



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, _7 de diciembre de 2018__

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad Neiva - Huila

El (Los) suscrito(s):

_María Alejandra Gómez Medina_____, con C.C. No. 1075259382

_Andrés Camilo Aguillón Robayo_____, con C.C. No. 1.075.269.283

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL ANÁLISIS REMOTO DE VARIABLES ELÉCTRICAS EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE GENERACIÓN TRIFÁSICA presentado y aprobado en el año _2018__ como requisito para optar al título de __Ingenieros electrónicos__;

Autorizo(amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

María Alejandra Gómez Medina

Firma: María Alejandra Gómez Medina

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Andrés Camilo Aguillón Robayo

Firma: Andrés Camilo Aguillón Robayo

Vigilada Mineducación



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL ANÁLISIS REMOTO DE VARIABLES ELÉCTRICAS EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE GENERACIÓN TRIFÁSICA.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Gómez Medina	María Alejandra
Aguillón Robayo	Andrés Camilo

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Bravo Obando	Martin Diomedes

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero electrónico

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería electrónica

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2018

NÚMERO DE PÁGINAS: 111

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas ___ Fotografías Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general Grabados ___
Láminas ___ Litografías ___ Mapas ___ Música impresa ___ Planos Retratos ___ Sin ilustraciones ___
Tablas o Cuadros

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 4
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Ninguno

MATERIAL ANEXO: Códigos de programación desarrollados, esquemas circuitales y manual de usuario.

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. ___AC___	___AC___	6. ___Medición___	___Photovoltaic___
2. ___Aplicación___	___Aplication___	7. ___Servidor___	___Server___
3. ___DC___	___DC___	8. ___Trifásico___	___Three-phase___
4. ___Fotovoltaico___	___GPRS___	9. ___WEB___	___WEB___
5. ___GPRS___	___Measurement___	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

En este trabajo se presenta el diseño e implementación de un prototipo para la medición y análisis de sistemas de potencia de corriente alterna AC y corriente directa DC. Entre las mediciones a obtener se encuentran: voltaje (v), corriente (i), potencia activa (P), potencia reactiva (Q), potencia aparente (S) y factor de potencia (fp), haciendo referencia a cada una de las tres fases que compone la red trifásica. Igualmente, para sistemas DC se obtienen: Voltaje (V), Corriente (I) y Potencia (P) en hasta 3 canales, con el propósito de monitorear sistemas de generación fotovoltaicos.

El sistema cuenta con una aplicación local para descarga y visualización de datos, estableciendo comunicación mediante bus universal serie USB, entre el prototipo y computador personal PC. Además, hace uso de tecnología de servicio general de paquetes vía radio GPRS para establecer conexión con un servidor Web, encargado de almacenar los diferentes datos y mostrarlos de una manera amigable al usuario, facilitando su interacción con la información.



ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This book presents the design and implementation of a prototype for the measurement and analysis of alternating current AC and direct current DC power systems. Among the measurements to be obtained are: voltage (v), current (i), active power (P), reactive power (Q), apparent power (S) and power factor (pf), referring to each of the three phases that make up the three-phase network. Likewise, for DC systems, the following are obtained: Voltage (V), Current (I) and Power (P) in up to 3 channels, with the purpose of monitoring photovoltaic generation systems.

The system has a local application for data download and visualization, establishing communication through universal serial bus USB connection, between the PC prototype and personal computer. In addition, it makes use of general packet service technology via radio GPRS to establish a connection with a Web server, in charge of storing the different data and displaying them in a friendly way to the user, facilitating their interaction with the information.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	4 de 4
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Jurado: Jesús D. Quintero Polanco

Firma:

Nombre Jurado: Diego E. Sendoya

Firma:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL
ANÁLISIS REMOTO DE VARIABLES ELÉCTRICAS EN
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE GENERACIÓN TRIFASICA**

**MARÍA ALEJANDRA GOMEZ MEDINA
ANDRÉS CAMILO AGUILLÓN ROBAYO**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA
NEIVA
2018**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL
ANÁLISIS REMOTO DE VARIABLES ELÉCTRICAS EN
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE GENERACIÓN TRIFASICA**

**MARÍA ALEJANDRA GOMEZ MEDINA
ANDRÉS CAMILO AGUILLÓN ROBAYO**

Trabajo de grado presentado para al título de Ingeniero Electrónico


Director

**Martin Diomedes Bravo Ovando
Ph.D.(c) en Teleinformática**

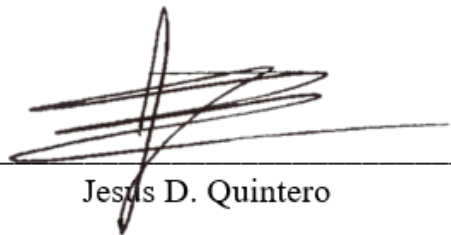
**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA
NEIVA
2018**

Nota de aceptación:

Firmas de aceptación de los jurados:



Diego F. Sendoya



Jesus D. Quintero

Neiva, 6 de Diciembre de 2018

CONTENIDO

	pág.
1. RESUMEN	13
2. ABSTRACT	14
3. INTRODUCCIÓN	15
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
5. OBJETIVOS	18
6. ESTADO DEL ARTE	19
6.0.1. Contexto nacional a nivel de investigación y desarrollo	19
6.0.1.1. Medidor electrónico interactivo de consumo de energía eléctrica para uso residencial	19
6.0.1.2. Sistema de Gestión de Energía en Tiempo Real del Campus de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá	20
6.0.2. Contexto internacional a nivel de investigación y desarrollo	20
6.0.2.1. Dispositivo remoto para medición y monitoreo de consumo de energía eléctrica	21
6.0.2.2. Medición inteligente para la próxima generación de eficiencia energética y conservación	22
6.0.3. Contexto internacional a nivel comercial	22
6.0.3.1. Comprobador de módulos solares EVOMEX Solarmex 1000	22
6.0.3.2. Analizadores de la energía y de la calidad eléctrica 435 Serie II Fluke	23
6.0.3.3. Analizador de calidad de potencia PW3198	23

7. MARCO TEORICO	24
7.1. Energía eléctrica	24
7.1.1. Potencia Activa	24
7.1.2. Potencia Reactiva	25
7.1.3. Potencia Aparente	25
7.2. Red de comunicaciones	25
7.3. Protocolos de red	26
7.4. Tecnología GPRS	27
7.4.1. Comandos AT	27
8. TECNOLOGÍAS DE SOFTWARE Y HARDWARE	29
8.1. Tecnologías disponibles para el desarrollo de Software	29
8.1.1. Herramientas para programación de Hardware	29
8.1.1.1. Comparación y selección de tecnologías para la programación de Hardware	29
8.1.2. Herramientas para programación de Aplicaciones WEB	30
8.1.2.1. Sistemas de gestión de contenidos (CMS)	30
8.1.2.2. Comparación y Selección de tecnologías de software	31
8.2. Tecnologías disponibles para el desarrollo de Hardware	32
8.2.1. Adquisición y acondicionamiento de datos	32
8.2.1.1. Sensor de corriente AC	32
8.2.1.2. Sensor de voltaje AC	34
8.2.1.3. Sensor de corriente DC	35
8.2.1.4. Sensor de voltaje DC	36
8.2.1.5. Acondicionamiento de corriente y voltaje AC	37
8.2.2. Procesamiento	39
8.2.2.1. Procesamiento de variables AC	40
8.2.2.2. Procesamiento general del sistema	43
8.2.3. Tecnologías de comunicación y conexión a Internet	44

8.2.3.1. WiFi	44
8.2.3.2. GPRS	45
8.2.3.3. 3G	45
8.2.3.4. Comparación y selección de tecnologías	45
9. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	47
9.1. Diseño desarrollado en Software	47
9.1.1. Herramientas instaladas para diseñar	47
9.1.2. Diseño de base de datos	48
9.1.2.1. Conceptualización de la base de datos	48
9.1.2.2. Estructura lógica de la base de datos	49
9.1.2.3. Implementación de la base de datos	52
9.1.3. Creación de la aplicación web	53
9.1.3.1. Análisis, planificación y propósito de la aplicación	53
9.1.3.2. Diseño web	60
9.1.3.3. Implementación del sistema y programación	60
9.1.4. Creación de aplicación de escritorio	61
9.1.5. Cofiguración de GPRS por medio de comandos AT	62
9.2. Diseño de Hardware	64
9.2.1. Diseño de módulo para la medición de consumo de energía de sistemas trifásicos	64
9.2.1.1. Medición de corriente AC	65
9.2.1.2. Medición de voltaje AC	67
9.2.2. Diseño de módulo para la medición de variables DC en sistemas fotovoltaicos	68
9.2.2.1. Medición de corriente DC	68
9.2.2.2. Medición de Voltaje DC	69
9.2.3. Procesador principal y módulos adicionales	69
9.2.3.1. Comunicación GPRS	71

9.2.3.2. Comunicación serial y almacenamiento de datos local	72
10.PRUEBAS Y RESULTADOS	74
10.1. Pruebas de hardware	74
10.2. Prueba y resultado de funcionamiento de envío y recepción de datos a la aplicación WEB	76
11.CONCLUSIONES, RECONOCIMIENTO Y TRABAJO FUTURO	78
11.1. Conclusiones generales	78
11.2. Reconocimiento de fortalezas y limitaciones	80
11.2.0.1. Fortalezas	80
11.2.0.2. Limitaciones	80
11.3. Trabajo futuro	81
12.ANEXO A: CÓDIGO ARDUINO PRO MINI	86
13.ANEXO B: CÓDIGO PIC18F46K20	88
13.1. Código de configuración del PIC18F46k20	88
13.2. Código del PIC18F46k20 que recibe la información enviada del Arduino pro mini, proveniente del ADE7758	90
13.3. Código del PIC18F46k20 para la configuración y establecimiento de la conexión TCP/IP del modulo SIM800L	92
14.ANEXO C: CÓDIGO DE APLICACIÓN WEB	98
14.1. Código de la vista del modulo Gráficos	98
14.2. Código del controlador del modulo Gráficos	102
15.ANEXO D: MANUAL DE OPERACIÓN	105

16.ANEXO E: CIRCUITO MICROCONTROLADOR PRINCIPAL
Y PERIFÉRICOS 109

17.ANEXO F: CIRCUITO MEDIDOR AC 110

18.ANEXO G: CIRCUITO MEDIDOR DC 111

LISTA DE FIGURAS

	pág.
1. Diagrama de bloques del medidor electrónico interactivo de consumo de energía eléctrica	20
2. Diagrama de bloques del dispositivo remoto para medición y monitoreo de consumo de energía eléctrica	21
3. Suites de protocolos y estándares de la industria	26
4. Arquitectura de la red GPRS.	28
5. Comunicación entre Terminal Móvil y Equipo Terminal.	28
6. Bloques básicos de un medidor digital de energía	32
7. Bloques de etapa de adquisición y acondicionamiento	33
8. Esquema interno de transformador de corriente	35
9. Esquema de divisor de tensión	35
10. Principio básico del sensor de corriente de efecto hall de lazo cerrado .	36
11. Respuesta de frecuencia de un filtro de paso bajo monopolar y bipolar .	38
12. Filtro RC monopolar pasa bajo	39
13. Acondicionamiento de señal de corriente AC	39
14. Acondicionamiento de señal de voltaje AC	40
15. Procesamiento de la señal de corriente	41
16. Procesamiento de la señal de voltaje	41
17. Esquema de cálculo de potencia activa	42
18. Esquema de cálculo de potencia reactiva	42
19. Esquema de cálculo de potencia aparente	43
20. Cobertura de las tecnologías GPRS y 3G en Colombia	46
21. Diagrama de Bloques propuesto para el diseño del sistema	47
22. Niveles seguidos para el diseño de la Base de Datos	48

23. Entidades identificadas para la Base de Datos	49
24. Diagrama Entidade-Vinculo	49
25. Etapas para el diseño de la Base de Datos	50
26. Diagrama del Modelo Relacional	51
27. Diagrama de la Base de Datos final implementada en MySQL	52
28. Diagrama caso de uso Usuario no autenticado	54
29. Diagrama caso de uso Usuario y Administrador: Selección de módulo Sistemas o Variables	54
30. Diagrama caso de uso Usuario y Administrador: Selección de módulo Gráficos	55
31. Diagrama caso de uso Administrador: Selección de módulo Usuarios	55
32. Diagrama caso de uso Administrador: Gestionar permisos	56
33. Diagrama de actividades: Acceso a la aplicación	56
34. Diagrama de actividades: Desempeño de la aplicación	57
35. Diagrama de Secuencias: secuencialidad al ingresar a la aplicación WEB	58
36. Diagrama de Secuencias: Secuencialidad de navegabilidad por los módulos	58
37. Diagrama de Clases: Desempeño de la aplicación	59
38. Logo diseñado para el sistema	60
39. Vistas del Framework Bonfire orientado hacia la aplicacion WEB	61
40. Presentación visual de la aplicación WEB	61
41. Presentación de la aplicación de escritorio	62
42. Diagrama de Flujo, programación del microcontrolador	63
43. Esquema funcional de modulo para la medicion de variables AC	64
44. Esquema circuital de modulo para la medicion de variables AC	64
45. Medición de corriente	65
46. Filtro RC en canales de entrada de corriente	66
47. Respuesta en magnitud y frecuencia del filtro RC	66
48. Esquema de divisor de tensión y filtro antialiasing en canales de entrada de voltaje	67

49. Esquema de sensado de corriente DC	69
50. Esquema de sensado de voltaje DC	69
51. Esquema de conexión procesador principal	71
52. Esquema de modulo GPRS	72
53. Esquema de conexión adaptador micro SD	73
54. Esquema de comunicación serial TTL micro USB	73
55. Circuito implementado del PIC18F46K20 y conexión con otros módulos	109
56. Circuito implementado para obtener las mediciones correspondiente a variables AC	110
57. circuito implementado para obtener las mediciones correspondiente a variables DC	111

LISTA DE TABLAS

	pág.
1. Comparación de tecnologías para sensado de corriente	34
2. Comparación de PICS	70
3. Comparación entre módulos GPRS	71
4. Pruebas de medición de corriente AC	74
5. Pruebas de medición de voltaje AC	75
6. Pruebas de medición de corriente DC	75
7. Pruebas de medición de voltaje DC	76

1. RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño e implementación de un prototipo para la medición y análisis de sistemas de potencia de corriente alterna AC y corriente directa DC. Entre las mediciones a obtener se encuentran: voltaje (v), corriente (i), potencia activa (P), potencia reactiva (Q), potencia aparente (S) y factor de potencia (fp), haciendo referencia a cada una de las tres fases que compone la red trifásica. Igualmente, para sistemas DC se obtienen: Voltaje (V), Corriente (I) y Potencia (P) en hasta 3 canales, con el propósito de monitorear sistemas de generación fotovoltaicos.

El sistema cuenta con una aplicación local para descarga y visualización de datos, estableciendo comunicación mediante bus universal serie USB, entre el prototipo y computador personal PC. Además, hace uso de tecnología de servicio general de paquetes vía radio GPRS para establecer conexión con un servidor Web, encargado de almacenar los diferentes datos y mostrarlos de una manera amigable al usuario, facilitando su interacción con la información.

Palabras Claves

AC, Aplicación, DC, Fotovoltaico, GPRS, Medición, Servidor, Trifásico, WEB.

2. ABSTRACT

This book presents the design and implementation of a prototype for the measurement and analysis of alternating current AC and direct current DC power systems. Among the measurements to be obtained are: voltage (v), current (i), active power (P), reactive power (Q), apparent power (S) and power factor (pf), referring to each of the three phases that make up the three-phase network. Likewise, for DC systems, the following are obtained: Voltage (V), Current (I) and Power (P) in up to 3 channels, with the purpose of monitoring photovoltaic generation systems.

The system has a local application for data download and visualization, establishing communication through universal serial bus USB connection, between the PC prototype and personal computer. In addition, it makes use of general packet service technology via radio GPRS to establish a connection with a Web server, in charge of storing the different data and displaying them in a friendly way to the user, facilitating their interaction with the information.

Keywords

AC, Application, DC, GPRS, Measurement, Photovoltaic, Server. Three-phase, WEB.

3. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de medición prestan soluciones a diversas aplicaciones, enfocados en procesos de monitoreo y control sobre alguna tarea o sistema implementado; frente a la eventualidad de generación de energía eléctrica ya sea convencional o no convencional, hay una gran variedad de técnicas para la transformación de energía en energía eléctrica. El uso de estas técnicas ocasiona un exponencial interés y la necesidad de diseñar dispositivos capaces de medir las variables más relevantes del sistema, para así tener conocimiento de su comportamiento y asegurar su óptimo funcionamiento. Hoy en día, este tema es de especial atención para todos; para las entidades encargadas de regular el sistema eléctrico, las empresas que se encargan de la prestación de servicios de energía eléctrica, los usuarios que están conectados a los sistemas de distribución y los fabricantes de equipos electrónicos que están conectados a los sistemas de distribución. Por esta razón, existen normas técnicas que exigen a las empresas prestadoras del servicio unos márgenes de valores. Comúnmente la generación de energía eléctrica en Colombia se basa en generación de energía de fuentes hídricas (represas) y generación Fotovoltaica. Actualmente en Colombia, se evidencia un crecimiento exponencial y una gran demanda de sistemas de generación eléctrica Fotovoltaica, ya que son amigables con el medio ambiente y son de gran aplicabilidad para zonas donde no hay acceso a la red eléctrica convencional. Como respuesta a estas situaciones, en este documento se presenta un prototipo para la medición y análisis del consumo en sistemas fotovoltaicos, con la capacidad de medir, almacenar y analizar las variables de potencia más relevantes en sistemas trifásicos y variables referentes en sistemas fotovoltaicos (Potencia de entrada y salida del controlador de carga, nivel de carga de las baterías, picos de corriente, potencia, entrada y salida del inversor(es)).

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, frente a la creciente demanda energética en Colombia y a nivel mundial se percibe el anhelo de implementar sistemas sustentables y amigables con el medio ambiente ¹, lo cual se ve reflejado en el aumento exponencial en la aplicación de sistemas fotovoltaicos y de energías alternativas por todo el mundo ². Paralelamente, se presenta gran demanda de métodos evaluativos para medición y análisis de las diferentes variables eléctricas, una herramienta que brinde medición remota, obteniendo pérdidas y consumos diarios, para así brindar aportes que describan un consumo inteligente, energización constante, estudios de proyección, control y automatización de los mismos, para lograr contribuir a la eficiencia de técnicas y aplicaciones de sistemas de generación eléctrica no convencionales.

Actualmente nos enfrentamos a un contexto de escasos recursos sustentables, eficaces y capaces de suplir con tal necesidad ³, y la baja implementación de sistemas de medición, análisis y control sobre la red eléctrica, en Colombia, nace la iniciativa de este proyecto de investigación que busca diseñar e implementar un prototipo para medición y análisis remoto del consumo de energía en sistemas fotovoltaicos de generación trifásica, el cual cuenta con un módulo para la medición de consumo de energía de sistemas trifásicos, un módulo de monitoreo de variables para sistemas fotovoltaicos, un módulo para el almacenamiento local y con la capacidad de transmitir remotamente los datos adquiridos, almacenando tales datos en un servidor basado en software libre que permita realizar el monitoreo y procesamiento de la información obtenida, además que el prototipo sea versátil para adaptarse a sistemas monofásicos y trifásicos de red convencional y sistemas

¹LA VANGUARDIA. Destinan 150.000 euros a impulsar la sostenibilidad ambiental de La Gomera. www.lavanguardia.com

²Infobae. Generación renovable distribuida: una ley para que se haga realidad. www.infobae.com

³Inarquia, Las Energías Renovables podrían ahorrar un 45% de energía a España. www.inarquia.es

fotovoltaicos monofásicos, y que sea de bajo costo.

5. OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar e implementar un prototipo para medición y análisis remoto del consumo de energía en sistemas fotovoltaicos de generación trifásica.

Objetivos Específicos

- Desarrollar un módulo para la medición de consumo de energía de sistemas trifásicos.
- Desarrollar módulo de monitoreo de variables para sistemas fotovoltaicos. (Potencia de entrada y salida del controlador de carga, nivel de carga de las baterías, picos de corriente, potencia, entrada y salida del inversor(es)).
- Desarrollar un prototipo para el almacenamiento local y la transmisión remota de los datos adquiridos.
- Implementar un servidor remoto basado en software libre que permita realizar el monitoreo, almacenamiento y análisis de la información adquirida.
- Desarrollar una aplicación local que permita realizar el monitoreo, almacenamiento y análisis de la información adquirida.

6. ESTADO DEL ARTE

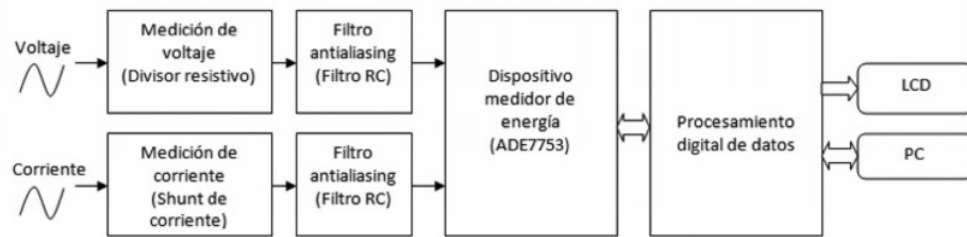
En este apartado se presentan algunos dispositivos existentes en el contexto actual, se dan a conocer dispositivos desarrollados desde la academia basados en investigación y otros que son comerciales en el mercado de dispositivos de medición. Es importante presentar estas tecnologías ya que permitirá observar con más claridad las ventajas que el presente proyecto ofrece con respecto a las tecnologías ya existentes. De este modo, se procederá a describir las características mas relevantes de estos sistemas.

6.0.1. Contexto nacional a nivel de investigación y desarrollo

6.0.1.1. Medidor electrónico interactivo de consumo de energía eléctrica para uso residencial Es un desarrollo de un medidor que brinda al usuario final la posibilidad de conocer el comportamiento del consumo de energía en su domicilio. Implementa el circuito integrado ADE7753 de Analog Devices como módulo central para la medición electrónica del consumo de energía, así como al microcontrolador PIC18F2550 de Microchip para la configuración y calibración del ADE7753, el control y procesamiento de los datos. El sistema cuenta con una pantalla de cristal líquido y una interfaz gráfica de escritorio para el usuario, la comunicación se hace a través de USB2.0, permite controlar el tiempo de los períodos de facturación, llevar el respaldo de la información procesada, visualizar el consumo actual en tiempo real, generar un histórico del consumo, y calcular el costo aproximado de la energía activa registrada.¹ En la figura 2 se muestra el diagrama de bloques que describe el sistema. Es un sistema que se diseño para ser aplicable a instalaciones eléctricas monofasicas.

¹J. López, J. Arias, E. Quintero. *Interactive electronic energy meter for residential use*. Colombia. Prospect, Vol 14, N° 1, 61-72, 2016. www.scielo.org.co

Figura 1: Diagrama de bloques del medidor electrónico interactivo de consumo de energía eléctrica



Fuente: J. López, J. Arias, E. Quintero. *Interactive electronic energy meter for residential use*. Colombia. Prospect, Vol 14, N° 1, pag 63, 2016. www.scielo.org.co

6.0.1.2. Sistema de Gestión de Energía en Tiempo Real del Campus de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá

Este documento describe la implementación de una plataforma de gestión energética en tiempo real al interior del campus de la Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá. Su implementación es llevada a cabo como parte del proyecto de investigación titulado “Laboratorio Nacional de Redes Inteligentes en el Campus Universitario lab+i”. El desarrollo de esta plataforma tiene como objetivo dotar al campus universitario de una infraestructura que permita la integración de las diferentes tecnologías y elementos que hacen parte de una Smart Grid, así como establecer una metodología de pruebas, tanto de software como de hardware, para la evaluación de la funcionabilidad y desempeño de estas tecnologías como conjunto. Para lograr esto se hace necesario contar con sistemas de medida, de comunicación, de almacenamiento de información y de análisis lo suficientemente abiertos, que permitan la integración de cualquier tipo de tecnología o equipo sin importar sus características particulares ².

6.0.2. Contexto internacional a nivel de investigación y desarrollo

²Alvarez, DL and Reyes, JF and Montaña, W and Parra, E. *Sistema de Gestión de Energía en Tiempo Real del Campus de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá*. Mundo Eléctrico. pag 48-57, 2015

6.0.2.1. Dispositivo remoto para medición y monitoreo de consumo de energía eléctrica

El dispositivo de medición y monitoreo de consumo de energía eléctrica permite observar en tiempo real el comportamiento del consumo de las cargas de un determinado local, habitación o establecimiento. Por medio de un microcontrolador PIC18F452 se manejan los datos obtenidos del integrado ADE7758, producidos luego de tener acondicionada la señal de la línea, de donde se mide la corriente, el voltaje y el factor de potencia, obteniendo así la potencia activa, reactiva y aparente así como el consumo en kWh; de esta forma se puede almacenar en la memoria EPROM del PIC dichas mediciones con sus respectivos tiempos de lectura y así tener un respaldo de información; mientras que en la memoria volátil están disponibles para ser enviadas vía RS232, empleando el protocolo MODBUS RTU, la información que luego es mostrada en una interfaz gráfica implementada en un ordenador. Los datos que el PIC transmite vía RS232 son tomados por un programa desarrollado bajo la plataforma HP VEE, este programa genera un archivo txt el cual se encuentra disponible para ser manejado por un servidor web desarrollado bajo lenguaje PHP ³. En la figura ?? se muestra el diagrama de bloques que describe el sistema. Es un sistema que se diseñó para ser aplicable a instalaciones eléctricas monofásico y trifásico.

Figura 2: Diagrama de bloques del dispositivo remoto para medición y monitoreo de consumo de energía eléctrica



Fuente: Alarcón, Fran Alberto Valero. Dispositivo remoto para medición y monitoreo de consumo de energía eléctrica. Universidad Simón Bolívar. Venezuela-Sartenejas. Mayo de 2006

³Alarcón, Fran Alberto Valero. Dispositivo remoto para medición y monitoreo de consumo de energía eléctrica. Universidad Simón Bolívar. Venezuela-Sartenejas. Mayo de 2006

6.0.2.2. Medición inteligente para la próxima generación de eficiencia energética y conservación

Este estudio de investigación se centra en la medición inteligente para la conservación y la eficiencia energética de la próxima generación. La discusión aquí se basa en la implementación de nuevas metodologías para lograr la eficiencia energética a través de la interacción bidireccional. Las metodologías clave de esta investigación son la tecnología de medición mejorada al mostrar toda la información por fase y la información trifásica en la pantalla LCD en el medidor, la lectura automática del medidor, la calidad de la energía y la capacidad de medición de energía exportada, la energía y la previsión de costos para una mejor conservación de la energía. El medidor digital se desarrolla utilizando el chip de medición de energía ADE7758, el microcontrolador PIC18F452 y el IC de reloj en tiempo real PCF8583. Los datos se envían a un servidor remoto a través de SMS utilizando el módulo GSM SIM900. El servidor maneja los SMS entrantes, procesa, muestra y almacena la información requerida. El consumo de energía y su costo, el consumo diario promedio de energía y la predicción de costos para el mes se calculan en el lado del servidor ⁴.

6.0.3. Contexto internacional a nivel comercial

6.0.3.1. Comprobador de módulos solares EVOMEX Solarmex 1000

Este dispositivo sirve para el control de parques fotovoltaicos, mide la tensión sin carga y la corriente de cortocircuito de módulos solares. A parte de estas funciones dispone de un control de polaridad de módulos solares. Se comprueba si todos los módulos de una cadena han sido conectados correctamente. El comprobador de módulos solares también puede realizar un control de aislamiento, con la versatilidad de poder realizar controles de aislamiento en cualquier otra instalación eléctrica. Este dispositivo trabaja

⁴K. S. K. Weranga and D. P. Chandima and S. P. Kumarawadu. *Smart metering for next generation energy efficiency amp; amp; conservation*. Tianjin, China. pag 1-8, Mayo 2012

según DIN VDE 0126-23.

6.0.3.2. Analizadores de la energía y de la calidad eléctrica

435 Serie II Fluke Este sistema brinda medición simultánea de la potencia de salida de AC y la entrada de DC en sistemas electrónicos de potencia, captura datos RMS y muestra medios ciclos y formas de onda para caracterizar la dinámica de los sistemas eléctricos (arranque de generadores, conmutaciones en SAI, etc.), las mediciones clásicas de potencia activa y reactiva, desequilibrios y armónicos se cuantifican para poner de manifiesto el coste fiscal de las pérdidas de energía, se logra mediciones en instalaciones trifásica contando con cuatro puntas de prueba de corriente y con la capacidad de descarga los datos al PC de forma inalámbrica ⁵.

