



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA
AUTOMÁTICO DE REGISTRO Y CONSULTA DE
DATOS DE CONSUMO, CON PROYECCIÓN A
CONCIENTIZACIÓN DE AHORRO ENERGÉTICO”.**

Tesis Previa a la Obtención del Título
de Ingeniero Eléctrico

AUTORES:

Fausto Javier Barzallo Grunauer
Andrea Alejandra Eras Almeida

DIRECTOR:

Fabián Cabrera Albornoz

**Cuenca – Ecuador
2010**



RESUMEN

El registrador electrónico monofásico es un prototipo que realiza la medición de energía de una carga monofásica residencial. El registrador realiza mediciones de consumo de energía y va calculando cuánto debería pagar el usuario según su consumo actual y proyectado, además pretende concientizar a los usuarios para hacer un uso eficiente del servicio eléctrico. El funcionamiento consiste en realizar un censado de los niveles de corriente y voltaje que consume la carga mediante el módulo de adquisición de datos y de acondicionamiento de la señal, después en el módulo de procesamiento de datos digitaliza y muestrea estas señales para realizar los cálculos de energía y facturación, y visualizar estos valores en una pantalla de cristal líquido; el módulo de interface de comunicación recibe los datos procesados mediante el protocolo de comunicación RS-232 y los transmite a un computador personal por medio del protocolo de transmisión USB; el módulo de interface de usuario (PC) es el encargado de procesar los datos que han sido transmitidos desde el registrador, los mismos que son visualizados en una ventana en la pantalla del computador, que son valores de consumo y facturación; todos los datos que el registrador envía a la PC son almacenados en un registro de datos; el ordenador se encarga de configurar el teléfono celular como módem, para poder enviar datos registrados y costos de consumo con un SMS, cuándo el usuario solicite la información mediante un mensaje de texto.



Palabras clave: Registrador electrónico, Medidor digital, Adquisición de datos, Protocolo USB, Facturación de Energía



INDICE

CAPÍTULO I.....	12
INTRODUCCIÓN	12
1.1 Antecedentes	13
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivo general	13
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.3 Justificación.....	14
1.4 Visión general del registrador electrónico de energía	15
CAPITULO II:.....	16
DISEÑO DE COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS	
CONSTRUCTIVAS	16
2.1 Introducción.....	16
2.2 Planta de Componentes Físicos y Electrónicos.....	16
2.2.1 Descripción General del Sistema.....	16
2.2.2 Funcionamiento del Sistema.....	17
2.2.3 Adquisición de Datos	18
2.2.3.1 Sistema de Adquisición de Datos	18
2.2.3.2 Requisitos a Cumplir de un Sistema de Adquisición	
de Datos	21
2.2.3.3 Sensores	22
2.2.4 Acondicionamiento de Señales.....	23
2.2.4.1 Amplificación	23
2.2.4.2 Filtrado	24
2.2.4.3 Aislamiento y Puesta a Tierra	24
2.2.5 Conversión Analógica / Digital	25
2.2.5.1 Cuantización	25
2.2.5.2 Efectos de la Cuantización.....	26
2.2.5.3 El Teorema del Muestreo	27
2.2.5.4 Especificaciones del ADC del microcontrolador	
18F4550	28
2.2.6 Adquisición de la señal de corriente	31
2.2.6.1 Fundamentos de conversión corriente – voltaje ..	31



2.2.6.2 Diseño del sensor de corriente	32
2.2.6.3 Circuito para Adquisición de Datos de Corriente .	36
2.2.7 Adquisición de señal de tensión.....	37
2.2.7.1 Diseño del sensor de voltaje	38
2.2.7.2 Circuito para Adquisición de Datos de Voltaje	39
2.2.8 Diseño de la Fuente de Alimentación	41
2.2.8.1 Circuito de la Fuente de poder.....	41
2.2.9 Procesamiento de Datos	43
2.2.9.1 Microcontrolador para Procesamiento de Datos..	44
2.2.9.2 Periférico Interno del Microcontrolador	50
2.2.9.3 Periféricos Externos del Microcontrolador	51
2.2.9.4 Protocolos de Comunicación	54
2.2.9.4.1 RS-232	55
2.2.10 Interface de comunicación	57
2.2.10.1 Microcontrolador para interface de comunicación	57
2.2.10.2 Características en el proceso de interface de comunicación	58
2.2.10.3 Protocolos de comunicación	58
2.2.10.3.1 Protocolo USB.....	58
2.2.11 Interface de Usuario (PC)	60
2.2.11.1 Definición	60
2.2.11.2 Periféricos externos acoplados al computador personal (PC)	60
2.2.11.2.1 Registrador electrónico monofásico	60
2.2.11.2.2 Módem GSM	61
2.2.11.2.3 Generalidades de la red GSM.....	61
2.2.11.2.4 Uso de SMS para monitoreo.....	62
2.2.12 Estructura externa y partes físicas del registrador	67
2.2.12.1 La estructura externa	68
2.2.12.2 Conector y cable USB	69
2.2.12.3 LEDs de señalización.....	70
2.2.12.4 Switch ON/OFF	70
2.2.12.5 Perilla (azul)	70
2.2.12.6 Tipo y características de la batería	71
2.2.12.7 Diagrama de conexiones	71



2.3 Diagrama de bloques	72
-------------------------------	----

CAPITULO III..... 74

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DEL HARDWARE	74
3.1 Introducción.....	74
3.2 Diseño y características del hardware	74
3.2.1 Diseño del hardware	74
3.2.2 Características del hardware	76
3.2.2.1 Especificaciones técnicas del sistema automático de registro y consulta de datos de consumo.....	76
3.3 Elaboración y construcción de la planta electrónica ..	77
3.4 Construcción de tarjetas electrónicas	81
3.4.1 Generalidades	81
3.4.2 Descripción del proceso de elaboración de tarjetas electrónicas	84

CAPÍTULO IV 88

DISEÑO DEL SOFTWARE DEL REGISTRADOR.....	88
4.1 Introducción.....	88
4.2 Diagramas de flujo para el software del registrador electrónico	88
4.2.1 Programa principal	89
4.2.1.1 Cálculo de consumo de energía	93
4.2.1.2 Aplicación a la estructura tarifaria	94
4.2.1.3 Elaboración de factura de consumo de energía ..	95
4.2.2 Programa para comunicaciones USB	98
4.2.3 Programa para el computador personal.....	99
4.3 Elaboración del software	105

CAPÍTULO V 106

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO, CORRECCIÓN DE FALLAS Y RESULTADOS	106
5.1 Introducción.....	106
5.2 Pruebas del sistema electrónico analógico.....	107



5.2.1 Pruebas de linealidad del transformador de corriente	107
5.2.2 Pruebas de la fuente de alimentación.....	109
5.2.3 Pruebas en el circuito de adquisición de señal de corriente	110
5.2.4 Pruebas en el circuito de adquisición de señal de voltaje.....	111
5.3 Pruebas del sistema microcontrolado	111
5.3.1 Pruebas de funcionamiento del software en el circuito del microcontrolador.....	112
5.3.1.1 Pruebas del cálculo de energía y facturación	112
5.3.1.2 Pruebas del cálculo de la proyección de facturación	115
5.3.2 Pruebas de funcionamiento del software instalado en el computador personal.....	117
5.3.3 Pruebas de funcionamiento del módem GSM	118
5.4 Determinación de fallas y correcciones	119
5.5 Pruebas del sistema total.....	120
5.6 Análisis de resultados	120
 CAPÍTULO VI	 123
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y	
BIBLIOGRAFÍA	123
6.1 Conclusiones.....	123
6.2 Recomendaciones	125
6.3 Bibliografía	128
6.4 Referencias de internet	130
6.5 Anexos	132
ANEXO 1.....	132
DIAGRAMA DE CIRCUITOS COMPLETO DEL	
PROTOTIPO	132
ANEXO 2.....	133
PROGRAMA PRINCIPAL DE PROCESAMIENTO DE	
DATOS	133
ANEXO 3.....	154



PROGRAMA DE COMUNICACIONES DE DATOS USB	154
ANEXO 4.....	156
PROGRAMA PARA EL COMPUTADOR PERSONAL ...	156
ANEXO 5.....	167
COSTOS DEL PROTOTIPO	167



DEDICATORIA

Dedico este trabajo realizado a mis padres, hermanas, familiares y amigos quienes en todo momento me brindaron su confianza y día a día me han apoyado a lo largo de mi carrera.

Fausto Javier



DEDICATORIA

A Dios por ser la luz en mi vida, a mi padre Vladimir por su apoyo brindado, a mi madre Jenny por su amor mi principal motivación, a mis hermanos: Vladimir y Hugo por su confianza, a mi sobrino Sebastián quién con su ternura me motiva a ser cada día mejor, a mis familiares y amigos que permanecieron a mi lado durante la elaboración de este trabajo.

Andrea Alejandra



AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento sincero al Director de Tesis, Ing. Fabián Cabrera Albornoz por el apoyo académico para la elaboración de esta tesis, así también a todo el personal docente que forma parte de la Escuela de Ingeniería Eléctrica.

LOS AUTORES



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La electrónica en la actualidad forma parte de la civilización moderna y desarrolla una gran variedad de tareas. Los diseños y las construcciones eléctricas, electrónicas y de comunicaciones, conforman un conjunto de elementos para la solución de diversos problemas en campos como la automatización y el control.

La producción de la energía eléctrica y su comercialización, dieron origen a la creación e implementación de medidores de consumo de energía, permitiendo a las empresas comercializadoras, la obtención de los datos del cliente para su posterior facturación por el servicio prestado.

En la realización de este proyecto no se pretende reemplazar a los medidores electromecánicos usados por las empresas distribuidoras de energía; el objetivo primordial del registrador electrónico es hacer hincapié en la racionalización de los gastos de energía, ya que el registrador realiza mediciones de consumo y mientras trabaja en este proceso va calculando cuánto debería pagar el usuario según su energía consumida actual y proyectada.

Este trabajo, presenta un sistema de monitoreo remoto del consumo de energía eléctrica de fácil utilización y orientado a clientes residenciales.

El sistema se basa en la adquisición de datos de la acometida eléctrica, para realizar el cálculo del consumo y



costo de la energía y mediante el servicio SMS de las operadoras de telefonía móvil celular, establecer el canal de comunicación que le permita al usuario tener información de su consumo de energía.

El sistema permite también, obtener una proyección de consumo en base a un historial por cliente.

1.1 Antecedentes

Los medidores electromecánicos utilizan bobinados de corriente y de tensión para crear corrientes parásitas en un disco que, bajo la influencia de los campos magnéticos, produce un giro que mueve las agujas de la carátula; a diferencia este prototipo utiliza convertidores analógico-digitales para hacer la conversión de energía; puesto que el desarrollo tecnológico busca la implementación de equipos que puedan facilitar o mejorar el estilo de vida de las personas.

Uno de los propósitos con el desarrollo de este proyecto, es la construcción de un equipo que facilite tanto la medición de datos energéticos como la obtención de los valores de facturación de cada usuario.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar y construir un sistema automático de registros y consulta de datos de consumo, con proyección a concientización de ahorro energético.



1.2.2Objetivos específicos

1. Implementar un módulo de adquisición de datos y acondicionamiento de señales que permita el registro y consulta de datos de consumo energético de la red eléctrica de un servicio residencial.
2. Implementar un sistema remoto de comunicación entre el dispositivo de monitoreo de red y el usuario, empleando el servicio SMS (servicio de mensaje corto) de telefonía móvil celular (Sistema GSM-GPRS).
3. Permitir al usuario la consulta del consumo actual y de su proyección mensual, de una manera rápida e interactiva, empleando un interfaz táctil y de visualización.
4. Elaborar un presupuesto del equipo de consulta, para determinar su factibilidad de ingreso al mercado.

