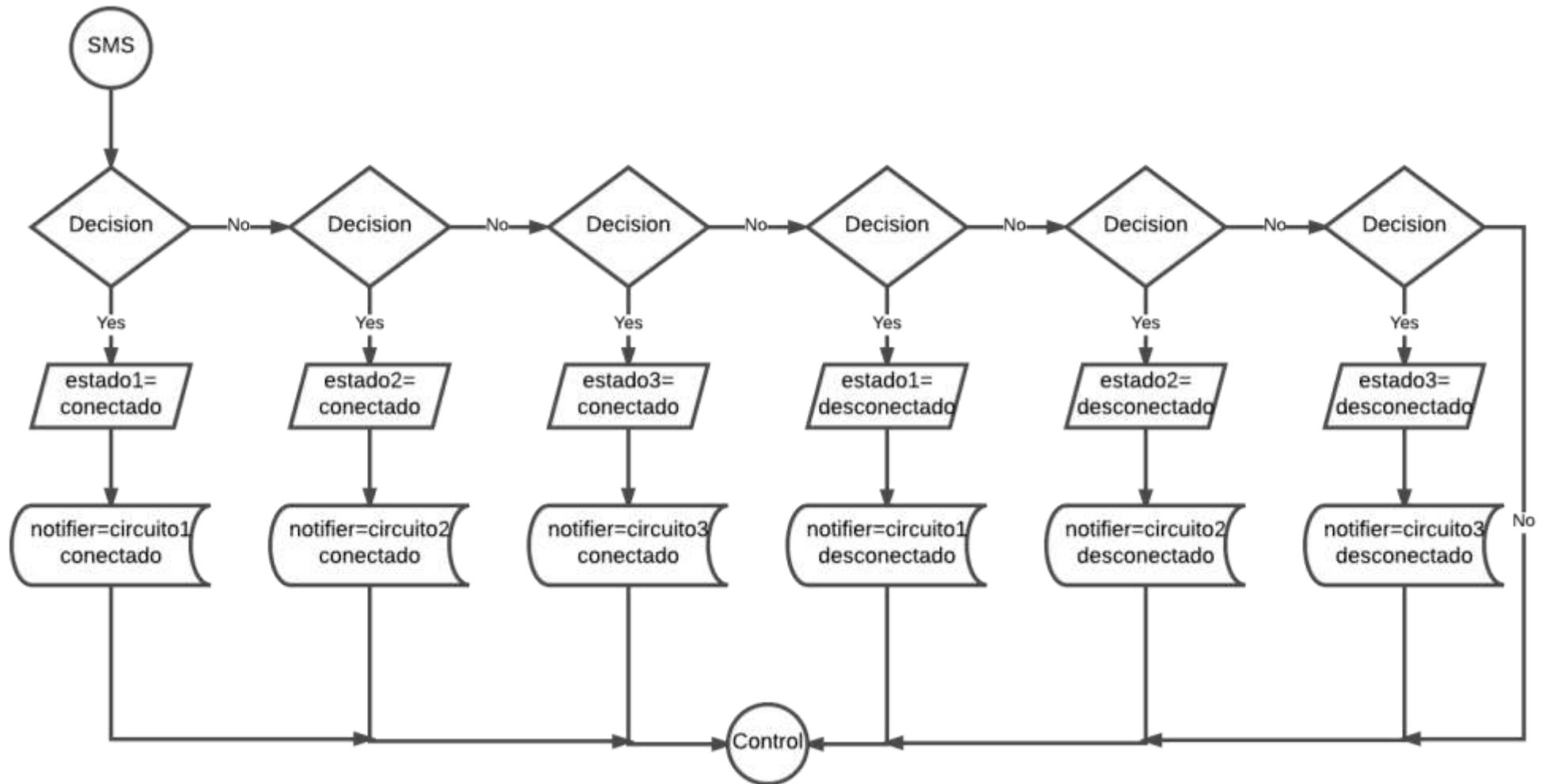
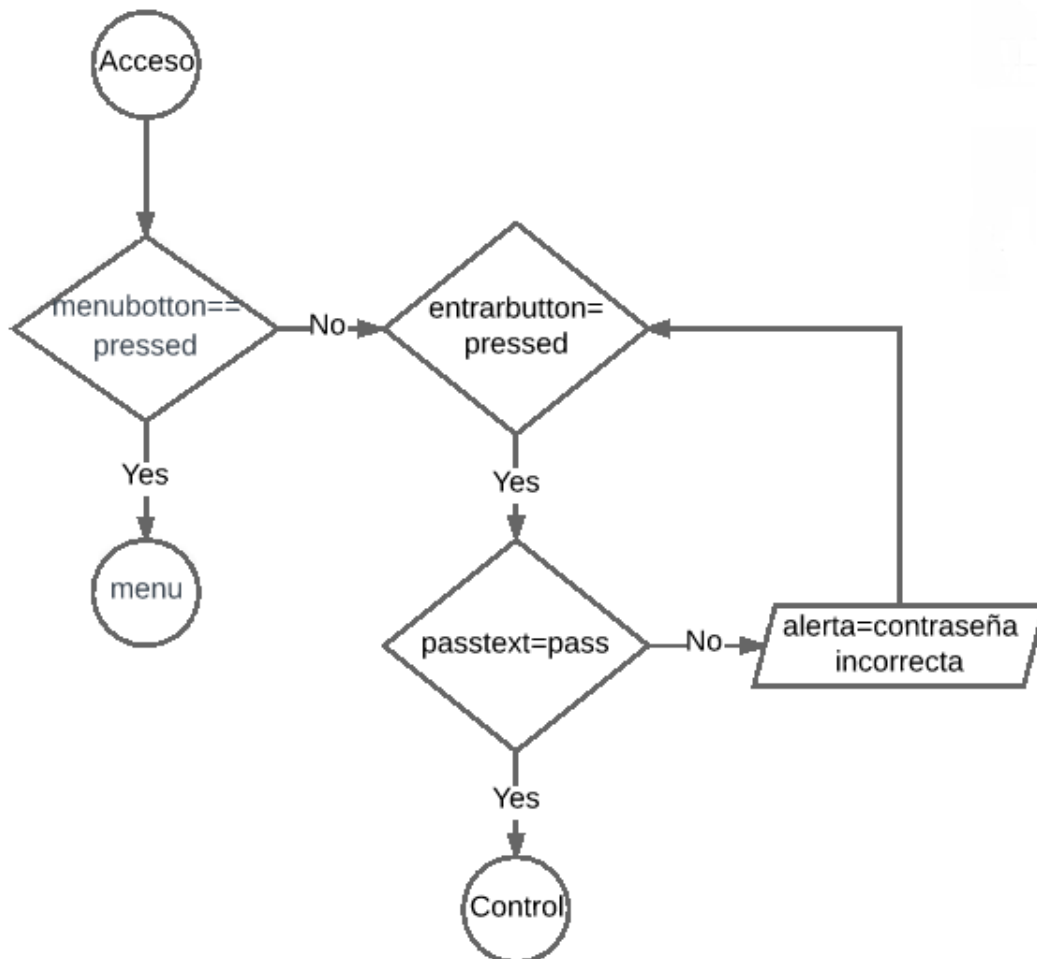


Figura 49. Diagrama de flujos



La Figura 49 muestra como después de que el mensaje es interpretado por el microcontrolador Arduino, el mismo se encarga de generar un mensaje de notificación sobre el estado de la conexión, este mensaje se visualiza en la pantalla de control y especifica si el dispositivo controlado se encuentra apagado o encendido. El estado en que se encuentre cada conexión quedara guardado en la aplicación y cada vez que se ingrese al modo de control el sistema notificara sobre el estado actual de cada circuito.

**Figura 50. Diagrama de Flujo para la Restricción al Modo de Control**



La Figura 50 representa el proceso por seguir para el ingreso al modo de control, primeramente verifica que la contraseña ingresada sea igual a la contraseña establecida en el sistema y además que cuente con permisos otorgados por el sistema para realizar las funciones de control.

El diagrama de flujos indica cómo se procesa la información dentro de la pantalla de configuración, para la comunicación GSM entre el prototipo y la aplicación móvil es necesario guardar el número telefónico correspondiente al prototipo dentro de la aplicación. También se especifica el flujo que toma la información de la contraseña ingresada por el usuario, requerida en el modo de control. Para obtener por primera vez esta contraseña o la generación de una nueva ante una pérdida de la misma, la aplicación envía una solicitud al prototipo y este se encarga de enviar una contraseña nueva de manera aleatoria que posteriormente podrá ser cambiada por el usuario.

Como se mencionó al inicio de esta sección del documento, para entender de una manera más sencilla como se desarrolló la aplicación móvil y el funcionamiento de la misma se ha explicado por medio de los diagramas de flujo, sin embargo para quien desee consultar la programación de la aplicación se adjunta todo el código de la misma en el **Apéndice C**.

#### **4.4 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO**

Para realizar la implementación del sistema se eligió la residencia ubicada en la Urbanización Vista Verde en Desamparados de la señora Nora Rivas Meza, cédula 2-0414-0493 y el comercio Minisúper La Confiteña propiedad del señor Luis Guillermo Sánchez Argüello, cédula 1-0676-0493, ubicada en Colonia del Sur en Desamparados, ya que existía una facilidad de acceso, por la relación de confianza que existe con los propietarios, así mismo gracias a la cercanía entre ambos lugares se facilitaba el traslado del prototipo y la realización de visitas de control para el sistema instalado. De tal manera, con la colaboración de los propietarios se estableció un periodo de prueba de una semana, ya que se consideró tiempo suficiente para la recolección de los datos.

Llegado a este acuerdo con los propietarios, el periodo de prueba para la residencia se llevó a cabo desde el martes 11 de abril hasta el día miércoles 19 de abril del 2017, mientras que para el comercio el periodo abarcó desde el día lunes 05 de junio hasta el día martes 13 de junio del mismo año.

Para la implementación del prototipo a la red eléctrica residencial las conexiones del sistema a la red se llevaron a cabo de la manera que se logra apreciar en la siguiente Figura, donde se aprecian los sensores de corriente ubicados dentro del tablero eléctrico, así mismo las conexiones para las mediciones de voltaje. Realizadas las debidas conexiones se procedió a iniciar las pruebas del prototipo en la red eléctrica residencial.

**Figura 51. Conexiones para Red Eléctrica Residencial**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 52. Sistema Instalado en la Red Eléctrica Residencial**



Fuente: Elaboración propia

Luego de realizada la construcción del sistema y de desarrollar la aplicación para Android se procede a ejecutar diferentes pruebas que permitan verificar el funcionamiento correcto del sistema.

#### **4.4.1 Prueba de Verificación de Lecturas obtenidas por los Sensores y envío de Datos al Panel del Prototipo y Aplicación Móvil**

Para respaldar las lecturas realizadas con el prototipo del sistema las cuales se verán representadas dentro del panel del prototipo y la aplicación móvil desarrollada, se han comparado cada una de las lecturas del sistema con los datos obtenidos con un equipo de medición profesional para magnitudes eléctricas; Fluke es la marca de este equipo, una de las mejores posicionadas en el mercado internacional con respecto a equipos de medición, el modelo utilizado para las lecturas es el 337, con este equipo se comparan las lecturas de voltaje y corriente realizadas por el sistema.

Se procede a solicitar la información de las lecturas realizadas por cada uno de los sensores desde la aplicación por medio de un botón de consulta, al realizar la consulta de las lecturas, el sistema mostrará el valor de la última medición realizada en la red eléctrica.

De esta manera se procede a solicitar la información de las lecturas realizadas por cada uno de los sensores desde la aplicación por medio de un botón de consulta, posteriormente, se comparan los valores obtenidos en cada dispositivo y se generan las alertas que requiera el sistema dentro de la aplicación.

**Figura 53. Comparación Datos Obtenidos por Equipo de Medición Profesional Fluke 337**



Fuente: Elaborado por el autor

La Figura 53 muestra el valor de las últimas mediciones de corriente realizadas por el prototipo del sistema y a su lado se muestra el valor recibido en la

aplicación, se puede apreciar que las lecturas del prototipo y la aplicación, coinciden en ambos casos con las lecturas realizadas por el equipo de medición Fluke 337, esto permite determinar que el funcionamiento de las lecturas realizadas desde el sistema, la solicitud de lecturas desde la aplicación y la respuesta del sistema al dispositivo móvil son correctos.

**Figura 54. Comparación Dato de Voltaje Medido por el Fluke 337, los Datos Procesados por el Prototipo y Presentados por la Aplicación**

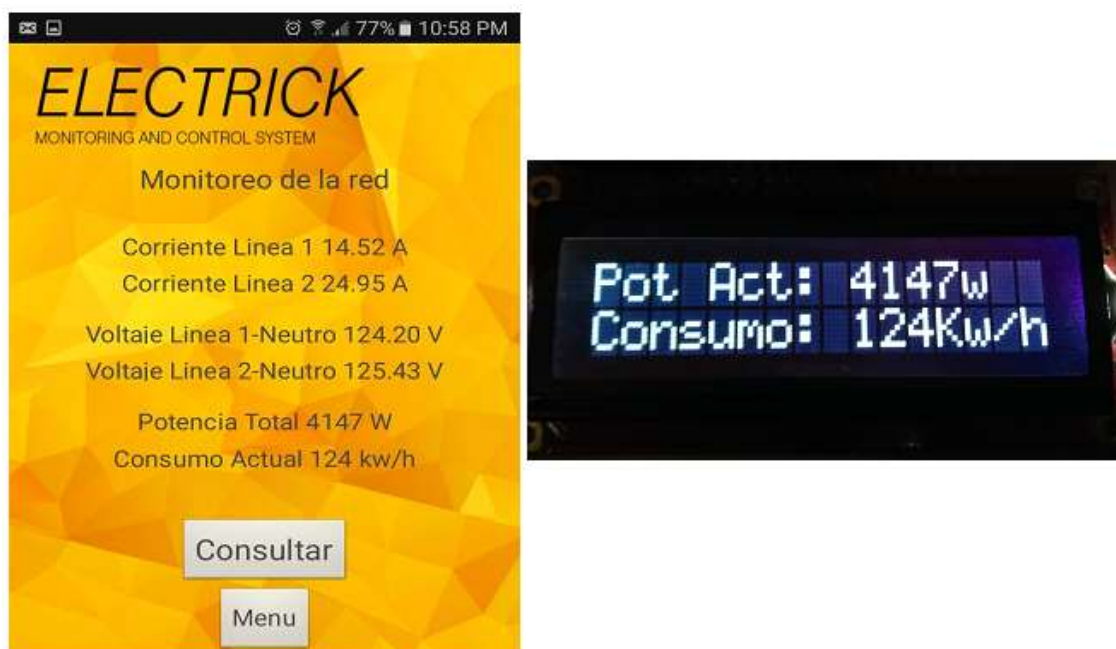


Fuente: Elaborado por el autor

La Figura 54 permite observar el valor de las lecturas de voltaje obtenidas por el sistema este valor lo procesa el microcontrolador Arduino del prototipo y puede visualizar en la pantalla del prototipo como en la aplicación móvil, como se observa en este caso todas las lecturas conciden en un mismo valor, lo que indica que el sistema está procesando correctamente la información.