6.0.3.3. Analizador de calidad de potencia PW3198

Este medidor de potencia es un analizador de calidad de energía para monitorear y registrar anomalías en la instalación eléctrica monofásica, lo que permite investigar rápidamente la red, y también para evaluar problemas de la instalación eléctrica como caídas de tensión, parpadeo, armónicos y otros problemas eléctricos ⁶.

⁵Analizadores de la energía y de la calidad eléctrica 435 Serie II Fluke. www.fluke.com

⁶POWER QUALITY ANALYZER PW3198. www.hioki.com

7. MARCO TEORICO

Para desarrollo de un sistema capaz de medir y monitorear variables eléctricas de redes trifásicas generadas por sistemas Fotovoltaicos, es necesario tener conocimiento en temas relacionados a: fenómenos eléctricos, funcionamiento de las diversas redes de comunicación, funcionamiento y aplicabilidad de sensores, entre otros, a continuación se presentan los de mayor relevancia.

7.1. ENERGÍA ELÉCTRICA

Es la forma de energía que resultará de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, situación que permitirá establecer una corriente eléctrica si se los coloca en contacto por medio de un conductor eléctrico para obtener trabajo. Puede definirse matemáticamente, como la integral de la potencia en función del tiempo. Esto quiere decir que es la cantidad de potencia consumida por una carga durante un tiempo determinado expresada comúnmente en kW/hora y descrita por la ecuación 7.1 ¹

$$E = \int p(t)dt \quad (7.1)$$

7.1.1. Potencia Activa En el proceso de transformación de la energía eléctrica, esta potencia es la que se aprovecha como trabajo², como se muestra en la figura 7

, siendo realmente consumida por los circuitos electrónicos. Es expresada en vatios o Watts (W) en ingles, y es descrita por la ecuación 7.2.

$$P = S * \cos(\phi) = V * I * \cos(\phi) \quad (7.2)$$

¹Definición de Energía Eléctrica. definicionabc.com. 23 de abril 2017

²VALERO, Fran. *Dispositivo remoto para medición y monitoreo de consumo de energía eléctrica*. Sartenejas. Universidad Simon Bolivar. 2006. 25 p

Dónde:

P = Potencia real o activa, en Vatios (W), S = Potencia aparente, en voltio amperes (VA), V = Tensión aplicada a la carga, en voltios (V), I = Corriente consumida por la carga, en Amperes (A), ϕ = Ángulo de desfase entre V e I. Resultado que indica que la potencia activa es debida a los elementos resistivos.

7.1.2. Potencia Reactiva Presente a causa del desfase entre la intensidad de corriente y la tensión. La potencia reactiva es lo primero que se tiene presente en un sistema de distribución como resultado de las cargas inductivas; por lo tanto, esta potencia es empleada para corrección del factor de potencia. No produce trabajo útil, por lo que no refleja fielmente el consumo, expresada en volt-amperios reactivos (VAR) y se designa con la letra Q, descrita por la ecuación 7.3. ²

$$Q = V * I * \text{sen}(\phi) = S * \text{sen}(\phi) \quad (7.3)$$

7.1.3. Potencia Aparente Esta hace alusión a la capacidad total de la potencia eléctrica en un sistema de distribución o en una instalación. Es calculada por medio de la ecuación 7.4. También se obtiene la potencia aparente por medio de la suma geométrica de las potencias activa y reactiva: ²

$$S = V_{rms} * I_{rms} \quad (7.4)$$

Donde V_{rms} es el voltaje RMS e I_{rms} la corriente RMS.

7.2. RED DE COMUNICACIONES

Conjunto de sistemas informáticos independientes conectados entre sí, de tal forma que posibilitan un intercambio de datos, para lo que es necesario tanto la conexión física como la conexión lógica de los sistemas. Las redes se configuran con el objetivo de transmitir datos de un sistema a otro o de disponer recursos en común,

como servidores, bases de datos, impresoras etc. Entre los tipos de redes más importantes se encuentran^{3 4}, PAN red de área personal, LAN red de área local, MAN red de área metropolitana, WAN red de área amplia y GAN red de área global.

7.3. PROTOCOLOS DE RED

Al igual que en la comunicación humana, los diversos protocolos informáticos y de red deben interactuar y trabajar en conjunto para que la comunicación de red se lleve a cabo correctamente. Un grupo de protocolos interrelacionados “suite de protocolos” son necesarios para realizar una función de comunicación. Los hosts y los dispositivos de red implementan las suites de protocolos en software, hardware o ambos. Los protocolos de red⁵ definen un formato y un conjunto de reglas comunes para intercambiar mensajes entre dispositivos, a continuación en la Figura 3 se muestra las suites de protocolos y estándares de la industria.

Figura 3: Suites de protocolos y estándares de la industria

TCP/IP	ISO	AppleTalk	Novell Netware
HTTP DNS DHCP FTP	ACSE ROSE TRSE SESE	AFP	NDS
TCP UDP	TP0 TP1 TP2 TP3 TP4	ATP AEP NBP RTMP	SPX
IPv4 IPv6 ICMPv4 ICMPv6	CONP/CMNS CLNP/CLNS	AARP	IPX
Ethernet PPP Frame Relay ATM WLAN			

Fuente: Curso Switching y routing CCNA: Introducción a redes. es.slideshare.net

³1&1, *Digital Guide. Conoce tipos de redes más importantes.* www.1and1.es

⁴TOMASI, Wayne. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas.* Pearson Education. México. 2003, cap 14

⁵COTO, Aníbal. *Curso Switching y routing CCNA: Introducción a redes.* 2015

7.4. TECNOLOGÍA GPRS

GPRS (General Packet Radio Service)⁶ es una tecnología que comparte el rango de frecuencias de la red GSM utilizando una transmisión de datos por medio de paquetes permitiendo una tasa de datos teóricos alrededor de 171,2 Kbits/s. El sistema GPRS actualiza los servicios de datos GSM para hacerlos compatibles con redes LANs, WANs e Internet. El principal objetivo de GPRS es ofrecer un acceso a redes de datos estándar, como TCP/IP^{7 8 9}.

Los datos transmitidos son encapsulados en paquetes, siguiendo rutas diferentes a través de la red hasta llegar a su destino. GPRS¹⁰ utiliza los recursos de radio solamente cuando hay datos que enviar o recibir, adaptándose así a las aplicaciones de datos, figura 4. El sistema GPRS, además de las entidades GSM, requiere una serie de elementos extras como: El nodo de acceso GPRS (GGSN, Gateway GPRS Support Node) que actúa como interfaz entre la red GPRS y la red pública de datos como IP y X.25, conectándose también con otras redes GPRS, el nodo de soporte de servicios GPRS y La estructura principal o red troncal GPRS (backbone).

7.4.1. Comandos AT Para hacer uso de los servicios que ofrecen las tecnologías (GSM/GPRS) existe un lenguaje que permite controlar el modem. Este lenguaje se conoce como comandos AT¹¹ o comandos Hayes, definidos en el estándar ETSI GSM 07.07. En las especificaciones, se divide el terminal móvil (MT) en: adaptador de terminal (TA) y equipo móvil (ME). El TA es el elemento

⁶TORRES, Carlos Francisco Godínez and TORRES, Sergio Raúl Godínez. *Sistema general de servicios de paquetes de radio y su interacción con la productividad corporativa*. tesis.ipn.mx. 2008

⁷DE VALENCIA, Universidad Internacional. *Explicando la arquitectura de protocolos TCP/IP*. www.universidadviu.es. 17 agosto 2016

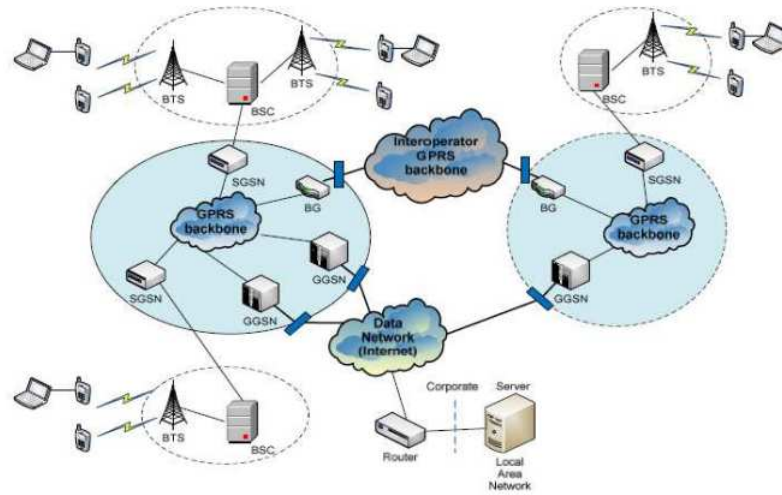
⁸HALONEN, Timo and ROMERO, Javier and MELERO, Juan. *GSM, GPRS and EDGE performance: evolution towards 3G/UMTS*. John Wiley&Sons. 2004

⁹MICROSOFT. *How TCP/IP Works*. technet.microsoft.com. 2012

¹⁰DONATE. Francisco Prieto, *Trasmisión de imágenes de vídeo mediante servicios WEB XML sobre J2ME*, bibing.us.es

¹¹NAVARRO, Alfonso Grande. *Estudio de viabilidad de nodo inalámbrico como implementación de un modulo GSM/GPRS*. Universidad de Sevilla, España. bibing.us.es

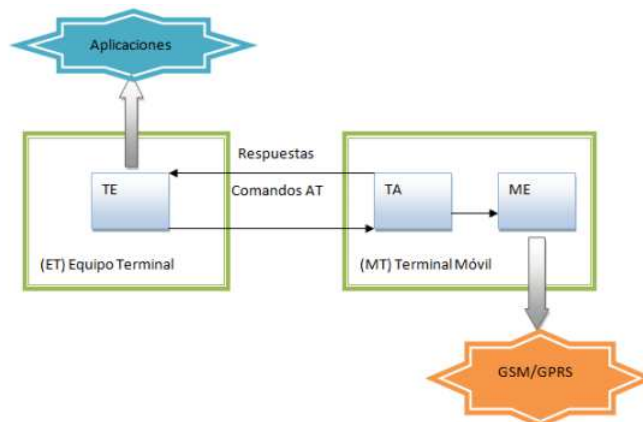
Figura 4: Arquitectura de la red GPRS.



Fuente: Estudio de viabilidad de nodo inalámbrico como implementación de un modulo GSM/GPRS. p 10. bibing.us.es

del MT que recibe e interpreta los comando AT y el ME es la parte que se conecta a la red, como se muestra en la figura 5.

Figura 5: Comunicación entre Terminal Móvil y Equipo Terminal.



Fuente: Estudio de viabilidad de nodo inalámbrico como implementación de un modulo GSM/GPRS. p 15. bibing.us.es

8. TECNOLOGÍAS DE SOFTWARE Y HARDWARE

En este capítulo se expone el Software y el Hardware seleccionado y aplicado al sistema, el cual es resultado del análisis de las tecnologías disponibles e implementables, para mejor entendimiento de este capítulo se realiza el análisis separando software y hardware.

8.1. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL DESARROLLO DE SOFTWARE

En este apartado se hace necesario hacer un análisis por separado, abarcando inicialmente las diferentes tecnologías aptas para la programación de Hardware y posteriormente las tecnologías disponibles para la implementación de páginas web.

8.1.1. Herramientas para programación de Hardware Para la programación de hardware, en la actualidad hay una gran gama de opciones para escoger entre ellas están: Matlab^{1 2}, LabView³, Lenguaje C^{4 5} y Python^{6 7}.

8.1.1.1. Comparación y selección de tecnologías para la programación de Hardware Los lenguajes de programación Matlab y Labview al ser software privados requieren de licencias de alto costo para su uso, por tal motivo fueron descartados. De los lenguajes de programación Python y C siendo el microcontrolador PIC18F46K20 el hardware a implementar, se optó por

¹MATHWORKS. Matlab. la.mathworks.com

²GILAT, Amos. *Matlab: Una introducción con ejemplos prácticos*. Editorial Reverté. 2006

³VIZCAÍNO, José Rafael Lajara and SEBASTIÁ, José Pelegrí. *LabView: entorno gráfico de programación*. Marcombo. 2011

⁴KERNIGHAN, Brian W and RITCHIE, Dennis M. *El lenguaje de programación C*. Pearson Educación. 1991

⁵BATTISTUTTI, Osvaldo Cairó. *Fundamentos de programación: piensa en C*. Pearson Educación. 2006

⁶MARZAL, Andrés and LUENGO, Isabel Gracia. *Introducción a la Programación con Python y C*. Publicacions de la Universitat Jaume I. 2002

⁷MONTORO, Arturo Fernández. *Python 3 al descubierto*. RC libros. 2013

utilizar el lenguaje de programación C ya que es mas adecuado para programar este tipo de integrados y por las siguientes características: Diseñado para ser altamente transportable, impide operaciones sin sentido, permite realizar tareas como definir macros e incluir múltiples archivos de código fuente, cuenta con interrupciones al procesador, tiene un conjunto reducido de palabras claves, cuenta con punteros a funciones y variables estáticas, es un lenguaje multiplataforma, con diversas librerías con opción de crear personalizadas ⁸.

8.1.2. Herramientas para programación de Aplicaciones

WEB En este apartado se dan a conocer las tecnologías existentes para la programación de paginas WEB, las cuales se requieren para lograr estructurar y mostrar lo deseado, estas tecnologías son el Lenguaje HTML *HyperText Markup Language*⁹, Lenguaje CSS *Cascading Style Sheets*¹⁰, Lenguaje JavaScript¹¹, Python¹², Lenguaje PHP *Hypertext Preprocessor*^{13 14}, Lenguaje Java¹⁵ y MySQL¹⁶.

8.1.2.1. Sistemas de gestión de contenidos (CMS)

Un sistema de gestión de contenidos *Content Management Systems o CMS*, es una herramienta que permite crear y mantener sitios web con mucha facilidad, encargándose de los trabajos mas tediosos que hasta ahora ocupaban el tiempo de los administradores WEB ¹⁷. Los sistemas de gestión de contenidos de código abierto que a la fecha

⁸DAVIDSON, Steven R. and POZO, Salvador. *Librerías ANSI C*, librerías estándar C, ©2003

⁹W3C. *Introduction to HTML 4*, www.w3.org

¹⁰Lenguaje CSS. lenguajecss.com

¹¹D. Flanagan. JavaScript, *La Guía Definitiva*. 2007

¹²Python, python.org

¹³PHP Group. *¿Qué es php?*. www.php.net

¹⁴L. Eshkevari, F. Dos Santos, J. Cordy, and G. Antoniol. *Are php applications ready for hackin Software Analysis*. Evolution and Reengineering (SANER). 2015

¹⁵TUTORIALS, *The Java*. <http://docs.oracle.com>

¹⁶A. Cobo. *PHP y MySQL: Tecnología para el desarrollo de aplicaciones web*. Ediciones Díaz de Santos. 2005

¹⁷TRIAS, Trias. *Building CMS-based Web applications using a model-driven approach*, *Research Challenges in Information Science (RCIS)*. Sixth International Conference on. IEEE. 2012. pag 1-6

ocupan los primeros lugares de popularidad son JOOMLA¹⁸., Wordpress¹⁹ ²⁰ y Bonfire²¹, los cuales son muy efectivos para el manejo de contenidos digitales.

8.1.2.2. Comparación y Selección de tecnologías de software

Los lenguajes necesarios e indispensables para realizar la aplicación WEB son HTML, CSS y JavaScript, anexo a ellos se opta por utilizar PHP ya que es un lenguaje de programación interpretado diseñado originalmente para la creación de páginas web dinámicas, y MySQL ya que cuenta con Licencia Pública General de GNU. Se descarta el uso de JAVA debido a que el framework utilizado esta desarrollado en PHP. Frente a la gran diversidad de CMS se optó por utilizar Bonfire²², el cual es una mejora del framework Codeigniter basado en PHP. Elimina la administración de usuarios de codificación, proporcionando herramientas relacionadas con el usuario, incluye un sistema de control de acceso basado en roles, administración básica del usuario que incluye registro de usuarios y contraseñas olvidadas. Bonfire reutiliza código basado sobre el HMVC (Hierarchical model-view-controller en ingles), proporcionando módulos base listos para hacer uso de ellos o para anular su función. Facilita realizar copias de seguridad de bases de datos y restauraciones de copias de seguridad antiguas. Para reducir el tiempo de desarrollo brinda un generador de módulos donde crea un código esqueleto basado en el MVC. Su estilo visual se basa en Bootstrap ²³ y cuenta con un diseño Responsive.

¹⁸O. Dorosh and N. Kuchmij, *Designing of e-commerce system by cms joomla software, in CAD Systems in Microelectronics*. CADSM 10th International Conference-The Experience of Designing and Application of. IEEE. 2009. pag. 400

¹⁹WORDPRESS. wordpress.org/

²⁰PLATZI. *5 razones de peso para elegir WordPress como tu CMS*. platzi.com

²¹CODEIGNITER. www.codeigniter.com

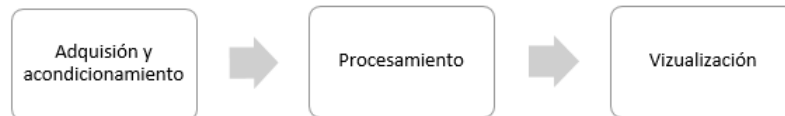
²²BONFIRE. Guia para desarrollador. cibonfire.com

²³BOOTSTRAP. getbootstrap.com/

8.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL DESARROLLO DE HARDWARE

Frente a los objetivos trazados inicialmente, se requiere diseñar y desarrollar el hardware del sistema, por tal razón en este literal se identificarán las tecnologías y elementos que lo compondrán. Partiendo de la composición básica de un medidor digital, el cual esta conformado básicamente por tres etapas, mostradas en la figura 6.

Figura 6: Bloques básicos de un medidor digital de energía



En un medidor digital, las señales analógicas de tensión y corriente son adquiridas y digitalizadas por medio de la toma de muestras y a su vez estas convierten en registros. Tras la digitalización se usa tal información para estimar parámetros requeridos para evaluar potencias y energía del sistema.²⁴

8.2.1. Adquisición y acondicionamiento de datos Esta etapa permite la medida de una serie de magnitudes físicas mediante dispositivos, los cuales constituyen la interfaz entre el mundo real y nuestro sistema. Habitualmente los acondicionadores de señal están compuestos por: amplificadores o reductores, filtros antialiasing, y conversión ADC²⁵, como se muestra en la figura 7

8.2.1.1. Sensor de corriente AC El sensor de corriente que se requiere debe tener un rango de medición y ancho de banda amplios, debido al contenido

²⁴QUINTERO, Oscar. GAMES, Edward. *Contadores de estado sólido y digitales: análisis de los algoritmos de medición de energía e índices de calidad de onda que se pueden evaluar*. Bucaramanga. Universidad Industrial Santander. 2004.

²⁵BOSCH, José. CARMONA, Manuel. *Instrumentación Electrónica Avanzada: Instrumentación Inteligente*. Barcelona. Universitat de Barcelona. 2012. 8 p

Figura 7: Bloques de etapa de adquisición y acondicionamiento



de armónicos de la onda de corriente. En el mercado la variedad de sensores de corriente es extensa, así como los principios de funcionamiento con los cuales operan. Las tecnologías para medición industrial de corrientes más comunes se muestran en la tabla 1.

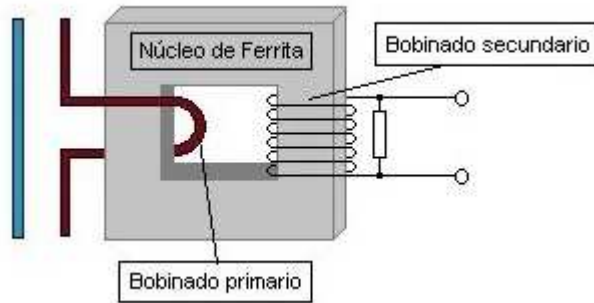
Tabla 1: Comparación de tecnologías para sensado de corriente

Tecnología	Principio de funcionamiento	Ventajas	Desventajas
Resistencia Shunt	El voltaje que cae a través de la resistencia shunt es proporcional a la corriente y su frecuencia.	Bajo costo y buena linealidad en medición.	Pobre respuesta, offset DC, inductancias parásitas, no aislamiento
Transformador de corriente	Convierte altas corrientes del primario a corrientes de menor valor en el secundario.	Buena respuesta a altas corrientes, bajo consumo de potencia, aislamiento.	Histéresis, saturación DC, posible cambio de fase, susceptible a campos magnéticos externos.
Sensor de Efecto Hall	Caída de tensión a través de un conductor, bajo un campo magnético externo perpendicular a la dirección de la corriente.	Buen desempeño ante altas corrientes, amplio rango dinámico.	Histéresis, saturación, alto costo y vulnerable a cambios de temperatura.
Bobina de Rogowski	La corriente que circula por un conductor es proporcional a la integral de la intensidad de campo magnético alrededor de un camino cerrado.	Bajo costo, no límite de saturación, bajo consumo, inmune a Offset dc, amplio rango dinámico.	Es necesario un integrador análogo o digital, sensible a interferencias

Fuente www.analog.com/en/technical-articles/current-sensing-for-energy-metering.html

Para este proyecto se ha elegido el transformador de corriente debido a su bajo costo, buena respuesta, aislamiento y su facilidad de uso, ya que aporta a hacer el instrumento más portable siendo un sensor no invasivo. Su funcionamiento es descrito como se muestra en la figura 8.

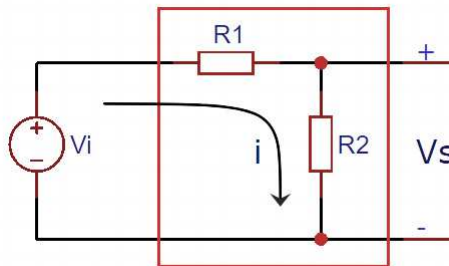
Figura 8: Esquema interno de transformador de corriente



Fuente: Control de consumo eléctrico con Arduino. (n.d.).
www.diverteka.com

8.2.1.2. Sensor de voltaje AC Debido a que la naturaleza del fenómeno a medir, no se requiere transductor para su posterior procesamiento; en la medición del voltaje se plantea implementar un divisor de tensión, el cual se configura con dos resistores conectados en serie y estos a su vez estarán en paralelo a la fuente de tensión, como se muestra en la Figura 9 y así se garantiza que la tensión proporcionada sea adecuada a los niveles aceptados por el procesador seleccionado. Su principio está descrito por ecuación 8.1.

Figura 9: Esquema de divisor de tensión



$$V_s = i * R_2 = \left(\frac{V_i * R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (8.1)$$

8.2.1.3. Sensor de corriente DC Entre las tecnologías válidas para la medición de corriente DC expresadas en la tabla 1, se descarta el uso de la derivación Shunt debido que a valores elevados, las pérdidas por calor pueden ser

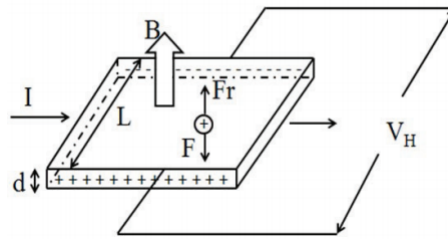
considerables y no cuentan con aislamiento.²⁶ Se opta por hacer uso del sensor de efecto hall, ya que cuenta con aislamiento y linealidad en un alto rango de medición.

El sensor de efecto Hall de lazo cerrado describe la relación entre el campo magnético y la tensión inducida. Cuando un material conductor es atravesado perpendicularmente por un campo magnético externo (B), este a su vez es atravesado por una corriente (I) causando un diferencial de potencial (V_H). Este efecto está representado en la figura 10 y expresado por medio de la ecuación 8.2.

$$V_H = K_H \times I \times B = R_H \times I \times \frac{B}{d} \quad (8.2)$$

Donde K_H es la sensibilidad del material hall, R_H es el coeficiente hall del material usado d es el grosor del conductor²⁷.

Figura 10: Principio básico del sensor de corriente de efecto hall de lazo cerrado



Fuente: CHENG, XingGuo and LI, FuAn and ZHANG, ZongYang and LIU, Sheng. Design, optimization, and measurement of closed-loop Hall effect current sensor. Science China Technological Sciences

8.2.1.4. Sensor de voltaje DC El método de sensado de voltaje DC es el mismo que el de la sección 8.2.1.2 (Sensor de voltaje AC), dado que sería redundante especificar nuevamente.

²⁶ROMERO, Adrian. HERNANDEZ, Iván. *Prototipo de un equipo de instrumentación electrónico para motores de inducción trifásicos*. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2006

²⁷CHENG, XingGuo and LI, FuAn and ZHANG, ZongYang and LIU, Sheng. Design, optimization, and measurement of closed-loop Hall effect current sensor. Science China Technological Sciences

8.2.1.5. Acondicionamiento de corriente y voltaje AC Una vez las señales de tensión y corriente han sido digitalizadas, son procesadas por un circuito digital para su posterior cálculo. Hay diversos dispositivos que pueden realizar este procesamiento, donde la solución mas común es el empleo de un procesador digital de señales (DSP).

Entre los DSPs específicos para medición de energía se destacan:

- **ADE7758** Tiene un encapsulado SOIC-W de 24 pines. Incluye un integrador digital, una fuente de referencia, amplificación de señal y un convertidor analógico digital (ADC). Puede usarse para medir la potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, mediciones RMS y dispone de un sistema de corrección de errores en forma digital (ganancia, fase y desplazamiento). El chip es adecuado para redes trifásicas (ya sea de tres o cuatro hilos)²⁸.
- **ATT7022B** Tiene un encapsulado QFP44 de 44 pines. La estructura interna incluye muestreo de señal analógica, voltaje de referencia, el generador de impulsos, comunicación SPI y la administración de energía. Cuenta con conversión analógico a digital ADC Sigma-Delta de 16 bits de 7 canales.
29
- **MAXQ3180** Tiene un encapsulado TSSOP de 28 pines. Los parámetros de medición y calidad de la energía incluyen tensión, corriente, potencia, energía multifase, etc. Usa un ADC integrado para medir voltaje y corriente. Puede medir hasta 7 señales diferenciales externas. El chip mide hasta 21 armónicos.³⁰

²⁸Analog Devices. *ADE7758 Poly Phase Multifunction Energy Metering IC with Per Phase Information*.www.analog.com. 2011.

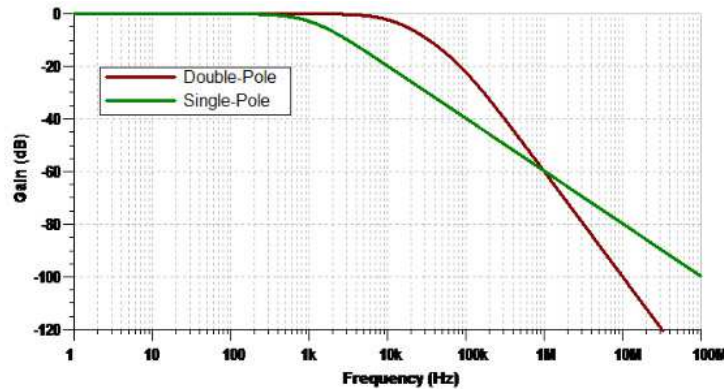
²⁹Actions Semiconductor Co, Ltd. *manual ATT7022B[210-SD-109]*. www.actions.com.cn. 2005

³⁰Maxim Integrated Products, Inc. *Poly Phase Multi-Function energy metering IC with per phase information*. www.maxim-ic.com.cn, 2008

El medidor a emplear en este proyecto es el ADE7758 debido a su facilidad de adquisición y menor costo. Como etapas de adecuación ofrecidas por el ADE7758 se tienen: Filtro antialias, amplificador de ganancia y conversor analógico-digital. Los cuales son especificados a continuación:

- Filtro antialias:** La mayoría de los ADC están precedidos por un filtro anti-aliasing, que no es más que un filtro pasa-bajo utilizado para atenuar señales más allá del ancho de banda de interés. La respuesta de un filtro anti-aliasing ideal es perfectamente plana hasta la frecuencia de Nyquist, después de lo cual se reduce bruscamente para atenuar las frecuencias fuera de banda³¹ como se muestra en la figura 11. Es implementado mediante un filtro RC simple (unipolar) como se muestra en el esquema de la figura 12, en esta configuración la frecuencia de corte se calcula por medio de la ecuación 8.3.