1.3Justificación

En los últimos años las empresas eléctricas han estado familiarizándose con sistemas de automatización gracias a la electrónica.

Un registrador electrónico de energía, no sólo debe considerar tomar datos de la red eléctrica como un medidor mecánico; permite al usuario una consulta de su consumo de energía y facturación.



En la actualidad existe una tendencia hacia el ahorro energético, por lo que las empresas comercializadoras y los gobiernos de turno han impulsado campañas de concientización del uso eficiente de energía por parte de los usuarios, para lo cual se pretende hacer proyecciones de gastos, para que el abonado conozca y analice su consumo.

1.4 Visión general del registrador electrónico de energía

El registrador electrónico sirve a la comunidad, facilitándole el conocimiento de su consumo de energía y facturación futura; de esta forma se pretende llegar a las personas, con el fin de que tomen conciencia y puedan racionalizar sus gastos.

En consecuencia de conseguir un ahorro energético, se puede llegar a un ahorro de tipo económico, que será de provecho para la ciudadanía.

Su diseño está basado en la implementación de un sistema de adquisición de datos de la red eléctrica y establecer el consumo de energía, facturación y las proyecciones de costos de consumo, contando con un sistema remoto de comunicación con el usuario y permitiendo también la interacción hombre-máquina.



CAPITULO II

DISEÑO DE COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

2.1 Introducción

El siguiente capítulo hace referencia a una descripción del diseño del prototipo, su estructura, funcionamiento, características de medición e interface de usuario.

El prototipo tiene una interfaz con el usuario por medio de una pantalla LCD (pantalla de cristal líquido), PC (computador personal) y SMS (servicio de mensaje corto), para visualización de energía consumida actual, costo de facturación y costo de facturación proyectada.

La proyección de consumo, pretende concientizar a los usuarios para hacer un uso eficiente del servicio eléctrico.

El diseño está realizado como un registrador electrónico monofásico, para clientes de tipo residencial y mide la energía activa consumida, puesto que las empresas comercializadoras cobran por este tipo de consumo, permitiendo así llevar un control por parte del cliente.

2.2 Planta de componentes físicos y electrónicos

2.2.1 Descripción general del sistema

El sistema hace referencia al diseño, presentado en el diagrama de bloques que se muestra a continuación:

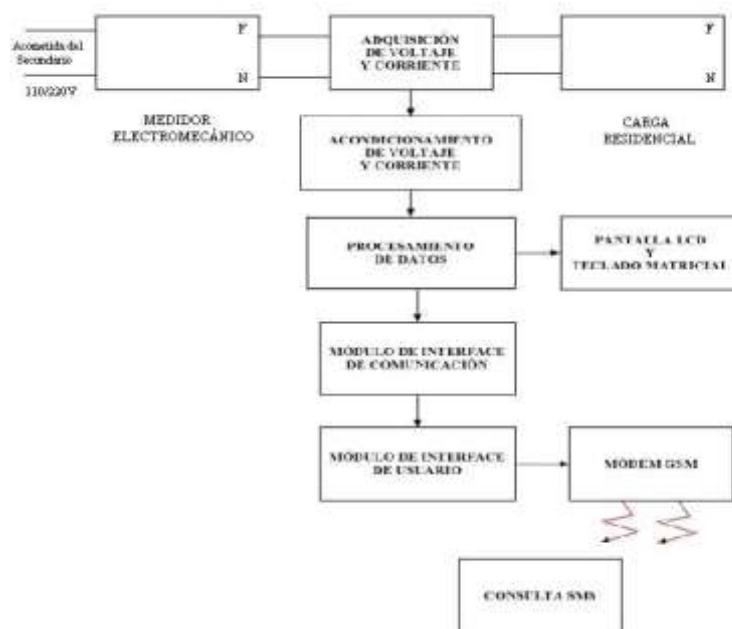


Figura 2.1 Diagrama de bloques general

2.2.2 Funcionamiento del sistema

El registrador electrónico monofásico es un prototipo que realiza la medición de energía de una carga monofásica residencial; permite conocer la facturación del consumo de energía actual y proyectada.

A continuación se describe el funcionamiento general del prototipo desarrollado:

Primero se va a realizar un sensado de los niveles de corriente y voltaje que consume la carga mediante el módulo de adquisición de datos y de acondicionamiento de señal, después en el módulo de procesamiento de datos digitaliza y muestrea estas señales para realizar los cálculos de energía y facturación; y visualizar estos valores en una pantalla LCD (pantalla de cristal líquido).



El módulo de interface de comunicación recibe los datos procesados mediante el protocolo de comunicación RS-232 y los transmite a un computador personal por medio del protocolo de transmisión USB.

El módulo de interface de usuario (PC) es el encargado de procesar los datos que han sido transmitidos desde el registrador, los mismos que son visualizados en una ventana en la pantalla del computador, que son valores de consumo y facturación; todos los datos que el registrador envía a la PC son almacenados como registros para el usuario.

El ordenador se encarga de configurar el teléfono celular como módem, para poder enviar datos registrados y costos de consumo con un SMS, cuándo el usuario solicite la información mediante un mensaje de texto.

2.2.3 Adquisición de datos

Un sistema de adquisición de datos es un equipo que permite tomar señales físicas del entorno y convertirlas en datos que posteriormente se pueden procesar y presentar.

2.2.3.1 Sistema de adquisición de datos

Los sistemas de adquisición de datos (SAD) consisten en sensores o transductores, transmisores, selectores, convertidores y acondicionadores de señales para recibir variables, convertirlas, procesarlas y documentarlas para su análisis y/o control. La realización de un sistema de adquisición de datos se hace a través de un sistema de instrumentación. Los sistemas de instrumentación pueden ser sistemas de medida o sistemas de control de procesos.



El sistema de medida tiene como función primaria la presentación o despliegue de una variable física, en conclusión se puede decir que un sistema de adquisición de datos es capaz de enviar y recibir señales analógicas, digitales y comunicar estas señales desde y para un computador. ⁽¹⁾ Texto tomado de www.ni.com/signal_condit_fundamentals.pdf).

La estructura de un SAD se puede apreciar en el siguiente diagrama de bloques:

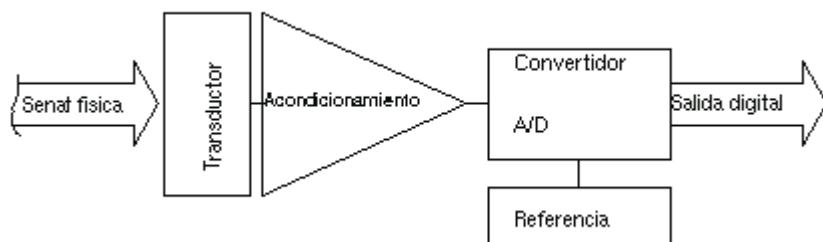


Figura 2.2 Diagrama de bloques de un sistema de adquisición de datos.

⁽²⁾ Figura tomada de www.ni.com/signal_condit_fundamentals.pdf)

Los bloques principales son:

- El convertidor o transductor.
- El acondicionamiento de señal.
- El convertidor analógico-digital.
- La etapa de salida (interfaz con la lógica).

El transductor es un elemento que convierte la magnitud física en una señal de salida eléctrica (normalmente tensión o corriente), la cual puede ser procesada por el sistema.



En el caso que la señal de entrada sea eléctrica, se puede decir que el transductor es un elemento que convierte energía de un tipo en otro. Por tanto, el transductor debe tomar poca energía del sistema bajo observación, para no alterar la medida.

El acondicionamiento de señal es la etapa encargada de filtrar y adaptar la señal proveniente del transductor a la entrada del convertidor analógico-digital. Esta adaptación se encarga de:

- Adaptar el rango de salida del transductor al rango de entrada del convertidor. (Normalmente en tensión).

La adaptación entre los rangos de salida del convertidor y el de entrada del mismo tiene como objetivo aprovechar el margen dinámico del convertidor, de modo que la máxima señal de entrada debe coincidir con la máxima del convertidor.

Por otro lado, la adaptación de impedancias es imprescindible ya que los transductores presentan una salida de alta impedancia, que normalmente no puede excitar la entrada de un convertidor, cuya impedancia típica suele estar entre 1 y 10 KΩ.

El convertidor analógico-digital es un sistema que presenta en su salida una señal digital a partir de una señal analógica de entrada, (normalmente de tensión) realizando las funciones de cuantificación y codificación.

La cuantificación implica la división del rango continuo de entrada en una serie de pasos, de modo que para infinitos



valores de la entrada, la salida sólo puede presentar una serie determinada de valores. Por tanto la cuantificación implica una pérdida de información, la cual se debe tener presente. La codificación es el paso por el cual la señal digital se ofrece según un determinado código binario, de modo que las etapas posteriores al convertidor puedan leer estos datos adecuadamente. Este paso hay que tenerlo siempre en cuenta, ya que puede hacer que se tengan datos erróneos, sobre todo cuando el sistema admite señales positivas y negativas con respecto a masa, momento en el cual la salida binaria del convertidor nos da tanto la magnitud como el signo de la tensión que ha sido medida. ⁽³⁾ Texto tomado de www.ni.com/signal_condit_fundamentals.pdf).

2.2.3.2 Requisitos a cumplir de un sistema de adquisición de datos

Las capacidades de un moderno sistema de adquisición de datos de propósito general son:

- Manejar un elevado número de sensores de diversa naturaleza.
- Permitir la conexión de sensores situados a grandes distancias.
- Permitir el funcionamiento de manera autónoma, alimentado mediante baterías.
- Adecuarse a las necesidades de la aplicación.
- Facilitar las tareas de instalación y mantenimiento.
- Almacenar una gran cantidad de datos.
- Permitir ampliaciones del sistema de forma fácil.



- Facilitar la interacción del usuario, presentando una interface simple e intuitiva.
- Realizar operaciones en tiempo real, y por supuesto todo al menor costo.

(⁴ Texto tomado de www.ni.com/signal_condit_fundamentals.pdf).

2.2.3.3 Sensores

El primer elemento de un SAD es aquel que mide la magnitud de interés, este elemento recibe el nombre de transductor o sensor. Un transductor convierte energía de una forma física en otra forma distinta, en este caso, en energía eléctrica. La cantidad de energía convertida en el sensor es pequeña para evitar las perturbaciones en su funcionamiento; por lo tanto la señal de salida debe ser acondicionada para adaptarla a las etapas siguientes del proceso de adquisición. (⁵ Texto tomado de www.ni.com/signal_condit_fundamentals.pdf).

Parámetros básicos de un sensor

1. *Margen o campo de medida:* Diferencia entre el valor máximo y mínimo de la variable física a medir para los cuales el sensor tiene un comportamiento aceptable.
2. *Sensibilidad:* Relación entre la magnitud de salida y de entrada, en ausencia de errores. Si la relación es constante en todo el margen de medida, se dice que el sensor es lineal.
3. *Resolución:* Menor cambio en la magnitud de entrada que se puede detectar a la salida



4. *Exactitud*: Describe el grado de coincidencia entre el valor real de la entrada y su valor deducido a partir de la salida actual y de la sensibilidad.

5. *Linealidad*: Un sensor se dice lineal cuando existe proporcionalidad entre el parámetro medido y la señal eléctrica dada por el sensor. Los sensores se comportan linealmente (dentro de un error admisible) en un rango de amplitudes del parámetro a medir.