Los valores de potencia obtenidos por el Arduino, con base en la relación que existe entre las lecturas de voltaje y corriente, así como la potencia que el sistema se encuentra consumiendo y la que el sistema ha consumido dentro del periodo de facturación pueden visualizarse en la pantalla del prototipo y la aplicación, como se muestra en la Figura 55.

**Figura 55. Visualización Datos de Potencia por el Sistema, Presentados en la Pantalla del Prototipo y Aplicación Móvil.**



Fuente: Elaborado por el autor

Figura 56. Comparación de Valores Obtenidos y Procesados por el Sistema, para ser Mostrados en el Panel del Prototipo y generar Alertas de Problemas en la Red Eléctrica.



Fuente: Elaborado por el autor

En la Figura 56 se comparan las lecturas tomadas por el sistema desarrollado y el Fluke 337, donde se presenta un voltaje significativo en la medición de voltaje realizada entre el neutro y la tierra de la red eléctrica monofásica. Así mismo, puede observarse la comparación entre las mediciones de corriente en tierra de la red. Estas mediciones son de gran importancia para llevar a cabo la generación de alertas que indican al usuario de la red, posibles problemas en la misma, las mediciones anteriores solo se presentan en el panel del prototipo.

#### **4.4.2 Pruebas de Funcionamiento de Activación de Alertas y Representación desde la Aplicación Android y el Panel del Prototipo**

Para las pruebas anteriores se puede observar que los valores de la red eléctrica monitoreados están dentro del rango de lo establecido en el sistema en que se deben encontrar, por lo que el sistema no presenta ninguna alerta. De esta forma, para comprobar la funcionabilidad de las alertas y la configuración de valores máximos establecidos, se procede a cambiar los valores por otros que sean mayores a lo normal así las alertas deberían activarse, estos cambios se harán individualmente para cada lectura dentro del IDE de Arduino, se activará las alertas y luego se devolverán los valores máximos a la normalidad para desactivarlas.

**Figura 57. Alerta del Sistema por Voltaje entre Neutro y Tierra fuera del Rango Establecido, desde la Aplicación Móvil y Panel del Prototipo**



Fuente: Elaborado por el autor

En la Figura 57 se observa que al definir un valor de voltaje entre neutro y tierra superior al valor que permite el sistema, se emite la alerta correspondiente, esto permite comprobar el correcto funcionamiento del sistema de alertas y de la etapa de establecimiento de valores máximos en el sistema desde el prototipo del sistema. La alarma ha sido activada debido a que el valor del voltaje es 7,45 VAC y el valor máximo establecido se encuentra en 3 VAC.

**Figura 58. Alerta del Sistema por Corriente de Tierra fuera del Rango establecido, desde la Aplicación Móvil y Panel del Prototipo**



Fuente: Elaborado por el autor

La Figura 58 muestra como desde la pantalla del panel de control, se monitorea la corriente de tierra, siendo ésta superior al límite establecido, esto activa la alerta correspondiente a la lectura del sistema, esto permite determinar el correcto funcionamiento del sistema en la definición del valor máximo de corriente en tierra, y del sistema de alertas en el prototipo y la aplicación.

**Figura 59. Alerta del Sistema por Desbalance de Consumo entre las Líneas de la Red, desde la Aplicación Móvil y Panel del Prototipo**



Fuente: Elaborado por el autor

Para la prueba del sistema de alerta en el desbalance de consumo de la red, se ha colocado una relación porcentual más baja de lo establecido para el prototipo del sistema, esto con el fin de activar la alerta. Como muestra la Figura 59 la alerta se activa correctamente por lo que se determina que esta etapa tanto en el prototipo del sistema como en la aplicación funciona correctamente.

De igual manera que la alerta anterior, para lograr activar la alerta de sobrecarga se ha modificado el valor máximo de corriente que pueden soportar cada una de las fases de la red eléctrica, al realizar estos cambios se ha logrado la activación de esta alerta, por lo que de igual manera se logra determinar que esta última

etapa de alertas, tanto en el prototipo del sistema como en la aplicación móvil funciona adecuadamente. Esto se puede apreciar en la Figura 60.

**Figura 60. Alerta del Sistema por Posible Sobrecarga de la Red, desde la Aplicación Móvil y Panel del Prototipo**



Fuente: Elaborado por el autor

#### 4.4.3 Pruebas de activación y desactivación de las conexiones

Para la activación y desactivación de las conexiones solamente se debe ingresar a la ventana de control, de esta forma serán accesible los botones encargados del apagado y encendido desde la aplicación móvil, para realizar la función de control desde el prototipo del sistema, debe ejecutarse desde los botones físicos con los que cuenta el sistema.

Se realizaran las pruebas de petición de contraseña para ingresar al modo de control, desde la aplicación móvil y el prototipo del sistema.

**Figura 61. Botones físicos y de la aplicación para el control de las conexiones**



Fuente: Elaborado por el autor

**Figura 62. Conexión 1 Activada desde la Aplicación o Panel de Control, y Respuesta del Sistema.**



**Figura 63. Conexión 2 Desactivada desde la Aplicación o Panel de Control y Respuesta del Sistema**



Como se puede observar en las Figuras 62 y 63, la función de control habilitada para la conexión del Circuito 1 de la red eléctrica, se puede ejecutar desde donde el usuario de la red lo desee ya sea en el panel del prototipo o la ventana de la aplicación. El cambio de estado en la conexión del Circuito 1 que alimenta el Relay 1 del módulo, este a su vez interrumpe la línea viva del circuito a controlar, por lo que se alimenta y se interrumpe la alimentación del dispositivo conectado a la red, esto muestra el correcto funcionamiento de la etapa de control. Los circuitos a controlar deben consumir menos de 20 amperios, para los dispositivos que consuman más de esta corriente deben ser conectados a un módulo de Relays que sean capaces de conducir los 20 amperios.

Ambas partes se mantienen en comunicación, esto quiere decir que no importa en qué interface se ejecute la función, la notificación del estado de las conexiones será para ambas partes del sistema y cada vez que se entre al modo de control ya sea desde el prototipo o la aplicación se indicará el estado de la conexión.

#### **4.4.4 Pruebas de Seguridad para Ingresar a la Etapa de Control**

La seguridad del sistema permite restringir el ingreso al modo de control, por medio de una contraseña, esto para limitar la activación o desactivación de las conexiones de la red por parte del usuario del sistema.

Tanto dentro de la interfaz de la aplicación como en la del prototipo se solicita una contraseña para entrar al modo de control, en la Figura 50 puede observarse la secuencia para entrar al modo de control desde la aplicación, primero desde el ventana de menú debe presionarse el sistema de control, posterior a esto debe

ingresarse la contraseña del usuario, para, finalmente, ingresar a la ventana de control, donde inmediatamente se muestran los estados actuales de cada conexión, para terminar se habilitan los botones que se encargan del encendido y apagado de las conexiones.

En las Figura 64 y 65 se muestra la secuencia que debe seguirse para entrar al modo de control desde el prototipo, debe presionarse el botón de control, luego se muestra en la pantalla un mensaje indicando que se ha ingresado al modo de control y se solicita la contraseña al igual que la aplicación, luego de digitar correctamente la contraseña, se muestra el estado actual de cada conexión como logra apreciarse.

**Figura 64. Menú de la aplicación.**



Fuente: Elaborado por el autor

**Figura 65. Seguridad de Acceso a Sistema de Control.**



Fuente: Elaborado por el autor

Después de realizar todas las pruebas del sistema y comparando las mediciones que el mismo realizó con un dispositivo de medición profesional, se logra determinar que el sistema desarrollado obtiene mediciones muy cercanas a las que realiza un equipo de medición profesional, siempre dentro de un rango de tolerancia aceptable.

#### 4.4.5 Implementación del Sistema en una Red Eléctrica Comercial

Para realizar las pruebas de campo en una red comercial, se planifico con anterioridad y bajo la aprobación del administrador del comercial la hora adecuada para realizar la instalación del prototipo, esto en un momento donde el flujo de clientes sea disminuido.

**Figura 66. Comercial Minisúper La Confiteña, San José Desamparados**



Fuente: Elaboración propia

El comercio donde se efectuaron las pruebas para la implementación es el minisúper La Confiteña, ubicado en la Urbanización Colonia del Sur en el cantón de Desamparados, distrito central. El comercio cuenta con una red eléctrica monofásica trifilar con dos líneas vivas, un neutro y una protección puesta a tierra.

**Figura 67. Tablero Eléctrico Principal del Comercio**



Fuente: Elaboración Propia

Para la instalación de los sensores de corriente en la implementación del sistema, los mismos quedaron instalados en el cableado que corresponde a las líneas vivas que alimentan el tablero principal del comercio, esto como se muestra en la siguiente Figura:

**Figura 68. Conexión Sensores de Corriente a la Red Eléctrica**



Fuente: Elaboración propia

El cableado que permite las lecturas de voltaje dentro de la red eléctrica se colocó dentro del tablero de la siguiente manera:

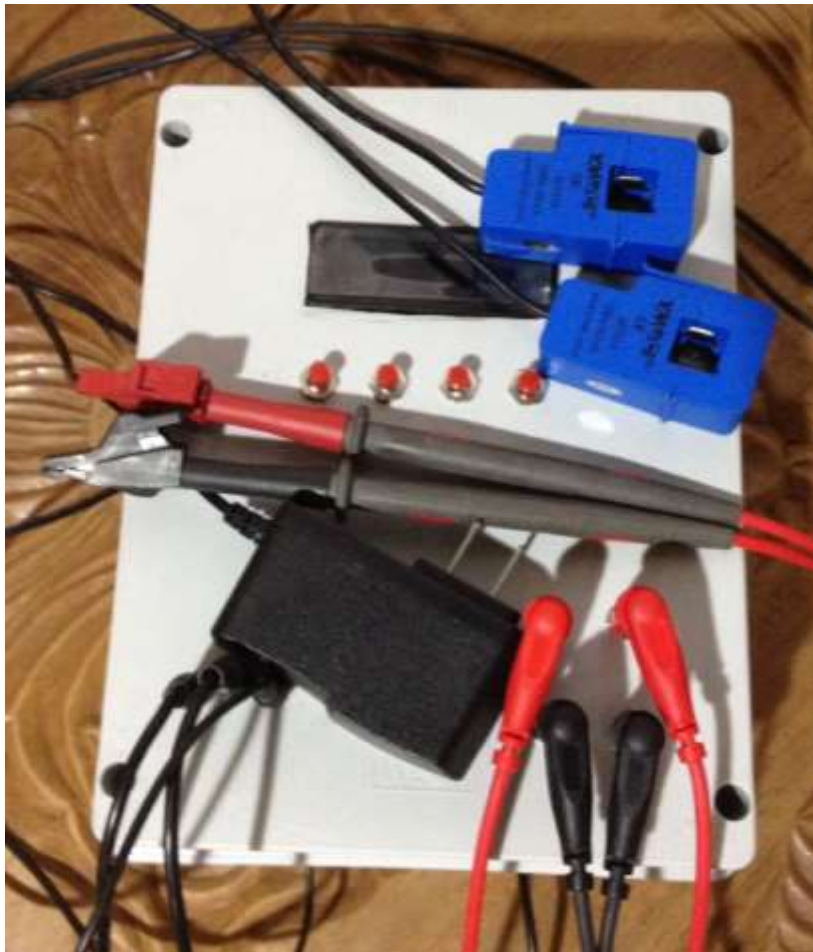
**Figura 69. Conexión para la Medición de Tensiones**



Fuente: Elaboración propia

El sistema se diseñó de manera tal que los componentes del mismo puedan ser ubicados dentro de una caja eléctrica especial, esto para evitar estática tanto interna como externa que pueda afectar durante la implementación del prototipo.

**Figura 70. Encapsulado del sistema**



Fuente: Elaboración propia

Una vez realizadas las conexiones para las mediciones de corrientes y voltajes dentro del tablero eléctrico se procedió a realizar las conexiones correspondientes en el prototipo del sistema desarrollado como se muestra en la siguiente Figura:

**Figura 71. : Prototipo Instalado en la Red Eléctrica Comercial**



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente al finalizar la instalación para el prototipo del sistema y comprobar que el mismo realiza las lecturas para los valores a monitorear se procede a realizar la consulta de los valores por medio de la aplicación móvil, esto para, finalmente, compararlos como se muestra en la siguiente Figura:

**Figura 72. Comparación de Lecturas entre el Panel y la Aplicación**



Fuente: Elaboración propia

Luego de dejar el equipo instalado por el periodo de prueba establecido, se logró determinar un consumo de 324 kw/h, esto en promedio significa 1,5 kw/h, también se logró observar que el factor de potencia en algunos momentos de la medición eran muy bajos llegando incluso a valores de 0,2, por otro lado, en otros momentos las lecturas mostraron un factor de potencia más normal llegando a valores de 0,7.

Se observó que durante el periodo de prueba ninguna de las alerta fue generada esto quiere decir que las mediciones se mantuvieron dentro del rango permitido por el sistema dentro de este periodo de implementación. Anteriormente para las

pruebas en la residencia se observó cómo se presentan las alertas tanto desde el panel como la aplicación móvil.