Figura 11: Respuesta de frecuencia de un filtro de paso bajo monopolar y bipolar



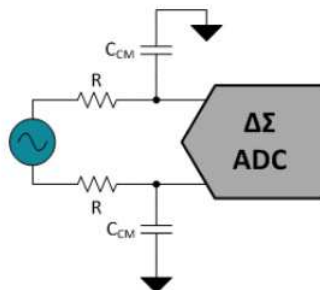
Fuente: Three guidelines for designing anti-aliasing filters

$$F_C(Hz) = \frac{1}{2\pi * R * C_{CM}} \quad (8.3)$$

Dónde: F_C = Frecuencia de corte, R = Resistencia, C_{CM} = Capacitor

³¹ANDREWS, R. Alias en ADC: no todas las señales son lo que parecen ser e2e.ti.com. 2015

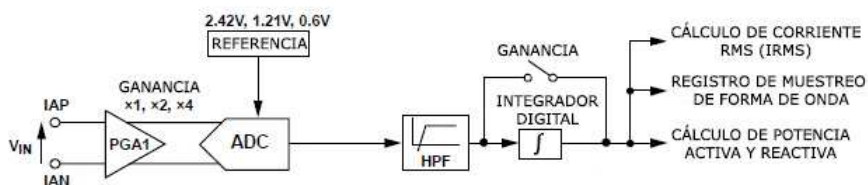
Figura 12: Filtro RC monopolar pasa bajo



Fuente: Three guidelines for designing anti-aliasing filters
e2e.ti.com/blogs

- ADC y procesamiento de señales:** El ADE7758 tiene seis entradas análogas divididas en dos canales: corriente y voltaje. El canal de corriente consiste en tres pares de entradas de tensión totalmente diferenciales, este posee además, un amplificador de ganancia programable o PGA (Programmable Gain Amplifier), cuya constante puede ser ajustada en 1, 2, o 4 según lo considere el diseñador. Seguidamente un ADC $\Sigma\Delta$ de 16 bits, quién muestrea y digitaliza la señal, el filtro pasa-alto HPF (High-pass filter) se utiliza para eliminar el valor constante de la señal proveniente del ADC, y finalmente un integrador que devuelve la característica original que se pierde al pasar por el sensor de corriente, ver Figura 13.

Figura 13: Acondicionamiento de señal de corriente AC

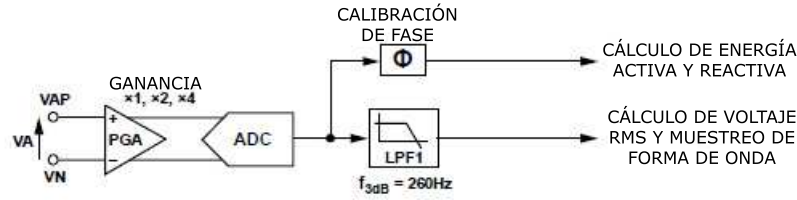


Fuente: Analog Devices. ADE7758 Poly Phase Multifunction Energy Metering IC with Per Phase Information. www.analog.com

El canal de voltaje tiene tres entradas de terminal única: VAP, VBP y VCP. Cómo se puede notar en la figura 14.

8.2.2. Procesamiento

Figura 14: Acondicionamiento de señal de voltaje AC



Fuente: Analog Devices. ADE7758 Poly Phase Multifunction Energy Metering IC with Per Phase Information. www.analog.com

8.2.2.1. Procesamiento de variables AC

- Cálculo de valores RMS: es una medida fundamental de la magnitud de una señal de AC. Donde el valor RMS asignado a una señal AC es la cantidad de magnitud DC requerida para producir su equivalente de potencia en la carga. Matemáticamente, se define como:

$$FRMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (f[n])^2} \quad (8.4)$$

Dónde:

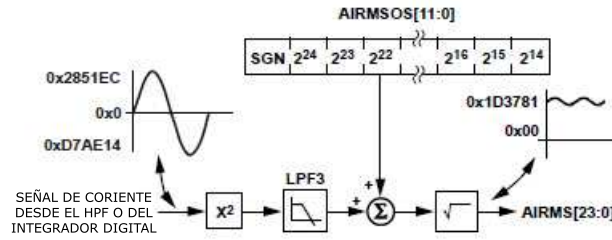
FMRS = Valor RMS de una señal, N = Número total de muestras

n = Número de muestra, $f[n]$ = Señal muestreada

Cálculo de Corriente RMS: El método utilizado para calcular el valor RMS en el ADE7758 es filtrar el cuadrado de la señal de entrada y tomar la raíz cuadrada del resultado, la figura 15 muestra en detalle la cadena de procesamiento de señales para el cálculo RMS sobre una de las fases del canal de corriente. Finalmente los valores de corriente RMS se almacenan en registros de 24 bits (AIRMS, BIRMS y CIRMS).²⁸

Cálculo de Voltaje RMS: La Figura 16 muestra en detalles la ruta que recorre la señal para la estimación del voltaje RMS para la fase A. Esta estimación de tensión RMS se realiza en el ADE7758 usando el cálculo del

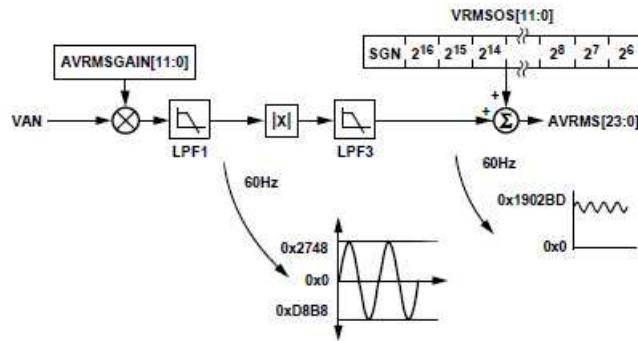
Figura 15: Procesamiento de la señal de corriente



Fuente: Analog Devices. ADE7758 Poly Phase Multifunction Energy Metering IC with Per Phase Information. www.analog.com

valor absoluto medio. Los valores de voltaje RMS se almacenan en registros de 24 bits (AVRMS, BVRMS y CVRMS).²⁸

Figura 16: Procesamiento de la señal de voltaje



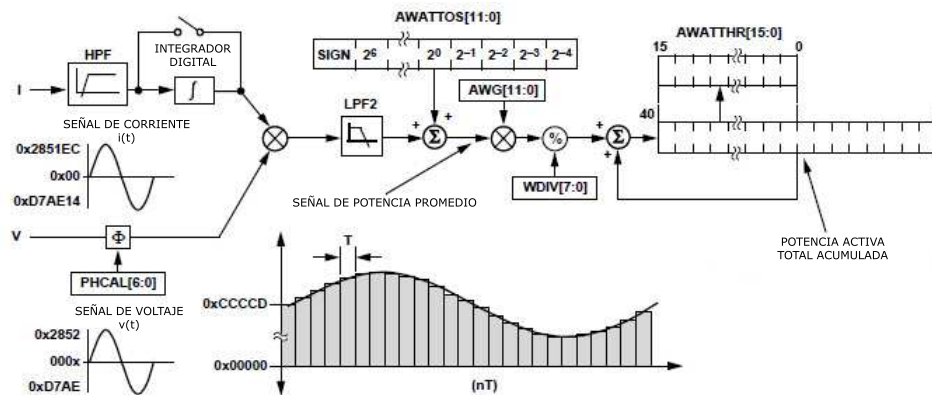
Fuente: Analog Devices. ADE7758 Poly Phase Multifunction Energy Metering IC with Per Phase Information. www.analog.com

- **Cálculo de Potencia Activa:** Su definición es descrita en la sección 6.1.1 con la ecuación 7.2 que da una expresión para la señal de potencia activa en un sistema AC. La expresión para la potencia promedio sobre un número integral de ciclos de línea (n) es dada en la Ecuación 8.5, La Figura 17 muestra este proceso.

$$p(t) = \frac{1}{nT} \int_0^{nT} p(t)dt = V_{RMS} * I_{RMS} \quad (8.5)$$

Dónde: T es el período de ciclo de línea.

Figura 17: Esquema de cálculo de potencia activa



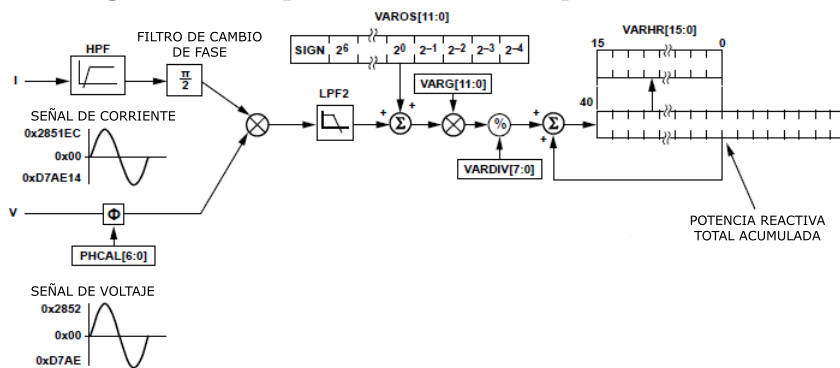
Fuente: Analog Devices. ADE7758 Poly Phase Multifunction Energy Metering IC with Per Phase Information. www.analog.com.

- **Calculo de Potencia Reactiva:** Su definición es descrita en la sección 6.1.2 con la ecuación 7.3, la potencia reactiva promedio sobre un número integral de ciclos de línea (n) está dada por la expresión en la ecuación 8.6.

$$Q = \frac{1}{nT} \int_0^{nT} q(t) = V * I * \sin(\theta) \quad (8.6)$$

Donde: T = periodo de ciclo de línea, Q = Potencia reactiva.

Figura 18: Esquema de cálculo de potencia reactiva



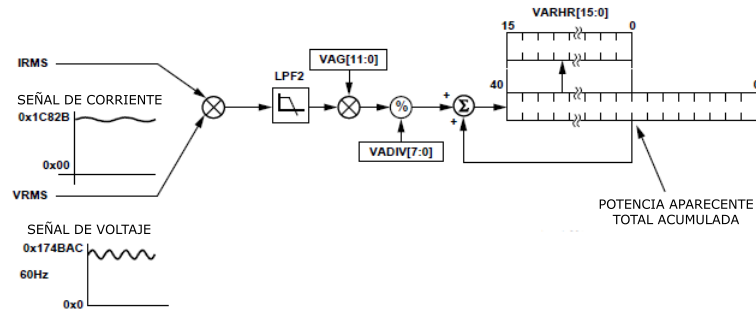
Fuente: Analog Devices. ADE7758 Poly Phase Multifunction Energy Metering IC with Per Phase Information. www.analog.com.

Este proceso se ilustra en la Figura 18. Similar a la potencia activa, el ADE7758 logra la integración de la señal de potencia reactiva acumulando continuamente la señal de potencia reactiva en los registros de acumulación

de 41 bits internos. Esta acumulación de tiempo discreto es equivalente a la integración en tiempo continuo.

- Calculo de Potencia Aparente Ha sido definida en la sección 6.1.3 con la ecuación 7.3 el cálculo de energía aparente en el ADE7758 usa el enfoque aritmético, como se puede notar en la figura 19.

Figura 19: Esquema de cálculo de potencia aparente



Fuente: Analog Devices. ADE7758 Poly Phase Multifunction Energy Metering IC with Per Phase Information. www.analog.com.

8.2.2.2. Procesamiento general del sistema Al analizar los requerimientos principales del sistema, se incluyen entre ellos: adquisición y procesamiento de datos, comunicación bidireccional con diversos elementos, monitoreo de eventos externos y manejo de interrupciones de diversas características, por ello se hace necesario identificar cuál es el hardware apropiado para cumplir con estos requerimientos. A continuación se realiza una comparación entre las distintas opciones disponibles para suplir estas necesidades:

- Raspberry pi: es un computador de placa reducida de bajo costo. Es un dispositivo con altas prestaciones que permite a las personas de todas las edades explorar la computación y aprender a programar en lenguajes como Scraht y Python.
- PIC: es la familia de microcontroladores PIC de MICROCHIP ofrece una amplia gama de dispositivos, desde 6 pines hasta 100 pines, desde los

más sencillos de 8 bits hasta los más poderosos de 32 bits. La gama de microcontroladores de 8 bits cuenta con más de 400 modelos diferentes para elegir.

- Atmel: cuenta con una amplia gama de microcontroladores con diseños eficientes, tecnología probada y desarrollos innovadores que los hacen ideales para el desarrollo de sistemas inteligentes. Sus desarrollos han sido de gran importancia para esta era del internet de las cosas (IoT).
- Arduino: es una plataforma microcontrolada de código abierto que consta de hardware y un software IDE (Integrated Development Environment). Existen múltiples modelos de placas Arduino con diferentes especificaciones y costos.

La tecnología escogida es el microcontrolador PIC, por su versatilidad, bajo costo y fácil adquisición, que lo hacen ideal para el diseño de prototipos con miras a la adaptabilidad y desarrollo posteriores.

8.2.3. Tecnologías de comunicación y conexión a Internet

En este apartado se exponen las tecnologías más conocidas para establecer una conexión a internet, se exponen las características más relevantes de cada una de ellas y se da a conocer la tecnología seleccionada para ser implementada.

8.2.3.1. WiFi Las redes WiFi (Wireless Fidelity)³² utilizan la tecnología de radio denominada IEEE 802.11a, 802.11b o 802.11g para proporcionar una conexión inalámbrica segura, fiable y rápida. Una red WiFi se puede utilizar para conectar ordenadores entre sí, a las redes cableadas y a Internet, con una velocidad de transmisión de datos de 11 Mbps (802.11b) o 54 Mbps (802.11a) o con productos que contengan las dos bandas (banda dual).

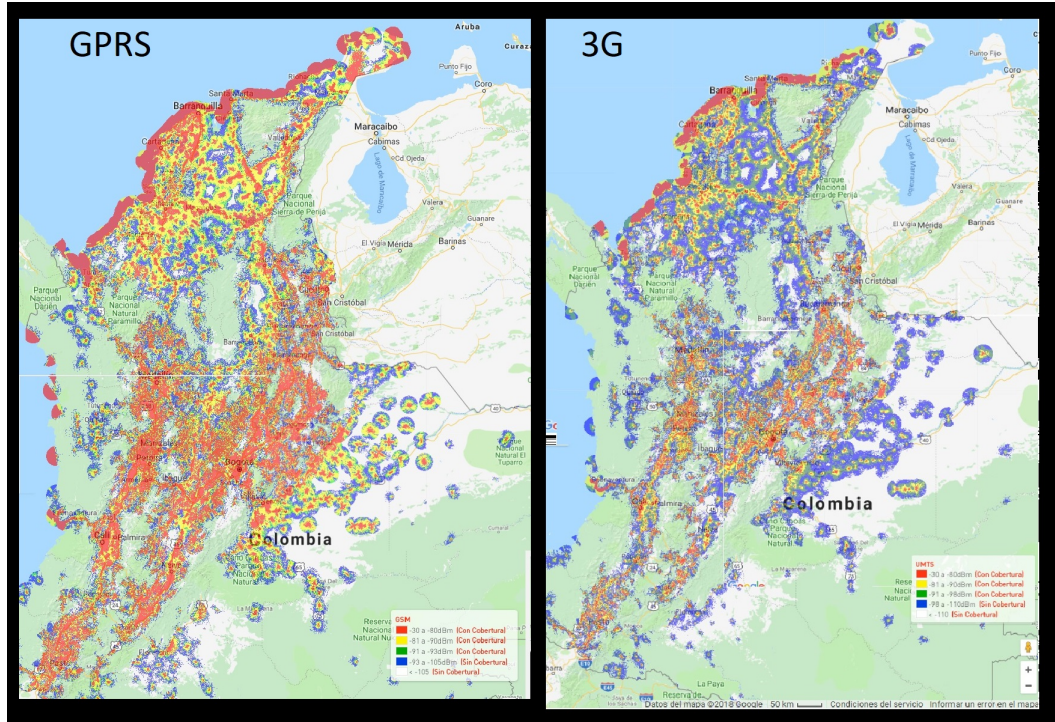
³² Familia IEEE 802.11. <http://bibing.us.es>

8.2.3.2. GPRS Tecnología explicada en la sección 7.4.

8.2.3.3. 3G (Universal Mobile Telecommunications System) sucesora de la tecnología GSM (Global System for Mobile). Esta tecnología permite disponer de mayor resistencia a interferencias que su predecesora, así como la utilización simultánea de conexiones de voz y datos. Las sucesivas mejoras de la tecnología UMTS han conseguido mayores velocidades de descarga, como HSPA (High Speed Packet Access) con la que se pueden alcanzar velocidades de hasta 14.4 Mbit/s.

8.2.3.4. Comparación y selección de tecnologías Una vez hecho el análisis de estas tecnologías, la WiFi se descarta ya que para su funcionamiento e instalación requiere de una infraestructura específica para lograr la conexión a Internet, como switches, routers, etc. La comparación de capacidad de cobertura que se presenta actualmente en el país entre ambas tecnologías restantes lo refleja la figura 20 donde brinda gráficamente como está distribuida la cobertura de estas tecnologías por todo el territorio nacional observando la calidad de señal y que áreas abarca para prestar el servicio, por ello finalmente, se selecciona la tecnología inalámbrica móvil GSM/GPRS, debido a que presenta mayor cobertura y mejor calidad de señal haciéndola aplicable al sistema por su cobertura y portabilidad.

Figura 20: Cobertura de las tecnologías GPRS y 3G en Colombia

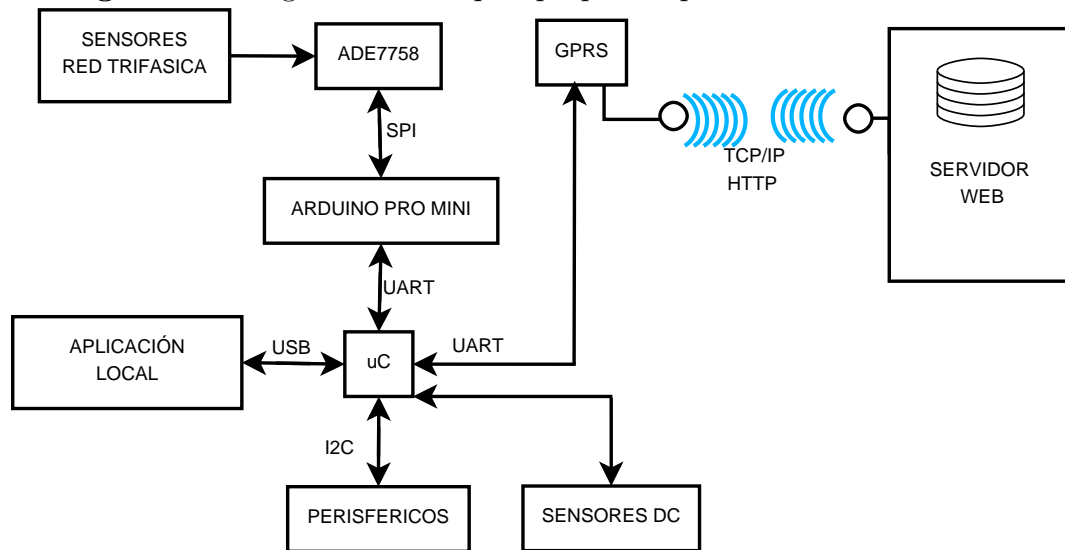


Fuente: www.claro.com.co

9. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo se muestra el diseño e implementación del sistema, dando a conocer detalladamente los criterios de diseño para posteriormente mostrar el proceso de implementación. El sistema en su totalidad está representado en la figura 19 por medio de un diagrama de bloques, para su mejor comprensión, a lo largo de este capítulo se irán desglosando sus componentes de manera más precisa.

Figura 21: Diagrama de Bloques propuesto para el diseño del sistema



9.1. DISEÑO DESARROLLADO EN SOFTWARE

9.1.1. Herramientas instaladas para diseñar Para el diseño y desarrollo de la aplicación WEB, se requieren algunos programas para realizar pruebas y comprobar las líneas de código creadas, a continuación se da a conocer las tecnologías usadas e instaladas para el desarrollo del proyecto: XAMPP¹, Sublime text 3² y phpMyAdmin³.

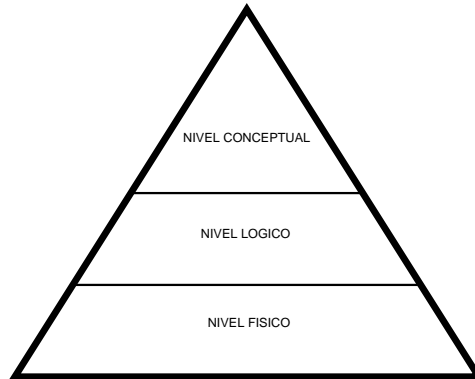
¹APACHE friends. www.apachefriends.orgs

²SUBLIMETEXT. www.sublimetext.com

³phpMyAdmin. www.phpmyadmin.net

9.1.2. Diseño de base de datos Una base de datos brinda a los usuarios acceso a información fundamental, por lo tanto, es de suma importancia formular una serie de paso consecutivos para así asegurar una estructura sólida y robusta⁴. La Base de Datos se debe direccionar para cumplir con las siguientes características: ahorrar espacio eliminando datos redundantes, mantener la precisión e integridad de los datos y ofrecer acceso a los datos de forma útil. Para diseñar la base de datos, se siguió la metodología de dividir el diseño en tres niveles expresados en la figura 22.

Figura 22: Niveles seguidos para el diseño de la Base de Datos



9.1.2.1. Conceptualización de la base de datos Para lograr identificar las entidades pertinentes para base de datos se opto por realizar un párrafo descriptivo, el cual se considera fundamental para este proceso ⁵, véase la figura 23, posteriormente se realiza el análisis y establecimiento de los vínculos, identificando las entidades presentadas en la figura 24.

"Para la aplicación WEB del sistema de medición de variables eléctricas, las diversas variables eléctricas DC y AC, deben almacenarse y relacionarse

⁴COSTA, Dolors Costal. Introducción al diseño de bases de datos. UOC, la universidad virtual. 2002

⁵GINESTÁ, Marc Gibert. Desarrollo de aplicaciones en conexión con bases de datos. febrero, 2007

a un sistema GPRS específico, el sistema debe llevar el control del historial de mediciones de cada sistema, ya que se puede contar con varios sistemas implementados y funcionales paralelamente, estos sistemas deben estar anclados a un usuario específico, quien interpretará estos datos y se beneficia del funcionamiento del sistema. Para mejorar el entendimiento de las mediciones, la aplicación WEB debe mostrar gráficas que promuevan la interpretación de los datos medidos y filtrar por periodos de tiempo, a su vez debe mostrar valores promedios para ver el comportamiento del sistema. El sistema debe contar con figuras diferentes de usuarios, específicamente con el administrador del sistema y el usuario específico atendiendo los permisos que adquieren cada uno de ellos en la plataforma."

Figura 23: Entidades identificadas para la Base de Datos

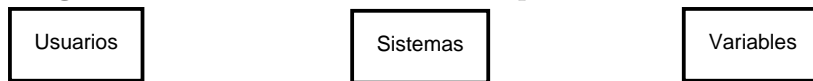
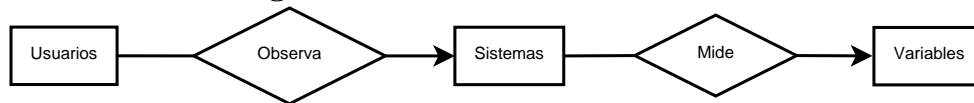


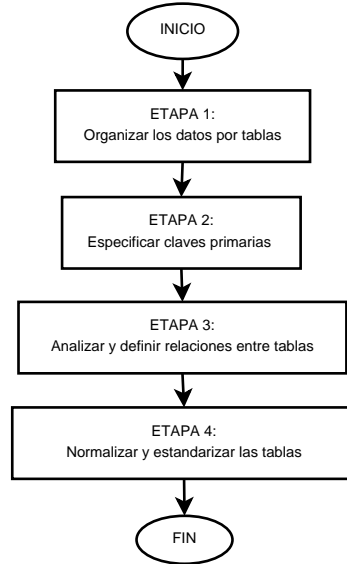
Figura 24: Diagrama Entidad-Vínculo



9.1.2.2. Estructura lógica de la base de datos La estructuración Lógica de la Base de datos es de suma importancia, ya que en éste nivel se proporciona al DBMS la manipulación correcta de los datos obtenidos, con este fin se desarrolla este nivel basado en el Modelo Relacional,⁶ el cual brinda una estructura de campos y registros permitiendo establecer reglas de integridad y de normalización de datos para mejoramiento en la estructura. Para este propósito se formula una serie de etapas, presentadas en la figura 25.

⁶COSTA, Dolors Costal. El modelo relacional y el álgebra relacional. Eureka Media SL. Barcelona. 2005

Figura 25: Etapas para el diseño de la Base de Datos



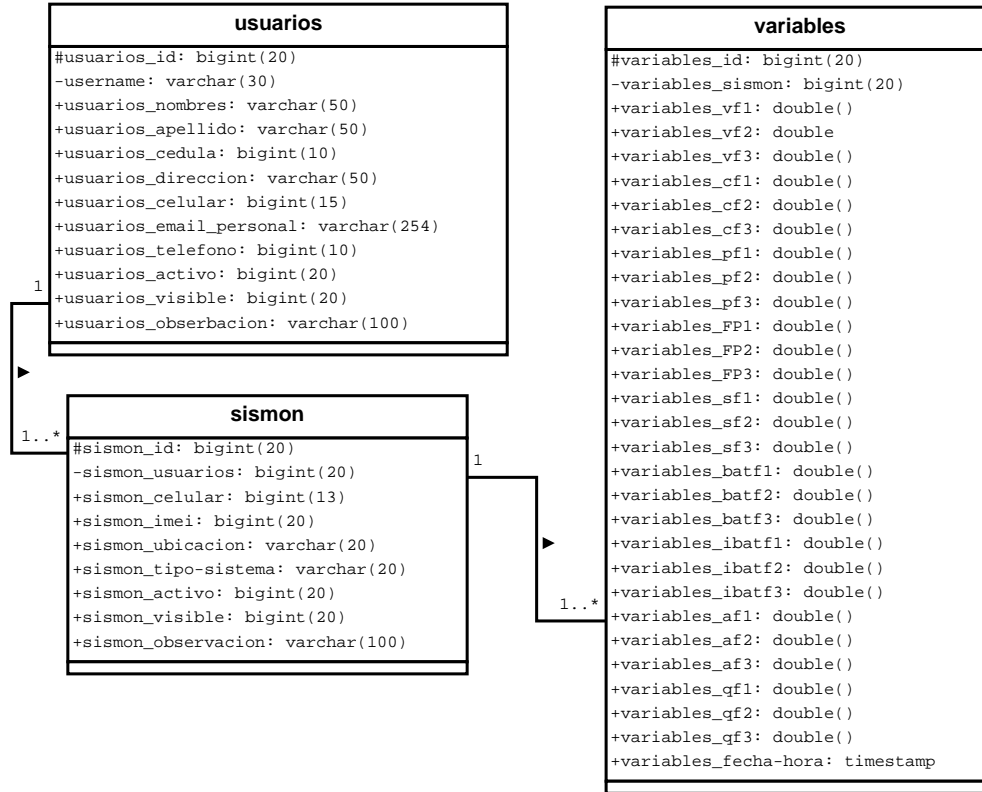
En el Modelo Relacional es de gran relevancia ya que sus conceptos fundamentales están bien asentados y además los sistemas de gestión de bases de datos relacionales son los más inclinados en su implementación. Las etapas formuladas en la figura 25 sigue los lineamientos del Modelo Relacional, el cual cumple con las restricciones de dominio, de clave y de integridad. Para obtener el modelo relacional, se parte del modelo Entidad-Relación representado en la figura 24, para ello se debe cumplir con la siguiente serie de pasos:

- Todo tipo de entidad se convierte en una relación.
- Todo tipo de vínculo N:M se transforma en una relación.
- Todo tipo de vínculo 1:N se traduce en el fenómeno de propagación de clave si el vínculo no tienen atributos o se crea una nueva relación si los tiene.

Al realizar lo mencionado anteriormente se obtienen como resultado el Modelo relacional de la Base de Datos, representado en la figura 26.

Se estipulan los atributos de cada tabla y el tipo de dato que se va a almacenar por cada atributo, también se denominan cuales son las claves primarias en cada

Figura 26: Diagrama del Modelo Relacional



una de las tablas, donde éstas corresponden a los atributos que sean acompañados por la expresión **id** para identificar y relacionar con otras tablas, así se cumple con la Etapa 2 y la Etapa 3 propuesta en la figura 25.