(⁶ Texto tomado de www.ni.com/signal_condit_fundamentals.pdf)

2.2.4 Acondicionamiento de señales

Sin tener en cuenta el tipo de sensor que se esté usando, un apropiado acondicionamiento de la señal mejorará la calidad del sistema que se pretenda desarrollar, este acondicionamiento se realiza sobre todos los tipos de señales. Los principales acondicionamientos son la amplificación, el filtrado y el aislamiento.

(⁷ Texto tomado de www.ni.com/signal_condit_fundamentals.pdf).

2.2.4.1 Amplificación

Como ya se mencionó, la señal obtenida de los sensores suele ser débil por tanto en la amplificación se incrementa esta tensión de salida del sensor hasta un nivel suficiente para poder realizar la adquisición de datos en forma adecuada. Para realizar esta tarea generalmente se emplean amplificadores de instrumentación realizados mediante diferentes configuraciones de amplificadores operacionales. Cuando la señal a ser digitalizada es mayor al rango de entrada permitido se utiliza la atenuación.

(⁸ Texto tomado de www.ni.com/signal_condit_fundamentals.pdf).



2.2.4.2 Filtrado

Al amplificar la salida de un sensor, también se amplifica el ruido que es provocado por las altas frecuencias, las cuales se encuentran superpuestas a la señal de interés. Debido a estas molestias es necesario una etapa de filtrado que elimine este ruido. ^{(9) Texto tomado de www.ni.com/signal_condit_fundamentals.pdf.}

2.2.4.3 Aislamiento y puesta a tierra

Una inapropiada puesta a tierra del sistema es la causa más común para tener problemas de ruido y mediciones mal realizadas. El aislamiento quita errores de voltaje generalmente causados por diferencias de potencial en tierra.

Para determinar la taza de aislamiento de un acondicionador de señales se toman en cuenta dos especificaciones importantes que son:

1. *Working voltage rating (Voltaje de Trabajo Proporcionado)*: esta especificación describe el máximo voltaje continuo que se puede aplicar a las entradas bajo las condiciones de funcionamiento normales. Esta especificación se describe con respecto a la referencia de tierra e incluye niveles para la señal de ingreso y cualquier voltaje común que se tenga. ^{(10) Texto tomado de www.ni.com/signal_condit_fundamentals.pdf.}
2. *Installation Category rating (Categoría de Instalación Proporcionada)*: este parámetro describe las localizaciones en donde se puede usar un dispositivo de



medida particular, basándose en los posibles transitorios que se puedan tener en la localización dada. En un sentido más general esta especificación describe los posibles transitorios que un equipo puede resistir en una determinada localización.

(¹¹ Texto tomado de

www.ni.com/signal_condit_fundamentals.pdf).

2.2.5 Conversión analógica / digital

Como se sabe la mayoría de las señales encontradas directamente de la naturaleza son continuas, como por ejemplo la intensidad de luz que cambia con la distancia, el voltaje que varía con el tiempo, una cierta reacción química que depende de la temperatura, etc.

La conversión analógica / digital (ADC) es un proceso que permite a los computadores digitales interactuar con este tipo de señales cotidianas. La información digital se diferencia de la continua en que la señal digital es muestreada y cuantizada.

2.2.5.1 Cuantización

Para digitalizar una señal, por ejemplo un voltaje que varía con el tiempo son necesarias dos etapas: 1) La de muestreo y retención y 2) La de cuantización. En el siguiente diagrama de bloques se representa un proceso de digitalización.

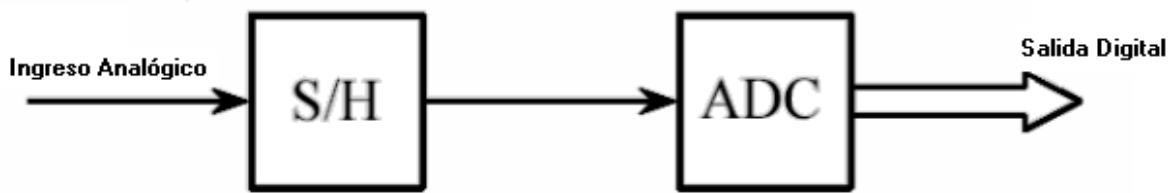


Figura 2.3 Diagrama de bloques de un proceso de digitalización

(¹² Figura tomada de [www.dspguide/TheScientistandEngineer'sGuidetoDigitalSignal Processing_archivos/ch3.pdf](http://www.dspguide/TheScientistandEngineer'sGuidetoDigitalSignalProcessing_archivos/ch3.pdf))

La señal de salida del bloque de muestreo y retención (Sampled & Hold) puede cambiar solo a intervalos periódicos en los cuales se hace idéntica al valor instantáneo de la señal de entrada.

Los cambios en la señal de ingreso que ocurren entre estos tiempos de muestreo son ignorados, por tanto se puede decir que el muestreo convierte la variable independiente de continua a discreta.

Esta señal ingresa a un ADC el cual produce niveles de voltaje entre 0 y 2^n para cada región continua de entrada (n representa el número de bits que se usen).

2.2.5.2 Efectos de la cuantización

Cualquier muestra en la señal digital puede tener un error máximo de:

$$\pm 1 \text{ LSB} \quad (\text{"Least Significant Bit"})$$

La distancia entre 2 niveles de cuantización adyacentes es igual al valor del *LSB*.

- El error de cuantización será igual a:

$$\text{Error Cuantización.} = (\text{señal S/H}) - (\text{Señal digitalizada})$$

La salida digital es equivalente a la señal continua de ingreso más el error de cuantización.



En la mayoría de los casos la cuantización resulta en nada más que la adición de una cantidad específica de ruido aleatorio a la señal.

- El ruido producido es uniformemente distribuido entre $\pm 1/2(\text{LSB})$. Tomando como una distribución gaussiana asumiendo el ruido aleatorio sería como:

$$\mu = 0 \quad ; \quad \sigma = (1/\sqrt{12})\text{LSB} \approx 0.29 \text{ LSB}$$

donde μ es la media y σ la desviación estándar de la señal gaussiana.

- Por ejemplo el valor rms del ruido con:

- | | | |
|-----------|---------------------------|---------|
| – 8 bits | $0.29/2^8 = 0.29/256$ | 1/900 |
| | escala completa | |
| – 12 bits | $0.29/2^{12} = 0.29/4096$ | 1/14000 |
| | escala completa | |

- El número de bits determina la precisión de los datos.

2.2.5.3 El Teorema del muestreo

Se considera un muestreo apropiado cuando se puede reconstruir exactamente la señal analógica desde las muestras adquiridas.

Aunque los datos muestreados parezcan confusos o incompletos la información clave ha sido capturada si se puede revertir el proceso. Cuando no se tiene un muestreo apropiado se produce el denominado *aliasing*.

El aliasing no es más que sinusoides que cambian de frecuencia durante el muestreo.



Teorema del muestreo (Shannon and Nyquist 1940)

Textualmente el teorema del muestreo dice: “**UNA SEÑAL CONTINUA PUEDE SER MUESTREADA APROPIADAMENTE SOLO SI NO CONTIENE COMPONENTES DE FRECUENCIA POR ENCIMA DE LA MITAD DE LA FRECUENCIA DE MUESTREO**” (¹³ Texto tomado de www.dspguide/TheScientistandEngineer'sGuidetoDigitalSignal Processing_archivos/ch3.pdf).

La frecuencia de muestreo $f_s=2000$ muestras/seg, la señal continua deberá tener componentes de frecuencia por debajo de 1000Hz.

La Frecuencia o tasa de Nyquist es igual a la mitad de la frecuencia de muestreo.

La señal digital no puede contener frecuencias mayores a la frecuencia de Nyquist. Cuando la señal continua tiene componentes de frecuencia por encima de la frecuencia de Nyquist, el *aliasing* cambia el valor de la frecuencia a uno que si pueda ser representado en el dato digital.

2.2.5.4 Especificaciones del ADC del microcontrolador 18F4550

Las especificaciones más importantes de un ADC son:

1. *Resolución*: La resolución puede considerarse como un error que forma parte del convertidor y al que a menudo se lo conoce como error de cuantización que es igual a ± 1 LSB.

2. *Tiempo de conversión (t_c)*: Tiempo necesario para que un ADC convierta un dato hasta que termine el barrido del número total de pasos o sea:



$$tc(\text{máx}) = (2^N - 1) * \text{ciclo de reloj}$$

El modelo analógico del ingreso del conversor es el siguiente:

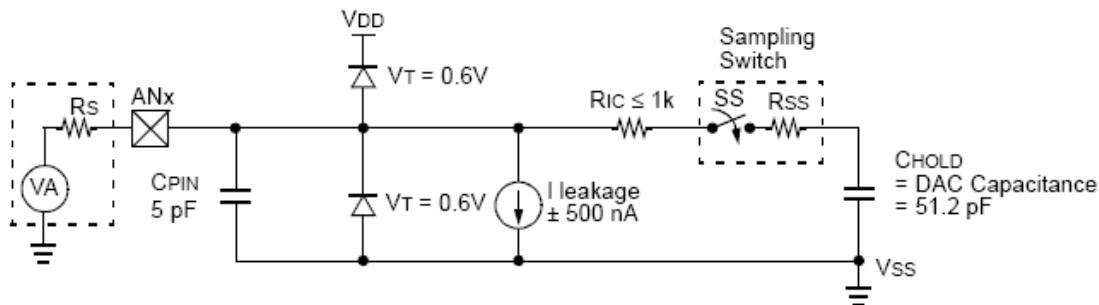


Figura 2.4 Modelo analógico de ingreso del conversor A/D

(¹⁴ Figura tomada de ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf)

Donde:

C_{PIN} = capacitancia de ingreso

V_T = umbral de voltaje

$I_{leakage}$ = corriente de drenaje del pin

R_{IC} = resistencia de interconexión

S_s = interruptor de muestreo

C_{HOLD} = capacitancia de muestreo/retención

R_s = impedancia de carga

V_A = voltaje de ingreso

Los parámetros que influyen en el capacitor de retención C_{HOLD} son la impedancia de la fuente de ingreso R_s y la impedancia del switch de muestreo R_{ss} . Esta resistencia es proporcional al voltaje de alimentación del microcontrolador, la máxima impedancia de ingreso recomendada es de $10k\Omega$. Antes de iniciar un ciclo de



conversión se debe seleccionar el canal analógico de ingreso. Para calcular el tiempo mínimo de adquisición se usa la siguiente ecuación:

$$T_{ACQ} = T_{AMP} + T_C + T_{COFF}$$

Donde:

T_{AMP} = tiempo seteado por el amplificador.

T_C = tiempo de carga del capacitor de retención.

T_{COFF} = coeficiente de temperatura.

Para calcular el mínimo tiempo de carga del ADC se usa la siguiente ecuación:

$$V_{REF} = (V_{REF} - (V_{REF} / 512)) * (1 - e^{(-T_C / C_{HOLD}(R_{JC} + R_{SS} + R_S))}) \quad \text{ó}$$

$$T_c = -(51.2 \mu F)(1k\Omega + R_{SS} + R_S) \ln(1/511)$$

El siguiente ejemplo muestra el cálculo del mínimo tiempo de adquisición de datos T_{ACQ} , establecido por el fabricante del microcontrolador, este cálculo asume los siguientes datos:

$R_s = 10k\Omega$.

Error de conversión $\leq \frac{1}{2}$ LSB.

$V_{DD} = 5V$ por tanto $R_{SS} = 7k\Omega$. (refiérase a la figura 2.4).

Temperatura = $50^\circ C$ (máxima del sistema).