En la Figura 73 se puede observar la ubicación que mantuvo el prototipo dentro del comercio durante el periodo de implementación

**Figura 73. Ubicación del prototipo durante el periodo de prueba**



Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.6 Evaluación de Conexiones del Prototipo a la Red Eléctrica

Durante la instalación del prototipo se identificó que es necesario la implementación de una vía para el cableado de las conexiones que van desde el sistema desarrollado hasta el tablero eléctrico, ya que durante la instalación y el periodo de prueba del prototipo en los tableros principales de las redes se tuvo que retirar y mantener descubierto el tablero, siendo esto una práctica no adecuada, por lo que se llegó a la conclusión de que es necesario una conexión por medio de una tubería eléctrica para la adecuada instalación del prototipo y mantener colocada la tapa del tablero eléctrico.

Este problema se presentó en las conexiones que permiten las mediciones de voltaje, ya que durante la implementación del sistema se utilizó una combinación de lagartos que se adaptan a las puntas de medición normalmente utilizadas, lo que genera un conector muy largo, el cual impide ser conectado dentro del tablero con la posibilidad de colocar la tapa del mismo adecuadamente.

**Figura 74. Conector Actual para Medición de Voltajes**



Fuente: <http://www.esitest.com/629.html>

Por esta razón se procedió a buscar otras opciones de conexión y se encontraron lagartos debidamente aislados e independientes a la punta de medición lo que permite obtener una pieza de menor tamaño y mayor flexibilidad para ser colocada dentro del tablero eléctrico, de esta manera el cable de estos lagartos se conectan al sistema desarrollado, posteriormente pasan por la tubería eléctrica anteriormente mencionada para llegar al tablero eléctrico, y así finalmente colocar los lagartos en los puntos donde se desea realizar las mediciones por monitorear. Con este ajuste será posible colocar la tapa del tablero de la manera adecuada y permitir el uso del sistema en la red.

**Figura 75. Conector Adecuado para Medición de Voltajes**



Fuente: <http://www.ebay.com/itm/162300989160>

#### **4.4.7 Evaluación de la Conexión del Sistema con la Aplicación Móvil**

Luego de implementar el sistema dentro de las redes eléctricas y realizar las pruebas de funcionamiento en la comunicación con la aplicación móvil desarrollada se logró concluir los siguientes puntos:

Para lograr activar las alertas que genera la aplicación móvil fue necesario cambiar los valores máximos permitidos por el sistema, ya que la mayoría de mediciones se encontraban dentro del rango permitido, después de comprobar la activación de cada una de las alertas los valores máximos se cambiaron nuevamente a los establecidos para el óptimo funcionamiento del sistema

En la función de control de la aplicación se logró comprobar el funcionamiento adecuado de las instrucciones para la conexión y desconexión de dispositivos, los mensajes de notificación sobre la actualización del estado en que se encuentran los dispositivos llegaban a la aplicación móvil de manera adecuada y en tiempos adecuados. Así mismo se logró determinar el buen funcionamiento de la aplicación en términos de memoria, ya que si el usuario deseaba salir de la aplicación y cerrar la misma, para posteriormente cambiar el estado de alguna conexión por medio del panel al ingresar nuevamente a la aplicación se observaba los cambios.

También, logró comprobarse que la aplicación móvil guardó exitosamente los datos del usuario, los cuales son la contraseña para la restricción al modo de control y el contacto con el cual la aplicación móvil desea comunicarse, hay que tomar en consideración que este contacto corresponde al prototipo desarrollado.

## **4.5 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DEL DESARROLLO DEL SISTEMA**

El desarrollo del sistema claramente producirá un costo para su desarrollo, sin embargo se realiza un estudio de los beneficios generados por este de forma que pueda verse la utilidad producida por el sistema en el campo económico. Además, es comparado con otros servicios similares que se encuentran en el país y sistemas que se asemejan al desarrollado, fuera del territorio nacional.

### **4.5.1 Costo de Visita Técnica de un Electricista Profesional**

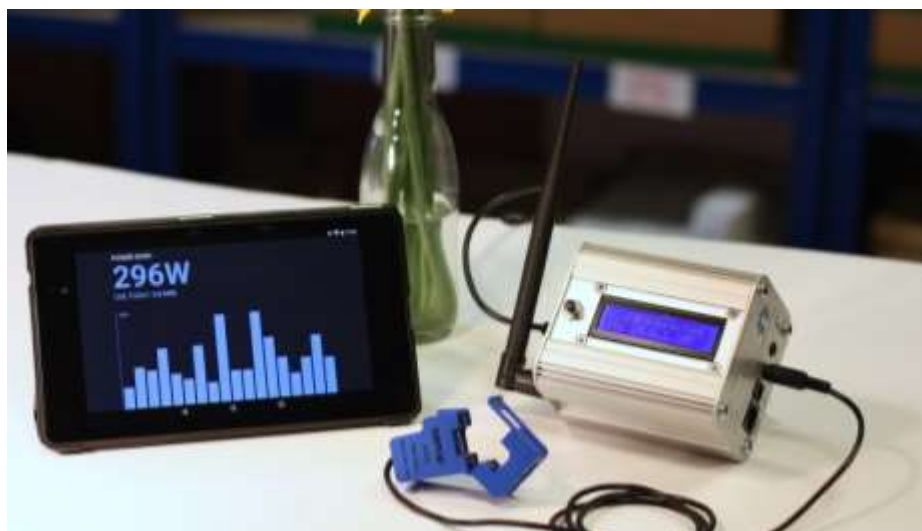
El costo de una visita técnica de un electricista profesional, para realizar una inspección general del funcionamiento y el estado en que se encuentra una red eléctrica monofásica, actualmente en el mercado nacional representa un costo de ₡ 175 000, este costo se puede validar en la cotización que se adjunta en el **Apéndice D**. Este servicio profesional es uno de los puntos de comparación para el sistema, ya que, actualmente, en el mercado nacional no se encontró un sistema equivalente al desarrollado.

### **4.5.2 Costo de sistema Similar fuera del Territorio Costarricense**

Con el objetivo de tener otro punto de comparación con un sistema similar, se ha elaborado una búsqueda por medio de la herramienta de internet y se ha encontrado un grupo de diseñadores europeos bajo el nombre de Open Energy Monitor que desarrollan sistemas de monitoreo eléctrico para las redes eléctricas europeas. Dentro de los sistemas que diseñan y tienen a la venta se encuentra el


sistema\_emonPi, denominado así por ser una herramienta de monitoreo eléctrico y trabajar, básicamente, con un módulo Raspberry Pi.

**Figura 76. Sistema emonPi**



Fuente: <https://shop.openenergymonitor.com/emonpi-3/>

**Figura 77. Costo del Sistema emonPi**

Your Shopping Cart			Proceed to Checkout	
Cart Items	Qty	Item Price	Item Total	
 <p><b>emonPi</b> Enclosure &amp; LCD: Fully Assembled Raspberry Pi: Raspberry Pi 3 &amp; 8GB Pre-built SD card <a href="#">Change</a></p>	<input type="text" value="1"/> <a href="#">Remove</a>	£129.20	£129.20	
		<b>Subtotal:</b>	£129.20	
		<a href="#">Estimate Shipping &amp; Tax</a>		
		<b>VAT:</b>	£25.84	
		<b>Grand Total:</b>	£155.04	

Fuente: <https://store-98a75.mybigcommerce.com/cart.php>

En la Figura 77 se puede apreciar y confirmar el costo que tiene el sistema dentro del mercado europeo.

#### 4.5.3 Comparación de sistemas y servicios

**Tabla 4. Tabla comparativa para servicios y sistemas similares al prototipo desarrollado**

Visita Técnica	Sistema emonPi	Sistema Desarrollado
Revisión instalación eléctrica	Monitoreo de la red en tiempo real	Monitoreo de la red en tiempo real
Revisión interruptores y cableado	Vista en dispositivo móvil	Vista en dispositivo móvil
Revisión juntas empalmes	1 Sensor de temperatura	N/A
Resoque de conexiones	2 sensores de corriente	3 sensores de corriente
Diagrama unifilar básico	1 sensor de voltaje	3 sensores de voltaje
Observaciones y recomendaciones	Comunicación Wifi / Ethernet	Comunicación GSM
	N/A	Control de encendido y apagado
	N/A	Generación de Alertas
	Basado en Raspberry Pi	Basado en Arduino
Costo mercado Nacional: ₡175,000.00	Costo mercado en europeo al tipo de cambio nacional: ₡ 102,510	Costo mercado nacional: ₡ 123,625.00

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4 se compara el prototipo desarrollado con sistemas similares que se encuentran fuera del mercado nacional, además de la opción de un servicio profesional que se asemeja al sistema desarrollado y logran encontrarse dentro del mercado nacional.

#### 4.5.4 Inversión para el Desarrollo del Proyecto

La tabla 5 presenta el presupuesto de los materiales necesarios para el desarrollo del proyecto propuesto, en este se incluye las tarjetas del controlador, sensores, terminales, chasis y demás materiales necesarios para el ensamblaje del sistema. Gracias a que el proyecto se basa en una plataforma de uso libre no es necesario el gasto en licencias de software para la programación del sistema ni de la aplicación móvil.

**Tabla 5. Presupuesto de materiales para el desarrollo del sistema**

Componente	Cantidad	Precio en dólares	Precio en colones
Arduino Uno	1	\$28	16 100
SIM900 GSM/GPRS shield	1	\$62	35 650
Módulo relay 8 canales	1	\$11	6 325
Sensor SCT-013-100	3	\$44	25 300
Transformador LP-423	3	\$15	8 625
Display LCD 16X2	1	\$16	9 200
Adaptador 9V/1 <sup>a</sup>	1	\$6	3 450
Cables para Arduino	1	\$8,5	4 888
Operacional 358	3	\$3	1 725
Jack de Audio	3	\$5	2 875
Terminal	3	\$3,5	2 013
Placa perforada	3	\$7	4 025
Pulsadores	4	\$4	2 300
Resistores y capacitores	20	\$2	1 150
		Total Colones	
		₡	12 3625

Fuente: Elaborado por el autor

Precios en colones basado en el tipo de cambio autorizado por el BCCR para el 05 de junio del 2017.

Según la información de la tabla 5 el costo inicial del sistema es de ¢ 123 625, 00.

#### **4.5.5 Retorno de la Inversión**

El sistema permitirá que la red eléctrica se encuentre en monitoreo constante, por lo que la cantidad de visitas técnicas para el mantenimiento de la red se reducirán y se realizarán solo en casos que el sistema indique que es necesario realizar una corrección. Lo que permitiría reducir la cantidad de visitas técnicas para la red eléctrica a un periodo semestral o incluso anual. La diferencia de costo entre la visita de un electricista profesional y la implementación del sistema es de aproximadamente ¢ 53 000, esta diferencia monetaria es la que se utiliza para llevar a cabo el análisis costo beneficio del sistema, atreves del cálculo del retorno de inversión, para así conocer la rentabilidad y la seguridad de inversión.

Para el cálculo del retorno de la inversión se debe calcular el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de rendimiento (TIR), el VAN como indica Castañer. (2014) equivale al valor actualizado de una serie de flujos de fondos en el futuro. Esta actualización se realiza mediante el descuento al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial.

Conforme al autor Castañer, (2014), la fórmula para el cálculo del VAN es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Dónde:

$V_t$  representa los flujos de caja en cada periodo  $t$ .

$I_0$  es el valor del desembolso inicial de la inversión.

$n$  es el número de periodos considerado.

$K$  es el tipo de interés.

De la tabla 4 se tiene que el coste inicial ( $I_0$ ) es de: ₡ 123 625,00.

El flujo de caja (FNC) es de ₡ 53 000,00, ya que este es el valor de ahorro que tendría el usuario del sistema al implementarlo por un año, comparado al costo de la visita técnica anual.  $K$  se refiere a la tasa de interés a la que se hace el financiamiento del proyecto, en este caso no hay tasa de interés por lo que el valor de este es 0.

El horizonte temporal al que se proyectara el proyecto será de 5 años, haciendo la evaluación del valor de los indicadores cada año.

Aplicando la fórmula presentada para el cálculo del VAN, proyectándola cada año hasta el quinto año se tiene:

**Tabla 6. Valor actual neto anual proyectado a 5 años**

Periodo (Año)	VAN Anual
1	-70 625,00
2	-17 625,00
3	35 ,375,00
4	88 375,00
5	141 375,00

Fuente: Elaborado por el autor

Como puede verse a partir del tercer año el VAN es mayor a cero lo que significa que el proyecto es rentable y garantizaría ganancias a partir de este año.

El TIR según Juan Castañer et al. (2014), es la tasa de descuento requerida para que el Valor Actual Neto sea igual a cero

La fórmula para calcular es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_{Ft}}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

Donde  $V_{Ft}$  es el Flujo de Caja en el periodo t.

Aplicando la fórmula, sustituyendo las variables por los valores obtenidos anteriormente se obtienen los siguientes valores de TIR para los periodos de 1 a 5 años:

Tabla 7. Tasa interna de retorno de los 3 a los 5 años

Periodo (Año)	TIR Anual
3	14%
4	26%
5	32%

Fuente: Elaborado por el autor

En este caso se puede ver que la tasa interna de retorno es de 14% al tercer año, 26% a los 4 años, 32% a los 5 años, valores altos de TIR indican que la inversión es

segura y la implementación es factible desde el punto de vista monetario, con estos valores obtenidos se tiene factibilidad de implementación y la inversión es positiva.