Para cumplir con la Etapa 4, se debe confrontar la Base de Datos a las formas Normales⁷ estipuladas en el modelo Relacional, para concluir con la normalización de la Base de Datos se debe cumplir que: la forma normal antecesora debe cumplirse para validar a la siguiente. Estas formas normales son expuestas a continuación:

- Primera forma normal (1FN): Todos los datos deben ser canónicos.
- Segunda forma normal (2FN): Tiene que haber transitividad.

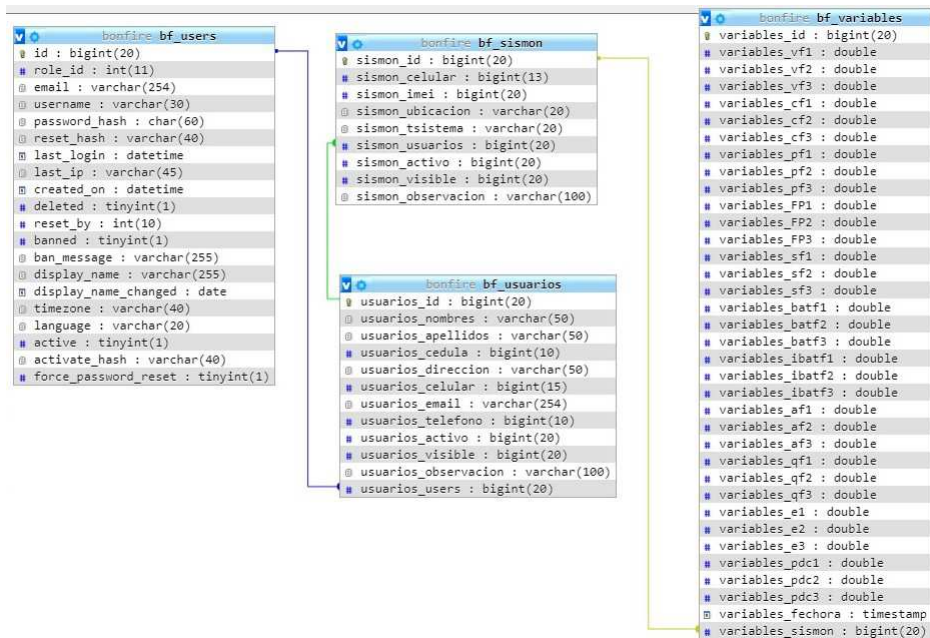
⁷DATE, Chris J. Introducción a los sistemas de bases de datos. Pearson Educación. 2001. pag 348-375

- Tercera forma normal (3FN): En una tabla, todo atributo que no sea llave primaria, depende completamente de la llave primaria.

Para este diseño es necesario solo cumplir con las tres primeras formas normales ya que son las mas comunes y el grado de normalización depende del contexto y a complejidad de la base de datos, para este caso la base de datos es sencilla. Al confrontar la base de datos se refleja que cumple con éxito las tres primeras formas normales.

9.1.2.3. Implementación de la base de datos Para culminar el nivel físico propuesto en la figura 22, la implementación de la Base de datos se desarrolló en MySQL⁸ específicamente en MariaDB, haciendo uso de la herramienta phpMyadmin y teniendo como resultado la base de datos final implementada a modo de servidor local, el resultado se visualiza en la figura 27.

Figura 27: Diagrama de la Base de Datos final implementada en MySQL



⁸SANTILLÁN, Luis Alberto Casillas and GINESTÁ, Marc Gibert and MORA, Óscar Pérez. Bases de datos en MySQL. Universitat Oberta de Catalunya. 2011

9.1.3. Creación de la aplicación web Una aplicación WEB ofrece al usuario una plataforma interactiva, entendible, con el contenido adecuado, adaptable para diversos dispositivos y con un formato visual agradable. Por tal razón es de suma importancia establecer unos pasos a seguir para asegurar su mejor desempeño. Estos pasos son:

- Análisis, planificación y propósito de la aplicación.
- Diseño, Redacción, estilo y modelo del sitio WEB.
- Desarrollo y programación de la aplicación.
- Pruebas técnicas y lanzamiento de la aplicación WEB.

9.1.3.1. Análisis, planificación y propósito de la aplicación

Para el análisis de la aplicación se recurre a diagramas UML ⁹ ya que brinda una visión, entendimiento y documentación clara de lo que se desea realizar, brinda una forma de modelar conceptualmente procesos de negocio y funciones del sistema, además a concretar los esquemas de bases de datos y componentes de software reusables. Los diagramas UML¹⁰ desarrollados son:

- Diagrama de casos de uso.
- Diagrama de actividades.
- Diagrama de secuencias.
- Diagrama de clases.

Diagramas de casos de uso

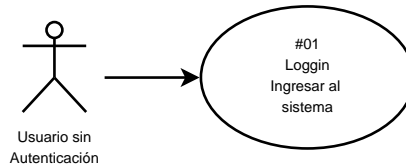
Los diagrama de Casos de Uso captura las interacciones de los casos de uso y los

⁹Booch, Grady and Rumbaugh, James and Jacobson, Ivar and Martínez, José Sáez and Molina, Jesús J García. El lenguaje unificado de modelado. Addison wesley Madrid. 1999

¹⁰SENA. Introducción al Lenguaje de Modelado Unificado (UML). FAVA - Formación en Ambientes Virtuales de Aprendizaje

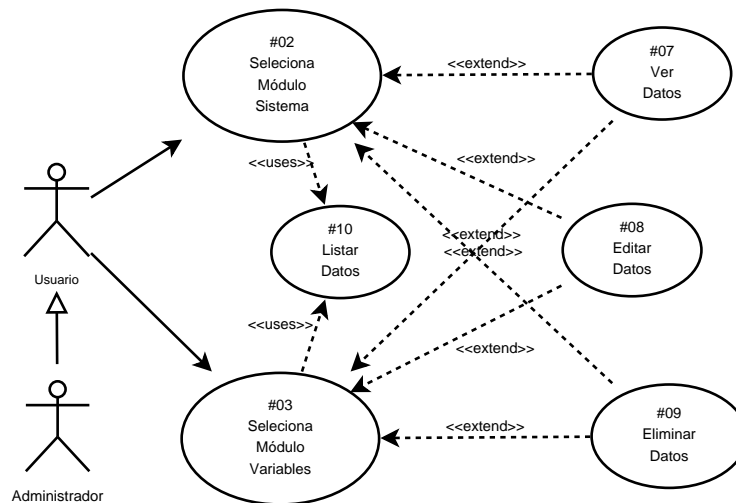
actores. Describe los requisitos funcionales del sistema, la forma en que los actores interactúan a través del límite del sistema y la respuesta del mismo. Para este sistema se realizó una gama de diagramas para mayor legibilidad y comprensión. El diagrama mostrado en la figura 28 Representa la necesidad que debe suplir el sistema de su inicio, protegido bajo un usuario y una clave de seguridad.

Figura 28: Diagrama caso de uso Usuario no autenticado



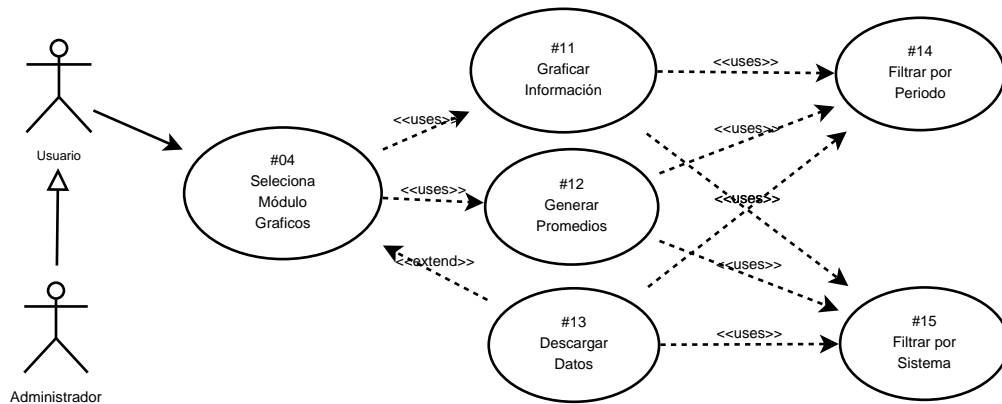
Por medio del diagrama expuesto en la figura 29, se manifiesta las posibles acciones que puede desempeñar el Usuario, quien tiene la potestad de seleccionar un módulo y realizar modificaciones sobre los datos contenidos en él obedeciendo a los permisos concedidos, es necesario aclarar que el Administrador hereda las acciones del Usuario y tienen todo los permisos de acción, ya que es quien gestiona estos permisos representado en el caso de uso en la figura 32.

Figura 29: Diagrama caso de uso Usuario y Administrador: Selección de módulo Sistemas o Variables



En la figura 30 se expone la gestión que se puede realizar sobre el módulo Gráficos, éste diagrama se hace referencia a los casos de uso que son necesarios para ejecutar otro caso de uso, a su vez se muestra aquellos que son opcionales para su ejecución. En la figura 30 se refleja nuevamente la herencia de acciones por parte del Administrador al Usuario.

Figura 30: Diagrama caso de uso Usuario y Administrador: Selección de módulo Gráficos



Para el módulo Usuarios en la figura 31 el Administrador es el único que puede ejecutar alguna acción sobre éste caso de uso, a diferencia que el Administrador otorgue a otro usuario este permiso.

Figura 31: Diagrama caso de uso Administrador: Selección de módulo Usuarios

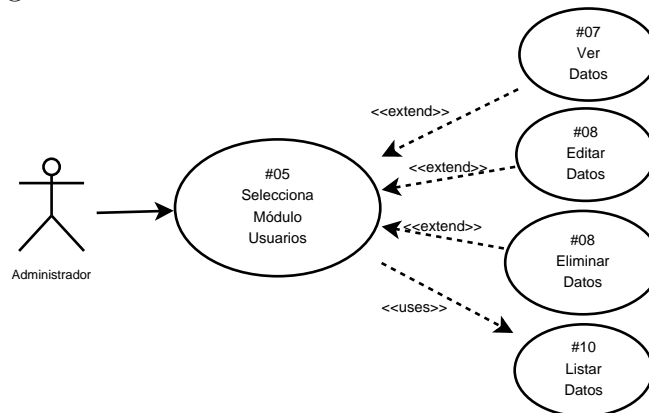


Figura 32: Diagrama caso de uso Administrador: Gestionar permisos

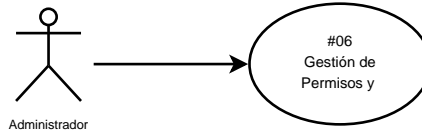


Diagrama de Actividades

Este diagrama se desarrolla para definir una tendencia secuencial a los pasos lógicos de la aplicación WEB, para cumplir con alguna determinada función y así llevar a cabo la ejecución de los casos de uso. Este diagrama tiene algunas similitudes con los diagramas de Flujo ¹¹ con la diferencia que el diagrama de actividades permite la realización de actividades paralelas. En la figura 33 esta plasmada la actividad de inicio de sesión en el sistema, seguido de las actividades posteriores representadas en la figura 34.

Figura 33: Diagrama de actividades: Acceso a la aplicación

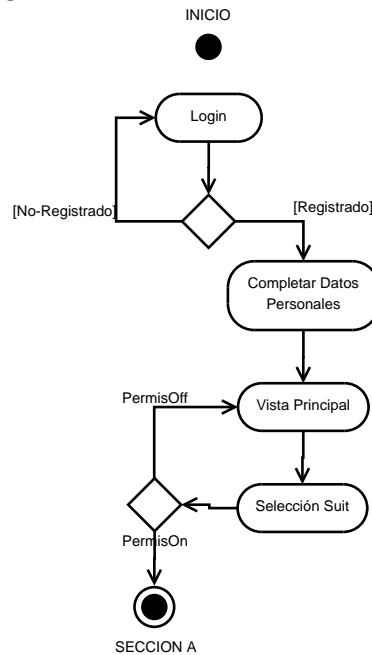
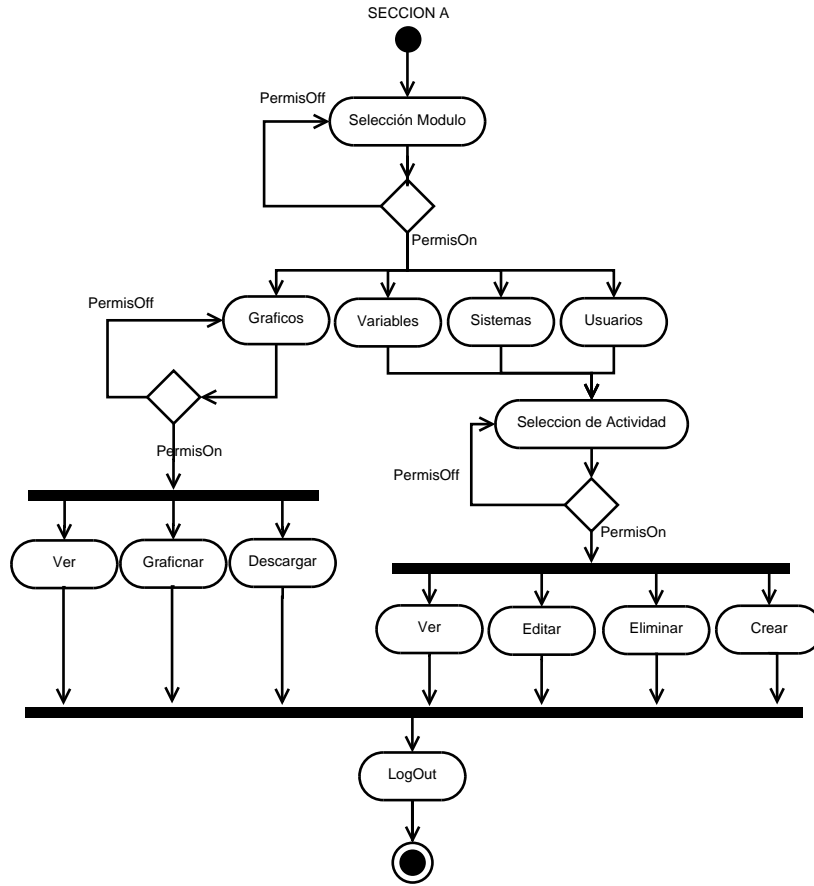


Diagrama de Secuencias

¹¹LANCHARRO, Eduardo Alcalde and LÓPEZ,Miguel García. Metodología de la programación. 1992

Figura 34: Diagrama de actividades: Desempeño de la aplicación



Estos diagramas se desarrollan para describir el funcionamiento interno del sistema, muestra la interacción y distribución de tareas de la aplicación a través del tiempo, en el cual se indican los módulos o clases que formaran parte de la aplicación. El diagrama de secuencias se realiza a partir de la descripción de los casos de uso. En la figura 36 se da a conocer las acciones que se pueden desempeñar sobre los datos almacenados por la base de datos, donde *Datos* hacen referencia a: variables de medición, datos de usuarios y datos de sistemas, es notorio y se enfatiza la importancia de los permisos que tiene cada actor, de no tener estos permisos el actor no podría desenvolverse por el módulo seleccionado, en la figura 35 se representa el proceso de inicio de sesión.

Figura 35: Diagrama de Secuencias: secuencialidad al ingresar a la aplicación WEB

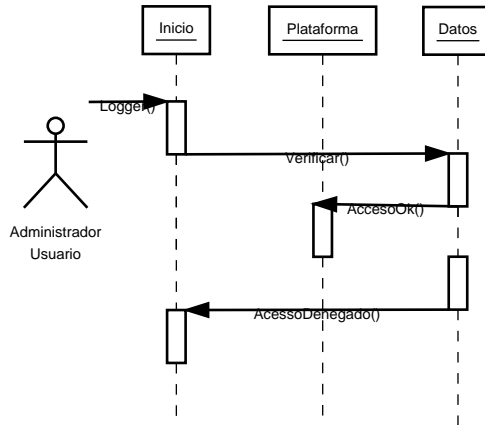


Figura 36: Diagrama de Secuencias: Secuencialidad de navegabilidad por los módulos

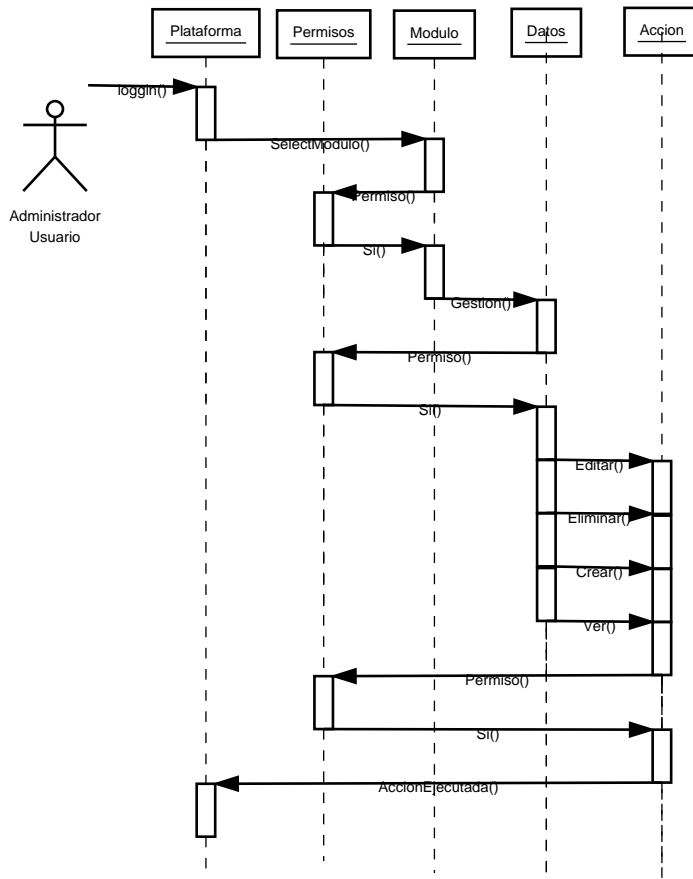
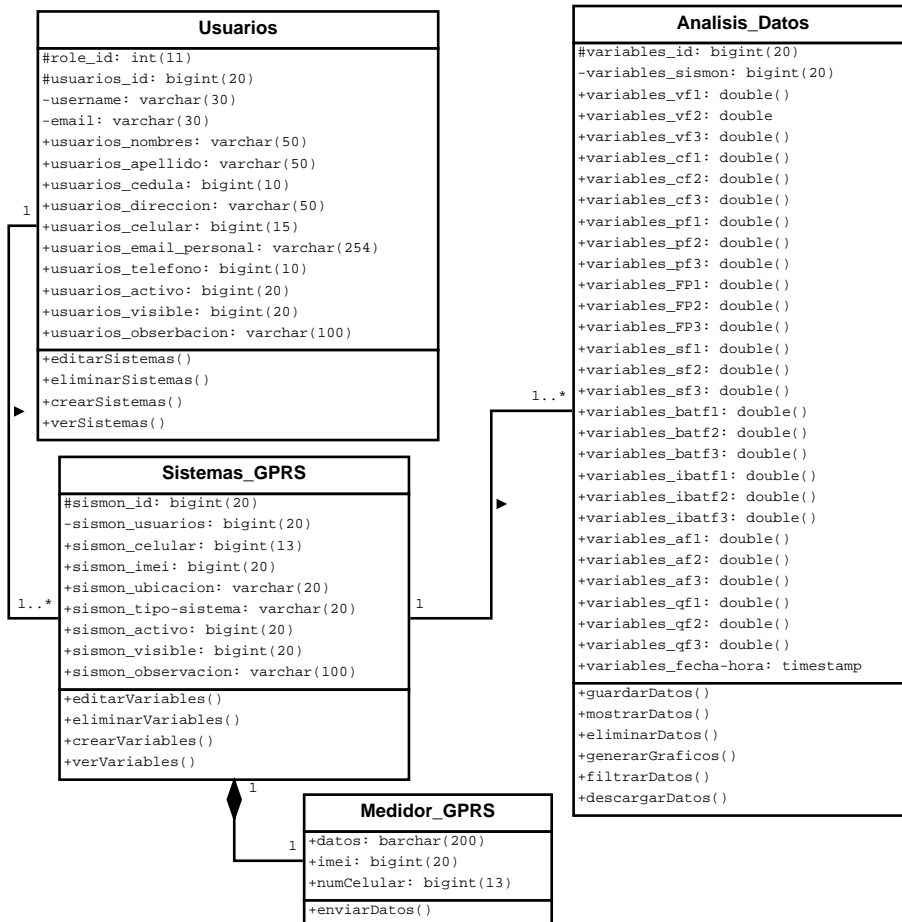


Diagrama de Clases

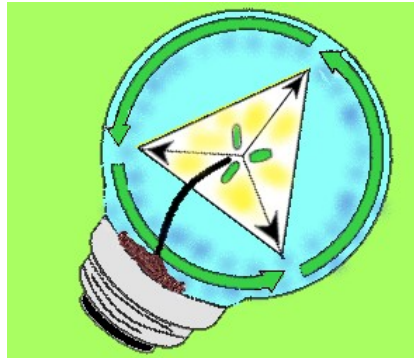
Se describe la estructura de la aplicación mostrando las clases, sus atributos, operaciones (o métodos), y las relaciones entre los objetos. En la figura 37 se representa las clases quienes son el elemento mas importante dentro del contexto del sistema ya que contienen la información mas relevante, además determina las acciones necesarias para el funcionamiento de la aplicación. Se logra conocer las relaciones existentes para el funcionamiento del sistema, donde la clase Usuarios se asocia con la clase Sistemas_GPRS y y esta a su vez se asocia con la clase Análisis_Datos, a diferencias de la relación estática de composición entre la clase Sistemas_GPRS y el Medidor_GPRS ya que la clase Sistemas_GPRS esta condicionada al tiempo de vida de la clase Medidor_GPRS.

Figura 37: Diagrama de Clases: Desempeño de la aplicación



9.1.3.2. Diseño web Para la creación visual de la aplicación WEB se parte desde el tema visual brindado por el framework Bonfire, posteriormente se realiza el bosquejo de las características visuales deseadas para cada uno de los módulos del sistema y para la página de inicio, luego se establece los wireframes necesarios y se decide el contenido de texto a mostrar. Así se logra las características del Front-End.

Figura 38: Logo diseñado para el sistema



9.1.3.3. Implementación del sistema y programación Se instala Bonfire en el servidor local XAMPP y seguidamente se vincula la base de datos creada a Bonfire, se alimenta la aplicación con el contenido ya establecido y se crean los cuatro módulos necesarios desde la misma aplicación. Como resultado inicial se obtiene la siguiente visual mostrada en la figura 39.

Al tener la disposición de los módulos se trabaja cada uno por separado, adecuando el módulo con las características y funcionalidades definidas en los Wireframe. La personalización del framework se logra por medio de la programación del Front-End y del BackEnd, siguiendo la arquitectura de software HMVC y realizando las consultas adecuadas a la base de datos, obteniendo como resultado final una componente visual como se muestra en la figura 40.

Figura 39: Vistas del Framework Bonfire orientado hacia la aplicación WEB

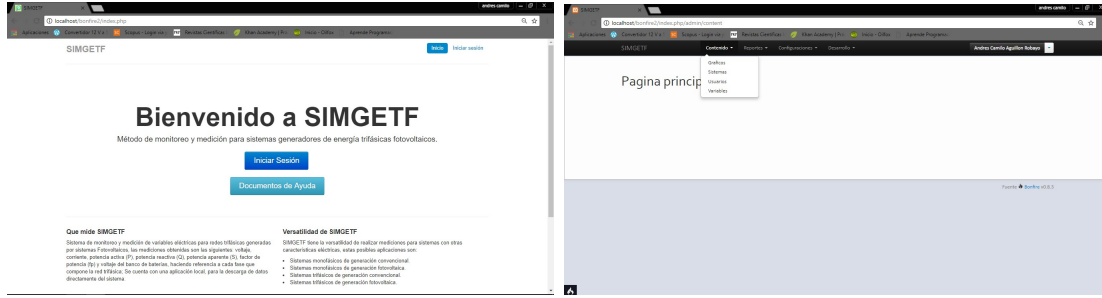
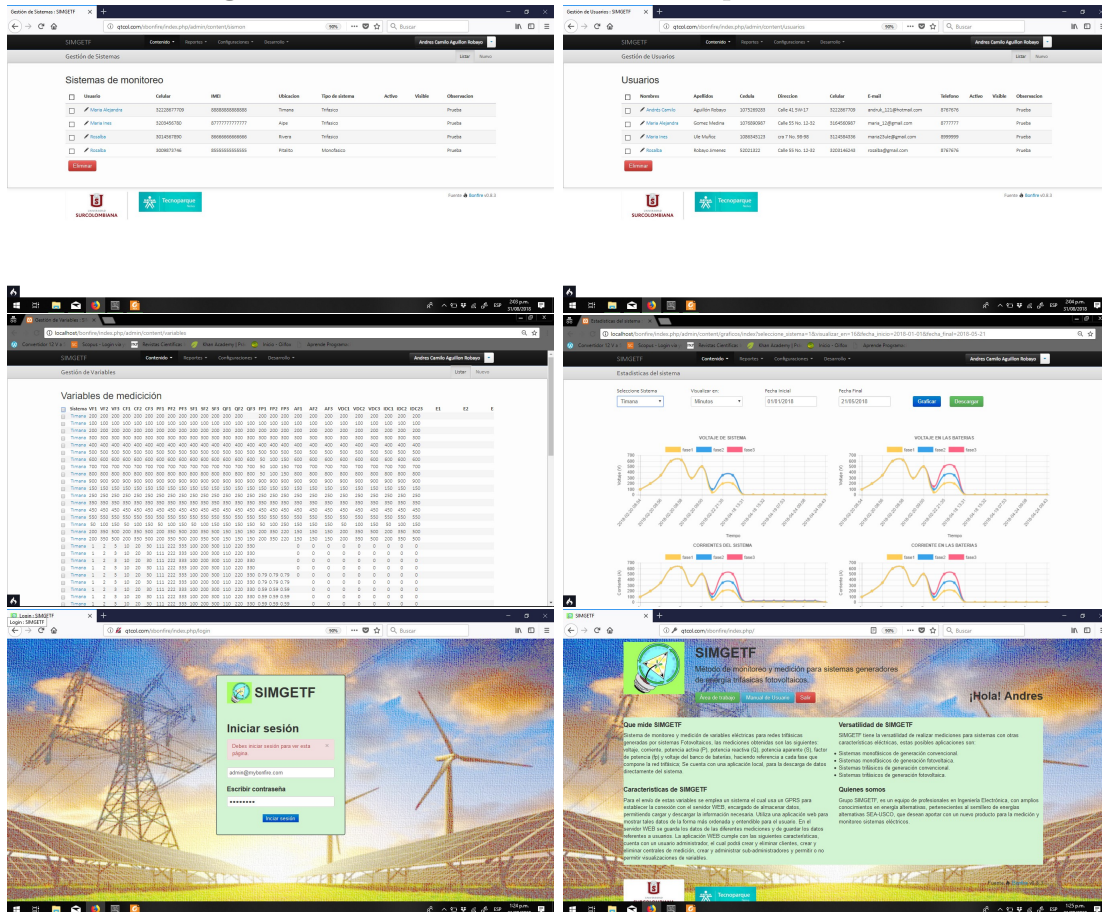


Figura 40: Presentación visual de la aplicación WEB

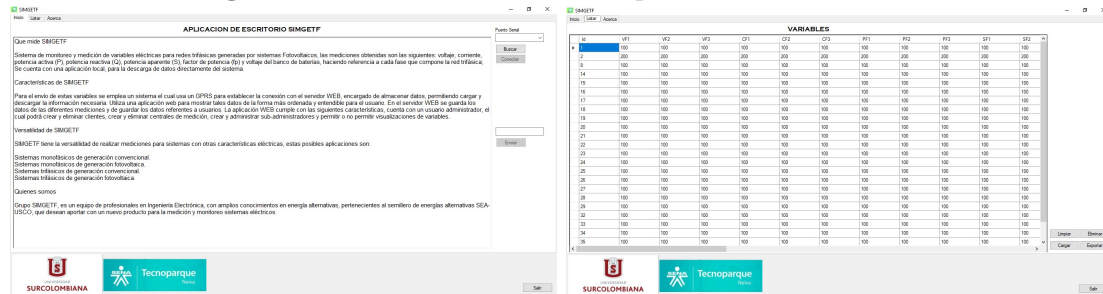


9.1.4. Creación de aplicación de escritorio Para el desarrollo de la aplicación de escritorio se hizo uso del software Visual Studio 2010¹² como medio

¹²phpMyAdmin. visualstudio.microsoft.com

para programar y diseñar la interfaz gráfica, y para almacenamiento de datos se hizo uso de la herramienta ofimática Access 2013 donde solo se creó una tabla la cual almacena los datos obtenidos por serie. Este aplicativo es mucho mas sencillo, debido a que no requiere de una gran base de datos ni de un gran diseño, en la figura 41 se presenta el resultado final.