$V_{HOLD} = 0V$ para un tiempo = 0 segundos. (el condensador inicia descargado).



$$T_{ACQ} = T_{AMP} + T_C + T_{COFF}$$

$$T_{ACQ} = 5\mu s + T_C + [(Temp - 25^\circ C) (0.05\mu s/\text{ }^\circ C)]$$

$$T_C = -C_{HOLD} (R_{IC} + R_{SS} + R_S) \ln(1/512)$$

$$T_C = -51.2\text{pF} (1\text{k}\Omega + 7\text{k}\Omega + 10\text{k}\Omega) \ln(0.0020)$$

$$T_C = 5.724 \mu s.$$

$$T_{ACQ} = 5\mu s + 5.724\mu s + [(50^\circ C - 25^\circ C) (0.05\mu s/\text{ }^\circ C)]$$

$$T_{ACQ} = 10.724\mu s + 1.25 \mu s$$

$$T_{ACQ} = 11.974 \mu s.$$

2.2.6 Adquisición de la señal de corriente

2.2.6.1 Fundamentos de conversión corriente – voltaje

La adquisición de señales consiste básicamente en tomar un número suficiente de muestras de la variable física para luego reconstruirla con la mayor fidelidad posible, en el entorno de utilidad para el análisis que se vaya a realizar.

En el caso de las señales eléctricas, debido a los sistemas de muestreo disponibles, es muy sencillo adquirir señales de tensión, mientras que la adquisición de corriente requiere de procesos más complejos y por lo tanto más costosos.

Debido a los sencillos procesos de muestreo de señales de tensión, se procura reflejar la variable de corriente en un voltaje relacionado mediante alguna función matemática, de manera que a cada valor de corriente le corresponda un determinado valor de tensión.



El transformador de corriente consta de un núcleo magnético toroidal por cuyo centro se introduce el cable que transporta la corriente. Mediante un acoplamiento magnético se induce una corriente en un bobinado secundario, por este motivo es necesario cerrar el circuito a través de una carga resistiva sobre la cual se medirá la tensión. Si la resistencia de carga tiene un valor de 1Ω , el valor de voltaje que se mida será exactamente el valor de corriente, por lo que esta resistencia debe tener características de precisión y potencia.

Se ha realizado la elección de este tipo de convertidor debido a dos factores importantes para el sistema:

- El TC realiza la conversión de corriente a voltaje con una relación lineal mediante una resistencia de carga.
- El TC realiza un acoplamiento magnético, por lo que es posible aislar totalmente los valores elevados de corriente, de los valores bajos de tensión que serán manejados en la placa principal.

Máxima intensidad de corriente

La máxima intensidad de corriente que el sistema debe ser capaz de medir sin que se produzcan errores es de 40A. Este parámetro es importante para la selección del transformador de corriente y para el diseño del sensor de corriente.

2.2.6.2 Diseño del sensor de corriente

- **Transformador de corriente**

El circuito consta de un transformador de corriente TC que es usado como convertidor corriente-voltaje, el primer paso



para usar este dispositivo es sacar su relación de transformación I_1/I_2 y determinar si es o no lineal. Las mediciones realizadas al igual que el esquema de conexión del circuito para determinar la relación de transformación son los siguientes:

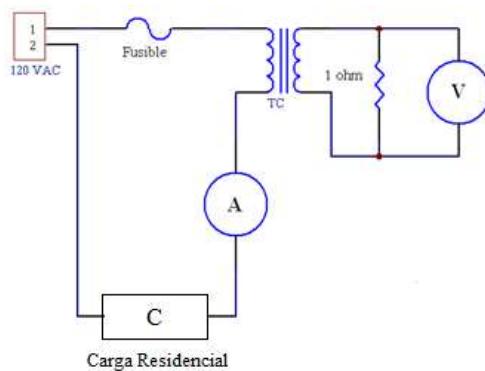


Figura 2.5 Esquema de conexión para determinar la relación de transformación de corriente.

Se obtiene la relación entre la corriente eficaz y el voltaje pico – pico en la resistencia de carga conectada al TC, debido que para el conversor A/D la tensión máxima admisible es de 5Vpp.

Se notará que las relaciones de transformación en las diferentes mediciones son similares, lo que permite aproximar la relación real a la media aritmética de las relaciones tabuladas, por lo que se concluye que el convertidor usado es lineal.



Corriente de Ingreso (I eficaz)	Corriente de salida	Relación de transformación
1,8	0,276	6,52
2,8	0,417	6,71
3,5	0,456	7,68
5,5	0,66	8,33
10,3	1,25	8,24
11,7	1,45	8,07
13,5	1,63	8,28
15,7	1,92	8,18
18,8	2,3	8,17
24,1	3	8,03
28,2	3,5	8,06
35,5	4,33	8,20
38,4	4,75	8,08
Promedio de la relacion de transformacion:		7,88927776

Tabla 2.1 Cálculo de la relación de transformación

Su función es reducir la corriente a valores normales y no peligrosos. Un transformador de corriente es un transformador de medición, donde la corriente secundaria es, dentro de las condiciones normales de operación, prácticamente proporcional a la corriente primaria. El devanado primario está conectado en serie a la carga, el secundario en serie a un aparato de medición.

El transformador que se utiliza en este prototipo es tipo boquilla (ventana o bushing), su devanado secundario está completamente aislado y ensamblado permanentemente a un núcleo laminado. El conductor primario pasa a través del núcleo y actúa como devanado primario.

Características:

- Relación de transformación 8:1
- Primario 40A
- Secundario 5A
- Frecuencia 50-60 Hz
- Voltaje máximo 600V
- Clase 1.0



- **Resistencia en conexión tipo shunt**

La resistencia tiene un valor de 1Ω , es colocada en paralelo con el devanado secundario del transformador de corriente, un shunt es una carga resistiva a través de la cual se deriva una corriente eléctrica. La resistencia de un shunt es utilizada para determinar la intensidad de corriente eléctrica que fluye a través de esta carga, mediante la medición de la diferencia de voltaje a través de ella, valiéndose de ello de la ley de Ohm ($I = V/R$).

Por lo tanto la corriente que circula por la resistencia es directamente proporcional al valor de voltaje medido en los bornes del shunt.

- **Transformador elevador de señal para sensado de corriente**

Conectado en paralelo con la resistencia, toma la señal de corriente obtenida de la derivación, eleva su valor en una relación de 1 a 10 para luego ser enviada al circuito.

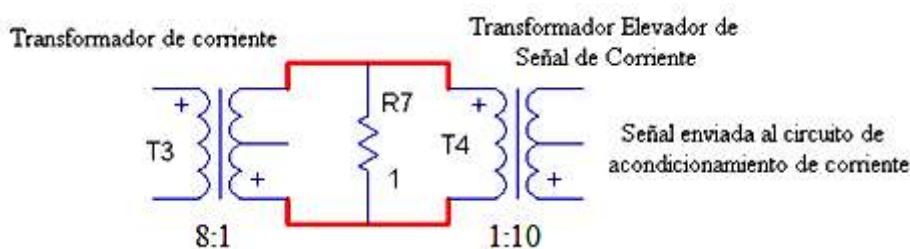


Figura 2.6 Diagrama de sensado de corriente

El circuito de la figura 2.6 tiene la función de ajustar la corriente a un nivel adecuado para que pueda ser procesada y muestrada por el microcontrolador.



2.2.6.3 Circuito para adquisición de datos de corriente

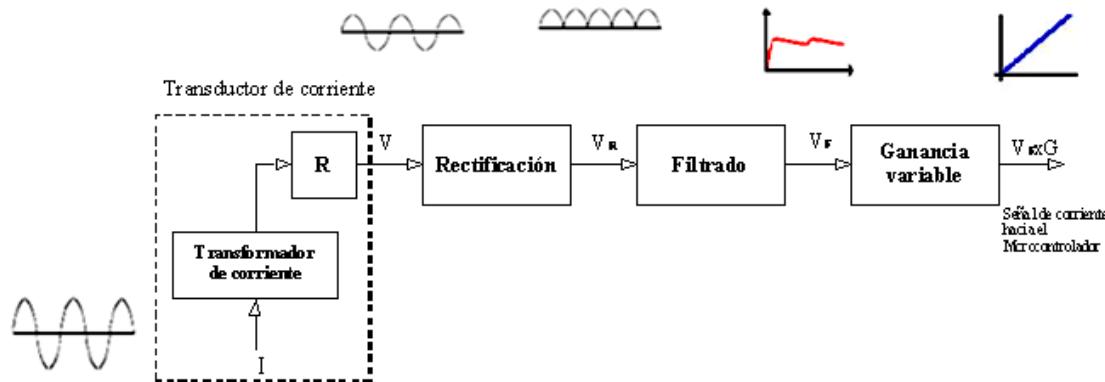


Figura 2.7 Diagrama de bloques del circuito de adquisición de corriente

En esta parte del sistema, se usará un sensor de corriente, una resistencia conectada en tipo shunt, un transformador de potencial y elementos electrónicos para el acondicionamiento de la señal.

Los elementos electrónicos, son utilizados con el fin de adecuar la señal a un valor de 0 a 5 voltios pico-pico, que es el valor de trabajo del ADC (conversor analógico-digital), que usa el microcontrolador, para posteriormente ser enviada al módulo de procesamiento de datos.

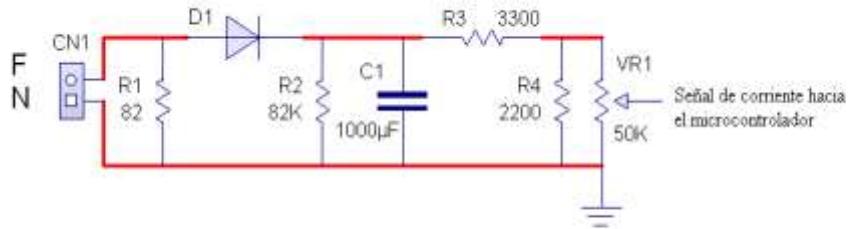


Figura 2.8 Diagrama de adquisición de corriente

En la figura anterior se muestra el circuito de acondicionamiento de señal de corriente, la misma que es recibida por medio de los equipos de sensado fig. 2.6 (transformador de corriente, transformador elevador de señal, resistencia shunt), que son los encargados de entregar al circuito niveles aceptables y apropiados de corriente.

2.2.7 Adquisición de señal de tensión

La adquisición de tensión es muy similar a la adquisición de corriente descrita en el punto anterior. Se debe tomar en cuenta que debe existir un aislamiento entre el sensor y la fase de alimentación. Para este aislamiento se utilizó un transformador debido a sus características de linealidad.



2.2.7.1 Diseño del sensor de voltaje

- **Transformador de potencial para sensado de voltaje**

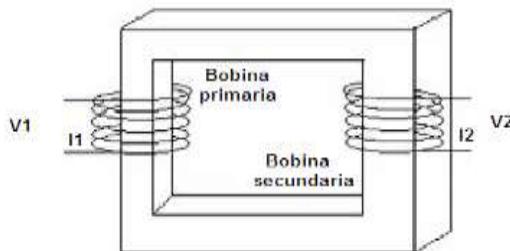


Figura 2.9 Transformador

El transformador es un componente indispensable en muchos sistemas de conversión de energía, se usa ampliamente en circuitos electrónicos y de control de bajo voltaje para efectuar funciones como reductor de tensión, y medición de datos de la red.

El transformador de tensión en el equipo tiene dos funciones principales: sirve para alimentación de energía del equipo y como transformador de medida, adecuando el nivel de tensión requerido; su devanado primario se conecta en paralelo con la carga cuyo voltaje se desea medir; el secundario al circuito que realiza la toma de datos, puesto que su objetivo principal es el muestreo.