Además de los beneficios económicos que produciría la implementación del proyecto se tiene el beneficio que recibirían las personas que hagan uso del sistema en sus redes eléctricas ya que la calidad de cuidado a la red mejoraría, y su calidad de la misma, además un beneficio más que se dará al usuario es tranquilidad por conocer el estado actual y las condiciones de funcionamiento para la red.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

- En base a las listas de chequeo aplicadas y las conversaciones que se mantuvieron con los propietarios de las redes, se logra identificar un reducido número de usuarios que se preocupan por realizar revisiones periódicas a sus redes eléctricas por lo tanto ciertos problemas de las redes no logran ser identificados de manera preventiva.
- Los dispositivos y componentes utilizados en el desarrollo del proyecto, fueron elegidos debido a su bajo costo, poco consumo y fácil programación, además por ser un sistema de hardware y software libre que permiten el desarrollo sin dificultades generadas por acceso restringido a información o el pago de licencias.
- Debido a las características que presenta el módulo GSM con respecto al módulo Bluetooth se determinó, que para que el usuario de la de aplicación móvil lograra comunicarse remotamente al sistema desarrollado y pensando en la necesidad de realizarlo desde largas distancias es mejor la comunicación GSM, ya que un enlace vía Bluetooth permitía una comunicación en distancias muy cortas.
- Dadas las limitantes de licencias en diferentes plataformas para la construcción de aplicaciones móviles, se determinó trabajar el desarrollo de la aplicación para el prototipo del sistema dentro de la plataforma Android, ya que esta es una licencia de uso libre y permite trabajar sin restricciones de este tipo.

- Después de las pruebas iniciales del prototipo se identificó que para la instalación del mismo dentro de la red eléctrica es necesario considerar las condiciones en las cuales se encuentra instalado el tablero eléctrico, esto para que el sistema pueda ser conectado a cualquier tablero de la manera más óptima.
- Como limitante se identificó que por el alto riesgo de choque eléctrico que puede sufrir la persona que instale el dispositivo y el daño de equipos ya conectados a la red, se determinó que la instalación del sistema desarrollado debe realizarse dentro de un periodo de tiempo donde el tablero eléctrico pueda ser desenergizado.
- Luego de las pruebas realizadas durante el periodo de implementación, se detectó que el prototipo desarrollado realiza mediciones con un nivel de discrepancia muy bajo comparándolo a un sistema de medición profesional para magnitudes eléctricas.
- Debido a que en el país no se encontró un sistema similar al desarrollado, para realizar un análisis costo beneficio se tuvo que utilizar los datos de servicios similares que se brindan actualmente en el mercado nacional, junto a sistemas similares encontrados en el exterior del país, lo cual permitió obtener tener un punto de comparación.
- Después de aplicar el análisis costo beneficio para el desarrollo del sistema los resultados indican que la inversión es segura y la implementación es factible desde el punto de vista monetario.

- La elaboración de un manual de usuario hace que se facilite la puesta en marcha del sistema y permite al usuario conocer mejor las características y funciones disponibles tanto en el panel de control como en la aplicación móvil.
- El prototipo desarrollado cumple con los objetivos establecidos al inicio del proyecto, por lo que se puede afirmar que el sistema diseñado y desarrollado cumple con la finalidad de su creación y brinda una solución concreta al problema inicial.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda conectar un sistema de respaldo para la alimentación del sistema de monitoreo y control, ya que esto permitirá que el sistema continúe operando y no se reinicie el historial de las lecturas de consumo realizadas.
- Para el control de dispositivos con un consumo desde los 10 hasta los 20 amperios se debe usar el módulo Arduino con relays que soportan un máximo de 20 amperios.
- Si se desea expandir la cantidad de conexiones que se desea controlar por medio del sistema, se recomienda hacer uso del Arduino Mega que permite aproximadamente 40 conexiones más, además de usar módulos de relays con 16 canales cada uno.
- Se recomienda la alimentación del sistema con un adaptador de al menos 1A, debido a que el consumo del Arduino y los shield utilizados podría alcanzar valores inferiores pero cercanos a este en cortos lapsos, de esta forma se garantiza que el adaptador dará al Arduino la corriente necesaria para un óptimo funcionamiento, así el sistema no se dañará por consumos excesivos de corriente.
- Se recomienda el estudio de la posibilidad de mejorar la portabilidad del sistema y los sensores utilizados, de esta forma se puede tener un diagnóstico del estado actual de una red eléctrica y conocer los posibles puntos de mejora para la misma.

# BIBLIOGRAFÍA

## Referencias

Gironés, J. (2013). El gran libro de Android. Recuperado de:  
[https://books.google.co.cr/books?id=K9hnCJ\\_NGq4C&pg=PT130&dq=android&hl=es&sa=X&ei=TV\\_ZVP\\_bBlaUNqCDgYAJ&redir\\_esc=y#v=onepage&q=android&f=false](https://books.google.co.cr/books?id=K9hnCJ_NGq4C&pg=PT130&dq=android&hl=es&sa=X&ei=TV_ZVP_bBlaUNqCDgYAJ&redir_esc=y#v=onepage&q=android&f=false)

**Valdés, E., Pallàs, R. (2007). Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC. Recuperado de:**

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ODenKGOHMRkC&oi=fnd&pg=PA9&dq=microcontrolador&ots=ulvQ2I894B&sig=LWglWp6TVKvQvO84iwTyr7hOfkM#v=onepage&q=microcontrolador&f=false>

**García, R. (1991). La Puesta a tierra de instalaciones eléctricas y el R.A.T.**

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=iQ8iYy7RT4gC&oi=fnd&pg=PA5&dq=polaridad+neutro+tierra&ots=BVQLMiCbtt&sig=cNvIQ0DmFiKuzAK4k3uJs-fuv9M#v=onepage&q&f=false>

## Bibliografía Consultada

### Libros

Sampieri, R *et al.* (2010). Metodología de la Investigación, Quita edición

Tienda de Robótica y el Equipo de Cosas de Mecatrónica (2012)

**Libro Básico de Arduino.**

Bogotá, Colombia

## **Páginas WEB**

<http://arduino.cl/arduino-uno/> (setiembre del 2016)

### **Arduino Uno R3**

Chile: Arduino

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/801/A7.pdf?sequence=7> (octubre, 2016)

### **Análisis de contingencias eléctricas en centros comerciales**

Gómez Marcial Daniel: Repositorio digital de la Facultad de Ingeniería - UNAM

<https://descubriendolaingenieriaelectromecanica.wikispaces.com/INSTALACIONES+ELECTRICAS> (octubre, 2016)

### **Instalaciones Eléctricas**

Lauro Soto: Servidor de wikispaces.com

<http://www.marcombo.com/Descargas/8496334147-INSTALACIONES%20EL%C3%89CTRICAS%20DE%20INTERIOR/UNIDAD%2010.pdf> (octubre, 2016)

### **Puesta a tierra de las instalaciones**

España: Marcombo

<https://aresep.go.cr/normativa/1392-normativa-tecnica-nacional> (Febrero, 2017)

### **Supervisión de la calidad del suministro eléctrico en baja y media tensión (AR-NT-SUCAL)**

Costa Rica: ARESEP

[https://www.researchgate.net/profile/Juan\\_Solis\\_Chaves2/publication/257054886\\_Estudio\\_de\\_la\\_Interconectividad\\_de\\_SPT\\_por\\_medio\\_de\\_ATP/links/0046352443b009721f000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Juan_Solis_Chaves2/publication/257054886_Estudio_de_la_Interconectividad_de_SPT_por_medio_de_ATP/links/0046352443b009721f000000.pdf) (octubre, 2016)

### **Estudio de la Interconectividad de un Sistema de Puesta a Tierra por medio del ATP**

Juan Sebastián Solís: Servidor de researchgate.net

[http://gis.jp.pr.gov/Externo\\_Econ/Talleres/PresentationCB\\_JP\\_ETI.pdf](http://gis.jp.pr.gov/Externo_Econ/Talleres/PresentationCB_JP_ETI.pdf) (abril, 2017)

### **ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO Ejemplos De Análisis Sector Privado**

Juan A. Castañer Martínez: estudios técnicos in

<https://learn.openenergymonitor.org/> (Febrero del 2017)

### **Electricity Monitoring**

UK: openenergymonitor.org

[http://www.naylampmechatronics.com/blog/51\\_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html) (Febrero del 2017)

### **Tutorial sensor de corriente AC no invasivo SCT-013**

Perú: [naylampmechatronics.com](http://naylampmechatronics.com)

<http://jcecembmob.blogspot.com/2012/05/emb-comp-class-arduino-proyecto-final.html> (Febrero 2017)

### **Control de la Instalación Eléctrica y Medidor del Consumo Eléctrico**

Juan Carlos Espinosa Ceniceros: [Servidor de blogger.com](http://servidor.de.blogger.com)

<http://appinventor.mit.edu/explore/>  
(Febrero 2017)

### **MIT App Inventor**

Estados Unidos: Massachusetts Institute of Technology

[https://www.arduineando.com/tutoriales\\_arduino/](https://www.arduineando.com/tutoriales_arduino/)  
(Febrero 2017)

### **Tutorial Arduino**

Andres Duarte: [servidor de arduinoando.com](http://servidor.de.arduineando.com)

<http://www.editronikx.com/2016/06/visualizacion-de-multiples-sensores-con.html>

(Febrero 2017)

### **Visualización de múltiples sensores con Arduino y App inventor**

Ing Edison Viveros: Pasto Colombia

<http://elprofegarcia.com/?p=219> (Febrero 2017)

### **Como crear su propia App en Android para controlar Arduino (Bluetooth)**

Erick García: servidor de elprofegarcia.com

Lafaega, V. (2016, Septiembre 6). Domótica con Arduino y shield GSM/GPRS (SIM 900). Recuperado de

<https://www.youtube.com/watch?v=P6IITnNKvNw&t=29s>

## APÉNDICE

## Apéndice A. Lista de Chequeo para diagnóstico de redes

Lista de chequeo para determinar el estado actual de una red eléctrica monofásica - Proyecto de graduación Universidad Hispanoamericana.

Red Tipo:  
Residencial

Dirección: Desamparados, San José

Usuario de la red: José Arturo Jiménez Fallas

N°	INDICADORES	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	El tablero eléctrico posee su respectiva tapa de seguridad colocada adecuadamente	✓		
2	El tablero eléctrico se encuentra ubicado en un lugar alejado de posibles derrames y flujo de líquidos	✓		
3	Se tiene un fácil acceso al tablero, ningún objeto se interpone en la apertura y acceso a la apertura de la misma	✓		
4	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de neutros	✓		
5	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de tierra	✓		
6	Todos los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran conectados a los dispositivos de protección	✓		
7	El calibre del cable para las conexiones dentro del tablero eléctrico es el adecuado	✓		
8	Todas las conexiones de apagadores y tomas de corriente poseen conexión a tierra en el tablero eléctrico	✓		
9	Se respeta el código de colores para las conexiones dentro del tablero eléctrico		✓	
10	Visualmente se logra determinar algún cable dañado, con su cubierta recalentada o en falso contacto.	✓		El breaker principal presenta problemas en el cableado
11	Los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran identificados		✓	
12	Las mediciones de voltaje entre fases y cada una respecto a neutro se encuentra cerca de los valores de 240vac y 120vac respectivamente	✓		$L_1-L_2=249$ $L_2-N=125m$ $L_1-N=124vac$
13	La medición de voltaje entre neutro y tierra es mayor a los 5vac		✓	
14	La medición de corriente en tierra es mayor a los 3 Amp		✓	
15	Las mediciones corrientes en las fases que alimentan el tablero eléctrico superan del 90% de su capacidad máxima		✓	
16	El cableado y las protecciones de los circuitos se encuentran adecuadamente dimensionadas para cada conexión dentro del tablero eléctrico	✓		
17	El usuario de la red eléctrica posee un sistema de monitoreo y control conectado al tablero eléctrico		✓	

José Arturo Jiménez Fallas -  
1-570-740

**Lista de chequeo para determinar el estado actual de una red eléctrica monofásica - Proyecto de graduación Universidad Hispanoamericana.**

Red Tipo: *Residencial*

Dirección: *Salitillo, Aserrí*

Usuario de la red: *Guido Falla*

N°	INDICADORES	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	El tablero eléctrico posee su respectiva tapa de seguridad colocada adecuadamente	✓		
2	El tablero eléctrico se encuentra ubicado en un lugar alejado de posibles derrames y flujo de líquidos	✓		
3	Se tiene un fácil acceso al tablero, ningún objeto se interpone en la apertura y acceso a la apertura de la misma	✓		
4	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de neutros	✓		
5	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de tierra		✓	
6	Todos los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran conectados a los dispositivos de protección	✓		
7	El calibre del cable para las conexiones dentro del tablero eléctrico es el adecuado	✓		
8	Todas la conexiones de apagadores y tomas de corriente poseen conexión a tierra en el tablero eléctrico		✓	
9	Se respeta el código de colores para las conexiones dentro del tablero eléctrico		✓	
10	Visualmente se logra determinar algún cable dañado, con su cubierta recalentada o en falso contacto.		✓	
11	Los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran identificados		✓	
12	Las mediciones de voltaje entre fases y cada una respecto a neutro se encuentra cerca de los valores de 240vac y 120vac respectivamente			<i>L<sub>1</sub>-L<sub>2</sub>: 242vac L<sub>2</sub>-N: 121vac L<sub>1</sub>-N: 121vac</i>
13	La medición de voltaje entre neutro y tierra es mayor a los 5vac		✓	
14	La medición de corriente en tierra es mayor a los 3 Amp		✓	<i>I<sub>T</sub> = 1,34</i>
15	Las mediciones corrientes en las fases que alimentan el tablero eléctrico superan del 90% de su capacidad máxima		✓	
16	El cableado y las protecciones de los circuitos se encuentran adecuadamente dimensionadas para cada conexión dentro del tablero eléctrico	✓		
17	El usuario de la red eléctrica posee un sistema de monitoreo y control conectado al tablero eléctrico		✓	

  
1-0321-0002

**Lista de chequeo para determinar el estado actual de una red eléctrica monofásica - Proyecto de graduación Universidad Hispanoamericana.**

Red Tipo:

Dirección:

Usuario de la red:

Residencial

Asesin, San José

Xinia Fallas Monge

N°	INDICADORES	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	El tablero eléctrico posee su respectiva tapa de seguridad colocada adecuadamente	✓		
2	El tablero eléctrico se encuentra ubicado en un lugar alejado de posibles derrames y flujo de líquidos	✓		
3	Se tiene un fácil acceso al tablero, ningún objeto se interpone en la apertura y acceso a la apertura de la misma	✓		
4	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de neutros	✓		
5	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de tierra		✓	
6	Todos los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran conectados a los dispositivos de protección	✓		
7	El calibre del cable para las conexiones dentro del tablero eléctrico es el adecuado	✓		
8	Todas las conexiones de apagadores y tomas de corriente poseen conexión a tierra en el tablero eléctrico		✓	
9	Se respeta el código de colores para las conexiones dentro del tablero eléctrico		✓	
10	Visualmente se logra determinar algún cable dañado, con su cubierta recalentada o en falso contacto.	✓		Se identifica un empalme que une dos cables antes de llegar al breaker
11	Los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran identificados		✓	
12	Las mediciones de voltaje entre fases y cada una respecto a neutro se encuentra cerca de los valores de 240vac y 120vac respectivamente	✓		L <sub>1</sub> -L <sub>2</sub> : 237-9c L <sub>2</sub> -N: 119vac L <sub>1</sub> -N: 118-9c
13	La medición de voltaje entre neutro y tierra es mayor a los 5vac		✓	
14	La medición de corriente en tierra es mayor a los 3 Amp		✓	
15	Las mediciones corrientes en las fases que alimentan el tablero eléctrico superan del 90% de su capacidad máxima		✓	
16	El cableado y las protecciones de los circuitos se encuentran adecuadamente dimensionadas para cada conexión dentro del tablero eléctrico	✓		
17	El usuario de la red eléctrica posee un sistema de monitoreo y control conectado al tablero eléctrico		✓	

Xinia Fallas Monge *[Signature]* 1-756 873

**Lista de chequeo para determinar el estado actual de una red eléctrica monofásica - Proyecto de graduación Universidad Hispanoamericana.**

Red Tipo: *Residencial* Dirección: *San Isidro, Heredia* Usuario de la red: *Jose Guadalupe Mendez*

N°	INDICADORES	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	El tablero eléctrico posee su respectiva tapa de seguridad colocada adecuadamente	✓		
2	El tablero eléctrico se encuentra ubicado en un lugar alejado de posibles derrames y flujo de líquidos	✓		
3	Se tiene un fácil acceso al tablero, ningún objeto se interpone en la apertura y acceso a la apertura de la misma	✓		
4	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de neutros	✓		
5	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de tierra		✓	
6	Todos los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran conectados a los dispositivos de protección		✓	<i>Un circuito este conectado directo a la línea</i>
7	El calibre del cable para las conexiones dentro del tablero eléctrico es el adecuado	✓		
8	Todas la conexiones de apagadores y tomas de corriente poseen conexión a tierra en el tablero eléctrico		✓	<i>No hay conexiones a tierra</i>
9	Se respeta el código de colores para las conexiones dentro del tablero eléctrico		✓	
10	Visualmente se logra determinar algún cable dañado, con su cubierta recalentada o en falso contacto.		✓	
11	Los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran identificados		✓	
12	Las mediciones de voltaje entre fases y cada una respecto a neutro se encuentra cerca de los valores de 240vac y 120vac respectivamente	✓		<i>L1-L2: 239vac L2-N: 120vac L1-N: 118vac</i>
13	La medición de voltaje entre neutro y tierra es mayor a los 5vac		✓	
14	La medición de corriente en tierra es mayor a los 3 Amp		✓	
15	Las mediciones corrientes en las fases que alimentan el tablero eléctrico superan del 90% de su capacidad máxima		✓	
16	El cableado y las protecciones de los circuitos se encuentran adecuadamente dimensionadas para cada conexión dentro del tablero eléctrico	✓		
17	El usuario de la red eléctrica posee un sistema de monitoreo y control conectado al tablero eléctrico		✓	

*Jose Guadalupe Mendez 113910355*

**Lista de chequeo para determinar el estado actual de una red eléctrica monofásica - Proyecto de graduación Universidad Hispanoamericana.**

Red Tipo:

Dirección: Sabana

Usuario de la red:

Jarobo business solutions

N°	INDICADORES	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	El tablero eléctrico posee su respectiva tapa de seguridad colocada adecuadamente	✓		
2	El tablero eléctrico se encuentra ubicado en un lugar alejado de posibles derrames y flujo de líquidos	✓		
3	Se tiene un fácil acceso al tablero, ningún objeto se interpone en la apertura y acceso a la apertura de la misma	✓		
4	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de neutros	✓		
5	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de tierra	✓		
6	Todos los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran conectados a los dispositivos de protección	✓		
7	El calibre del cable para las conexiones dentro del tablero eléctrico es el adecuado	✓		
8	Todas la conexiones de apagadores y tomas de corriente poseen conexión a tierra en el tablero eléctrico	✓		
9	Se respeta el código de colores para las conexiones dentro del tablero eléctrico	✓		
10	Visualmente se logra determinar algún cable dañado, con su cubierta recalentada o en falso contacto.		✓	
11	Los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran identificados	✓		
12	Las mediciones de voltaje entre fases y cada una respecto a neutro se encuentra cerca de los valores de 240vac y 120vac respectivamente			$L-L = 245$ $L-N = 120$ $L2-N = 124$
13	La medición de voltaje entre neutro y tierra es mayor a los 5vac		✓	$N-T = 0V_{ac}$
14	La medición de corriente en tierra es mayor a los 3 Amp	✓		$I1 = 2,9A$ $I2 = 8,5A$ $I3 = 31,5A$ $I4 = 22,8A$
15	Las mediciones corrientes en las fases que alimentan el tablero eléctrico superan del 90% de su capacidad máxima		✓	
16	El cableado y las protecciones de los circuitos se encuentran adecuadamente dimensionadas para cada conexión dentro del tablero eléctrico	✓		
17	El usuario de la red eléctrica posee un sistema de monitoreo y control conectado al tablero eléctrico		✓	

Realizado por tecnico electronica

Diego Jiménez Rivas, Red: 115700505

**Lista de chequeo para determinar el estado actual de una red eléctrica monofásica - Proyecto de graduación Universidad Hispanoamericana.**

Red Tipo: *comercial* Dirección: *Price water House cooper San Pedro* Usuario de la red: *Ronald Calderon*

N°	INDICADORES	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	El tablero eléctrico posee su respectiva tapa de seguridad colocada adecuadamente	✓		
2	El tablero eléctrico se encuentra ubicado en un lugar alejado de posibles derrames y flujo de líquidos	✓		
3	Se tiene un fácil acceso al tablero, ningún objeto se interpone en la apertura y acceso a la apertura de la misma		✓	
4	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de neutros	✓		
5	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de tierra	✓		
6	Todos los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran conectados a los dispositivos de protección	✓		
7	El calibre del cable para las conexiones dentro del tablero eléctrico es el adecuado	✓		
8	Todas la conexiones de apagadores y tomas de corriente poseen conexión a tierra en el tablero eléctrico	✓		
9	Se respeta el código de colores para las conexiones dentro del tablero eléctrico	✓		
10	Visualmente se logra determinar algún cable dañado, con su cubierta recalentada o en falso contacto.		✓	
11	Los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran identificados		✓	
12	Las mediciones de voltaje entre fases y cada una respecto a neutro se encuentra cerca de los valores de 240vac y 120vac respectivamente			$L1-L2 = 239$ $L1-N = 120$ $L2-N = 119$
13	La medición de voltaje entre neutro y tierra es mayor a los 5vac	✓		0Vac
14	La medición de corriente en tierra es mayor a los 3 Amp	✓		$I_{Tierra} = 1,4A$ $Fase A = 1,4A, Fase B = 2,9A$
15	Las mediciones corrientes en las fases que alimentan el tablero eléctrico superan del 90% de su capacidad máxima	✓		
16	El cableado y las protecciones de los circuitos se encuentran adecuadamente dimensionadas para cada conexión dentro del tablero eléctrico	✓		
17	El usuario de la red eléctrica posee un sistema de monitoreo y control conectado al tablero eléctrico		✓	

Realizado por *tecnico electronico*  
*Diego Jimenez Rivero* Cedi: *115700505*

**Lista de chequeo para determinar el estado actual de una red eléctrica monofásica - Proyecto de graduación Universidad Hispanoamericana.**

Red Tipo:

Dirección: Sabana Norte

Usuario de la red: Soim Soluciones

N°	INDICADORES	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	El tablero eléctrico posee su respectiva tapa de seguridad colocada adecuadamente	✓		
2	El tablero eléctrico se encuentra ubicado en un lugar alejado de posibles derrames y flujo de líquidos	✓		
3	Se tiene un fácil acceso al tablero, ningún objeto se interpone en la apertura y acceso a la apertura de la misma	✓		
4	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de neutros	✓		
5	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de tierra	✓		
6	Todos los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran conectados a los dispositivos de protección	✓		
7	El calibre del cable para las conexiones dentro del tablero eléctrico es el adecuado	✓		
8	Todas la conexiones de apagadores y tomas de corriente poseen conexión a tierra en el tablero eléctrico	✓		
9	Se respeta el código de colores para las conexiones dentro del tablero eléctrico	✓		
10	Visualmente se logra determinar algún cable dañado, con su cubierta recalentada o en falso contacto.		✓	
11	Los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran identificados	✓		L-L = 211 L-N = 120 L2-N = 120 N-T = 0
12	Las mediciones de voltaje entre fases y cada una respecto a neutro se encuentra cerca de los valores de 240vac y 120vac respectivamente	✓		
13	La medición de voltaje entre neutro y tierra es mayor a los 5vac	✓		N-T = 0
14	La medición de corriente en tierra es mayor a los 3 Amp	✓		$I_T = 2,7A$ $I_1 = 1,6A$ $I_2 = 1,5A$ $I_L = 2,4A$
15	Las mediciones corrientes en las fases que alimentan el tablero eléctrico superan del 90% de su capacidad máxima	✓		
16	El cableado y las protecciones de los circuitos se encuentran adecuadamente dimensionadas para cada conexión dentro del tablero eléctrico	✓		
17	El usuario de la red eléctrica posee un sistema de monitoreo y control conectado al tablero eléctrico	✓		

Realizado por Técnico electrónico

Diego Jiménez Rivas

Ced: 115700505

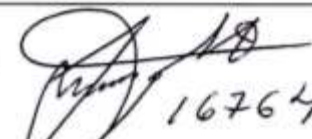
**Lista de chequeo para determinar el estado actual de una red eléctrica monofásica - Proyecto de graduación Universidad Hispanoamericana.**

Red Tipo: Comercial

Dirección: Colonia del Sur, Desamparados

Usuario de la red: Minisuper La Confiteña

N°	INDICADORES	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	El tablero eléctrico posee su respectiva tapa de seguridad colocada adecuadamente	✓		
2	El tablero eléctrico se encuentra ubicado en un lugar alejado de posibles derrames y flujo de líquidos	✓		
3	Se tiene un fácil acceso al tablero, ningún objeto se interpone en la apertura y acceso a la apertura de la misma	✓		
4	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de neutros	✓		
5	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de tierra		✓	
6	Todos los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran conectados a los dispositivos de protección	✓		
7	El calibre del cable para las conexiones dentro del tablero eléctrico es el adecuado	✓		
8	Todas la conexiones de apagadores y tomas de corriente poseen conexión a tierra en el tablero eléctrico		✓	
9	Se respeta el código de colores para las conexiones dentro del tablero eléctrico		✓	
10	Visualmente se logra determinar algún cable dañado, con su cubierta recalentada o en falso contacto.		✓	
11	Los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran identificados		✓	
12	Las mediciones de voltaje entre fases y cada una respecto a neutro se encuentra cerca de los valores de 240vac y 120vac respectivamente	✓		L1-L2: 240vac L2-N: 122vac L1-N: 122vac
13	La medición de voltaje entre neutro y tierra es mayor a los 5vac		NA	
14	La medición de corriente en tierra es mayor a los 3 Amp		✓	IT=0,2A
15	Las mediciones corrientes en las fases que alimentan el tablero eléctrico superan del 90% de su capacidad máxima		✓	
16	El cableado y las protecciones de los circuitos se encuentran adecuadamente dimensionadas para cada conexión dentro del tablero eléctrico	✓		
17	El usuario de la red eléctrica posee un sistema de monitoreo y control conectado al tablero eléctrico		✓	

Luis Gyro Sánchez Proquello  1676493  
Feb- 707638-22

**Lista de chequeo para determinar el estado actual de una red eléctrica monofásica - Proyecto de graduación Universidad Hispanoamericana.**

Red Tipo: *Comercial* Dirección: *San Antonio, Desamparada* Usuario de la red: *Video Estrenos*

N°	INDICADORES	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	El tablero eléctrico posee su respectiva tapa de seguridad colocada adecuadamente		✓	
2	El tablero eléctrico se encuentra ubicado en un lugar alejado de posibles derrames y flujo de líquidos	✓		
3	Se tiene un fácil acceso al tablero, ningún objeto se interpone en la apertura y acceso a la apertura de la misma		✓	
4	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de neutros	✓		
5	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de tierra		✓	
6	Todos los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran conectados a los dispositivos de protección	✓		
7	El calibre del cable para las conexiones dentro del tablero eléctrico es el adecuado	✓		
8	Todas la conexiones de apagadores y tomas de corriente poseen conexión a tierra en el tablero eléctrico		✓	<i>No hay barra de tierra</i>
9	Se respeta el código de colores para las conexiones dentro del tablero eléctrico		✓	
10	Visualmente se logra determinar algún cable dañado, con su cubierta recalentada o en falso contacto.	✓		<i>Empalmes enteros</i>
11	Los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran identificados		✓	
12	Las mediciones de voltaje entre fases y cada una respecto a neutro se encuentra cerca de los valores de 240vac y 120vac respectivamente			$L1-L2 = 240$ $N-T = 0$ $L1-N = 127$ $L2-N = 123$
13	La medición de voltaje entre neutro y tierra es mayor a los 5vac		✓	
14	La medición de corriente en tierra es mayor a los 3 Amp		✓	$1,5A$ $L1 = 0,8A$ $L2 = 1,2A$
15	Las mediciones corrientes en las fases que alimentan el tablero eléctrico superan del 90% de su capacidad máxima		✓	
16	El cableado y las protecciones de los circuitos se encuentran adecuadamente dimensionadas para cada conexión dentro del tablero eléctrico		✓	
17	El usuario de la red eléctrica posee un sistema de monitoreo y control conectado al tablero eléctrico		✓	