Figura 41: Presentación de la aplicación de escritorio



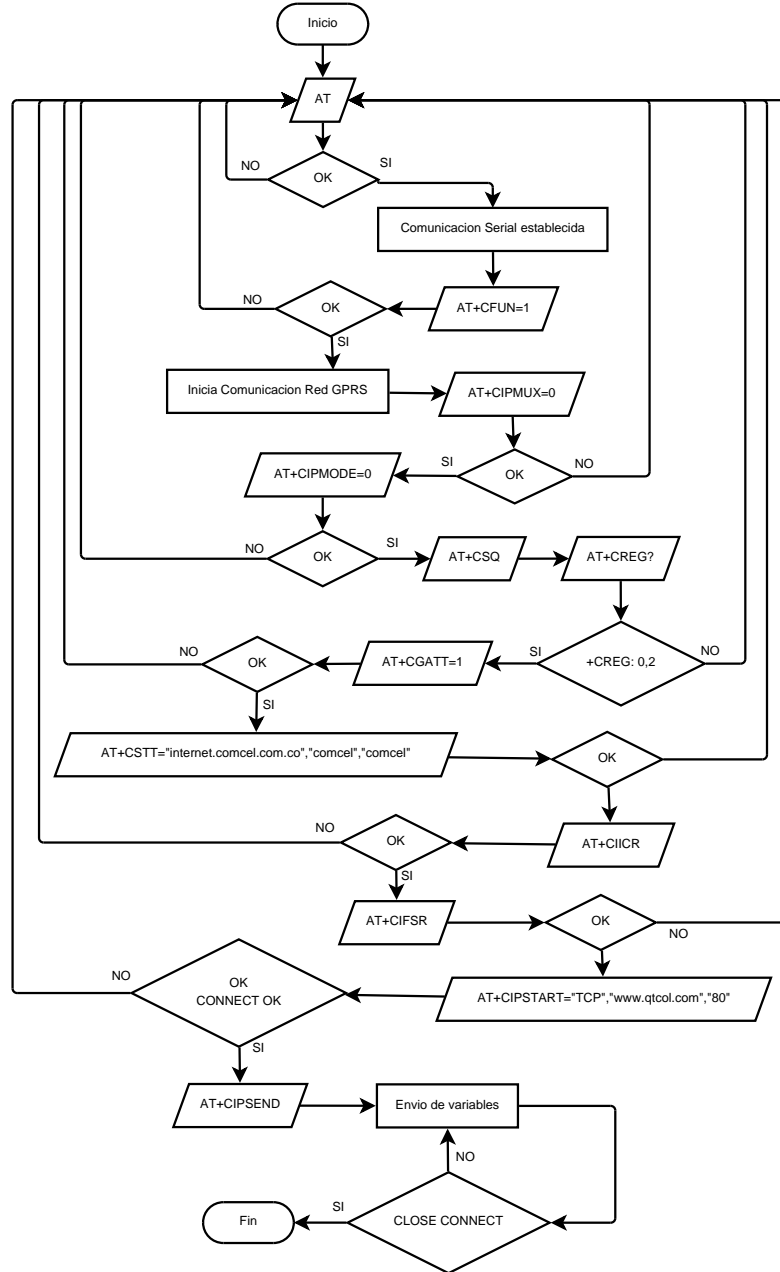
9.1.5. Configuración de GPRS por medio de comandos AT La configuración para el funcionamiento del GPRS SIM800L se logra con comandos AT después de establecer la comunicación serial, la empresa SIMCom brinda una serie de Manuales donde se especifica todos los comandos AT que se pueden utilizar para configuración del modulo SIM800L^{13 14 15}. En la figura 42 se presenta el diagrama de flujo base para la programación del microcontrolador incluyendo la secuencia de comandos AT usados para la configuración del GPRS SIM800l y así logra establecer la comunicación, el código aplicado al microcontrolador esta en el Anexo 13.3.

¹³SIMCom, Shangay Wireless Solutions Ltd. SIM800 Series AT Command Manual V1.05. 2014

¹⁴SIMCom, Shangay Wireless Solutions Ltd. SIM800 Series TCP/IP Application Note V1.00. 2013

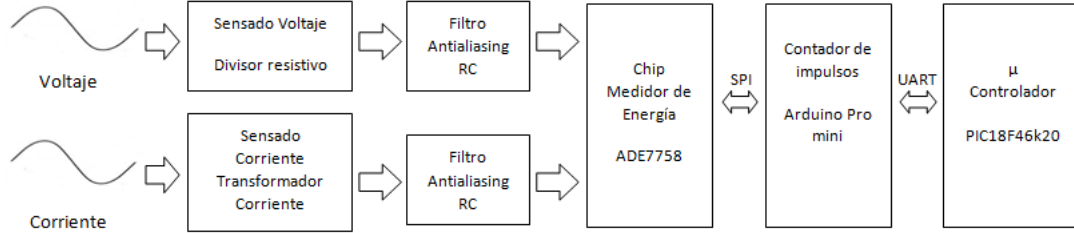
¹⁵SIMCom, Shangay Wireless Solutions Ltd. SIM800 Series IP Application Note V1.00. 2013

Figura 42: Diagrama de Flujo, programación del microcontrolador



9.2. DISEÑO DE HARDWARE

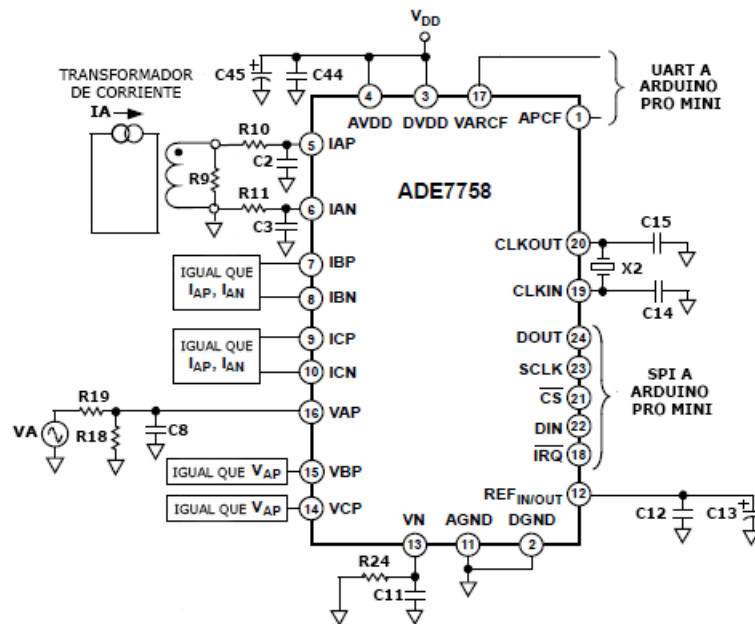
Figura 43: Esquema funcional de modulo para la medicion de variables AC



9.2.1. Diseño de módulo para la medición de consumo de energía de sistemas trifásicos

En la figura 43 cómo se pudo observar, posee una visión modular de los aspectos que conforman este medidor trifásico; Este punto sirve para hacer posible el funcionamiento estructural del prototipo desarrollado, el cual se encuentra entonces conformado por cinco importantes etapas: sensado de variables, filtrado antialiasing, DSP medidor de energía, uControlador Contador de impulsos, uControlador principal.¹⁶

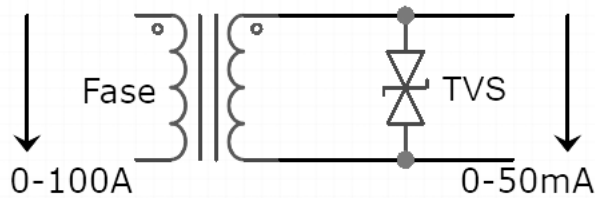
Figura 44: Esquema circuitual de modulo para la medicion de variables AC



¹⁶VALERO ALARCON. Fran. *Dispositivo remoto para medición y monitoreo de consumo de energía eléctrica*. Sartenejas, 2006. 89p.

9.2.1.1. Medición de corriente AC Para adquirir señales de corriente en las distintas líneas de fase, se utilizan transformadores de corriente, escogidos teniendo en cuenta los requerimientos establecidos. El CT (Current Transformer) escogido es de la empresa YHDC, modelo SCT-013-000. Este presenta una no linealidad de $\pm 3\%$, exhibe una relación de transformación de 2000 : 1 permitiendo un rango de entrada de 0 – 100A con una equivalencia de 0 – 50mA en su salida, como se puede apreciar en la figura 45.

Figura 45: Medición de corriente



La salida del transformador es una señal de corriente, pero el circuito integrado ADE7758 procesa señales de tensión, es por ello que a salida del CT debe ir acoplada en paralelo a una resistencia de Burden, se eligió una resistencia de 10Ω (R9), tomando en cuenta que la corriente máxima capaz de medir el sistema: 100A y a las características de voltaje máximo permisible: 500mVpp.¹⁷

En la figura 44 se observa la etapa de filtrado antialiasing mediante filtro RC, conformado por la resistencia R10 en serie al capacitor C2 y R11 al C3 que van acopladas a las entradas análogas diferenciales IAP y IAN.¹⁸ El dimensionado y la conexión de los filtros antialiasing siguen el esquema implementado en la nota de aplicación del fabricante¹⁹ y se ajustan a la recomendación de las hojas de datos del chip.²⁰

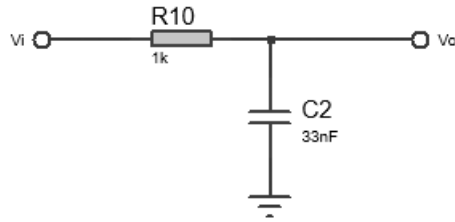
Las respuestas de magnitud y de fase de un filtro RC simple implementado, con

¹⁷MURCIA FLORES. Julio. *Equipo concentrador de vatímetros programables para uso en el sector doméstico e industrial*. Salvador, 2014. 85p

¹⁸GUTIERREZ FARFAN. Jhon. *Desarrollo e implementación de un equipo medidor de energía monofásico con inyección de corriente para contrastar medidores trifásicos y monofásicos residenciales*. Bogotá, 2017. 33p

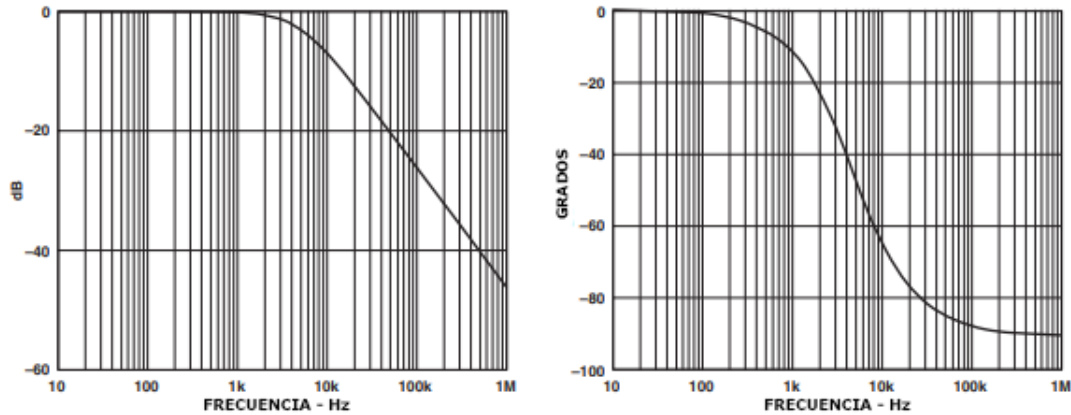
¹⁹Evaluation Board Documentation ADE7758 Energy metering IC. www.analog.com. 23 de

Figura 46: Filtro RC en canales de entrada de corriente



$R = 1K$ y $C = 33nF$ son ilustradas en la figura 47, se observa que la atenuación de 900Khz (la frecuencia de muestreo del ADE es 894 Khz. Esta atenuación es suficiente para no introducir errores significativos debido al aliasing.²¹

Figura 47: Respuesta en magnitud y frecuencia del filtro RC



Fuente: A Power Meter Reference Design Based on the ADE7756 Application Note (AN-564) De www.analog.com.

De acuerdo a las recomendaciones del fabricante, el filtro se diseña para una frecuencia de corte (-3 dB) de 4.8 Khz. Teniendo en cuenta la ecuación 8.3.

abril 2018

²⁰Poly Phase Multifunction Energy Metering IC with Per Phase Information. www.analog.com. 23 de abril 2018

²¹DAVILA FRIAS. Alex. *Diseño y construcción de un prototipo para medición y transmisión inalámbrica del consumo de energía eléctrica de un sistema monofásico bifilar*. Quito, 2006. 71p

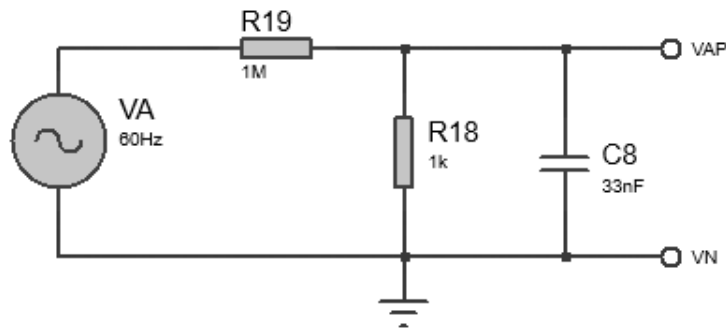
Sea $R = 1K\Omega$, despejando

$$C = \frac{1}{2\pi R f_{-3dB}} = \frac{1}{2\pi(1K\Omega)(4,8Khz)} = 33,157nF \quad (9.1)$$

9.2.1.2. Medición de voltaje AC La medida de voltaje se toma por un circuito sencillo, que consiste de un divisor de tensión, una red de atenuación diseñada tal que la frecuencia de corte coincide con la del filtro anti-aliasing en los canales de entrada de corriente; esto es importante porque si estos parámetros no coinciden habrán grandes errores a factores de potencia bajos ²²

Para cada fase se implementa el circuito mostrado en la figura 48, entre las terminales de la fase (VAP, VBP y VCP) y tierra analógica del circuito (VN). Esto se realiza con el fin de llevar la señal de entrada a un nivel óptimo para la adecuación de las señales a cada uno de los circuitos integrados para su posterior procesamiento. ²³

Figura 48: Esquema de divisor de tensión y filtro antialiasing en canales de entrada de voltaje



El divisor de tensión utilizado es el recomendado en el datasheet del ADE7758, consta de una resistencia de $1M\Omega$ (R19) en serie con una resistencia de $1K\Omega$ (R18) y un condensador de $33nF$ (C8). Despejando la expresión matemática para el divisor de tensión, la cual fue especificada en el capítulo anterior en la ecuación

²²VALERO ALARCON. Fran. *Dispositivo remoto para medición y monitoreo de consumo de energía eléctrica*. Sartenejas, 2006. 89p.

²³MURCIA FLORES. Julio. *Equipo concentrador de vatímetros programables para uso en el sector doméstico e industrial*. Salvador, 2014. 85p

8.1, se hallará el $V_i(\text{Max})$, el cual es el máximo voltaje medible por el prototipo sin sobrepasar los niveles aceptados por el ADE7758 en sus canales análogos de entrada ($\pm 500\text{mV}$).

Siendo entonces $R_{19} = 1\text{M}\Omega$, $R_{18} = 1\text{K}\Omega$ y $V_{\text{out}} = 0,5\text{V}$ por lo tanto despejando la ecuación 9.2.2.2 $V_{\text{in}(\text{max})} = 500\text{V}$.²⁴

$$V_{in(max)} = \frac{V_{out} * (R_{19} + R_{18})}{R_{18}} \quad (9.2)$$

9.2.2. Diseño de módulo para la medición de variables DC en sistemas fotovoltaicos

9.2.2.1. Medición de corriente DC El dispositivo escogido para el sensado de corriente DC es el ACS712, siendo una solución económica, precisa, de bajo offset, valido para sensado AC o DC, voltaje de salida extremadamente estable, con capacidad de medición de hasta 30A, exhibiendo una sensibilidad de salida de 66 mV/A, histéresis magnética casi nula y 5 μs como tiempo de respuesta a la corriente de entrada

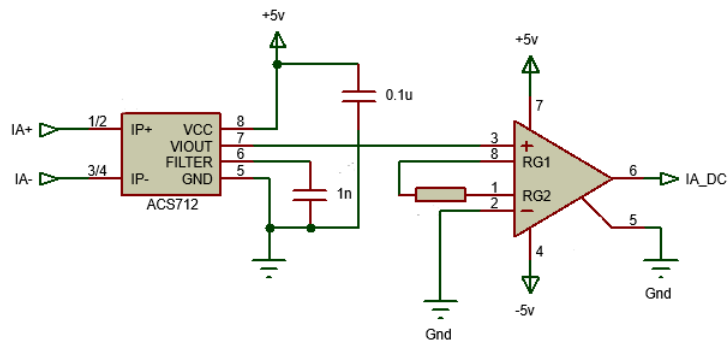
La salida entrega un voltaje proporcional de pendiente positiva cuando una corriente creciente fluye a través de los pines 1 al 4 del IC, que es la ruta utilizada para el muestreo de corriente. La resistencia interna de esta ruta conductiva es típicamente 1.2 m Ω , lo que proporciona una baja pérdida de potencia. El grosor del conductor de cobre permite la conservación del dispositivo en condiciones de sobreintensidad de hasta 5x. Los terminales de la ruta conductiva están eléctricamente aislados de los terminales de salida de señal (pines de 5 a 8), esto permite que el ACS712 se use en aplicaciones que requieren aislamiento eléctrico sin el uso de optoaisladores u otras técnicas de aislamiento costosas.²⁵

²⁴PEREZ ROJAS. Victor. *Prototipo analizador de calidad de parámetros de potencia eléctrica*. Bucaramanga, 2008. 67p.

²⁵Fully Integrated, *Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*. www.allegromicro.com. 13 de Junio 2018

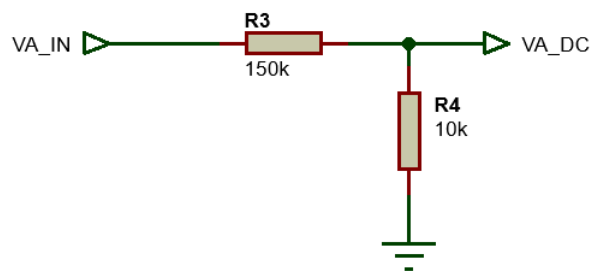
El esquema de sensado es presentado en la figura 49 donde la salida del IC ACS712 es acoplada al amplificador de instrumentación INA128P, con el objetivo de amplificar levemente el voltaje obtenido y así su posterior procesamiento por el ADC del microcontrolador elegido.

Figura 49: Esquema de sensado de corriente DC



9.2.2.2. Medición de Voltaje DC El esquema de sensado de voltaje DC es presentado en la figura 50 y, como se expresó en el capítulo anterior la tecnología es la misma aplicada que en el sensado de voltaje AC, por ello para definir el rango de medición se usa la misma ecuación: . Reemplazando $V_{out\ Max}$ como 3.3V se obtiene que $V_{in\ Max} = 52.8V$

Figura 50: Esquema de sensado de voltaje DC



9.2.3. Procesador principal y módulos adicionales El microcontrolador elegido para este proyecto es el PIC 18F46k20, esta familia ofrece las ventajas de todos los microcontroladores PIC18, presentando una arquitectura RISC, alto rendimiento de computación a un precio económico, en adición de

alta resistencia y memoria de programa Flash. la familia PIC18F4X20 introduce mejoras de diseño haciendo que este microcontrolador una excelente opción para muchas aplicaciones de alto rendimiento y sensibles a la energía. Para su mayor comprensión en la tabla 2 se muestran sus características frente a la de otros PICs mas comúnmente usados.

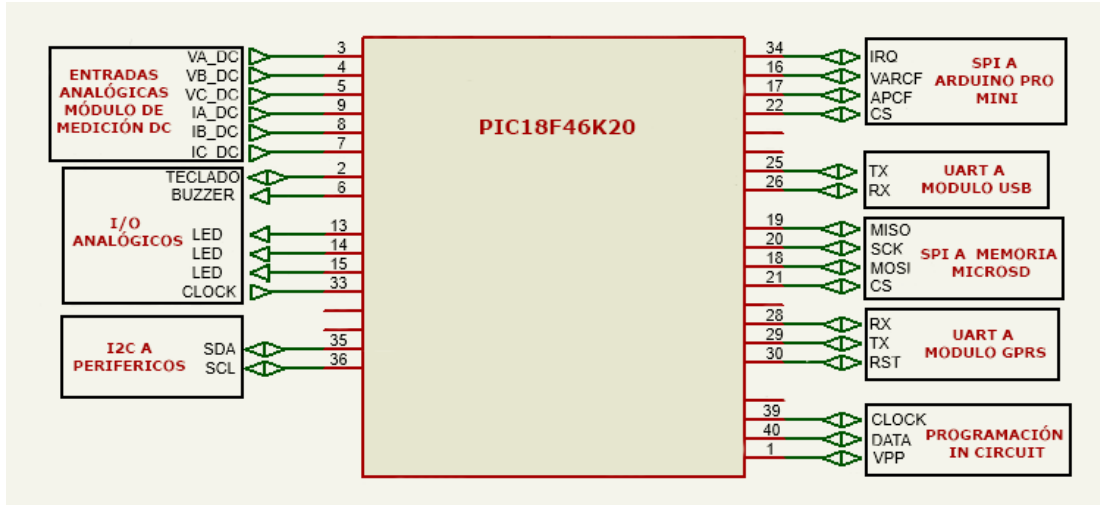
Tabla 2: Comparación de PICs mas comunes vs PIC 18F46K20

Características	PIC16F877A	PIC18F4550	PIC18F46K20
Frecuencia de operacion	DC - 20 Mhz	DC - 48 Mhz	DC - 64 MHz
Memoria Flash	8K (14 bit words)	32768 (bytes)	65536 (bytes)
Memoria de datos (bytes)	36	2048	3936
Memoria EEPROM	256	256	1024
Interrupciones	15	20	20
Puertos I/O	A, B, C, D, E	A, B, C, D, E	A, B, C, D, E
Timers	3	4	4
Modulos CCP	2	1	1
Comunicación serial	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Comunicación paralela	PSP	SPP	PSP
Modulo ADC (10 bits)	8 canales	13 canales	13 canales +1
Resets y delays	POR, BOR, PWRT, OST	POR, BOR, RESET, PWRT, OST, MCLR, WDT	POR, BOR, RESET, PWRT, OST, MCLR, WDT
Set de instrucciones	35	75, hasta 83	75, hasta 83

Fuente Microchip Technology Inc.

En la figura 51 se ilustra el esquema general de conexiones de los elementos que interactúan con el microcontrolador seleccionado.

Figura 51: Esquema de conexión procesador principal



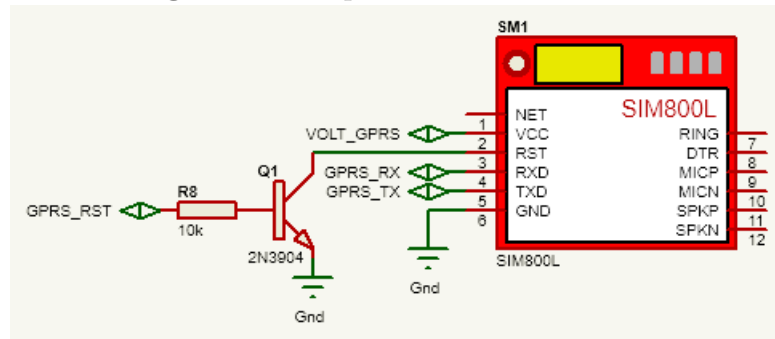
9.2.3.1. Comunicación GPRS Para iniciar este proceso se parte por seleccionar el modulo GPRS a trabajar para lograr la conexión al servidor, se desarrolla un cuadro comparativo como se da a conocer en la tabla 3, de la amplia cantidad de dispositivos existentes actualmente, se realizo la comparación a tres módulos, ya que son los de más fácil acceso en el momento.

Tabla 3: Comparación entre módulos GPRS

Características	SIM800L	SL6087	M95
Bandas (Mhz)	850/900/1800/1900	850/900/1800/1900	850/900/1800/1900
Clase de GPRS	Class B	Class 4	Class B
Clase Multi-Slot	Class 12/10	Class 10	Class 12
V bat (V)	3.4 - 4.4	3.2 - 4.8	3.3 - 4.6
I Max (A)	2	2	2
T (°C)	-40 a 85	-40 a 85	-40 a 85
Protocolos	PPP, TCP, UDP, FTP, HTTP, MUX	PPP, TCP, UDP, FTP, HTTP, SMTP, SSL, MUX	
SIM/ USIM	SIM 3V/1.8V	3V/1.8V	3V/1.8V
UART interfaces	1	1	2
Precio aprox (\$)	29.800	130.000	29.800
Framework	No usa	Open AT	No usa

Al realizar la comparación de cada uno de los módulos se descarto el AirPrime SL6087 y el Quectel M95, debido a que estas son tarjetas de desarrollo con hardware avanzado, las cuales contaban con una gran variedad de pines y funcionalidades que no se usaran. Se elije el modulo SIM800L, el cual cumple con todas las especificaciones requeridas, en la figura 52 se da a conocer la configuración realizada para el mismo.

Figura 52: Esquema de modulo GPRS

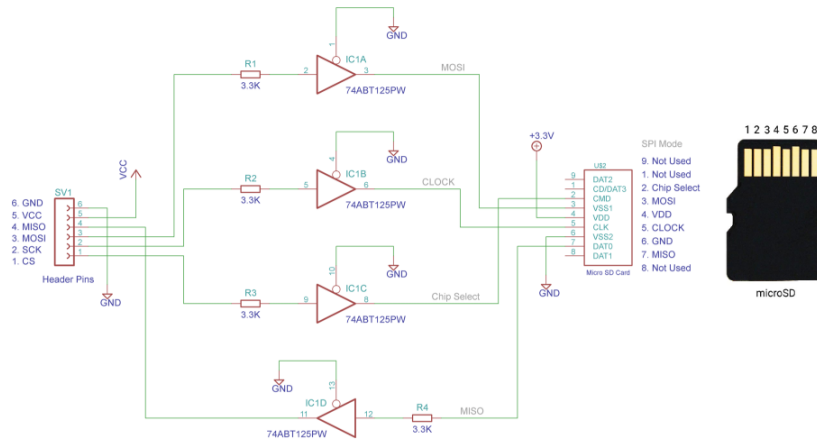


9.2.3.2. Comunicación serial y almacenamiento de datos

local Entre los objetivos propuestos en el desarrollo del prototipo, se incluía la implementación de un datalogger local, por tal motivo se incluyó un adaptador de memoria micro SD y un puerto de comunicación serial micro USB TTL para conexión directa del prototipo.

En la figura 53 se presenta el adaptador de memoria microSD, en el se hace uso del IC 74LVC125A, un buffer cuádruple de 3 estados que funciona como interfaz de cambio de nivel lógico, la conexión entre el PIC y este la memoria se realizó por comunicación serial SPI.

Figura 53: Esquema de conexión adaptador micro SD

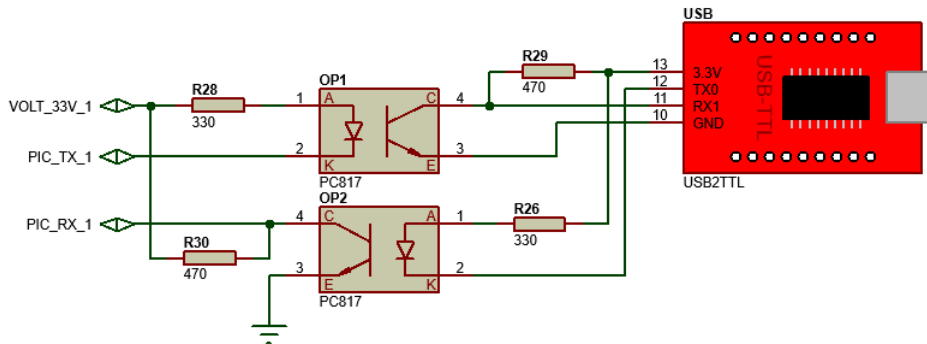


Fuente: Interfacing Catalex Micro SD Card Module with Arduino

www.vishnumaiea.in

El esquema de comunicación serial TTL micro USB es ilustrado en la figura 54, este fue implementado adicionando optoacopladores de ref. PC817 para la protección de los equipos a conectar, la comunicación empleada entre estos es serial UART.