Características eléctricas:

- Voltaje de entrada en el devanado primario 110/220 V
- Frecuencia 50-60 Hz



- Voltaje de salida en el devanado secundario 12/24V
- Intensidad de corriente 500mA
- Clase 0.5

2.2.7.2 Circuito para adquisición de datos de voltaje

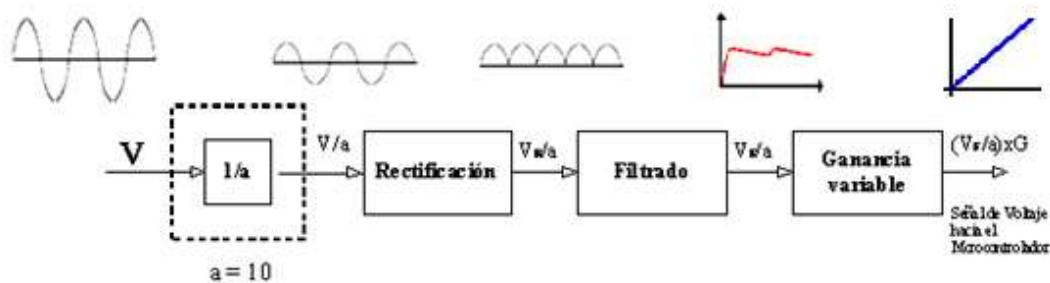


Figura 2.10 Diagrama de bloques del circuito de adquisición de voltaje

El voltaje de ingreso es reducido por medio de un transformador a una relación de 10:1, este voltaje sirve para realizar el proceso de calibración para representar la señal de ingreso del microcontrolador de manera lineal, haciendo que, cuando el voltaje sea la décima parte del voltaje de red, se tenga en el ingreso al microcontrolador un nivel de +5Vdc.

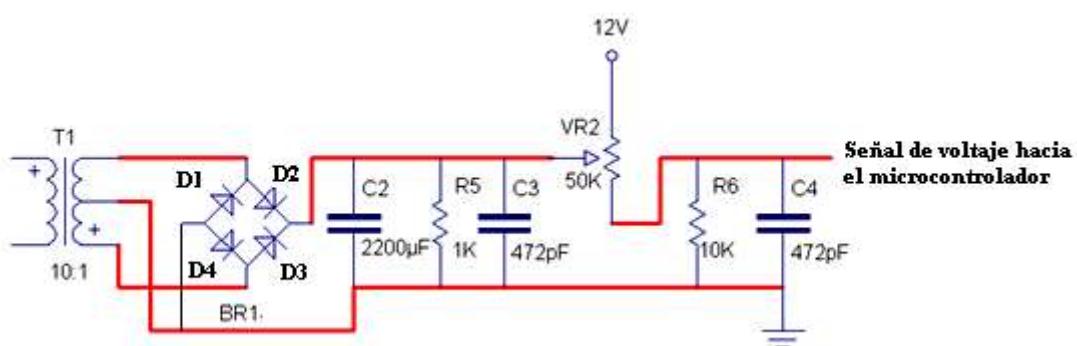


Figura 2.11 Diagrama de adquisición de voltaje



El circuito de acondicionamiento de señal de voltaje, recibe su señal por medio del equipo de sensado (transformador de potencial), que se encarga de entregar al circuito un nivel aceptable de voltaje.

Este circuito cumple con la función de rectificar y ajustar la tensión a un nivel adecuado para que pueda ser procesada y muestrada.

Debido a que el transformador de potencia alimenta con corriente alterna al circuito, se necesita un rectificador de onda completa, donde se mejora el nivel de entrada senoidal. La red más familiar para desarrollar tal función está dada por cuatro diodos en configuración puente. Durante el periodo $t=0$ a $T/2$, los diodos D2 y D3 están conduciendo, mientras que D1 y D4 están en polarización inversa, por lo tanto se tiene una trayectoria de conducción para la región positiva. Asimismo para la trayectoria de conducción para la región negativa, los diodos D1 y D4 están conduciendo, mientras que D2 y D3 están en polarización inversa, durante el periodo de $t = T/2$ a T .

Se obtiene la forma de una onda rectificada completa. A la salida del puente de diodos lo que se hace es conectar un condensador para rectificar la onda y conseguir un nivel de corriente continua deseado.

En el diseño del circuito existe un divisor de tensión, que es una configuración que divide la tensión de una fuente entre una o más impedancias conectadas en serie, esto es necesario para tener niveles de tensión adecuados para



que el procesador realice el muestreo de la señal; el capacitor de 47pF se emplea para eliminar ruido.

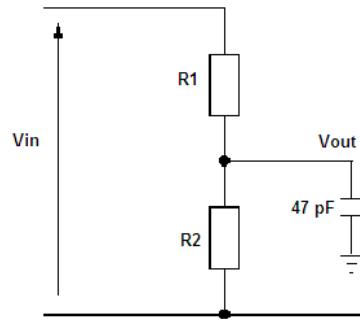


Figura 2.12 Configuración del divisor de tensión

La tensión de la salida V_{out} , es el voltaje a extremos de R_2 y viene dada por:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} V_{in}$$

2.2.8 Diseño de la fuente de alimentación

2.2.8.1 Circuito de la fuente de poder

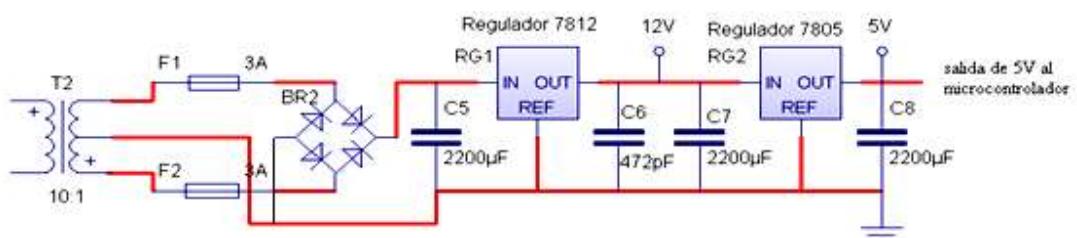


Figura 2.13 Diagrama de la fuente de poder

Muchos circuitos necesitan para su funcionamiento, una fuente de poder o alimentación.

La señal de entrada, que va al primario del transformador, es una onda senoidal (110/120 voltios corriente alterna).



Para lograr obtener corriente continua, la entrada de corriente alterna debe seguir un proceso de conversión como el que se muestra en el diagrama:

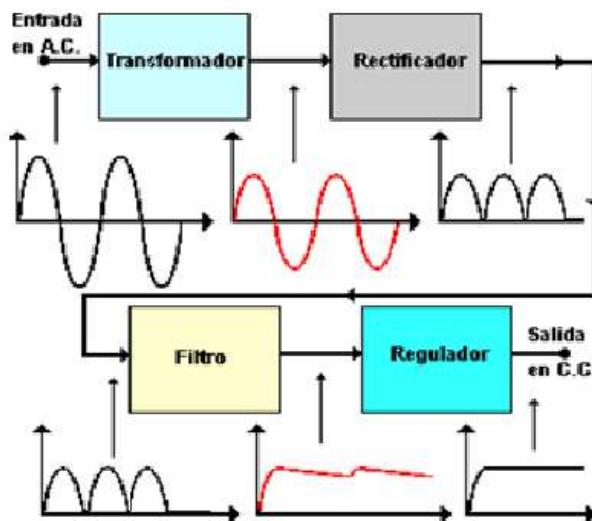


Figura 2.14 Proceso de Conversión

El transformador entrega en su secundario una señal con una amplitud menor a la señal de entrada y ésta deberá tener un valor que concuerde con la tensión final, de corriente continua y voltaje, que se desea obtener.

El rectificador convierte la señal anterior en una onda de corriente pulsante, y en el caso del diagrama, se utiliza un rectificador de onda completa (elimina la parte negativa de la onda).

El filtro, formado por condensadores, rectifica la onda anterior eliminando el componente de corriente alterna que entregó el rectificador. Los capacitores se cargan al valor máximo de voltaje entregado por el rectificador y se descargan lentamente cuando la señal pulsante desaparece.



El regulador recibe la señal proveniente del filtro y entrega un voltaje constante sin importar las variaciones en la carga.

Los reguladores proporcionan un voltaje de salida fijo y se encuentran disponibles en un rango diverso de valores de salida; son seleccionados para operar con voltajes positivos o negativos. La familia 78 consiste en circuitos integrados reguladores positivos, mientras que la serie 79 trabaja con valores de tensión negativos en su salida.

Como se ve en la figura 2.13 para el desarrollo del registrador electrónico se necesitan solamente dos niveles de tensión positivos.

2.2.9 Procesamiento de datos

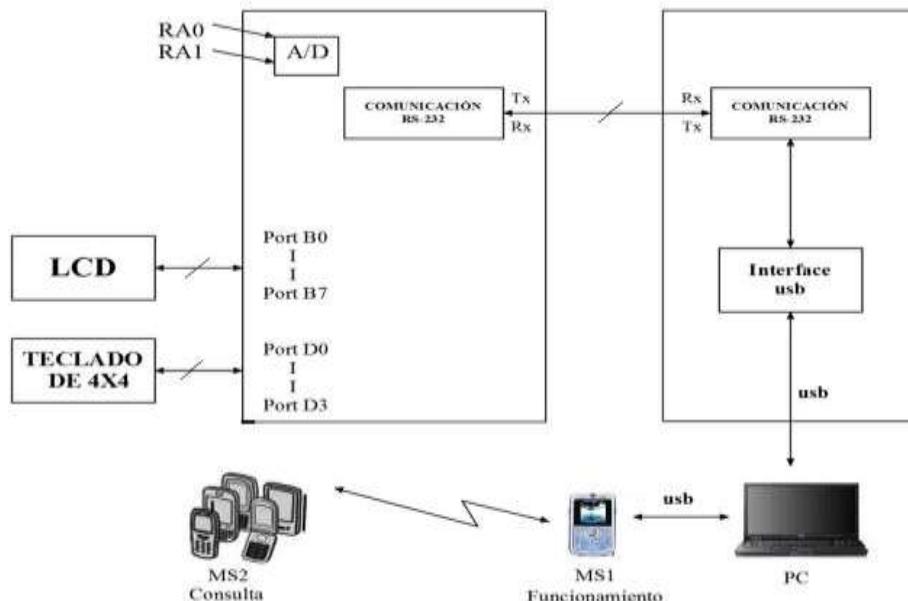


Figura 2.15 Diagrama de bloques general del procesamiento de datos; interface de comunicación e interface de usuario



Se emplean dos microcontroladores:

El primer microcontrolador realiza las siguientes funciones: conversión analógico-digital, para dos canales de ingreso; manejo de periféricos de entrada y salida (teclado matricial de 4x4 y un dispositivo de visualización 8 bits, usando el puerto D y B respectivamente).

El segundo microcontrolador se encarga de: comunicación entre microcontroladores mediante interfaz RS-232 para proceder a la transferencia de datos del cálculo de energía; permite la comunicación entre el prototipo y una computadora externa mediante interfaz USB.

El computador personal dispone de una interface de usuario por medio de una pantalla de visualización que presenta datos de: energía consumida en KWh, costo de la energía consumida y proyección de consumo.

Dispositivo móvil de comunicación con el usuario: proporciona la información de consumo al usuario mediante la red celular.

Dispositivo móvil de usuario: permite realizar la consulta de datos al usuario.