*X JTB 113480274*

**Lista de chequeo para determinar el estado actual de una red eléctrica monofásica - Proyecto de graduación Universidad Hispanoamericana.**

Red Tipo: Comercial Dirección: Rio Azul, Cerrojo

Usuario de la red: The wall carwash

N°	INDICADORES	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	El tablero eléctrico posee su respectiva tapa de seguridad colocada adecuadamente	✓		
2	El tablero eléctrico se encuentra ubicado en un lugar alejado de posibles derrames y flujo de líquidos	✓		
3	Se tiene un fácil acceso al tablero, ningún objeto se interpone en la apertura y acceso a la apertura de la misma	✓		
4	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de neutros	✓		
5	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de tierra		✓	El cable conecta a la barra de neutro
6	Todos los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran conectados a los dispositivos de protección	✓		
7	El calibre del cable para las conexiones dentro del tablero eléctrico es el adecuado	✓		
8	Todas las conexiones de apagadores y tomas de corriente poseen conexión a tierra en el tablero eléctrico		✓	Ninguna conexión posee tierra
9	Se respeta el código de colores para las conexiones dentro del tablero eléctrico		✓	
10	Visualmente se logra determinar algún cable dañado, con su cubierta recalentada o en falso contacto.		✓	
11	Los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran identificados	✓		La mayoría se encuentran rotulados
12	Las mediciones de voltaje entre fases y cada una respecto a neutro se encuentra cerca de los valores de 240vac y 120vac respectivamente	✓		L1-L2 238vac L2-N 119vac L1-N 119vac
13	La medición de voltaje entre neutro y tierra es mayor a los 5vac			No es posible realizar medición
14	La medición de corriente en tierra es mayor a los 3 Amp		✓	$I_T = 0,4A$
15	Las mediciones corrientes en las fases que alimentan el tablero eléctrico superan del 90% de su capacidad máxima		✓	
16	El cableado y las protecciones de los circuitos se encuentran adecuadamente dimensionadas para cada conexión dentro del tablero eléctrico	✓		
17	El usuario de la red eléctrica posee un sistema de monitoreo y control conectado al tablero eléctrico		✓	

Andrey Mordas A. 1-1208-886

**Lista de chequeo para determinar el estado actual de una red eléctrica monofásica - Proyecto de graduación Universidad Hispanoamericana.**

Red Tipo: *Comercial* Dirección: *Plaza America* Usuario de la red: *Instacredit*

N°	INDICADORES	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	El tablero eléctrico posee su respectiva tapa de seguridad colocada adecuadamente	✓		
2	El tablero eléctrico se encuentra ubicado en un lugar alejado de posibles derrames y flujo de líquidos	✓		
3	Se tiene un fácil acceso al tablero, ningún objeto se interpone en la apertura y acceso a la apertura de la misma	✓		
4	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de neutros	✓		
5	Dentro del tablero se ubica una barra para las conexiones de tierra	✓		
6	Todos los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran conectados a los dispositivos de protección	✓		
7	El calibre del cable para las conexiones dentro del tablero eléctrico es el adecuado	✓		
8	Todas la conexiones de apagadores y tomas de corriente poseen conexión a tierra en el tablero eléctrico	✓		
9	Se respeta el código de colores para las conexiones dentro del tablero eléctrico	✓		
10	Visualmente se logra determinar algún cable dañado, con su cubierta recalentada o en falso contacto.		✓	
11	Los circuitos conectados al tablero eléctrico se encuentran identificados	✓		
12	Las mediciones de voltaje entre fases y cada una respecto a neutro se encuentra cerca de los valores de 240vac y 120vac respectivamente		✓	$L-L = 120 \text{ VAC}$ <del><math>L-N = 120</math></del> ; $L_2-N = 0$
13	La medición de voltaje entre neutro y tierra es mayor a los 5vac		✓	$N-T = 0$
14	La medición de corriente en tierra es mayor a los 3 Amp		✓	$I_T = 0$ $I_1 = 3,1 \text{ A}$ $I_L = 3,9 \text{ A}$ $I_N = 1,8 \text{ A}$
15	Las mediciones corrientes en las fases que alimentan el tablero eléctrico superan del 90% de su capacidad máxima			
16	El cableado y las protecciones de los circuitos se encuentran adecuadamente dimensionadas para cada conexión dentro del tablero eléctrico			
17	El usuario de la red eléctrica posee un sistema de monitoreo y control conectado al tablero eléctrico			

Realizado por: Técnico Electronico Diego Jiménez Rivero

Ced: 11570 0505,

## Apéndice B. Entrevista determinar requerimientos del sistema

Cuestionario para establecer los requerimientos del sistema a desarrollar.

Proyecto de graduación Ingeniería Electrónica Universidad  
Hispanoamericana.

1. ¿Conoce alguna forma de monitorear su red eléctrica de una manera constante y remota?

Fluke, 430 Analizador

2. ¿Presenta este todas las características propuestas en el sistema a desarrollar?

Enfocado a industrias.

Si

3. ¿Qué diferencias hay entre el sistema propuesto y los sistemas o servicios existentes?

Más variables a monitorear.  
Por ser industriales son más robustas.

4. ¿Qué tan accesible es el uso de estos sistemas en las redes eléctricas?

- No son accesibles, debido al costo elevado.

5. ¿Cuáles considera que son los requerimientos mínimos con los que debe contar el sistema a desarrollar?

- Monitoreo de Potencia, Corriente, Voltaje y frecuencia.  
- Programación de alertas.

6. ¿Considera importante implementar el control en el sistema a desarrollar para el encendido y apagado remoto de algunos dispositivos conectados a la red?

No, porque el enfoque debe ser dirigido al monitoreo para identificar problemas de una manera preventiva.

7. ¿Considera adecuado que el sistema genere ciertas alertas sobre el estado de la red para posteriormente ser corregidas por el usuario?

Si

8. ¿Considera importante el desarrollo de una aplicación móvil para la función de control remoto y visualizar las alertas generadas por el sistema a desarrollar?

Si

9. ¿Cuáles alertas considera que son necesarias en el desarrollo del sistema?

- Sobre y baja tensión
- Picos de Voltaje
- Corriente en tierra.
- Variaciones de frecuencia
- Tensión Neutra-Tierra

10. ¿Considera útil el desarrollo del proyecto propuesto para el monitoreo y control de una red eléctrica?

Si, Sobretodo a nivel residencial, ya que no hay mucho control y supervisión de la red.

11. ¿Permitiría este sistema propuesto mejorar el estado y cuidado de la red eléctrica?

Si

• Principales problemas de la red:

- Picos de voltaje y corriente.
- Sobrecargas de los sistemas

x   
1-1452-0465

## Cuestionario para establecer los requerimientos del sistema a desarrollar.

### Proyecto de graduación Ingeniería Electrónica Universidad Hispanoamericana.

1. ¿Conoce alguna forma de monitorear su red eléctrica de una manera constante y remota?  
 Si, A nivel industrial como powerlogick ~~son~~ Schneider.
2. ¿Presenta este todas las características propuestas en el sistema a desarrollar?  
 No, todas.
3. ¿Qué diferencias hay entre el sistema propuesto y los sistemas o servicios existentes?  
 • Es enfocado a un nivel industrial  
 • Es más costoso.
4. ¿Qué tan accesible es el uso de estos sistemas en las redes eléctricas?  
 No son accesibles por el costo, también por se distribuidas al mercado industrial.
5. ¿Cuáles considera que son los requerimientos mínimos con los que debe contar el sistema a desarrollar?  
 • Consumo kWh  
 • Costo del consumo
6. ¿Considera importante implementar el control en el sistema a desarrollar para el encendido y apagado remoto de algunos dispositivos conectados a la red?  
 No se ve útil.
7. ¿Considera adecuado que el sistema genere ciertas alertas sobre el estado de la red para posteriormente ser corregidas por el usuario?  
 Si se considera adecuado.
8. ¿Considera importante el desarrollo de una aplicación móvil para la función de control remoto y visualizar las alertas generadas por el sistema a desarrollar?  
 Si, se considera importante.

9. ¿Cuáles alertas considera que son necesarias en el desarrollo del sistema?

- Sobrecargas del sistema (Red Eléctrica).
- Problemas del flujo eléctrica.

10. ¿Considera útil el desarrollo del proyecto propuesto para el monitoreo y control de una red eléctrica?

Si.

11. ¿Permitiría este sistema propuesto mejorar el estado y cuidado de la red eléctrica?

Si.

• Principales problemas:

- Calibros no adecuados.
- puertas e tierras deficientes
- protecciones sobredimensionadas.
- Remodelaciones por personal no calificado.

Victor Cruz

110150769



## Apéndice C. Código de programación para la aplicación móvil

### Código ventana de menú principal.

```
when monitoreo .Click
do open another screen screenName " Screen1 "
```

```
when Configuracion .Click
do open another screen screenName " Configuracion "
```

```
when control .Click
do open another screen screenName " Seguridad "
```

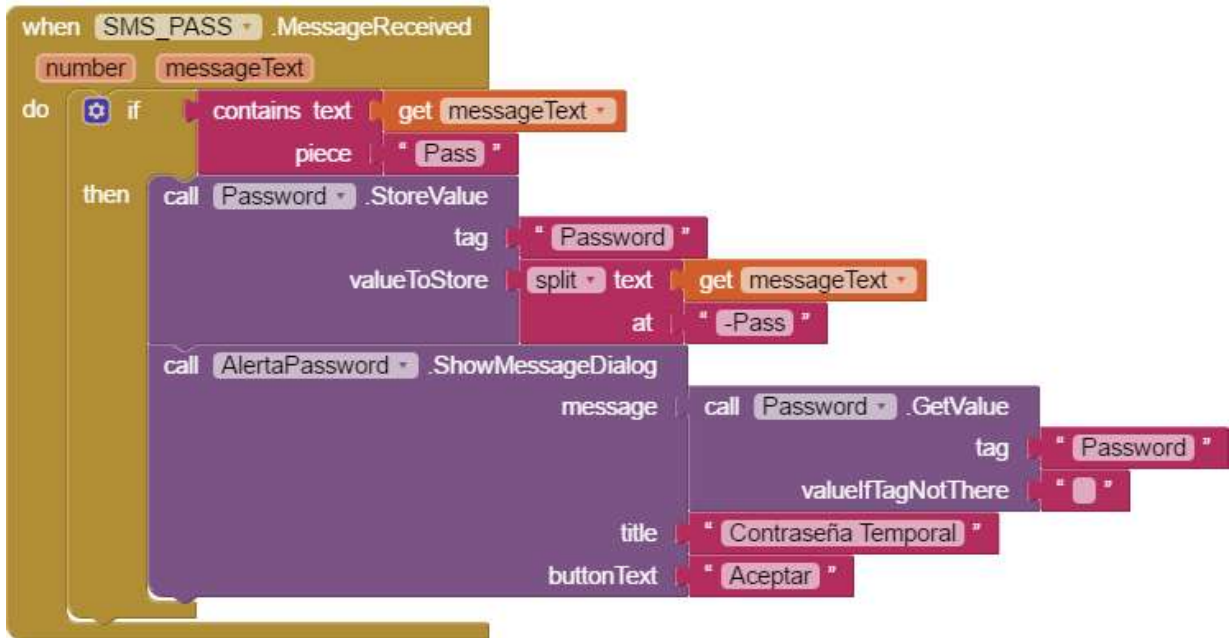
```
when Salir .Click
do close application
```

### Código configuración general.

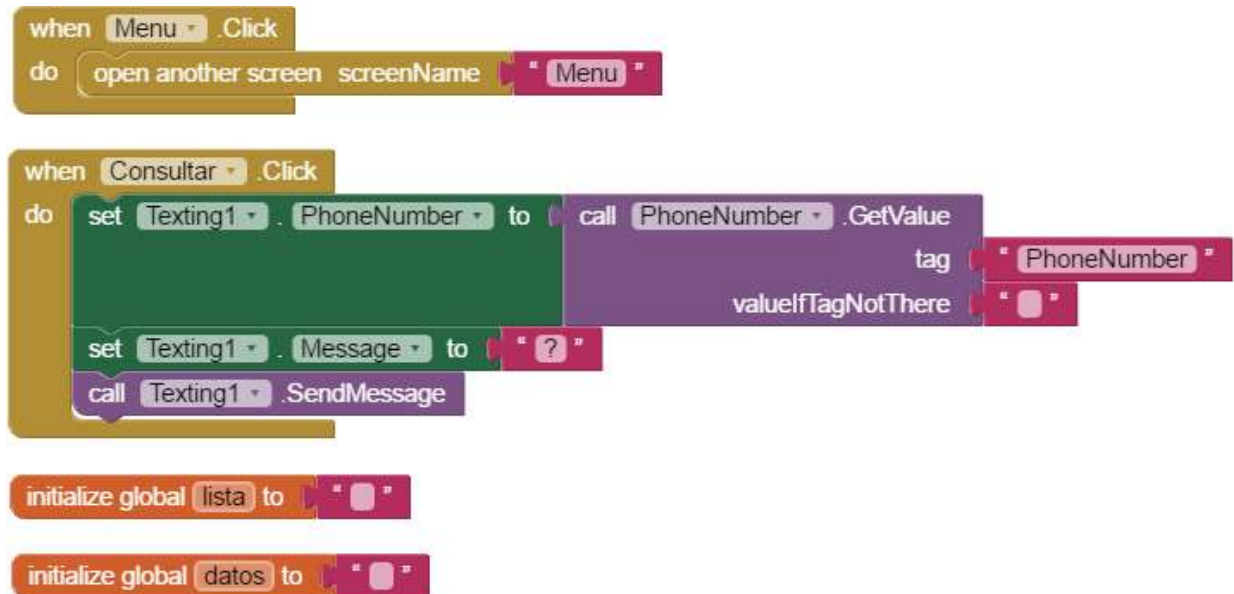
```
when Menu .Click
do open another screen screenName " Menu "
```