Figura 54: Esquema de comunicación serial TTL micro USB



10. PRUEBAS Y RESULTADOS

10.1. PRUEBAS DE HARDWARE

La finalidad de este proyecto es la monitorización del consumo energético, observar los picos de potencia y la máxima demanda obtenidos, además de monitorear el buen funcionamiento en sistemas de generación de energía fotovoltaicos, que conlleve a tomar decisiones en pro del mejoramiento de hábitos de consumo energético. Por tal motivo en este capítulo se presentarán las pruebas realizadas al dispositivo, poniéndolo a funcionar bajo condiciones nominales para las cuales está diseñado.

Se realizaron barridos de tensión y corriente utilizando fuentes y otros medidores como referencia bajo cargas diseñadas para consumir tales niveles.

Tabla 4: Pruebas de medición de corriente AC (valores en Amperios)

Referencia	Fase A	Error A	Fase B	Error B	Fase C	Error C
0.664	0.65	0.014	0.65	0.014	0.64	0.024
1.157	1.12	0.037	1.12	0.037	1.12	0.037

Las mediciones de corriente se hicieron en las tres fases utilizando 2 cargas resistivas para la verificación de este módulo. El mayor error estándar es 0,37A con un error relativo de 3,2%, en promedio el error relativo obtenido es de 2,9%.

Tabla 5: Pruebas de medición de voltaje AC (valores en Voltios)

Referencia	Fase A	Error A	Fase B	Error B	Fase C	Error B
78.9	79.21	0.31	79.18	0.28	79.28	0.38
127.8	127.61	0.19	127.66	0.14	127.61	0.19
177.8	177.52	0.28	177.63	0.17	177.33	0.47
223	223.31	0.31	223.31	0.31	223.24	0.34

Las mediciones de voltaje se hicieron en las tres fases utilizando valores dentro del rango nominal para la verificación de este módulo. El mayor error estándar es 0.47 V con un error relativo porcentual de 0,26 %, en promedio el error relativo porcentual obtenido es de 0,19 %.

Tabla 6: Pruebas de medición de corriente DC (valores en Amperios)

Referencia	Canal A	Error A	Canal B	Error B	Canal C	Error B
3.11	3.03	0.08	3.17	0.06	3.09	0.02
4.4	4.38	0.02	4.5	0.1	4.45	0.05
5.23	5.06	0.17	5.38	0.15	5.18	0.05
8.08	7.9	0.18	8.24	0.16	8.09	0.01
10.78	10.47	0.31	10.87	0.09	11.17	0.39

Las mediciones de corriente se hicieron en los 3 canales utilizando cargas resistivas, para así obtener valores dentro del rango nominal para la verificación de este módulo. El mayor error estándar es 0.39 A con un error relativo de 3,62 %, en promedio el error relativo obtenido es de 1,85 %.

Tabla 7: Pruebas de medición de voltaje DC (valores en Voltios)

Referencia	Canal A	Error A	Canal B	Error B	Canal C	Error B
5	5.18	0.18	5.1	0.1	5.06	0.06
12	12.34	0.34	12.19	0.19	12	0
24	24.63	0.63	24.34	0.34	24.08	0.08
36	36.88	0.88	36.5	0.5	36.13	0.13
48	49.11	1.11	48.54	0.54	48.11	0.11

Las mediciones de voltaje se hicieron en los 3 canales utilizando como referencia valores nominales de voltajes en sistemas fotovoltaicos para la verificación de este módulo. El mayor error estándar es 1.11 V con un error relativo de 2,31 %, en promedio el error relativo obtenido es de 1,56 %.

10.2. PRUEBA Y RESULTADO DE FUNCIONAMIENTO DE ENVÍO Y RECEPCIÓN DE DATOS A LA APLICACIÓN WEB

Para la evaluación del desempeño funcional de la aplicación WEB junto con el GPRS SIM800L, se realizaron toma y adquisición de datos aleatorios, datos sin relevancia alguna para el análisis, solamente se envían datos para corroborar la comunicación vía Internet y la efectividad del GPRS.

Para contabilizar las veces que el SIM800L intenta enviar una cadena de datos se inserto en el código del PIC18F46K20 un contador acumulativo, mostrando tal valor vía UART y siendo visualizada por medio de un PC usando la herramienta de software Hércules, y posteriormente se realizó el conteo de datos directamente en la base de datos por medio de phpMyAdmin, tomando el valor numérico id del último dato recibido y restando el valor numérico id del primer dato recibido, así se logro obtener la cantidad de datos recibidos en la base de datos. El tiempo de

ejecución de esta prueba fue de dos horas aproximadamente.

Como resultado se obtuvo que de 75 intentos de envío de datos, se logró con éxito la recepción de 63 intentos, lo cual hace a una referencia a un 84 % de éxito y un error aproximado del 16 %.

11. CONCLUSIONES, RECONOCIMIENTO Y TRABAJO FUTURO

11.1. CONCLUSIONES GENERALES

- El prototipo implementado funciona de acuerdo a los requerimientos planteados, es decir que, el medidor conectado a un sistema de energía trifásico, permite generar información digital de las siguientes variables: voltajes, corrientes y frecuencia de red, potencia activa, aparente y reactiva, factor de potencia y fecha/hora. Además, cuenta con un módulo de medición de sistemas de generación de energía DC, el cual adquiere: voltaje, corriente y potencia DC. Visualizándolos en tiempo real mediante el uso de un LCD y registrándolos de manera remota (WEB) y local (PC) a intervalos periódicos escogidos por el usuario, para su posterior análisis.
- El uso del circuito integrado ADE7758 como dispositivo central para la medición de energía eléctrica ofrece versatilidad y confiabilidad en el equipo desarrollado, ya que este dispone de todo el hardware necesario para el tratamiento de las señales de corriente y de voltaje, permite su calibración mediante registros destinados para ello y un bajo costo. Además, habiendo sentado las bases en el manejo del integrado, se espera que este trabajo sirva como fundamento para próximos estudios que permitan mayor comodidad en su manejo y exactitud en las mediciones a realizar.
- La tarjeta de adquisición está en la capacidad de sensar y digitalizar tensiones desde 10Vp hasta 500Vp y corrientes desde 200mA_p hasta 30A_p, los cuales están dentro del nivel 1 para sistemas de distribución local SDL en Colombia según la Resolución CREG 097 de 2008.
- A través de los servicios WEB y bases de datos alojados en un dominio local, se implementó una herramienta que permite el almacenamiento, organización y consulta de la información, relacionada con la generación

y consumo de energía en usuarios residenciales o sector semi industrial, facilitando su comprensión y posterior educación en mejores hábitos de consumo, haciéndolos más amigables con el medio ambiente. Por ello se evidencia la importancia de trabajar en el desarrollo de aplicaciones e incorporación de internet de las cosas (IoT) en estos sistemas, mejorando la accesibilidad de información e interacción con la misma.

- Es de destacar, la exactitud de los datos y resultados obtenidos tras el manejo de la información, a pesar de que el ADE7758 garantiza mediciones con errores por debajo del 0.1 %, esto no se logró obtener dentro de los resultados del proyecto debido a las siguientes razones: no se utilizó un patrón de medida lo suficientemente exacto o calibrado, posibles errores en la linealidad de transductores o en la adecuación de sus señales, fuentes de energía fluctuantes durante la calibración y pruebas del equipo. Se evidencia la necesidad de estos en la universidad para obtener resultados aceptables en el desarrollo de estos equipos.
- La vinculación de distintos grupos académicos y actores de la sociedad, tanto sector privado y publico, enriquecen el proceso de aprendizaje el proceso de desarrollo de los proyectos y logran acercar al estudiante a otros puntos de vista que pueden dar bases mucho más solidas al proyecto, jugando un papel fundamental para garantizar el éxito y la trascendencia del mismo. En este caso el trabajo y apoyo conjunto de integrantes de la universidad Surcolombiana y del tecnoparque nodo Neiva, garacntizaron el cumplimiento de los objetivos trazados en el proyecto presente.
- Como impacto social y económico, al haber desarrollado un dispositivo que brinda tales funcionalidades e información a un bajo costo, se espera tenga un impacto positivo en la adopción tecnologías mas eficientes de consumo energético ya sea en el sector residencial u industrial, tomando en cuenta el

amplio análisis que puede generarse a partir de su uso, generando la adopción de decisiones que generan buenas respuestas por su viabilidad económica, generación de conocimientos nuevos y mejoras en el rastro ambiental.

- El desarrollo de este proyecto deja una base conocimiento tecnológico para que nuevos proyectos de la misma línea sean propuestos, teniendo en cuenta la presentación de las tecnologías adoptadas, los objetivos cumplidos y el reconocimiento de limitaciones como camino seguir para trabajos a futuro.

11.2. RECONOCIMIENTO DE FORTALEZAS Y LIMITACIONES

En este apartado se relata las diversas fortalezas obtenidas y las grandes limitaciones afrontadas durante el desarrollo y ejecución del proyecto.

11.2.0.1. Fortalezas El prototipo desarrollado presenta bajo costo frente a dispositivos de tecnologías similares, exhibiendo amplia gama de funcionalidades: al medir sistemas tanto AC como DC, brindando capacidad de almacenamiento local y web (destacándose la capacidad de almacenamiento local por ser bastante alta y confiable), permitiendo visualización para análisis posteriores en la pantalla LCD ubicada en el equipo, en la aplicación local y en la página web desarrollada. Presenta alta portabilidad dadas las dimensiones y peso y la facilidad con la que se pueden tomar las mediciones. Finalmente, teniendo en cuenta las diferentes series de mediciones posibles, brinda bastante información útil para realizar análisis en la adopción de nuevas tecnologías y mejores hábitos de consumo eléctrico ya sea en el sector residencial, industrial o bien, para producción de estudios tecnológicos y científicos.

11.2.0.2. Limitaciones Desde el inicio del proyecto se afrontan diversas limitaciones y circunstancias difíciles, pero se destacan las mas significativas que repercutieron directamente en el transcurso del desarrollo y ejecución, inicialmente uno de las mas grandes limitaciones es el desconocimiento y la falta de

formación en temas indispensables para el desarrollo del proyecto, específicamente todo lo referente de programación de paginas WEB, manejo de servidores y bases de datos. La falta de recursos disponibles ya sea económicamente o con herramientas disponibles para el desarrollo del proyecto y la dificultad para adquirir en el mercado local o incluso en Colombia ciertos elementos necesarios en la implementación del prototipo.

11.3. TRABAJO FUTURO

Como trabajo futuro se proyecta obtener análisis predictivo, medición en tiempo real, desarrollo de aplicación móvil, detección de errores, generación de informes y alarmas acerca del estado de la red para minimizar perdidas energéticas e incursionar en desarrollar software y hardware que mida y analice armonios en instalaciones de red eléctrica. Implementar una rutina de código y circuitería para medir sistemas trifásicos de 3 hilos, ademas para obtener medición AC y DC simultaneas en sistemas que presentan una tierra común. Contar con la capacidad de hacer control del sistema monitoreado, facilitando la conexión y desconexión de sistemas con bases en los análisis obtenidos. Adquirir o desarrollar banco de pruebas y calibración mas completo y confiable que permita obtener porcentajes de error similares o por debajo de 0,1%. Al lograr conjugar lo mencionado anteriormente se puede encaminar el proyecto a ser aplicable y adaptable a las Smart Grid (Redes inteligentes).

Bibliografía

- [1] ADE7758, DATA SHEET *Poly Phase Multifunction Energy Metering IC with Per Phase Information*,
- [2] ALCALDE LANCHARRO, EDUARDO AND GARCÍA LÓPEZ, MIGUEL, *Metodología de la programación*, McGraw-Hill, Madrid, 1992.
- [3] BATTISTUTTI, OSVALDO CAIRÓ, *Fundamentos de programación: piensa en C*, Pearson Educación, 2006.
- [4] CARMONA FLORES, MANUEL AND BOSCH ESTRADA, JOSÉ AND LÓPEZ DE MIGUEL, MANUEL AND GÓMEZ CAMA, JOSÉ MARÍA, *Instrumentación Electrónica Avanzada. Instrumentación Inteligente*, 2013.
- [5] CHENG, XINGGUO AND LI, FUAN AND ZHANG, ZONGYANG AND LIU, SHENG, *Design, optimization, and measurement of closed-loop Hall effect current sensor*, journal=Science China Technological Sciences, volume=57, number=9, pages=1877-1882, Springer, 2014.
- [6] CIFUENTES, ZHUNIO AND PAULINA, JENNY PAULINA JENNY, *Estudio de factibilidad para la implementación de una red GSM/GPRS en la red de telefonía móvil celular en el Ecuador*, B.S. thesis, Quito: EPN 2008.
- [7] COBO, ÁNGEL, *PHP y MySQL: Tecnología para el desarrollo de aplicaciones web.*, Ediciones Díaz de Santos, 2005
- [8] COMMAND, SIM800 SERIES_AT, *Manual_V1. 09*, 2015.
- [9] COSTA, DOLORS COSTAL, *Introducción al diseño de bases de datos*, UOC, la universidad virtual, 2002.
- [10] COSTA, DOLORS COSTAL, *El modelo relacional y el álgebra relacional*, UOC Papers, 2001.

- [11] DATE, CHRIS J, *Introducción a los sistemas de bases de datos*, Pearson Educación, 2001.
- [12] DE INGENIEROS, ESCUELA SUPERIOR, *Transmisión de imágenes de vídeo mediante Servicios Web XML sobre J2ME*,
- [13] DEITEL, HARVEY M AND DEITEL, PAUL J, *Cómo programar en C/C++ y Java*, Pearson educación, 2004.
- [14] DORDOIGNE, JOSÉ, *Redes informáticas-Nociones fundamentales (5ª edición):(Protocolos, Arquitecturas, Redes inalámbricas, Virtualización, Seguridad, IP v6...)*, Ediciones EN, 2015.
- [15] DOROSH, O AND KUCHMIJ, N, *Designing of e-commerce system by CMS Joomla software, CAD Systems in Microelectronics, 2009. CADSM 2009. 10th International Conference-The Experience of Designing and Application of*, pages=400-400, IEEE, 2009.
- [16] ESHKEVARI, LALEH AND DOS SANTOS, FABIEN AND CORDY, JAMES R AND ANTONIOL, GIULIANO, *Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER), 2015 IEEE 22nd International Conference on*, pages=63-72, IEEE, 2015.
- [17] GILAT, AMOS, *Matlab: Una introducción con ejemplos prácticos*, Reverté, 2006.
- [18] GUTIERREZ FARFAN. JHON, *Desarrollo e implementación de un equipo medidor de energía monofásico con inyección de corriente para contrastar medidores trifásicos y monofásicos residenciales*, page=33, 2017.
- [19] HALONEN, TIMO AND ROMERO, JAVIER AND MELERO, JUAN, *GSM, GPRS and EDGE performance: evolution towards 3G/UMTS*, John Wiley & Sons, 2004.

- [20] KERNIGHAN, BRIAN W AND RITCHIE, DENNIS M, *El lenguaje de programación C*, Pearson Educación, 1991.
- [21] MARZAL, ANDRÉS AND LUENGO, ISABEL GRACIA, *Introducción a la Programación con Python y C*, Publicacions de la Universitat Jaume I, 2002.
- [22] MONTORO, ARTURO FERNÁNDEZ, *Python 3 al descubierto*, RC Libros, 2013.
- [23] MURCIA FLORES. JULIO, *Equipo concentrador de vatímetros programables para uso en el sector doméstico e industrial*, page=85, 2014.
- [24] NAVARRO, ALFONSO GRANDE, *Estudio de viabilidad de nodo inalámbrico como implementación de un módulo GSM/GPRS*, B.S. thesis, Universidad de Sevilla. España.
- [25] PARÉ, RAFAEL CAMPS AND COSTA, DOLORS COSTAL AND ESCOFET, CARME MARTÍN, *Bases de datos*, UOC papers, 2002.
- [26] PLATA, GABRIEL ORDÓÑEZ, *Contadores de estado sólido y digitales: Análisis de los algoritmos de medición de energía e índices de calidad de onda que se pueden evaluar*, 2005.
- [27] SANTILLÁN, LUIS ALBERTO CASILLAS AND GINESTÀ, MARC GIBERT AND MORA, ÓSCAR PÉREZ, *Bases de datos en MySQL*, journal=Universitat Oberta de Catalunya, 2014.
- [28] TOMASI, WAYNE *Sistemas de comunicaciones electrónicas*, Pearson educación, 2003.
- [29] TRIAS, FELIU, *Building CMS-based Web applications using a model-driven approach, Research Challenges in Information Science (RCIS), 2012 Sixth International Conference on*, pages=1-6, IEEE 2012.

- [30] VALERO ALARCON. FRAN, *Dispositivo remoto para medición y monitoreo de consumo de energía eléctrica*, page=89, 2006.
- [31] VIZCAÍNO, JOSÉ RAFAEL LAJARA AND SEBASTIÁ, JOSÉ PELEGRÍ, *LabView: entorno gráfico de programación*, Marcombo, 2011.
- [32] ZHANG, JIANYU AND GONG, MAOFA AND LI, LANBING AND SU, YANPING AND LIU, TAO, *Study on Poly Phase Multifunction Energy Metering IC, Image and Graphics (ICIG), 2013 Seventh International Conference on*, pages=770-773, IEEE, 2013.

12. ANEXO A: CÓDIGO ARDUINO PRO MINI

En el código presentado en este apartado, se da a conocer la estructura de programación realizada para la captura y procesamiento de datos provenientes del circuito integrado ADE7758, y para ser posteriormente entregarlos al PIC18F46k20 quien toma la información y la envía al servidor y a la aplicación local.

```
1  #include <SPI.h>
2  #include "ADE7758Lib.h"
3  const int pinInt1=2, pinInt2=3;
4  //DIGITAL PINS USABLE FOR INTERRUPTS //2, 3
5  const int PinIRQ = 5;
6  const int PinAPCF = 3;
7  const int PinVAR = 2;
8  ADE7758 myADE( &SPI, 10, PinIRQ, PinAPCF, PinVAR );
9  //Potencias instantaneas
10 void leerADE (void);
11 float getIRMS_A=0.0, getIRMS_B=0.0, getIRMS_C=0.0;
12 float getVRMS_A=0.0, getVRMS_B=0.0, getVRMS_C=0.0;
13 int getWattHR_A=0.0, getWattHR_B=0.0, getWattHR_C=0.0;
14 int getVARHR_A=0.0, getVARHR_B=0.0, getVARHR_C=0.0;
15 int getVAHR_A=0.0, getVAHR_B=0.0, getVAHR_C=0.0;
16 //Potencias acumuladas
17 volatile long pulsosW=0;
18 volatile long pulsosVAR=0;
19 float totalPotenciaActiva=0.0, totalPotenciaReactiva=0.0, totalPotenciaAparente=0.0;
20 //Interrupciones
21 void IntPotenciaActiva() { ++pulsosW; }
22 void IntPotenciaReactiva() { ++pulsosVAR; }
23
24 void setup()
25 {
26     Serial.begin(9600);
27     delay(100);
28     myADE.begin();
29     myADE.calibrarTotal();
30     totalPotenciaActiva=0;
31     totalPotenciaReactiva=0;
32     pinMode(pinInt1, INPUT);
33     pinMode(pinInt2, INPUT);
34     attachInterrupt( digitalPinToInterrupt(2), IntPotenciaActiva , RISING );
35     attachInterrupt( digitalPinToInterrupt(3), IntPotenciaReactiva , RISING );
36     interrupts();
37 }
38 int leido1=0, leido2=0;
39 int cnt = 0;
40 void loop()
41 {
42     if (Serial.available())
43     { leido1= Serial.read();
44       if( leido1=='#'){ leido2= Serial.read(); }
45     }
```

```

46     if( leido1=='#')
47     {   if( leido2=='a' ){ Serial.println( getIRMS_A , DEC); }
48         if( leido2=='b' ){ Serial.println( getIRMS_B , DEC); }
49         if( leido2=='c' ){ Serial.println( getIRMS_C , DEC); }
50
51         if( leido2=='d' ){ Serial.println( getVRMS_A , DEC); }
52         if( leido2=='e' ){ Serial.println( getVRMS_B , DEC); }
53         if( leido2=='f' ){ Serial.println( getVRMS_C , DEC); }
54
55         if( leido2=='g' ){ Serial.println( getWattHR_A); }
56         if( leido2=='h' ){ Serial.println( getWattHR_B); }
57         if( leido2=='i' ){ Serial.println( getWattHR_C); }
58
59         if( leido2=='j' ){ Serial.println( getVARHR_A); }
60         if( leido2=='k' ){ Serial.println( getVARHR_B); }
61         if( leido2=='l' ){ Serial.println( getVARHR_C); }
62
63         if( leido2=='m' ){ Serial.println( getVAHR_A); }
64         if( leido2=='n' ){ Serial.println( getVAHR_B); }
65         if( leido2=='o' ){ Serial.println( getVAHR_C); }
66
67         if( leido2=='x' ){ Serial.println( totalPotenciaActiva, DEC); }
68         if( leido2=='y' ){ Serial.println( totalPotenciaReactiva, DEC); }
69         if( leido2=='z' ){ Serial.println( totalPotenciaAparente, DEC); }
70
71         if( leido2=='*' ){ leerADE(); }
72         leido1= ' ';
73         leido2= ' ';
74     }
75 }
76 void leerADE (void)
77 {
78     getVRMS_A = float(myADE.VRMS(PHASE_A))/4635.2713 -0.9174;
79     getVRMS_B = float(myADE.VRMS(PHASE_B))/4836.0207 -0.6348;
80     getVRMS_C = float(myADE.VRMS(PHASE_C))/4674.4103 -1.4452;
81     getIRMS_A = float(myADE.IRMS(PHASE_A))/27500.0 -0.0009;
82     getIRMS_B = float(myADE.IRMS(PHASE_B))/27712.0398-0.0004;
83     getIRMS_C = float(myADE.IRMS(PHASE_C))/27661.4263-0.0026;
84     int iii=0;
85     iii = myADE.getWattHR(0); iii = myADE.getWattHR(1); iii = myADE.getWattHR(2);
86     iii = myADE.getVARHR(0); iii = myADE.getVARHR(1); iii = myADE.getVARHR(2);
87     iii = myADE.getVAHR(0); iii = myADE.getVAHR(1); iii = myADE.getVAHR(2);
88     long inicio=millis();
89     do
90     {
91     }while( (millis()-inicio)<1000 );
92     getWattHR_A=myADE.getWattHR(0); getWattHR_B=myADE.getWattHR(1); getWattHR_C=myADE.getWattHR(2);
93     getVARHR_A=myADE.getVARHR(0); getVARHR_B=myADE.getVARHR(1); getVARHR_C=myADE.getVARHR(2);
94     getVAHR_A=myADE.getVAHR(0); getVAHR_B=myADE.getVAHR(1); getVAHR_C=myADE.getVAHR(2);
95
96     float MC = 10000.0;
97     totalPotenciaActiva = (float(pulsosW) /MC)*1000.0; //Calcular a partir de los pulsos
98     totalPotenciaReactiva = (float(pulsosVAR)/MC)*1000.0; //Calcular a partir de los pulsos
99     totalPotenciaAparente = sqrt(totalPotenciaActiva*totalPotenciaActiva + totalPotenciaReactiva*totalPotenciaReactiva) ;
100 }

```

13. ANEXO B: CÓDIGO PIC18F46K20

En el código presentado en este apartado, corresponde a algunos componentes de código los cuales son los mas relevantes para el funcionamiento del PIC18F46k20, dando a conocer las características funcionales para el funcionamiento del mismo.

13.1. CÓDIGO DE CONFIGURACIÓN DEL PIC18F46K20

```
1 #include <18f46K20.h>
2 #include "fusibles.c"
3 #include <stdlib.h>
4 void analog_init(void);
5 void analog_leer_VIDC(void);
6 float leer_canal(int pin_canal );
7 void proteger_pines_pic(void);
8
9 #pragma use rs232(BAUD=9600, XMIT=PIN_C6, RCV=PIN_C7, TIMEOUT=100, ERRORS, STOP=1, PARITY=N, BITS=8, DISABLE_INTS )
10 void putc_usb( char c )
11 { putc(c); }
12 char getc_usb( )
13 { return(getc()); }
14 #pragma use RS232(BAUD=9600, XMIT=PIN_D6, RCV=PIN_D5, TIMEOUT=100, ERRORS, STOP=1, PARITY=N, BITS=8,DISABLE_INTS )
15 void putc_gprs( char c )
16 { putc(c); }
17 char getc_gprs( )
18 { return(getc()); }
19 #pragma use RS232(BAUD=9600, XMIT=PIN_C2, RCV=PIN_C1, TIMEOUT=500, ERRORS, STOP=1, PARITY=N, BITS=8,DISABLE_INTS )
20 void putc_ade( char c )
21 { putc(c); }
22 char getc_ade( )
23 { return(getc()); }
24
25 #include "ADE7758.c"
26 #include "analogos.c"
27 #include "codigoGPRS.c"
28 #include "i2c_Flex_LCD.c"
29 #include "KBD_LIB_ANALOG.c"
30 #include "relojinclude.c"
31 int bandera_leer=0;
32 #include "pantallas.h"
33 #include <stdlib.h>
34 //Pines MICROSd
35 #define SDCARD_WRITE
36 #define MMCSD_PIN_SELECT PIN_D2 //o
37 #define MMCSD_PIN_SCL PIN_D1 //o
38 #define MMCSD_PIN_SDI PIN_C3 //i
39 #define MMCSD_PIN_SDO PIN_D0 //o
40 #include "mmcscd.c"//#include "fat.c"
41 #include "MicroSD.c"
42 #include "codigoUSB.c"
43 //Diagrama de estados
44 int Main_estado=CONST_PANTALLA_INICIAL;
45 int Main_leido_tec=0;
```

```

46 int min_anterior=0;
47 void main()
48 {
49     Main_estado = CONST_PANTALLA_INICIAL;
50     setup_oscillator( OSC_64MHZ );//| OSC_INTRC );
51     proteger_pines_pic(); //Llamada prioritaria.
52
53     lcd_init();
54     sys_pito(0);
55     sys_leds(0,0,0);
56     char datos[512];
57     int16 iii=0;
58     disable_interrupts(GLOBAL);
59     mmc_sd_init();
60     while(0)
61     {
62         for( iii=0 ; iii<=255 ; iii++ )
63             { datos[iii]='B';
64             }
65         printf(putc_usb,"ram1:\n\r"); for( iii=0 ; iii<=20 ; iii++ ) { printf(putc_usb,"%c", datos[iii]); } printf(putc_usb,"\n\r");
66         printf(putc_usb,"escribir %u\n\r",mmc_sd_write_data(512, 512, datos));
67         //mmc_sd_flush_buffer();
68         for( iii=0 ; iii<=255 ; iii++ )
69             { datos[iii]=' ' ;
70             }
71         printf(putc_usb,"ram2:\n\r"); for( iii=0 ; iii<=20 ; iii++ ) { printf(putc_usb,"%c", datos[iii]); } printf(putc_usb,"\n\r");
72         printf(putc_usb,"read %u\n\r",mmc_sd_read_data(512, 512, datos));
73         printf(putc_usb,"sd1:\n\r"); for( iii=0 ; iii<=20 ; iii++ ) { printf(putc_usb,"%c", datos[iii]); } printf(putc_usb,"\n\r");
74         delay_ms(5000);
75         sys_leds(1,1,1); delay_ms(250);
76         sys_leds(0,0,0); delay_ms(250);
77     }
78     do
79     {
80         Main_leido_tec=teclado_kbd_getc2_adc();
81         getTime(hr, min, s, am_pm, hr_format);
82         //Codigo para transmitir port internet
83         if( (min % 1 )==0 && min_anterior!=min )
84             { min_anterior=min;
85               leer_Todos_Valores_ADE();
86               analog_leer_VIDC();
87
88               int contadorxyz=10;
89               int rta=0;
90               while(contadorxyz>0 && rta==0 )
91                   { --contadorxyz;
92                     rta = internet();
93                     delay_ms(3000);
94                     rta = 0;
95                     printf(putc_usb,"Intento: %u \n\r", contadorxyz);
96                   }
97             }
98         switch(Main_estado)
99         {
100             case CONST_PANTALLA_INICIAL:
101                 pantalla_inicial();
102                 if(Main_leido_tec=='#') { Main_estado=CONST_MENU_PAL; pintar=1; }
103             break;
104         }