2.2.9.1 Microcontrolador para procesamiento de datos

- Definición**

Cada vez existen más productos que incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sustancialmente sus prestaciones, reducir su tamaño, costo, y mejorar su fiabilidad. Aunque el concepto de controlador ha



permanecido invariable a través del tiempo, su implementación física ha variado. Tres décadas atrás, los controladores se construían exclusivamente con componentes de lógica discreta, posteriormente se emplearon los microprocesadores, que se rodeaban con chips de memoria sobre una tarjeta de circuito impreso. En la actualidad, todos los elementos del controlador se han podido incluir en un chip, el cual recibe el nombre de microcontrolador. (¹⁵ Texto tomado de JOSE ADOLFO GONZALEZ VASQUEZ, *Introducción a los Microcontroladores*, McGRAW-HILL/ INTERAMERICANA DE ESPAÑA. S.A., España, 1992)

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos. Estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador o de alto nivel por el usuario, y son introducidos a través de un programador.

- **Procesador**

Es el elemento más importante del microcontrolador y tiene sus principales características, tanto a nivel hardware como a nivel de software. Encargado de direccionar la memoria de instrucciones, la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado, etc. (¹⁶ Texto tomado de JOSE ADOLFO GONZALEZ VASQUEZ, *Introducción a los Microcontroladores*, McGRAW-HILL/ INTERAMERICANA DE ESPAÑA. S.A., España, 1992)



- **Memoria**

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Debe ser no volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones de la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las variables y los datos. (¹⁷ Texto tomado de JOSE ADOLFO GONZALEZ VASQUEZ, *Introducción a los Microcontroladores*, McGRAW-HILL/ INTERAMERICANA DE ESPAÑA. S.A., España, 1992)

- **Puertas de entrada y salida**

El principal uso de los pines que posee un microcontrolador es soportar las líneas de E/S que comunican al computador interno con los periféricos exteriores.

- **Lenguajes de programación**

Se han desarrollado todo tipo de lenguajes para los microcontroladores, pero los más usados son el Ensamblador, el BASIC y el C.

Los programas escritos en Ensamblador son compactos y rápidos, sin embargo, si no están bien realizados serán de grandes tamaños y además lentos. Los lenguajes de alto nivel como el BASIC y el C son más fáciles de comprender y por tanto de diseñar.



- **Microcontroladores PICS**

Para la realización de la parte práctica de esta tesis se ha elegido una plataforma de Microchip por diversos motivos; entre otros se tiene:

1. Por el soporte (cantidad de información) disponible sobre estos microcontroladores.
2. Por su sencillez de manejo, tiene 35 instrucciones en la gama media.
3. Por su precio, es comparativamente inferior al de sus competidores.
4. Por su velocidad, por la cantidad de recursos especiales que estos poseen y bajo consumo de energía, etc.
5. Una de las razones por las que se escogió trabajar con los microcontroladores de microchip es por la fácil obtención de estos en el mercado.
6. Posee gran cantidad de herramientas de soporte, tanto en software como de hardware, baratas y fáciles de utilizar.

El procesador PIC 18F4550 posee una gran variedad de características que han sido de gran ayuda para el desarrollo de este proyecto, es el encargado de realizar cálculos y también comunicaciones con los periféricos del equipo.

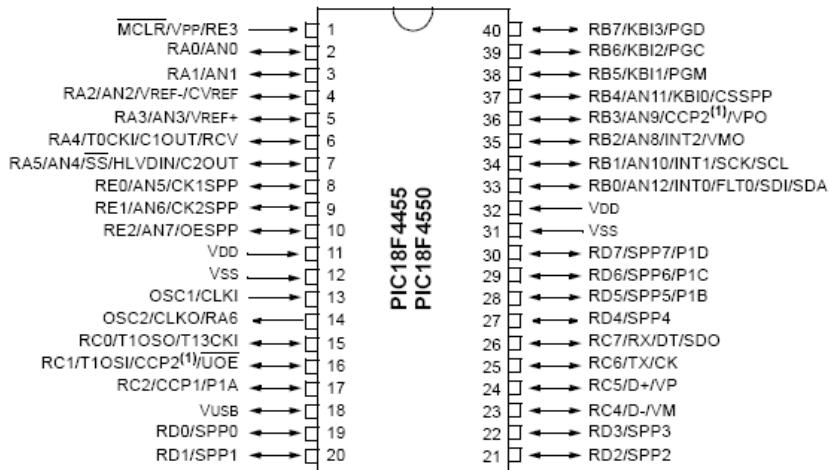


Figura 2.16 Descripción física del microcontrolador PIC 18F4550

⁽¹⁾Figura tomada de ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf)

Las características fundamentales de la familia 18 son las siguientes:

- 16- bit con 8- bit de datos.
- Desde 18 a 80 pines
- Hasta 64K bytes de programa (hasta 2 Mbyte en ROM)
- Hasta 3968 bytes de RAM y 1KBytes de EEPROM
- Frecuencia máxima de reloj 40Mhz.
- Pila de 32 niveles.
- Múltiples fuentes de interrupción
- Periféricos de comunicación avanzados (CAN y USB)
- Interrupciones 20
- Líneas de E/S 35
- Temporizadores 4



- Canales de comunicación serie MSSP,EUSART
- Canal USB 1
- Puerto paralelo de transmisión de datos (SPP) 1
- Canales de conversión A/D 13 canales
- Comparadores analógicos 2

Así, el procesamiento de datos se lo realiza con el microcontrolador de la marca Microchip y modelo PIC 18F4550, para:

- Procesar datos de energía eléctrica consumida por el abonado.
- Procesar datos de costos, de energía consumida.
- Proyección de costos por energía consumida, en el tiempo de un mes.
- Permite comunicación entre el equipo y el usuario a través de dispositivos externos.

El procesador PIC 18F4550 es el encargado de configurar y manejar la pantalla LCD y el teclado matricial.

Como se observa en el siguiente circuito (figura 2.17) el procesador toma los datos de corriente y voltaje acondicionados por procesos anteriores, por el pin 2 y 3, y los digitaliza por medio de sus conversores analógico-digital (ADC).

Los pines de conexión para el teclado y la pantalla están ubicados en el puerto B y C del procesador, además en los pines RC6 y RC7 están encargados de la transmisión de datos registrados hacia el PIC 2 (USB) mediante el protocolo RS-232.



Existen otros elementos necesarios para el correcto funcionamiento del PIC, el oscilador de reloj de 20Mhz, alimentación de +5V, conexión a tierra, circuito de reset, etc.

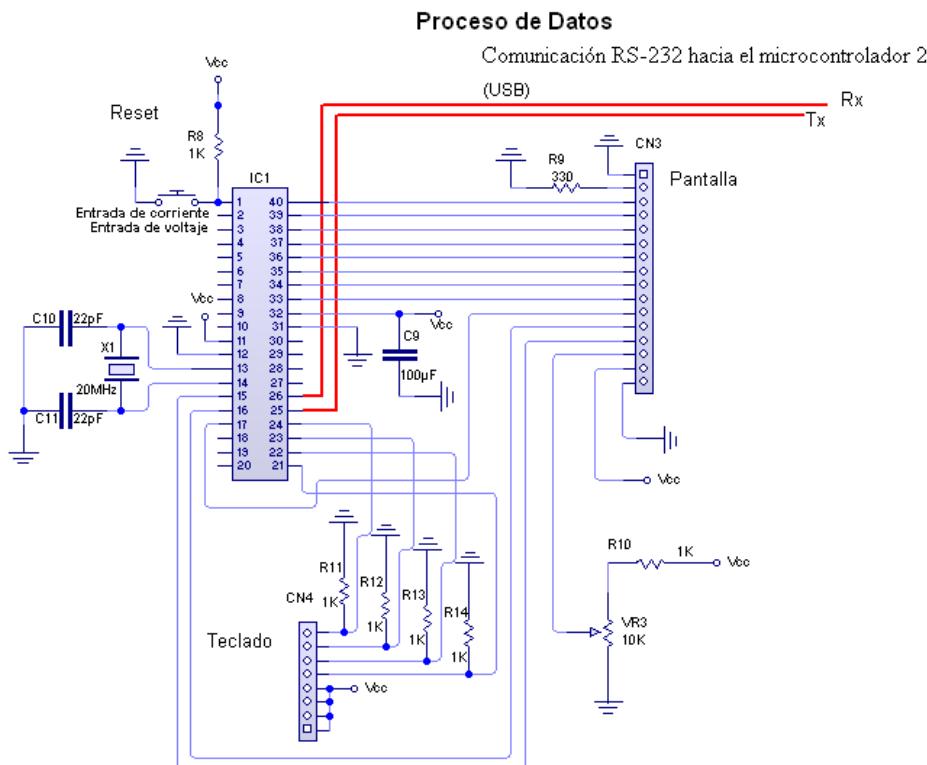


Figura 2.17 Diagrama de procesamiento de datos

2.2.9.2 Periférico interno del microcontrolador

- Manejo del ADC del procesador

El módulo de conversión analógico/digital del PIC 18F4550 dispone de trece entradas para los otros dispositivos de 40 pines.

El convertidor A/D puede seleccionar como tensión de referencia la interna VDD y masa o bien una externa que se introduzca entre RA3/AN3/VREF+ y RA3/AN3/VREF.



El módulo A/D tiene cinco registros. Estos registros son:

ADRESH: Parte alta del resultado de la conversión

ADRESL: Parte baja del resultado de la conversión

ADCON0: Registro de Control 0

ADCON1: Registro de Control 1

ADCON2: Registro de Control 2

Para mayor información de los registros de control del convertidor y los pasos para realizar una conversión analógica-digital, se puede consultar en el manual de microchip para el microcontrolador 18F4550, capítulo 21, página 259.

2.2.9.3 Periféricos externos del microcontrolador

- **Pantalla LCD**

Es una pantalla de cristal líquido o LCD (*Liquid Crystal Display*), delgada y plana formada por un número de píxeles colocados delante de una fuente de luz.



Figura 2.18 Pantalla LCD de 2x16 caracteres

Se emplea para presentar los datos de:



- Energía consumida actual (KWh)
- Facturación de energía en tiempo real (\$)
- Facturación de energía proyectada para 30 días (\$)

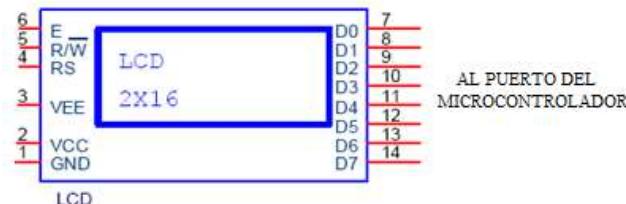


Figura 2.19 Pines de la pantalla LCD

Los displays LCD son mayoritariamente estándar y se controlan de formas muy parecidas. En la figura se puede ver los elementos básicos de un display LCD estándar. Por un lado se tiene el bus de datos D0..D7 que en este caso está conectado al puerto del microcontrolador. Este bus de datos puede ser de entrada al LCD (para escribir caracteres y enviar instrucciones) o puede ser de salida del LCD (para poder leer el estado por ejemplo).

- **Descripción de los Pines de conexión con el microcontrolador**

- Pin 1: Terminal de masa (GND)
- Pin 2: Terminal de alimentación a una tensión de +5V
- Pin 3: No conectado
- Pin 4: Terminal de selección (RS) de registros internos del módulo LCD
- Pin 5: Terminal de lectura y escritura (R/W) del módulo LCD



- Pin 6: Terminal de selección o habilitación del módulo (E)
- Pin 7: Línea del bus de datos (D0)
- Pin 8: Línea del bus de datos (D1)
- Pin 9: Línea del bus de datos (D2)
- Pin 10: Línea del bus de datos (D3)
- Pin 11: Línea del bus de datos (D4)
- Pin 12: Línea del bus de datos (D5)
- Pin 13: Línea del bus de datos (D6)
- Pin 14: Línea del bus de datos (D7)

- **Inicialización de la pantalla LCD**

El proceso de inicialización consiste en enviar una secuencia de códigos hexadecimales desde el puerto B (entrada y salida) del microcontrolador. La secuencia de inicialización enciende el cursor y borra el display.