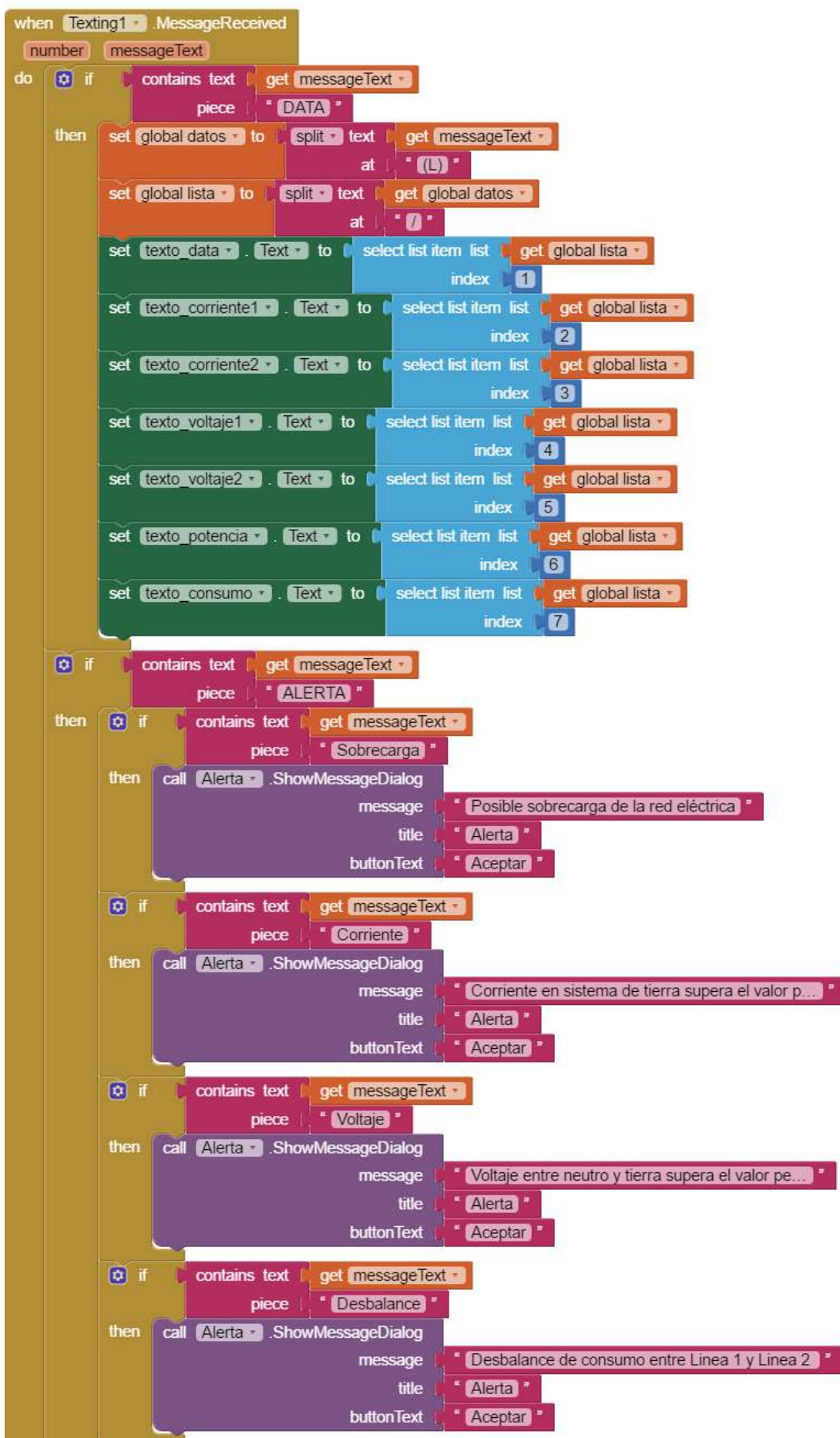
```
when PhoneNumberPicker1 .AfterPicking
do call PhoneNumber .StoreValue
    tag " PhoneNumber "
    valueToStore PhoneNumberPicker1 . PhoneNumber
set phonenumber . Text to PhoneNumberPicker1 . ContactName
```

```
when Reset .Click
do set SMS_PASS . PhoneNumber to call PhoneNumber .GetValue
    tag " PhoneNumber "
    valueIfTagNotThere " "
set SMS_PASS . Message to " Temporal "
call SMS_PASS .SendMessage
```

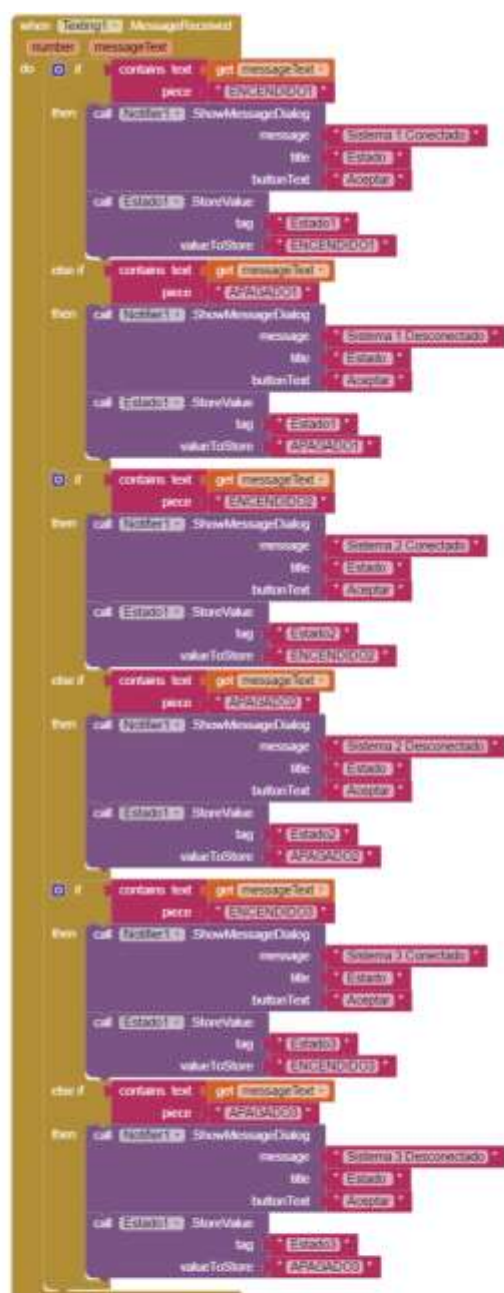
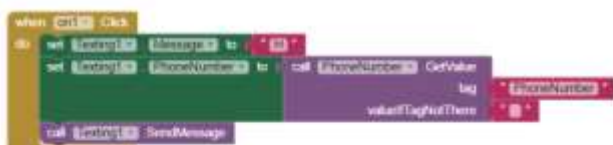


### Código ventana modo monitoreo.

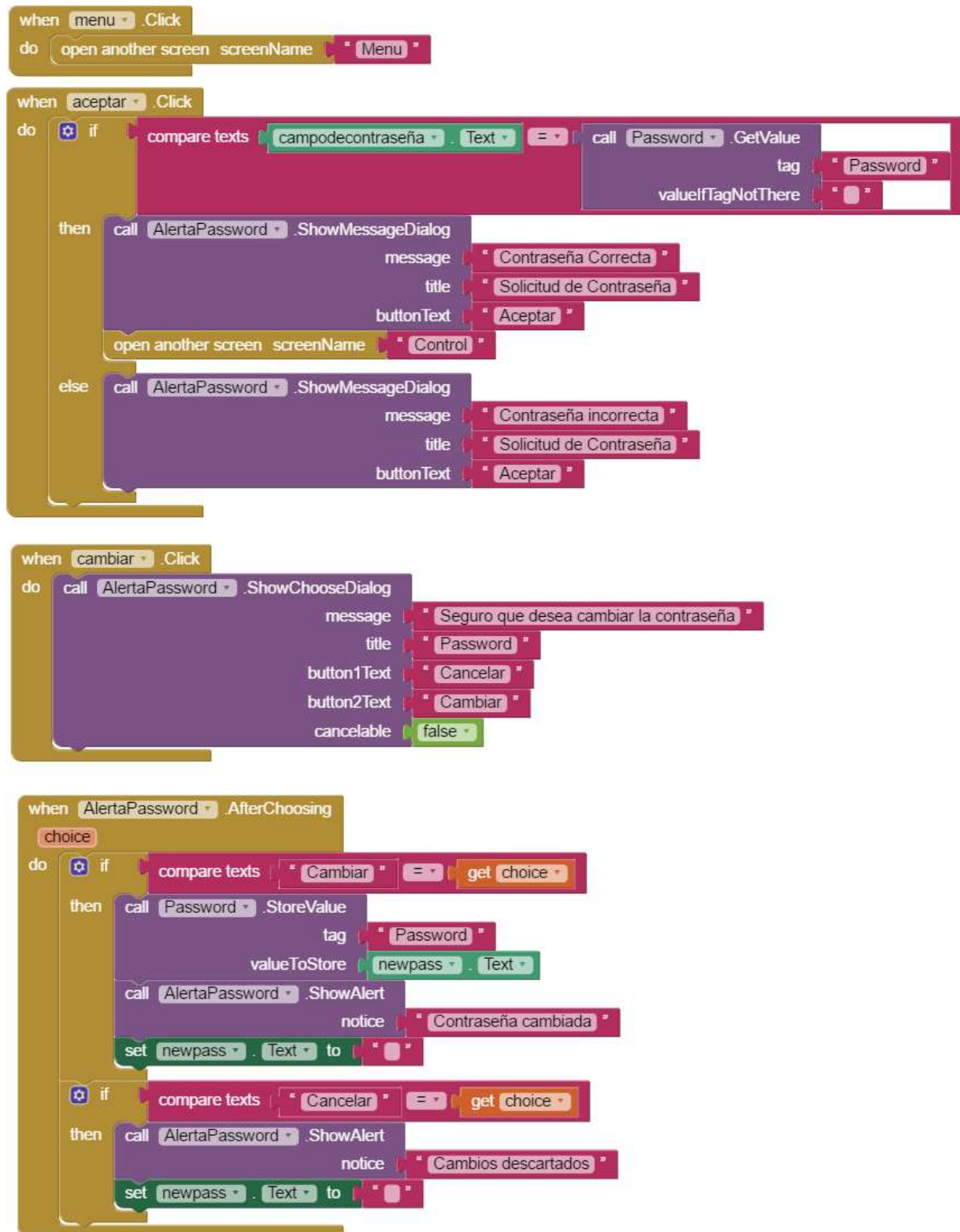




## Código ventana modo control.



## Código ventana de restricción al modo de control.





## Apéndice E. Cartas de confirmación del periodo de prueba.

En mi calidad de administrados del minisúper La Confiteña, ubicado en Colonia del Sur en Desamparados, yo Luis Guillermo Somoza Argüello cédula 1-676-493, hago constar las visitas pertinentes por parte del señor Arturo Jiménez Rivas, cedula 1-1387-0871, estudiante de la carrera Ingeniería Electrónica en la universidad Hispanoamericana durante el periodo de prueba establecido desde el día Lunes 05 de junio hasta el día Martes 13 de junio de 2017 para pruebas de implementación del prototipo desarrollado para el monitoreo y control de redes eléctricas monofásicas residenciales y comerciales.

Cabe señalar que cada una de las pruebas dentro del comercio se realizó en presencia de mi persona dando por satisfecho el resultado de las mismas.

Sin más por el momento:

A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line. The signature is stylized and appears to be 'Luis Guillermo Somoza Argüello'.

En mi calidad de propietaria de la residencia, ubicada en Urbanización Vista Verde en Desamparados, yo Nora Kim Meza cédula 2 414 493, hago constar las visitas pertinentes por parte del señor Arturo Jiménez Rivas, cedula 1-1387-0871, estudiante de la carrera Ingeniería Electrónica en la universidad Hispanoamericana durante el periodo de prueba establecido desde el día Martes 11 de abril hasta el día Miércoles 19 de abril para pruebas de implementación del prototipo desarrollado para el monitoreo y control de redes eléctricas monofásicas residenciales y comerciales.

Cabe señalar que cada una de las pruebas dentro de la residencia se realizó en presencia de mi persona dando por satisfecho el resultado de las mismas.

Sin más por el momento:

Nora Kim Meza

## Apéndice F. Manual Básico de Operación para la Aplicación Móvil

### Configuración inicial

- 1) Para poder trabajar dentro de la aplicación móvil se debe contar con un dispositivo móvil que trabaje con Android y que posea una tarjeta GSM configurada previamente.
- 2) Almacene el número de teléfono celular, respectivo al equipo con el que se va a comunicar, en el directorio telefónico de su celular.
- 3) Instale la aplicación ELECTRICK en su dispositivo móvil.
- 4) Desde la pantalla principal seleccione el botón “**Configuración**”, esto abrirá una nueva pantalla en donde podrá realizar la configuración inicial.

Ventana Menú Principal



5) En la nueva pantalla presione el botón “**Seleccionar Contacto**”, esto desplegara la lista de contactos en su celular, seleccione el numero almacenado previamente correspondiente a la línea asignada al sistema de monitoreo y control con quien desea comunicarse.