```

```
105
106     }while(TRUE);
107 }
```

13.2. CÓDIGO DEL PIC18F46K20 QUE RECEPCIONA LA INFORMACIÓN ENVIADA DEL ARDUINO PRO MINI, PROVENIENTE DEL ADE7758

```
1  #DEFINE ADE_IRMS_A   'a'
2  #DEFINE ADE_IRMS_B   'b'
3  #DEFINE ADE_IRMS_C   'c'
4  #DEFINE ADE_VRMS_A   'd'
5  #DEFINE ADE_VRMS_B   'e'
6  #DEFINE ADE_VRMS_C   'f'
7  #DEFINE ADE_WatTHR_A  'g'
8  #DEFINE ADE_WatTHR_B  'h'
9  #DEFINE ADE_WatTHR_C  'i'
10 #DEFINE ADE_VARHR_A   'j'
11 #DEFINE ADE_VARHR_B   'k'
12 #DEFINE ADE_VARHR_C   'l'
13 #DEFINE ADE_VAHR_A    'm'
14 #DEFINE ADE_VAHR_B    'n'
15 #DEFINE ADE_VAHR_C    'o'
16 #DEFINE ADE_TOTW      'x'
17 #DEFINE ADE_TOTVAR    'y'
18 #DEFINE ADE_TOTVA     'z'
19 #DEFINE ADE_CALC      "##"
20
21 float AlternaTrifasica_Vf1=1.0;
22 float AlternaTrifasica_Vf2=2.0;
23 float AlternaTrifasica_Vf3=3.0;
24
25 float AlternaTrifasica>If1=10.0;
26 float AlternaTrifasica>If2=20.0;
27 float AlternaTrifasica>If3=30.0;
28
29 float AlternaTrifasica>Sf1=100.0;
30 float AlternaTrifasica>Sf2=200.0;
31 float AlternaTrifasica>Sf3=300.0;
32
33 float AlternaTrifasica>Qf1=110.0;
34 float AlternaTrifasica>Qf2=220.0;
35 float AlternaTrifasica>Qf3=330.0;
36
37 float AlternaTrifasica>Pf1=111.0;
38 float AlternaTrifasica>Pf2=222.0;
39 float AlternaTrifasica>Pf3=333.0;
40
41 float AlternaTrifasica>FP1=0.791;
42 float AlternaTrifasica>FP2=0.792;
43 float AlternaTrifasica>FP3=0.793;
44
45 float Energia_P=1.0;
```

```

46 float Energia_Q=3.0;
47 float Energia_S=2.0;
48
49 void ejecutarCalculosADE(void)
50 { printf(putc_ade, ADE_CALC );
51   delay_ms(2000);
52 }
53
54 float leerValorADE(char comando)
55 {
56   float x=0.0;
57   char lectura[30];
58   int ind1=0, salir=0, i=0;
59   putc_ade('#');
60   putc_ade(comando);
61   for(i=0;i<30;++i)
62   { lectura[i]=0; }
63
64   do
65   { lectura[ind1] = getc_ade();
66     if(ind1>0)
67     { if( lectura[ind1-1]==0x0D )
68       { salir=1; }
69     }
70     ++ind1;
71   }while(salir==0 && ind1<30);
72   x = atof(lectura);
73   return x;
74 }
75
76 void leer_Todos_Valores_ADE(void)
77 {
78   ejecutarCalculosADE();
79   AlternaTrifasica_Vf1 = (leerValorADE(ADE_VRMS_A));
80   AlternaTrifasica_Vf2 = (leerValorADE(ADE_VRMS_B));
81   AlternaTrifasica_Vf3 = (leerValorADE(ADE_VRMS_C));
82   if (AlternaTrifasica_Vf1<30) {AlternaTrifasica_Vf1=0;}
83   if (AlternaTrifasica_Vf2<30) {AlternaTrifasica_Vf2=0;}
84   if (AlternaTrifasica_Vf3<30) {AlternaTrifasica_Vf3=0;}
85
86   AlternaTrifasica>If1 = leerValorADE(ADE_IRMS_A);
87   AlternaTrifasica>If2 = leerValorADE(ADE_IRMS_B);
88   AlternaTrifasica>If3 = leerValorADE(ADE_IRMS_C);
89
90   AlternaTrifasica>Sf1 = (AlternaTrifasica_Vf1*AlternaTrifasica>If1);
91   if (AlternaTrifasica>Sf1<5) {AlternaTrifasica>Sf1=0;}
92   AlternaTrifasica>Sf2 = (AlternaTrifasica_Vf2*AlternaTrifasica>If2);
93   if (AlternaTrifasica>Sf2<5) {AlternaTrifasica>Sf2=0;}
94   AlternaTrifasica>Sf3 = (AlternaTrifasica_Vf3*AlternaTrifasica>If3);
95   if (AlternaTrifasica>Sf3<5) {AlternaTrifasica>Sf3=0;}
96
97   AlternaTrifasica>Qf1 = leerValorADE( ADE_VARHR_A );
98   AlternaTrifasica>Qf2 = leerValorADE( ADE_VARHR_B );
99   AlternaTrifasica>Qf3 = leerValorADE( ADE_VARHR_C );
100
101   AlternaTrifasica>Pf1 = leerValorADE( ADE_WatTHR_A );
102   AlternaTrifasica>Pf2 = leerValorADE( ADE_WatTHR_B );
103   AlternaTrifasica>Pf3 = leerValorADE( ADE_WatTHR_C );
104

```



```

105     if( abs(AlternaTrifasica_Sf1)>0.001 ){
106         AlternaTrifasica_FP1 = ( AlternaTrifasica_Pf1/AlternaTrifasica_Sf1 );
107     } else { AlternaTrifasica_FP1 = 1; }
108     if( abs(AlternaTrifasica_Sf1)>0.001 )
109         { AlternaTrifasica_FP2 = ( AlternaTrifasica_Pf2/AlternaTrifasica_Sf2 );
110     } else { AlternaTrifasica_FP2 = 1; }
111     if( abs(AlternaTrifasica_Sf1)>0.001 ){
112         AlternaTrifasica_FP3 = ( AlternaTrifasica_Pf3/AlternaTrifasica_Sf3 );
113     } else { AlternaTrifasica_FP3 = 1; }
114
115     Energia_P = leerValorADE( ADE_TOTW );
116     Energia_Q = leerValorADE( ADE_TOTVAR );
117     Energia_S = leerValorADE( ADE_TOTVA );
118 }

```

13.3. CÓDIGO DEL PIC18F46K20 PARA LA CONFIGURACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE LA CONEXIÓN TCP/IP DEL MODULO SIM800L

```

1  #include <stdlib.h>
2  void informacionx(void);
3  void precargaVariables(void);
4  char respuesta[15], respuestaNO[15];
5  char calidadSenal[15], IP[15];
6  char lee_respuesta0[15]="\nOK\0";
7  char lee_respuesta1[15]="\n+CREG: 0,2\0";
8  char lee_respuesta2[15]="\nCONNECT OK\0";
9  char lee_respuesta3[15]="\n+CREG: 0,1\0";
10 char lee_respuestaT[15]="T\0";
11 float VariablesGPRS[32];
12 int cantidadDatos = 0;
13
14 void stringGetc_gprs_respuestaNO(void)
15 { int iii=0;
16   for(iii=0;iii<=14;+iii)
17     { respuestaNO[iii]=' '; }
18   char leido=0;
19   for(iii=0;iii<=14;+iii)
20     { leido = getc_gprs();
21       respuestaNO[iii]=leido;
22       if(leido==13) {
23         respuestaNO[iii]='\0';
24         break;
25       }
26     }
27 }
28 void stringGetc_gprs_respuesta(void)
29 { int iii=0;
30   for(iii=0;iii<=14;+iii)
31     { respuesta[iii]=' '; }
32   char leido=0;
33   for(iii=0;iii<=14;+iii)
34     { leido = getc_gprs();
35       respuesta[iii]=leido;

```

```

35     if(leido==13)
36     { respuesta[iii]='\0';
37       break;
38     }
39   }}
40 void stringGetc_gprs_calidadSenal(void)
41 { int iii=0;
42   for(iii=0;iii<=14;++iii)
43   { calidadSenal[iii]=' ';
44   }
45   char leido=0;
46   for(iii=0;iii<=14;++iii)
47   { leido = getc_gprs();
48     calidadSenal[iii]=leido;
49     if(leido==13)
50     { calidadSenal[iii]='\0';
51       break;
52     }
53   }
54 }
55 void stringGetc_gprs_IP(void)
56 { int iii=0;
57   for(iii=0;iii<=14;++iii)
58   { IP[iii]=' '; }
59   char leido=0;
60   for(iii=0;iii<=14;++iii)
61   { leido = getc_gprs();
62     IP[iii]=leido;
63     if(leido==13)
64     { IP[iii]='\0';
65       break;
66     }
67   }}
68 void informacionxPC(void);
69 signed int varEstado=0;
70 int internet(void)
71 { int salida=0;
72   precargaVariables();
73   switch(varEstado)
74   {
75     case 0:
76       PIN_RESET_GPRS=0; delay_ms(100);
77       PIN_RESET_GPRS=1; delay_ms(100);
78       PIN_RESET_GPRS=0; delay_ms(10000);
79       varEstado=0;
80       printf(putc_gprs,"AT+CFUN=1\n\r");
81       stringGetc_gprs_respuestaN0();
82       stringGetc_gprs_respuesta(); delay_ms(3000);
83       if (strcmp(respuesta,lee_respuesta0)==0)
84       { varEstado=1; }
85       else { varEstado=0; }
86     break;
87     case 1:
88       delay_ms(1000);
89       printf(putc_gprs,"AT+CIPMUX=0\n\r");
90       stringGetc_gprs_respuestaN0();
91       stringGetc_gprs_respuesta();
92       if (strcmp(respuesta,lee_respuesta0)==0)
93       { varEstado=2; }

```

```

94         else { varEstado=0; }
95     break;
96     case 2:
97         printf(putc_gprs, "AT+CIPMODE=0\n\r");
98         delay_ms(1000);
99         if (strcmp(respuesta, lee_respuesta0)==0)
100             { varEstado=3; }
101         else { varEstado=2;}
102     break;
103     case 3:
104         delay_ms(1000);
105         printf(putc_gprs, "AT+CSQ\n\r");
106         stringGetc_gprs_respuestaNO();
107         stringGetc_gprs_calidadSenal();
108         stringGetc_gprs_respuestaNO();
109         stringGetc_gprs_respuestaNO();
110         delay_ms(3000);
111         printf(putc_gprs, "AT+CREG?\n\r");
112         stringGetc_gprs_respuestaNO();
113         stringGetc_gprs_respuesta();
114         stringGetc_gprs_respuestaNO();
115         stringGetc_gprs_respuestaNO();
116         if ((strcmp(respuesta, lee_respuesta1)==0) || (strcmp(respuesta, lee_respuesta3)==0))
117             { varEstado=4; }
118         else { varEstado=0; }
119     break;
120     case 4:
121         delay_ms(3000);
122         printf(putc_gprs, "AT+CGATT=1\n\r"); //conectarse a una red GPRS
123         stringGetc_gprs_respuestaNO();
124         stringGetc_gprs_respuesta();
125         printf(putc_usb, "%s\n\r", respuestaNO);
126         printf(putc_usb, "%s\n\r", respuesta);
127         if (strcmp(respuesta, lee_respuesta0)==0)
128             { varEstado=5; }
129         else { varEstado=0; }
130     break;
131     case 5:
132         delay_ms(3000);
133         printf(putc_gprs, "AT+CSTT=\"internet.comcel.com.co\", \"comcel\", \"comcel\"\n\r");
134         stringGetc_gprs_respuestaNO();
135         stringGetc_gprs_respuesta();
136         if (strcmp(respuesta, lee_respuesta0)==0)
137             { varEstado=6; }
138         else { varEstado=0; }
139     break;
140     case 6:
141         delay_ms(3000);
142         printf(putc_gprs, "AT+CIICR\n\r"); // Activamos el perfil de datos inalambrico
143         stringGetc_gprs_respuestaNO();
144         stringGetc_gprs_respuesta();
145         if (strcmp(respuesta, lee_respuesta0)==0)
146             { varEstado=7; }
147         else { varEstado=7; }
148     break;
149
150     case 7:
151         printf(putc_gprs, "AT+CIFSR\n\r"); // Para obtener nuestra direccion IP
152         stringGetc_gprs_respuestaNO();

```

```

153     stringGetc_gprs_IP();
154     varEstado=8;
155     break;
156     case 8:
157         printf(putc_gprs,"AT+CIPSTART=\"TCP\", \"www.qtcol.com\", \"80\\n\\r\"); // Nos conectamos al servidor
158         stringGetc_gprs_respuestaNO();
159         stringGetc_gprs_respuestaNO();
160         stringGetc_gprs_respuestaNO();
161         stringGetc_gprs_respuestaNO();
162         stringGetc_gprs_respuesta();
163         if (strcmp(respuesta, lee_respuesta2)==0) //lee_respuesta2[15]="\\nCONNECT OK\\0";
164         { varEstado=9; }
165         if (strcmp(respuesta, lee_respuestaT)==0) //lee_respuestaT[15]="T\\0"; //ALREADY CONNECT
166         { varEstado=9; }
167         break;
168     case 9:
169         printf(putc_gprs,"AT+CIPSEND\\n\\r");
170         delay_ms(100);
171         informacionx(); putc_gprs(0x1A);
172         informacionxPC(); delay_ms(1000); putc_gprs(0x1A);
173         delay_ms(10000);
174         salida=1;
175         varEstado=8;
176         break;
177     default:
178         varEstado=0; break;
179 }
180 return salida;
181 }
182 void precargaVariables(void){
183     VariablesGPRS [1]=AlternaTrifasica_Vf1; //voltaje fase 1
184     VariablesGPRS [2]=AlternaTrifasica_Vf2; //voltaje fase 2
185     VariablesGPRS [3]=AlternaTrifasica_Vf3; //voltaje fase 3
186     VariablesGPRS [4]=AlternaTrifasica>If1; //corriente fase 1
187     VariablesGPRS [5]=AlternaTrifasica>If2; //corriente fase 2
188     VariablesGPRS [6]=AlternaTrifasica>If3; //corriente fase 3
189     VariablesGPRS [7]=AlternaTrifasica>Pf1; //potencia fase 1
190     VariablesGPRS [8]=AlternaTrifasica>Pf2; //potencia fase 2
191     VariablesGPRS [9]=AlternaTrifasica>Pf3; //potencia fase 3
192     VariablesGPRS [10]=AlternaTrifasica>FP1; //factor potencia 1
193     VariablesGPRS [11]=AlternaTrifasica>FP2; //factor potencia 2
194     VariablesGPRS [12]=AlternaTrifasica>FP3; //factor potencia 3
195     VariablesGPRS [13]=AlternaTrifasica>Sf1; //potencia aparente 1
196     VariablesGPRS [14]=AlternaTrifasica>Sf2; //potencia aparente 2
197     VariablesGPRS [15]=AlternaTrifasica>Sf3; //potencia aparente 3
198     VariablesGPRS [16]=Energia_P; //energia 1 //IGUALES
199     VariablesGPRS [17]=Energia_Q; //energia 2 //IGUALES
200     VariablesGPRS [18]=Energia_S; //energia 3 //IGUALES
201     VariablesGPRS [19]=AlternaTrifasica>Qf1; //potencia reactiva 1
202     VariablesGPRS [20]=AlternaTrifasica>Qf2; //potencia reactiva 2
203     VariablesGPRS [21]=AlternaTrifasica>Qf3; //potencia reactiva 3
204     VariablesGPRS [22]=Analogos_VoltajeA_DC; //voltaje dc 1
205     VariablesGPRS [23]=Analogos_VoltajeB_DC; //voltaje dc 2
206     VariablesGPRS [24]=Analogos_VoltajeC_DC; //voltaje dc 3
207     VariablesGPRS [25]=Analogos_CorrienteA_DC; //corriente dc 1
208     VariablesGPRS [26]=Analogos_CorrienteB_DC; //corriente dc 2
209     VariablesGPRS [27]=Analogos_CorrienteC_DC; //corriente dc 3
210     VariablesGPRS [28]=Analogos_PotenciaA_DC; //potencia dc 1
211     VariablesGPRS [29]=Analogos_PotenciaB_DC; //potencia dc 2

```

```

212     VariablesGPRS[30]=Analogos_PotenciaC_DC; //potencia dc 3
213 }
214 void informacionx(void){
215     char trama1 []="GET /xcodeIgniter/index.php";
216     char trama4 []=" HTTP/1.1\r\n";
217     char trama5 []="Host: www.qtcol.com\r\n";
218     char trama6 []="Connection: close \r\n\r\n";
219     char tramaVar1 []="&vf1=", tramaVar2 []="&vf2=", tramaVar3 []="&vf3=";
220     char tramaVar4 []="&if1=", tramaVar5 []="&if2=", tramaVar6 []="&if3=";
221     char tramaVar7 []="&pf1=", tramaVar8 []="&pf2=", tramaVar9 []="&pf3=";
222     char tramaVar10 []="&Fp1=", tramaVar11 []="&Fp2=", tramaVar12 []="&Fp3=";
223     char tramaVar13 []="&sf1=", tramaVar14 []="&sf2=", tramaVar15 []="&sf3=";
224     char tramaVar16 []="&e1=", tramaVar17 []="&e2=", tramaVar18 []="&e3=";
225     char tramaVar19 []="&q1=", tramaVar20 []="&q2=", tramaVar21 []="&q3=";
226     char tramaVar22 []="&vdc1=", tramaVar23 []="&vdc2=", tramaVar24 []="&vdc3=";
227     char tramaVar25 []="&idc1=", tramaVar26 []="&idc2=", tramaVar27 []="&idc3=";
228     char tramaVar28 []="&pd1=", tramaVar29 []="&pd2=", tramaVar30 []="&pd3=";
229
230     int xcont=0;
231     printf(putc_gprs, "%s?clave=%u&fechahora=%Lu&sismon=%Lu", trama1, sys_clave, fechahora, sys_id); ++xcont;
232     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar1, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
233     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar2, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
234     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar3, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
235     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar4, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
236     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar5, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
237     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar6, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
238     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar7, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
239     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar8, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
240     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar9, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
241     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar10, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
242     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar11, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
243     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar12, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
244     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar13, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
245     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar14, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
246     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar15, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
247     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar16, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
248     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar17, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
249     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar18, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
250     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar19, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
251     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar20, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
252     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar21, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
253     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar22, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
254     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar23, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
255     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar24, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
256     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar25, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
257     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar26, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
258     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar27, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
259     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar28, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
260     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar29, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
261     printf(putc_gprs, "%s %.2f", tramaVar30, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
262     printf(putc_gprs, "%s", trama4);
263     printf(putc_gprs, "%s", trama5);
264     printf(putc_gprs, "%s", trama6);
265 }
266 void informacionxPC(void){
267     char tramaVar1 []="&vf1=", tramaVar2 []="&vf2=", tramaVar3 []="&vf3=";
268     char tramaVar4 []="&if1=", tramaVar5 []="&if2=", tramaVar6 []="&if3=";
269     char tramaVar7 []="&pf1=", tramaVar8 []="&pf2=", tramaVar9 []="&pf3=";
270     char tramaVar10 []="&Fp1=", tramaVar11 []="&Fp2=", tramaVar12 []="&Fp3=";

```

```

271 char tramaVar13 []=&sf1=", tramaVar14 []=&sf2=", tramaVar15 []=&sf3=";
272 char tramaVar16 []=&e1=", tramaVar17 []=&e2=", tramaVar18 []=&e3=";
273 char tramaVar19 []=&q1=", tramaVar20 []=&q2=", tramaVar21 []=&q3=";
274 char tramaVar22 []=&vdc1=", tramaVar23 []=&vdc2=", tramaVar24 []=&vdc3=";
275 char tramaVar25 []=&idc1=", tramaVar26 []=&idc2=", tramaVar27 []=&idc3=";
276 char tramaVar28 []=&pdcc1=", tramaVar29 []=&pdcc2=", tramaVar30 []=&pdcc3=";
277
278 int xcont=0;
279 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar1, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
280 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar2, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
281 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar3, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
282 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar4, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
283 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar5, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
284 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar6, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
285 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar7, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
286 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar8, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
287 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar9, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
288 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar10, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
289 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar11, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
290 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar12, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
291 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar13, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
292 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar14, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
293 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar15, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
294 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar16, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
295 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar17, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
296 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar18, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
297 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar19, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
298 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar20, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
299 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar21, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
300 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar22, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
301 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar23, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
302 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar24, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
303 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar25, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
304 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar26, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
305 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar27, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
306 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar28, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
307 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar29, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;
308 printf(putc_usb, "%s %.2f", tramaVar30, VariablesGPRS[xcont]); ++xcont;}

```

14. ANEXO C: CÓDIGO DE APLICACIÓN WEB

En el código presentado en este apartado, se da a conocer un fragmento de código desarrollado para aplicación WEB, donde se da a conocer el controlador y la vista del modulo encargado de graficar, filtrar y tabular los datos, donde se puede percibir algunas consultas SQL que se realizan a la base de datos, y también se puede notar el tratamiento a los datos provenientes de la base de datos.

14.1. CÓDIGO DE LA VISTA DEL MODULO GRÁFICOS

```
1 <script src="http://qtcol.com/xbonfire/themes/admin/js/dist/Chart.js"></script>
2 <script src="http://qtcol.com/xbonfire/themes/admin/js/utils.js"></script>
3 <?php
4     $variables_vf1 = ""; $variables_vf2 = ""; $variables_vf3 = "";
5     $variables_cf1 = ""; $variables_cf2 = ""; $variables_cf3 = "";
6     $variables_pf1 = ""; $variables_pf2 = ""; $variables_pf3 = "";
7     $variables_FP1 = ""; $variables_FP2 = ""; $variables_FP3 = "";
8     $variables_sf1 = ""; $variables_sf2 = ""; $variables_sf3 = "";
9     $variables_af1 = ""; $variables_af2 = ""; $variables_af3 = "";
10    $variables_qf1 = ""; $variables_qf2 = ""; $variables_qf3 = "";
11    $variables_batf1 = ""; $variables_batf2 = ""; $variables_batf3 = "";
12    $variables_ibatf1 = ""; $variables_ibatf2 = ""; $variables_ibatf3 = "";
13    $variables_e1 = ""; $variables_e2 = ""; $variables_e3 = "";
14    $variables_pdc1 = ""; $variables_pdc2 = ""; $variables_pdc3 = "";
15    $labels_vf123="";
16
17    $urlform = base_url()."index.php/admin/content/graficos/index";
18    $var1 = ""; if(isset($dget['seleccione_sistema'])) { $var1 = $dget['seleccione_sistema'] ;}
19    $var2 = ""; if(isset($dget['visualizar_en'])) { $var2 = $dget['visualizar_en'] ;}
20    $var3 = ""; if(isset($dget['fecha_inicio'])) { $var3 = $dget['fecha_inicio'] ;}
21    $var4 = ""; if(isset($dget['fecha_final'])) { $var4 = $dget['fecha_final'] ;}
22
23    if( isset($dgraf) && is_array($dgraf) )
24        foreach ($dgraf as $fila) :
25            $variables_vf1 = $variables_vf1.$fila->VF1.",";
26            $variables_vf2 = $variables_vf2.$fila->VF2.",";
27            $variables_vf3 = $variables_vf3.$fila->VF3.",";
28            $variables_cf1 = $variables_cf1.$fila->CF1.",";
29            $variables_cf2 = $variables_cf2.$fila->CF2.",";
30            $variables_cf3 = $variables_cf3.$fila->CF3.",";
31            $variables_pf1 = $variables_pf1.$fila->PF1.",";
32            $variables_pf2 = $variables_pf2.$fila->PF2.",";
33            $variables_pf3 = $variables_pf3.$fila->PF3.",";
34            $variables_FP1 = $variables_FP1.$fila->FP1.",";
35            $variables_FP2 = $variables_FP2.$fila->FP2.",";
36            $variables_FP3 = $variables_FP3.$fila->FP3.",";
37            $variables_sf1 = $variables_sf1.$fila->SF1.",";
38            $variables_sf2 = $variables_sf2.$fila->SF2.",";
39            $variables_sf3 = $variables_sf3.$fila->SF3.",";
40            $variables_batf1 = $variables_batf1.$fila->VBAT1.",";
41            $variables_batf2 = $variables_batf2.$fila->VBAT2.",";
```

```

42     $variables_batf3 = $variables_batf3.$fila->VBAT3.",";
43     $variables_ibatf1 = $variables_ibatf1.$fila->IBAT1.",";
44     $variables_ibatf2 = $variables_ibatf2.$fila->IBAT2.",";
45     $variables_ibatf3 = $variables_ibatf3.$fila->IBAT3.",";
46     $variables_af1 = $variables_af1.$fila->AF1.",";
47     $variables_af2 = $variables_af2.$fila->AF2.",";
48     $variables_af3 = $variables_af3.$fila->AF3.",";
49     $variables_qf1 = $variables_qf1.$fila->QF1.",";
50     $variables_qf2 = $variables_qf2.$fila->QF2.",";
51     $variables_qf3 = $variables_qf3.$fila->QF3.",";
52     $variables_e1 = $variables_e1.$fila->E1.",";
53     $variables_e2 = $variables_e2.$fila->E2.",";
54     $variables_e3 = $variables_e3.$fila->E3.",";
55     $variables_pdc1 = $variables_pdc1.$fila->PDC1.",";
56     $variables_pdc2 = $variables_pdc2.$fila->PDC2.",";
57     $variables_pdc3 = $variables_pdc3.$fila->PDC3.",";
58     $segundos = substr($fila->FECHA_HORA."x", -18, -1);
59     $minutos = substr($fila->FECHA_HORA."x", -18, -1);
60     $horas = substr($fila->FECHA_HORA."x", -18, -1);
61     $dias = substr($fila->FECHA_HORA."x", -18, -1);
62     $meses = substr($fila->FECHA_HORA."x", -18, -1);
63     $anos = substr($fila->FECHA_HORA."x", -18, -1);
64     switch ($var2) {
65         case '19': // Segundos
66             $labels_vf123 = $labels_vf123." ".$segundos." "; break;
67         case '16': // Minutos
68             $labels_vf123 = $labels_vf123." ".$minutos." "; break;
69         case '13': // Horas
70             $labels_vf123 = $labels_vf123." ".$horas." "; break;
71         case '10': // Dias
72             $labels_vf123 = $labels_vf123." ".$dias." "; break;
73         case '7': // Meses
74             $labels_vf123 = $labels_vf123." ".$meses." "; break;
75         case '4': // Anos
76             $labels_vf123 = $labels_vf123." ".$anos." "; break;
77         default:
78             $labels_vf123 = $labels_vf123." ".$segundos." "; break;
79     }
80     endforeach;
81
82     $cnt=0;
83     $promedio_vf1 = 0; $promedio_vf2 = 0; $promedio_vf3 = 0;
84     $promedio_cf1 = 0; $promedio_cf2 = 0; $promedio_cf3 = 0;
85     $promedio_pf1 = 0; $promedio_pf2 = 0; $promedio_pf3 = 0;
86     $promedio_FP1 = 0; $promedio_FP2 = 0; $promedio_FP3 = 0;
87     $promedio_sf1 = 0; $promedio_sf2 = 0; $promedio_sf3 = 0;
88     $promedio_af1 = 0; $promedio_af2 = 0; $promedio_af3 = 0;
89     $promedio_qf1 = 0; $promedio_qf2 = 0; $promedio_qf3 = 0;
90     $promedio_e1 = 0; $promedio_e2 = 0; $promedio_e3 = 0;
91     $promedio_pdc1 = 0; $promedio_pdc2 = 0; $promedio_pdc3 = 0;
92     $promedio_batf1 = 0; $promedio_batf2 = 0; $promedio_batf3 = 0;
93     $promedio_ibatf1 = 0; $promedio_ibatf2 = 0; $promedio_ibatf3 = 0;
94
95     if( isset($dgraf) && is_array($dgraf) )
96         foreach ($dgraf as $fila) :
97             $cnt=$cnt+1;
98             $promedio_vf1 = $promedio_vf1+$fila->VF1;
99             $promedio_vf2 = $promedio_vf2+$fila->VF2;
100            $promedio_vf3 = $promedio_vf3+$fila->VF3;