- **Teclado matricial**

Sirve como medio de interfaz equipo-usuario para seleccionar el valor que se desea visualizar en la pantalla LCD.



Figura 2.20 Teclado matricial 4x4



El teclado matricial es un dispositivo de entrada de datos que consta de 16 teclas o pulsantes, dispuestos e interconectados en filas y columnas. Dispone de un conector SIL (Single In Line) macho de 8 pines que se corresponden con las cuatro filas y las cuatro columnas de las que dispone.

La mayoría de los teclados se leen por una técnica de exploración consistente en ir leyendo consecutivamente las filas o las columnas de éste. La disposición en matriz de los teclados responde a la necesidad de leer gran cantidad de conmutadores con pocas líneas de entrada, si se necesitaría una línea por cada tecla del teclado de un PC, serían necesarias más de 100 líneas. A continuación se muestra un esquema de un típico teclado matricial 4x4 y la conexión directa a un puerto del microcontrolador. Las resistencias de pull-up no son necesarias en el caso de que el teclado se conecte a puertos con pull-up interna:

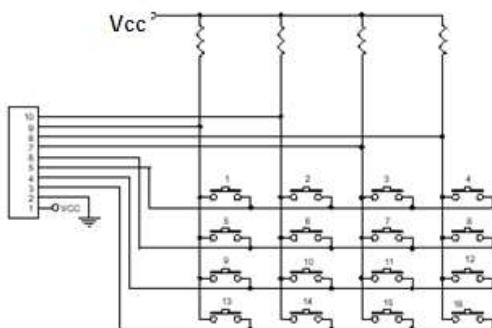


Figura 2.21 Conexión del teclado matricial

La tecla 1 despliega el valor de facturación de energía y la tecla 2 despliega el valor de facturación de energía proyectada a 30 días.



2.2.9.4 Protocolos de comunicación

En la actualidad la mayoría de dispositivos periféricos ya sean estos, reloj de tiempo real, sensores de temperatura, memorias como microcontroladores, tiene pines de E/S que les permite comunicarse con otros microcontroladores o con una CPU. Para que se realice esta comunicación, que por lo general es una transmisión serial se emplean distintos protocolos.

Estos pueden ser sincrónicos y asincrónicos. En este apartado se pretende mostrar el funcionamiento del protocolo de transmisión asincrónico RS232.

2.2.9.4.1 RS-232

RS-232 fue desarrollado en 1960 como un estándar para permitir la interconexión entre terminales y módems.

En las aplicaciones de los microcontroladores es muy común utilizar los puertos seriales del computador conjuntamente con un software de aplicación apropiado a fin de establecer una comunicación entre el PC y el sistema basado en microcontroladores o comunicación entre microcontroladores.

- **Comunicación serial**

La principal ventaja de la comunicación serial es el uso de menos líneas cuando se lo compara con la comunicación paralela. Efectivamente un enlace serial puede ser realizado con apenas tres líneas, una para transmisión, una para recepción y una tercera común a las dos anteriores o retorno. También la transmisión puede ser *Half Duplex* o



Full Duplex y la velocidad de transmisión es variable pero estandarizada. La siguiente figura muestra el formato de la transmisión serial asíncrono estándar. En ella se puede distinguir un bit de comienzo, 8 bits correspondientes al carácter y un bit de parada.

Los bits correspondientes al carácter son transmitidos comenzando con los LSB. (¹⁹ Texto tomado de MIKE GARBUTT, *Asynchronous Communications with the PICmicro® USART*, AN774, Microchip Technology Inc, DS00774A, U.S.A., 2003)

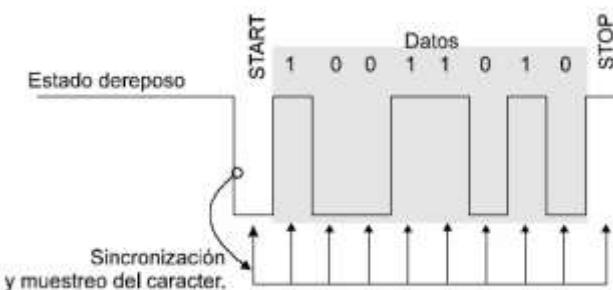


Figura 2.22 El estándar EIA RS-232C

(²⁰ Figura tomada de MIKE GARBUTT, *Asynchronous Communications with the PICmicro® USART*, AN774, Microchip Technology Inc, DS00774A, U.S.A., 2003)

- **Protocolo de comunicación serial asíncrono estándar**

El protocolo define una serie de reglas a fin de estandarizar la técnica de comunicación. En este caso se establece un bit de comienzo activo 0 y un bit de parada lógico activo 1. También se contempla velocidades de transmisión estándar: 75, 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 y 19200 bit/seg.

Diferentes parámetros deben ser especificados cuando se configura un puerto serial, los más comunes son:

1. Bits por carácter, usualmente de 5 a 8 bits por carácter



2. Número de stop bits, normalmente 1 o 2
3. Bit de paridad, usado para detectar un error en un único bit, puede ser especificado como par o impar o sin paridad
4. Velocidad de transmisión, que para este caso es de 9600 bit/seg

2.2.10 Interface de comunicación

2.2.10.1 Microcontrolador para interface de comunicación

Para la comunicación de datos se usa un microcontrolador de la marca Microchip y modelo PIC 18F4550, del cual su principal uso es aprovechar el puerto USB que posee. El procesador 2 (USB) tiene la función de tomar los datos registrados por el procesador 1 (procesamiento de datos) usando el protocolo RS-232, y transmitirlos a la PC mediante el protocolo USB.

Es necesario tener un microcontrolador dedicado para comunicación USB por que éste procesador se encarga de siempre mantener una comunicación activa entre el prototipo y el host (PC), enviando información cada vez que ésta es registrada.

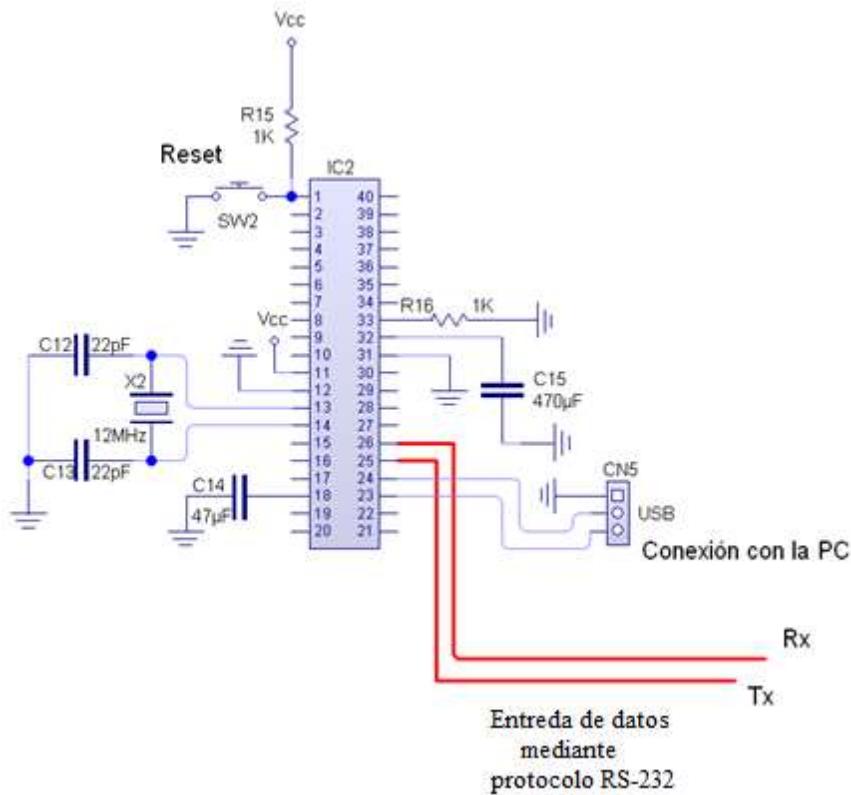


Figura 2.23 Diagrama de comunicación de datos

2.2.10.2 Características en el proceso de interface de comunicación

- Realiza una comunicación con el microcontrolador de procesamiento de datos usando el protocolo RS-232
- Realiza una comunicación con la interfaz de usuario (PC o host) usando el protocolo USB

2.2.10.3 Protocolos de comunicación

2.2.10.3.1 Protocolo USB

USB transfiere señales y energía a los periféricos utilizando un cable de 4 hilos, apantallado para transmisiones a 12 Mbps y no apantallado para transmisiones a 1.5 Mbps. El



calibre de los conductores destinados a alimentación de los periféricos varía desde 20 a 26 AWG, mientras que el de los conductores de señal es de 28 AWG. La longitud máxima de los cables es de 5 metros. Por lo que respecta a los conectores hay que decir que son del tipo ficha (o conector) y receptáculo, para este caso se ha empleado el conector de la serie A, el mismo que presenta las cuatro patillas correspondientes a los cuatro conductores alineadas en un plano. El color recomendado es blanco sucio y los receptáculos se presentan en cuatro variantes: vertical, en ángulo recto, panel y apilado en ángulo recto. Se emplean en aquellos dispositivos en los que el cable externo, está permanentemente unido a los mismos, tales como teclados, ratones, y hubs o concentradores. (²¹ Texto tomado de www.Universal Serial Bus Revision 2.0 specification.pdf).

- **Las principales características del bus son:**

- Disponibilidad desde algunos kilobits a varios megabits
- Transferencia isócrona y asíncrona en el mismo bus
- Varios tipos de periféricos en el mismo bus
- Posibilidad de conectar hasta 127 periféricos
- Tiempo de respuesta garantizado (para audio y vídeo)
- Fiabilidad, control de errores
- Perfectamente integrado en el PC, plug and play (conectar y usar)
- Posible expansión del bus

(²² Texto tomado de www.Universal Serial Bus Revision 2.0 specification.pdf).



- **Aspecto eléctrico**

A nivel eléctrico, el cable USB transfiere la señal y la alimentación sobre 4 hilos.

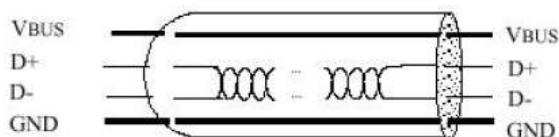


Figura 2.24 Aspecto eléctrico del conector USB

2.2.11 Interface de usuario (PC)

2.2.11.1 Definición

Es la encargada de procesar los datos que han sido transmitidos desde el registrador, los mismos que son visualizados en una ventana, correspondientes a valores de consumo y facturación, todos los datos que el registrador envía a la PC son almacenados en un registro de datos y sirven como registros para el usuario.

El programa usado en el ordenador se encarga de configurar el teléfono celular como módem, para poder enviar datos registrados y costos de consumo.

2.2.11.2 Periféricos externos acoplados al computador personal (PC)

2.2.11.2.1 Registrador electrónico monofásico

El principal periférico externo acoplado al computador personal es el registrador electrónico que tiene una conexión USB activa con la PC, el prototipo envía los datos



registrados de consumo de energía al computador personal.