### Ventana Configuración General

**Nota:** Presionando “**Menú**” se cierra la ventanilla actual y se abre el menú principal de la aplicación.

## Contraseña temporal y su cambio

La contraseña que se le otorga al usuario servirá para poder entrar al modo de control ya que el mismo tiene un acceso limitado. La misma se configura de la siguiente manera:

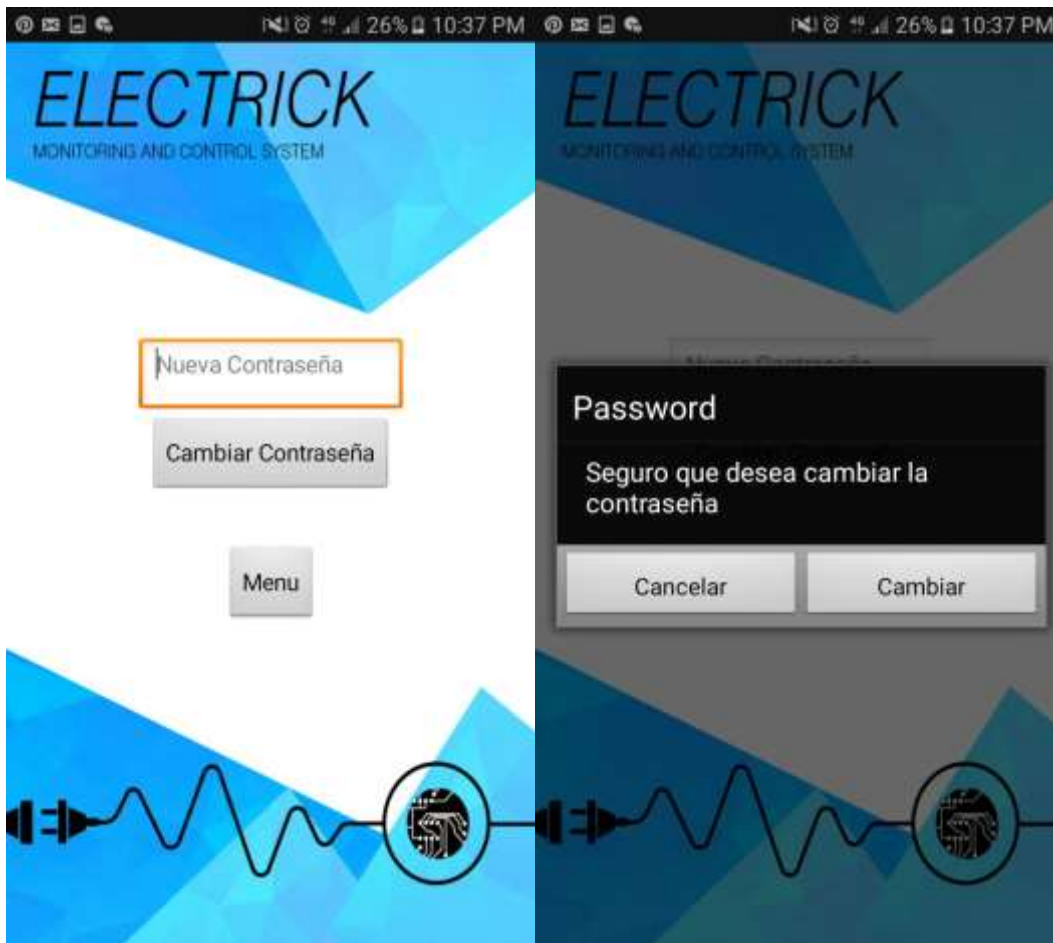
- 1) Dentro del modo de configuración se debe presionar “**Solicitar Contraseña Temporal**”.
- 2) Posteriormente se mostrara una notificación con la contraseña temporal, se recomienda que el usuario memorice la contraseña o bien la apunte en algún lugar seguro.



**Ventanilla de notificación con la contraseña temporal**

## Cambiar Contraseña Temporal

- 3) Para realizar el cambio de la contraseña temporal, la misma se debe digitar en el espacio libre para escritura dentro del modo configuración debajo del título Digite Contraseña Temporal y presionar **“Aceptar”**.
- 4) Luego de presionar **“Aceptar”**, se abrirá una ventana para el cambio de la contraseña, el usuario es libre de elegir la que desee sin restricción alguna y debe digitarla en el espacio libre para escritura en la ventana.



Ventana cambio de contraseña y ventanilla de confirmación

- 5) Finalmente para completar el cambio debe presionar **“Cambiar Contraseña”** de esta manera se abrirá una ventanilla de notificación que permitirá definitivamente hacer el cambio presionando **“Cambiar”** o bien cancelar el cambio presionando **“Cancelar”**.

**Nota:** Presionando **“Menú”** se cierra la ventanilla actual y se abre el menú principal de la aplicación.

## **Modo Monitoreo**

- 1) La solicitud de información al sistema se realiza desde la pantalla principal de la aplicación, en esta encontrará un encabezado titulado **“Consultar”**, presionando sobre este se enviará el mensaje que solicita la información. El encabezado de cada una de las mediciones están acompañadas del último valor recibido y las unidades en que estas se miden (la primera vez que utilice la aplicación solamente se observará el encabezado de la medición y sus unidades).
- 2) Una vez que el mensaje de solicitud ha sido enviado, recibirá un mensaje con la información solicitada, la aplicación lo procesará y lo mostrará por lo que no es necesario que la información entrante sea revisada desde el buzón de la mensajería de texto de su teléfono celular.

- 3) Se puede solicitar actualizar la información cuantas veces se considere necesario y se desee hacer. Para esto se debe presionar sobre “**Consultar**” las veces que sea necesario.



**Ventanilla de monitoreo**

**Nota:** Presionando “**Menú**” se cierra la ventanilla actual y se abre el menú principal de la aplicación.

## Alertas del sistema de monitoreo

En caso de recibir alguna alerta la misma se desplegara dentro del menú de monitoreo de la siguiente forma:

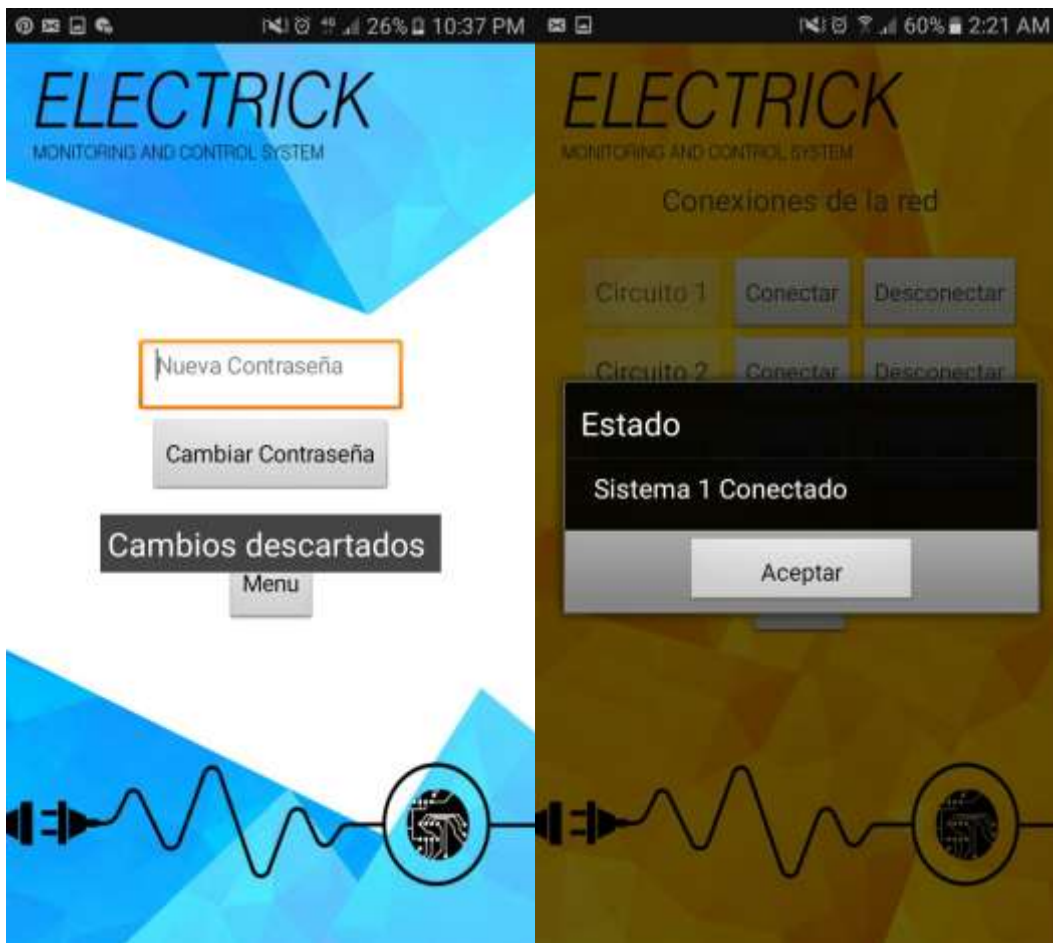


Todas la alertas se visualizan de la misma manera, siempre dentro del menú de monitoreo; si dos o más alertas se encuentran activas las mismas se mostraran una tras de otra, esto luego de presionar aceptar en el aviso de cada alerta. Una vez que el usuario del sistema es notificado del estado de la red por medio las alertas que se encuentran activas, el mismo podrá contactar un profesional para hacer las debidas correcciones dentro de la red eléctrica, de esta manera se le dará solución a los distintos problemas que el sistema logro identificar en la red.

Una vez que se realice la próxima consulta se actualizan los datos y las alertas que se hayan atendido debidamente no se activaran.

## Modo Control

- 1) Para ingresar al modo de control es necesario ubicarse en el menú principal de la aplicación.
- 2) Seleccione el modo de control presionando sobre el botón **“Sistema de Control”**. Posteriormente se abrirá una ventana de restricción al modo de control



- 3) En la nueva pantalla digite la contraseña solicitada en el espacio libre para escritura y posteriormente presione el botón aceptar.
- 4) Luego de presionar aceptar se abrirá una nueva ventana para el modo de control, pero primero se debe presionar aceptar a cada una de las notificaciones sobre el estado en que se encuentra cada conexión del sistema.
- 5) Después de revisar las notificaciones se puede acceder a conectar y desconectar cada una de las conexiones, presionando “Conectar” para realizar la conexión y “Desconectar” para eliminar la conexión existente.



Al presionar “**Conectar**” o “**Desconectar**” se enviara un mensaje de texto al sistema de control y monitoreo, el mismo se encargara de interpretar el contenido del mensaje y realizar la conexión o desconexión del sistema correspondiente.

Posteriormente se enviara un mensaje de notificación a la aplicación móvil para actualizar el estado en que se encuentra la conexión.

**Nota:** Presionando “**Menú**” se cierra la ventanilla actual y se abre el menú principal de la aplicación.

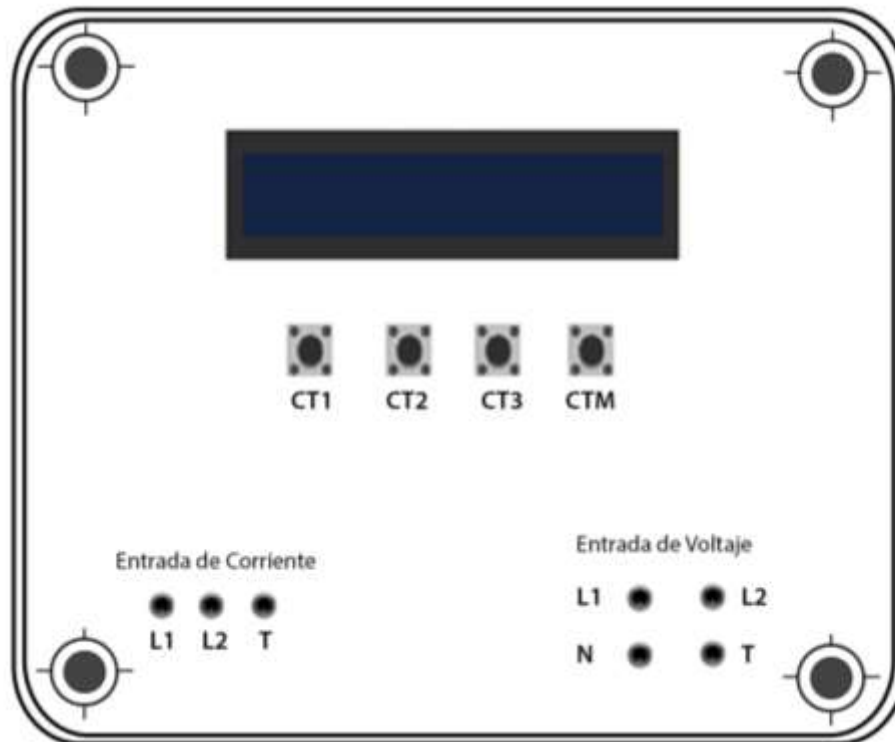
## **Manual básico de operación para el Panel del dispositivo**

### **Modo Monitoreo**

El panel cuenta con una pantalla LCD donde se pueden observar las lecturas que son realizadas por el sistema, también se muestra las alertas que se encuentren activadas, esto en caso que una de las mediciones de las lecturas sea incorrecta

El usuario del dispositivo simplemente debe de observar y leer las mediciones que el Display muestra, así mismo debe prestar atención a las alertas que el sistema pueda generar.

## Panel de control



## Modo Control

- 1) Para ingresar al modo de control se debe mantener presionado el botón "CTM", el mismo se encuentra ubicado en la parte inferior derecha de la pantalla del panel.



- 2) Al ingresar al modo de control se muestra un mensaje con el título “Sistema de Control”, inmediatamente el sistema solicitara la contraseña del usuario de la siguiente manera.



- 3) Para digitar la clave se deben presionar los 4 botones que se ubican debajo de la pantalla, estos deben ser presionados en un orden específico para crear la combinación correcta y permitir el acceso al modo de control.
- 4) Luego de presionar los botones con la combinación adecuada se indica el número y estado en que se encuentra cada circuito ya sea Conectado o Desconectado como se muestra en la siguiente figura.



- 5) Para cambiar el estado de cada circuito o conexión se debe presionar cualquiera de los botones habilitados para esta función, los cuales están numerados en el panel y corresponden a cada circuito de la siguiente manera:

- **CT1:** Corresponde al control del circuito número 1
- **CT2:** Corresponde al control del circuito número 2
- **CT3:** Corresponde al control del circuito número 3

6) Una vez que se presiona alguno de los botones cambiara el estado del circuito y se actualizara la información del mismo en la pantalla de la siguiente manera:



- 7) Posteriormente se indicara el estado en que se encuentran las demás conexiones.
- 8) Finalmente para salir del modo de control se debe mantener presionado el botón **“CTM”**, así el sistema retomara la función de monitoreo

**Nota:** La combinación de los botones para generar la contraseña es otorgada por el técnico instalador del dispositivo.