```



```

101     $promedio_cf1 = $promedio_cf1+$fila->CF1;
102     $promedio_cf2 = $promedio_cf2+$fila->CF2;
103     $promedio_cf3 = $promedio_cf3+$fila->CF3;
104     $promedio_pf1 = $promedio_pf1+$fila->PF1;
105     $promedio_pf2 = $promedio_pf2+$fila->PF2;
106     $promedio_pf3 = $promedio_pf3+$fila->PF3;
107     $promedio_FP1 = $promedio_FP1+$fila->FP1;
108     $promedio_FP2 = $promedio_FP2+$fila->FP2;
109     $promedio_FP3 = $promedio_FP3+$fila->FP3;
110     $promedio_sf1 = $promedio_sf1+$fila->SF1;
111     $promedio_sf2 = $promedio_sf2+$fila->SF2;
112     $promedio_sf3 = $promedio_sf3+$fila->SF3;
113     $promedio_af1 = $promedio_af1+$fila->AF1;
114     $promedio_af2 = $promedio_af2+$fila->AF2;
115     $promedio_af3 = $promedio_af3+$fila->AF3;
116     $promedio_qf1 = $promedio_qf1+$fila->QF1;
117     $promedio_qf2 = $promedio_qf2+$fila->QF2;
118     $promedio_qf3 = $promedio_qf3+$fila->QF3;
119     $promedio_batf1 = $promedio_batf1+$fila->VBAT1;
120     $promedio_batf2 = $promedio_batf2+$fila->VBAT2;
121     $promedio_batf3 = $promedio_batf3+$fila->VBAT3;
122     $promedio_ibatf1 = $promedio_ibatf1+$fila->IBAT1;
123     $promedio_ibatf2 = $promedio_ibatf2+$fila->IBAT2;
124     $promedio_ibatf3 = $promedio_ibatf3+$fila->IBAT3;
125     $promedio_e1 = $promedio_e1+$fila->E1;
126     $promedio_e2 = $promedio_e2+$fila->E2;
127     $promedio_e3 = $promedio_e3+$fila->E3;
128     $promedio_pdc1 = $promedio_pdc1+$fila->PDC1;
129     $promedio_pdc2 = $promedio_pdc2+$fila->PDC2;
130     $promedio_pdc3 = $promedio_pdc3+$fila->PDC3;
131     endforeach;
132     if($cnt==0){$cnt=1;}
133     $promedio_vf1 = $promedio_vf1/$cnt;
134     $promedio_vf2 = $promedio_vf2/$cnt;
135     $promedio_vf3 = $promedio_vf3/$cnt;
136     $promedio_cf1 = $promedio_cf1/$cnt;
137     $promedio_cf2 = $promedio_cf2/$cnt;
138     $promedio_cf3 = $promedio_cf3/$cnt;
139     $promedio_pf1 = $promedio_pf1/$cnt;
140     $promedio_pf2 = $promedio_pf2/$cnt;
141     $promedio_pf3 = $promedio_pf3/$cnt;
142     $promedio_FP1 = $promedio_FP1/$cnt;
143     $promedio_FP2 = $promedio_FP2/$cnt;
144     $promedio_FP3 = $promedio_FP3/$cnt;
145     $promedio_sf1 = $promedio_sf1/$cnt;
146     $promedio_sf2 = $promedio_sf2/$cnt;
147     $promedio_sf3 = $promedio_sf3/$cnt;
148     $promedio_af1 = $promedio_af1/$cnt;
149     $promedio_af2 = $promedio_af2/$cnt;
150     $promedio_af3 = $promedio_af3/$cnt;
151     $promedio_qf1 = $promedio_qf1/$cnt;
152     $promedio_qf2 = $promedio_qf2/$cnt;
153     $promedio_qf3 = $promedio_qf3/$cnt;
154     $promedio_batf1 = $promedio_batf1/$cnt;
155     $promedio_batf2 = $promedio_batf2/$cnt;
156     $promedio_batf3 = $promedio_batf3/$cnt;
157     $promedio_ibatf1 = $promedio_ibatf1/$cnt;
158     $promedio_ibatf2 = $promedio_ibatf2/$cnt;
159     $promedio_ibatf3 = $promedio_ibatf3/$cnt;

```

```

160     $promedio_e1 = $promedio_e1/$cnt;
161     $promedio_e2 = $promedio_e2/$cnt;
162     $promedio_e3 = $promedio_e3/$cnt;
163     $promedio_pdc1 = $promedio_pdc1/$cnt;
164     $promedio_pdc2 = $promedio_pdc2/$cnt;
165     $promedio_pdc3 = $promedio_pdc3/$cnt;
166
167     ?>
168     <form id="form_data" name="form_data" action="<?php print $urlform;?>" method="get" >
169     <div class="row-fluid">
170         <div class="span2">
171             <label>Seleccione Sistema </label>
172             <select class="span9" id="seleccione_sistema" name="seleccione_sistema" ?>">
173                 <?php
174                     foreach ($records as $record) :
175                         if( $record->sismon_id == $var1 )
176                         {
177                             print "<option value='$record->sismon_id' selected='selected' > $record->si
178                         }
179                         else
180                         {
181                             print "<option value='$record->sismon_id' > $record->sismon_ubicacion</optio
182                         }
183                     endforeach
184                 ?>
185             </select>
186         </div>
187
188         <div class="span2">
189             <label>Visualizar en: </label>
190             <select class="span10" id="visualizar_en" name="visualizar_en">
191                 <option value=19 <?php if($var2=="19"){print "selected='selected'"; } ?> >Segundos</option>
192                 <option value=16 <?php if($var2=="16"){print "selected='selected'"; } ?> >Minutos</option>
193                 <option value=13 <?php if($var2=="13"){print "selected='selected'"; } ?> >Horas</option>
194                 <option value=10 <?php if($var2=="10"){print "selected='selected'"; } ?> >Dias</option>
195                 <option value=7 <?php if($var2=="7"){print "selected='selected'"; } ?> >Meses</option>
196                 <option value=4 <?php if($var2=="4"){print "selected='selected'"; } ?> >Anos</option>
197             </select>
198         </div>
199
200         <div class="span2"><label>Fecha Inicial</label>
201             <input class="span10" type="date" id="fecha_inicio" name="fecha_inicio" value="<?php print $var3; ?>">
202         </div>
203
204         <div class="span2"><label>Fecha Final</label>
205             <input class="span10" type="date" id="fecha_final" name="fecha_final" value="<?php print $var4; ?>">
206         </div>
207
208
209         <div class="span1"><label>&nbsp;</label>
210             <button id="graficar" type="submit" class="btn btn-primary">Graficar</button>
211         </div>
212
213         <div class="span1"><label>&nbsp;</label>
214             <button id="descargar" type="button" class="btn btn-success" onclick="descargar_excel();" >Descarga
215         </div>
216     </div>
217 </form>

```

14.2. CÓDIGO DEL CONTROLADOR DEL MODULO GRÁFICOS

```
1 public function index()
2 {
3     $sqla="SELECT usuarios_id FROM bf_usuarios WHERE usuarios_users = ".$this->auth->user_id();
4
5     if($this->auth->user_id()==1)
6     {
7         $records = $this->sismon_model ->select("sismon_id,sismon_ubicacion ")->find_all();
8     }
9     else
10    {
11        $records = $this->sismon_model ->select("sismon_id,sismon_ubicacion "
12            ->where("sismon_usuarios = ($sqla) ")
13            ->find_all());
14    }
15    if( isset($_GET['seleccione_sistema']) )
16    {
17        $sist = $_GET['seleccione_sistema'];
18        $veren = $_GET['visualizar_en'];
19        $fini = $_GET['fecha_inicio'];
20        $ffin = $_GET['fecha_final'];
21        Template::set('dget' , $_GET);
22
23        $ssql = "SELECT * FROM (";
24        $ssql.= "SELECT ";
25        $ssql.= "AVG(variables_vf1) AS VF1, ";
26        $ssql.= "AVG(variables_vf2) AS VF2, ";
27        $ssql.= "AVG(variables_vf2) AS VF3, ";
28        $ssql.= "AVG(variables_cf1) AS CF1, ";
29        $ssql.= "AVG(variables_cf2) AS CF2, ";
30        $ssql.= "AVG(variables_cf3) AS CF3, ";
31        $ssql.= "AVG(variables_pf1) AS PF1, ";
32        $ssql.= "AVG(variables_pf2) AS PF2, ";
33        $ssql.= "AVG(variables_pf3) AS PF3, ";
34        $ssql.= "AVG(variables_FP1) AS FP1, ";
35        $ssql.= "AVG(variables_FP2) AS FP2, ";
36        $ssql.= "AVG(variables_FP3) AS FP3, ";
37        $ssql.= "AVG(variables_sf1) AS SF1, ";
38        $ssql.= "AVG(variables_sf2) AS SF2, ";
39        $ssql.= "AVG(variables_sf3) AS SF3, ";
40        $ssql.= "AVG(variables_batf1) AS VBAT1, ";
41        $ssql.= "AVG(variables_batf2) AS VBAT2, ";
42        $ssql.= "AVG(variables_batf3) AS VBAT3, ";
43        $ssql.= "AVG(variables_ibatf1) AS IBAT1, ";
44        $ssql.= "AVG(variables_ibatf2) AS IBAT2, ";
45        $ssql.= "AVG(variables_ibatf3) AS IBAT3, ";
46        $ssql.= "AVG(variables_af1) AS AF1, ";
47        $ssql.= "AVG(variables_af2) AS AF2, ";
48        $ssql.= "AVG(variables_af3) AS AF3, ";
49        $ssql.= "AVG(variables_qf1) AS QF1, ";
50        $ssql.= "AVG(variables_qf2) AS QF2, ";
51        $ssql.= "AVG(variables_qf3) AS QF3, ";
52        $ssql.= "AVG(variables_e1) AS E1, ";
53        $ssql.= "AVG(variables_e2) AS E2, ";
54        $ssql.= "AVG(variables_e3) AS E3, ";
55        $ssql.= "AVG(variables_pdc1) AS PDC1, ";
```

```

56     $ssql = "AVG(variables_pdc2) AS PDC2, ";
57     $ssql = "AVG(variables_pdc3) AS PDC3, ";
58     $ssql = "substring(variables_fecha, '1', '$veren') AS FECHA_HORA, ";
59     $ssql = "variables_sismon AS SISTEMA FROM bf_variables WHERE variables_sismon=$sist GROUP BY FECHA_HORA ";
60     $ssql = "AS TABLA WHERE FECHA_HORA BETWEEN '$fini' AND '$ffin'";
61     $dgraf = $this->db->query($ssql)->result();
62 }
63 else
64 {
65     $dgraf = $this->variables_model->select("*")->where("variables_sismon","0")->find_all();
66 }
67 $this->create_Excel($records, $dgraf);
68 Template::set('dgraf', $dgraf);
69 Template::set('records', $records);
70 Template::set('toolbar_title', lang('graficos_manage'));
71 Template::render();
72 }
73 public function create_Excel($records, $dgraf)
74 {
75     $objPHPExcel = new PHPExcel();
76     // Establecer propiedades
77     $objPHPExcel->getProperties()
78         ->setCreator("Cattivo")
79         ->setLastModifiedBy("Cattivo")
80         ->setTitle("Documento Excel de Prueba")
81         ->setSubject("Documento Excel de Prueba")
82         ->setDescription("Demostracion sobre como crear archivos de Excel desde PHP.")
83         ->setKeywords("Excel Office 2007 openxml php")
84         ->setCategory("Pruebas de Excel");
85     // Cabeceras
86     $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('A1', 'FECHA_HORA');
87     $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('B1', 'VF1');
88     $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('C1', 'VF2');
89     $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('D1', 'VF3');
90     $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('E1', 'CF1');
91     $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('F1', 'CF2');
92     $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('G1', 'CF3');
93     $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('H1', 'PF1');
94     $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('I1', 'PF2');
95     $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('J1', 'PF3');
96     $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('K1', 'SF1');
97     $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('L1', 'SF2');
98     $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('M1', 'SF3');
99     $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('N1', 'QF1');
100    $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('O1', 'QF2');
101    $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('P1', 'QF3');
102    $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('Q1', 'AF1');
103    $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('R1', 'AF2');
104    $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('S1', 'AF3');
105    $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('T1', 'FP1');
106    $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('U1', 'FP2');
107    $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('V1', 'FP3');
108    $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('W1', 'VBAT1');
109    $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('X1', 'VBAT2');
110    $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('Y1', 'VBAT3');
111    $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('Z1', 'IBAT1');
112    $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('AA1', 'IBAT2');
113    $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('AB1', 'IBAT3');
114    // Datos

```

```

115     $cnt=1;
116     if( isset($dgraf) && is_array($dgraf) )
117     foreach ($dgraf as $fila):
118         $cnt=$cnt+1;
119         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('A'.$cnt, $fila->FECHA_HORA);
120         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('B'.$cnt, $fila->VF1);
121         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('C'.$cnt, $fila->VF2);
122         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('D'.$cnt, $fila->VF3);
123         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('E'.$cnt, $fila->CF1);
124         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('F'.$cnt, $fila->CF2);
125         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('G'.$cnt, $fila->CF3);
126         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('H'.$cnt, $fila->PF1);
127         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('I'.$cnt, $fila->PF2);
128         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('J'.$cnt, $fila->PF3);
129         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('K'.$cnt, $fila->SF1);
130         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('L'.$cnt, $fila->SF2);
131         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('M'.$cnt, $fila->SF3);
132         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('N'.$cnt, $fila->QF1);
133         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('O'.$cnt, $fila->QF2);
134         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('P'.$cnt, $fila->QF3);
135         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('Q'.$cnt, $fila->AF1);
136         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('R'.$cnt, $fila->AF2);
137         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('S'.$cnt, $fila->AF3);
138         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('T'.$cnt, $fila->FP1);
139         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('U'.$cnt, $fila->FP2);
140         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('V'.$cnt, $fila->FP3);
141         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('W'.$cnt, $fila->VBAT1);
142         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('X'.$cnt, $fila->VBAT2);
143         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('Y'.$cnt, $fila->VBAT3);
144         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('Z' . $cnt, $fila->IBAT1);
145         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('AA' . $cnt, $fila->IBAT2);
146         $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0)->setCellValue('AB' . $cnt, $fila->IBAT3);
147     endforeach;
148     // Establecer la hoja activa, para que cuando se abra el documento se muestre primero.
149     $objPHPExcel->getActiveSheet()->setTitle('Datos');
150     $objPHPExcel->setActiveSheetIndex(0);
151     $objWriter = PHPExcel_IOFactory::createWriter($objPHPExcel, 'Excel2007');
152     $objWriter->save("../informemontoreo.xlsx");

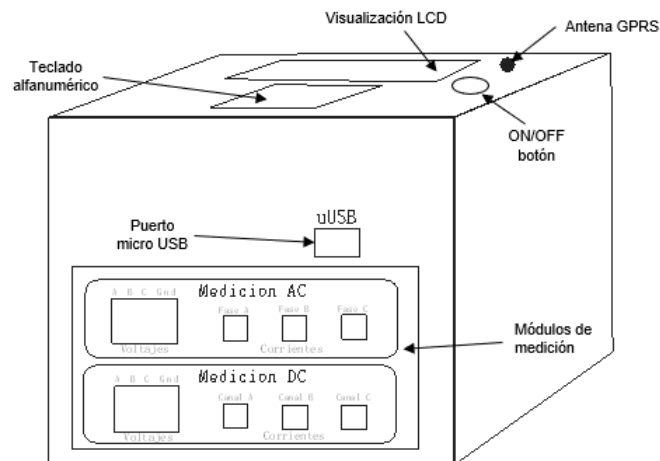
```

15. ANEXO D: MANUAL DE OPERACIÓN

MEDIDOR DE ENERGÍA SIMGEFT- MANUAL DE INSTRUCCIONES

1. ¿QUE ES EL MEDIDOR DE ENERGÍA SIMGEFT? Es un sistema de medición y gestión de energía especialmente para sistemas fotovoltaicos, el cual tiene la funcionalidad de adquirir y almacenar información de consumo, las características eléctricas de la red sobre la que está conectado, para verificar el buen funcionamiento de la instalación y la calidad de la energía generada o consumida en sistemas de energía trifásicos AC y hasta 3 canales DC. Cuenta con comunicación GPRS, aplicación WEB, aplicación local y conexión micro-USB.

2. APARIENCIA FÍSICA



3. FUNCIONES

- Visualización de variables eléctricas AC: voltaje (V), corriente (I), frecuencia (Hz), potencia aparente (VA) y energía (WH) para hasta 3 fases.
- Visualización de variables eléctricas DC: voltaje (V), corriente (I), Potencia (W) para hasta 3 canales.
- Comunicación GPRS para conexión WEB.

- Conexión USB para interconexión prototipo – PC, habilitando descarga y análisis de datos mediante aplicación local.

4. PRIMEROS PASOS

Recomendaciones importantes:

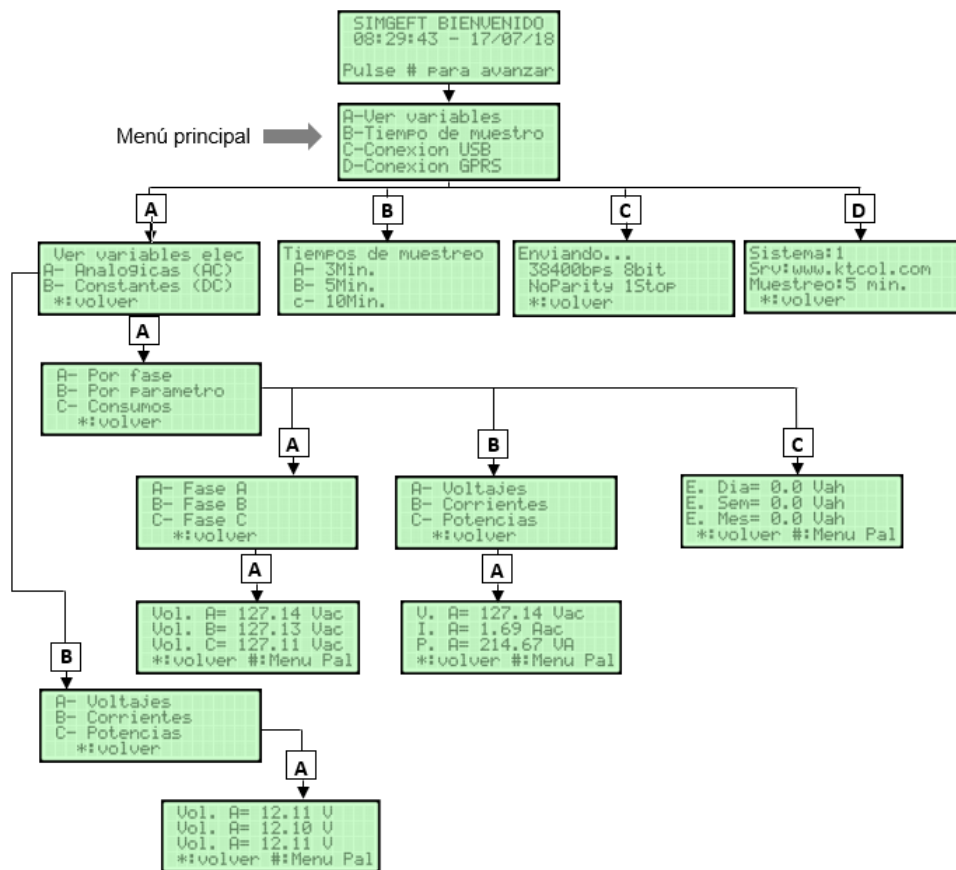
- Lea completamente este documento antes de realizar alguna operación con el prototipo.
- Para la protección del usuario y el mismo equipo, este solo puede ser operado por usuarios capacitados, ya que una indebida manipulación pueden afectar el equipo y la integridad física del usuario.
- Verifique previamente que el sistema al que va a conectar SIMGEFT no presente fallas.
- Verifique que el sistema a medir se encuentre entre el rango de medición establecido y no supere los niveles especificados en el apartado 6 de este manual.
- SIMGEFT debe ser instalado en un espacio protegido del medio ambiente: libre de humedad, ruido electromagnético, excesiva temperatura o fuego.

Conexión:

- Conectar SIMGEFT a un enchufe con nivel nominal 110v a 60Hz y presionar el botón de encendido para empezar.
- Al Conectar las sondas de medición verifique que corresponda a como se ha estipulado en las etiquetas frontales del prototipo.

5. EJECUCIÓN

Para facilitar la comprensión de la ejecución de SIMGEFT presentamos el siguiente diagrama de flujo, en este se muestra las diferentes pantallas mientras navega en el menú.



Ver variables: Esta opción podrá visualizar las variables eléctricas obtenidas en tiempo real ya sean AC o DC.

Tiempo de muestreo: Esta opción le informa los diferentes frecuencias de adquisición de datos. Solo es posible modificar mediante la programación del microcontrolador o la aplicación local.

Conexión GPRS: Brinda información importante para el usuario respecto a la comunicación GPRS y la aplicación WEB.

Conexión USB: Brinda información importante a el usuario respecto a la comunicación USB para el uso de la aplicación local.

6. ESPECIFICACIONES

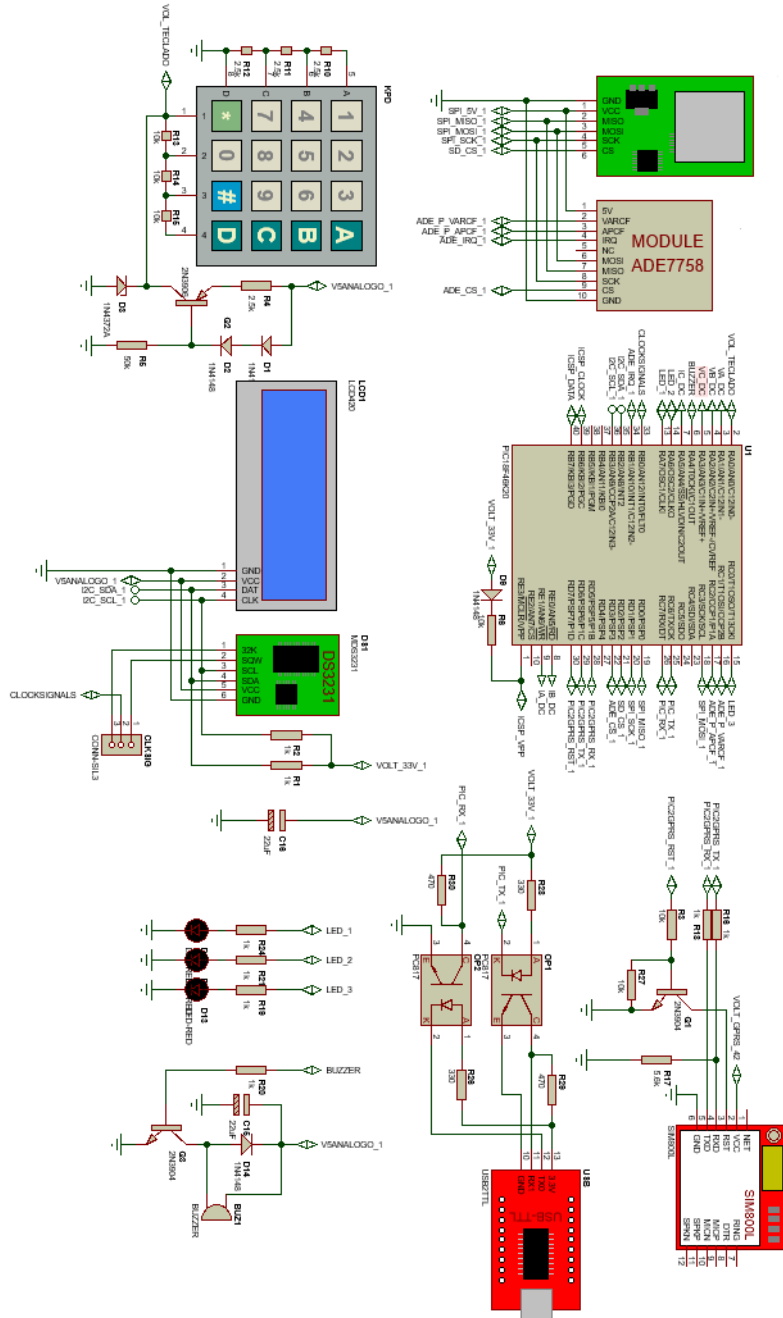
ESPECIFICACIONES		
Rango de medición	Voltaje AC	0 - 500 Vp
	Corriente AC	0 - 100 Ap
	Voltaje DC	0 - 50 V
	Corriente DC	0 -30 A
Ancho de banda	4.8Khz	
Numero de canales	AC	6
	DC	6
Alimentación	110 V 60 Hz	
Dimensiones	290x216x280 mm	
Peso	aprox 5Kg	
Grado de protección	IP 20	

7. COMPLEMENTARIOS

- Antes de realizar mantenimiento el equipo debe estar apagado completamente desconectado, el mantenimiento debe ser realizado por personal capacitado.
- No limpiar el equipo con sustancias abrasivas o corrosivas, usar un paño suave.
- No debe tirar el equipo o partes del mismo que se encuentren averiados o ya usados en la basura ordinaria, el equipo contiene componentes peligrosos que pueden perjudicar la salud o el medio ambiente.

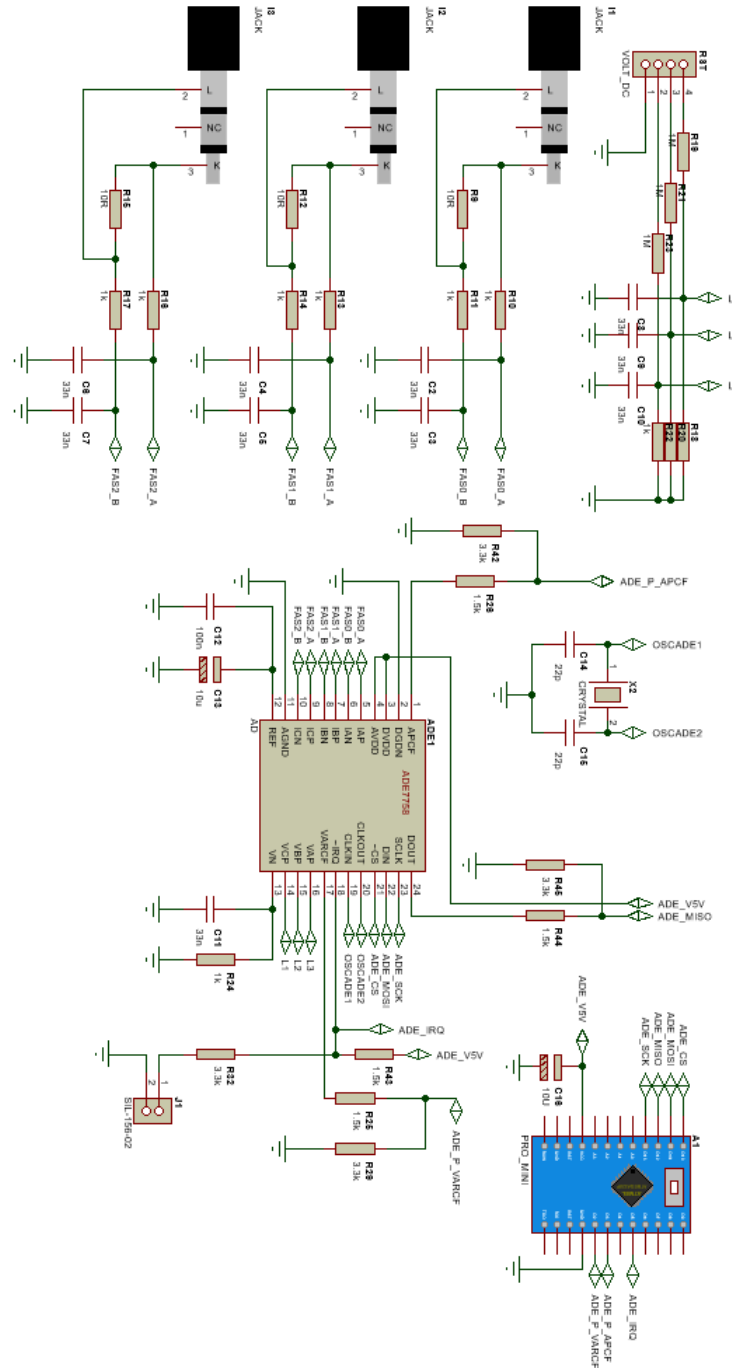
16. ANEXO E: CIRCUITO MICROCONTROLADOR PRINCIPAL Y PERIFÉRICOS

Figura 55: Circuito implementado del PIC18F46K20 y conexión con otros módulos



17. ANEXO F: CIRCUITO MEDIDOR AC

Figura 56: Circuito implementado para obtener las mediciones correspondiente a variables AC



18. ANEXO G: CIRCUITO MEDIDOR DC

Figura 57: circuito implementado para obtener las mediciones correspondiente a variables DC