2.2.11.2.2 Módem GSM

Otro periférico externo acoplado al computador personal es el módem GSM que tiene una conexión USB activa con la PC

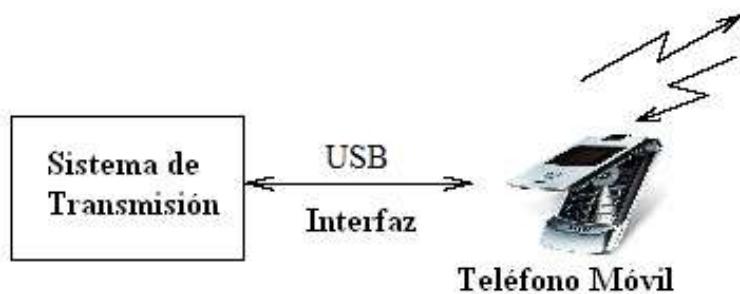


Figura 2.25 Esquema de envío/recepción de mensajes SMS empleando un teléfono móvil

En este trabajo se describe el servicio SMS **Short Message Service** desde un punto de vista práctico. El empleo de SMS como canal de comunicación para información de monitoreo, resulta en la actualidad muy práctica debido a la amplia cobertura que tiene la telefonía móvil, junto con los precios considerablemente bajos en relaciones a las prestaciones que este servicio suministra.

2.2.11.2.3 Generalidades de la red GSM

GSM (Global System for Mobile Communication) es un sistema de comunicaciones móviles completamente definido, para la comunicación mediante teléfonos móviles que incorporan tecnología digital. Por ser digital cualquier cliente de GSM puede conectarse a través de su teléfono



con su ordenador y puede, enviar y recibir mensajes por e-mail, faxes, navegar por Internet, acceso seguro a la red informática de una compañía (LAN/Intranet), así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo el Servicio de Mensajes Cortos (SMS) o mensajes de texto. El interfaz de radio de GSM se ha implementado en diferentes bandas de frecuencia, por asuntos legales de disponibilidad de frecuencias no asignadas.

(²³ Texto tomado de GSM UMTS 3GPP Numbering Cross Referente, Version 1.1, *How to find and download the standards and reports you need ...*<http://webapp.etsi.org/key/queryform.asp>).

Banda	Nombre	Canales	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Notas
GSM 850	GSM 850	128 - 251	824,0 - 849,0	869,0 - 894,0	Usada en los EE.UU., Sudamérica y Asia.
GSM 900	P-GSM 900	1-124	890,0 - 915,0	935,0 - 960,0	La banda con que nació GSM en Europa y la más extendida
	E-GSM 900	975 - 1023	880,0 - 890,0	925,0 - 935,0	E-GSM, extensión de GSM 900
	R-GSM 900	n/a	876,0 - 880,0	921,0 - 925,0	GSM ferroviario (GSM-R).
GSM1800	GSM 1800	512 - 885	1710,0 - 1785,0	1805,0 - 1880,0	
GSM1900	GSM 1900	512 - 810	1850,0 - 1910,0	1930,0 - 1990,0	Usada en Norteamérica, incompatible con GSM-1800 por solapamiento de bandas.

Tabla 2.2 Bandas de frecuencias SMS

(²⁴ Tabla tomada de GSM UMTS 3GPP Numbering Cross Referente, Version 1.1, *How to find and download the standards and reports you need ...*<http://webapp.etsi.org/key/queryform.asp>).

2.2.11.2.4 Uso de SMS para monitoreo

El objetivo que cumplen los celulares, es realizar una comunicación entre el equipo-usuario mediante el uso de mensajes SMS, uno de estos teléfonos se conecta a la PC para ser configurado como módem y ser el encargado de transmitir los datos registrados por el equipo.

Cuando el cliente requiera tener conocimiento en su celular del consumo y facturación de energía, puede solicitarlo desde su teléfono móvil (celular de consulta).



El Servicio de Mensajes Cortos SMS, definido dentro de la norma telefónica móvil GSM 900/ 1800 / 1900 digital tiene varios rasgos distintivos:

Un solo mensaje corto puede tener 160 caracteres (codificados en 7 bits) o 140 caracteres (codificado en 8 bits) de texto en la longitud, estos mensajes son generalmente no visibles por los teléfonos como mensajes del texto, ya que estos se utilizan para imágenes y tonos de sonido. Esos 140 / 160 caracteres pueden comprender palabras, números o una combinación alfanumérica, “non-texto” basado en mensajes cortos.

Los mensajes cortos pueden enviarse y recibirse simultáneamente, esto es posible considerando que la voz y datos toman un canal del radio especializado para la duración de la llamada.

En el Servicio de Mensajes Cortos no se envían los mensajes directamente del remitente al destinatario, sino vía un Centro de SMS (SMSC). Cada red del teléfono móvil SMS tiene uno o más SMSC para manejar y manipular los mensajes cortos. El SMSC proporciona la confirmación de entrega del mensaje, tal como: el reconocimiento, el esquema de codificación y el tiempo de almacenamiento de un mensaje corto en el SMSC.

(²⁵ Texto tomado de Juan González Gómez, *EL SERVICIO SMS: UN ENFOQUE PRACTICO*, Trabajo de doctorado de la asignatura, Nuevas tecnologías para las comunicaciones, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática UAM, 2002).



Figura 2.26 Transferencia SMS

El servicio SMS se divide en dos servicios básicos:



1. **SM MT** (Short Message Mobile Terminated Point-to-Point). Servicio de entrega de un mensaje desde el SMSC hasta una MS (mobile sistem), obteniéndose un informe sobre lo ocurrido.
2. **SM MO** (Short Message Mobile Originated Point-to-Point). Servicio de envío de un mensaje desde una MS hasta un SMSC, obteniéndose un informe sobre lo ocurrido.

En la arquitectura SMS se definen cuatro capas, la de interés en nuestro desarrollo es la capa SMTL (**S**hort **M**essage **T**ransfer **L**ayer), en esta capa se realiza el servicio de transferencia de un mensaje corto entre una MS y un SMSC (en ambos sentidos) y obtención de los correspondientes informes sobre el resultado de la transmisión. Esta capa emplea el protocolo SMTP para el flujo de datos.

(²⁶ Texto tomado de Juan González Gómez, *EL SERVICIO SMS: UN ENFOQUE PRACTICO*, Trabajo de doctorado de la asignatura, Nuevas tecnologías para las comunicaciones, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática UAM, 2002).

- **Teléfono móvil usado como módem GSM**



Figura 2.27 Motorola L6

Se ha escogido la tecnología móvil para poder contar con información de consumo y facturación de energía en



cualquier lugar de cobertura y a cualquier hora sin necesidad de intermediarios o algún otro accesorio.

Se utiliza el teléfono celular Motorola L6 GSM porque el proceso de instalación no representa mayor complejidad ya que este equipo dispone de los drivers o controladores necesarios para su funcionamiento, los cuales vienen incluidos en el paquete al momento de la adquisición del teléfono.

Además es necesario anotar que no todos los modelos de teléfonos GSM pueden ser utilizados para este fin, ya que muchos soportan una limitada cantidad de comandos AT requeridos para el manejo del módem y de los mensajes SMS, que además existen en dos tipos, modo PDU (Protocol Description Unit) y modo TEXTO, siendo el modo texto el predefinido y soportado por el sistema del registrador.

Es importante recordar que el mensaje está compuesto íntegramente por más información aparte del texto que un usuario puede enviar o recibir, es decir dentro del mensaje se encuentra información como: fecha, hora, número emisor, datos de la operadora, con lo cual es posible verificar la autentificación de los usuarios dentro del sistema, entre otras funcionalidades.

La consulta se puede realizar mediante cualquier celular GSM, Movistar, Porta, Alegro.



- **Tipos de consultas**

- **Automáticas**

El sistema puede proporcionar información a ciertos usuarios que así lo deseen de manera automática según el tipo de información y los horarios inicialmente establecidos.

En esta consulta se proporcionará el último ingreso realizado en el sistema.

- **Manuales**

Son consideradas dentro de este tipo aquellas consultas que son realizadas directamente por el usuario a través de su dispositivo móvil.

Para ser procesadas este tipo de consultas, es necesario realizar previamente un control sobre el número emisor del mensaje para corroborar que es un usuario registrado en el sistema y que tiene los privilegios necesarios para realizar este tipo de transacciones, para el caso de esta tesis se ha escogido el tipo de consulta manual.

- **Comandos AT**

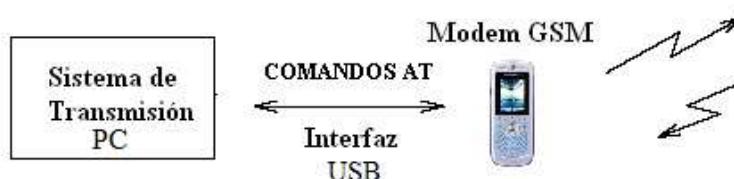


Figura 2.28 Esquema de envío/recepción de mensajes SMS empleando un módem GSM

Estos comandos representan una herramienta fundamental en la comunicación, ya que el equipo móvil los reconoce y



establece una conexión del tipo pregunta respuesta con la estación, todo comando enviado hacia y desde el equipo móvil generará una respuesta inmediata lo que se traduce más tarde en poder elaborar la lista de parámetros necesarios para leer y enviar mensaje SMS.

Control de llamada:

Estos son algunos de los comandos más comunes para el control de llamadas.

- AT Atención.
- ATA Contestar llamada.
- ATD Comando para llamar.
- ATH Desconectar una llamada.

- **Celular de consulta (usuario)**

Es un equipo celular móvil mediante el cual se puede tener acceso a información de consumo y facturación de energía.

El usuario puede realizar una consulta directamente con el registrador a través de su dispositivo móvil con un SMS, se realiza un control del contenido del mensaje y del número con el cual se verifica que es un usuario registrado, el equipo toma la información actual recolectada por el registrador y responde con un mensaje al usuario.

La consulta se puede realizar mediante cualquier celular GSM, Movistar, Porta, Alegro.

2.2.12 Estructura externa y partes físicas del registrador



Para el diseño del registrador electrónico se va a analizar en forma general sus diferentes componentes:



Figura 2.29 Registrador electrónico

2.2.12.1 La estructura externa: Consiste en una caja rectangular de material plástico, cuya función es almacenar tarjetas electrónicas, transformadores y otros elementos necesarios para completar el sistema; las dimensiones son las siguientes:

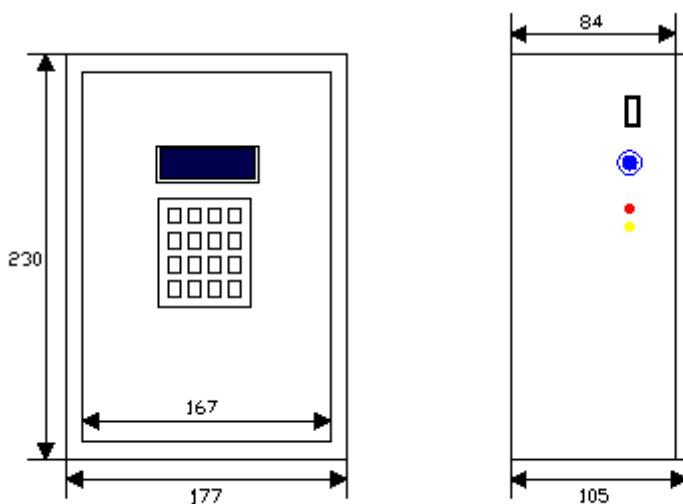


Figura 2.30 Dimensiones de la estructura externa del registrador electrónico



2.2.12.2 Conector y cable USB

- **Conector**



Figura 2.31 Conector USB Tipo A

El conector Serie A está pensado para todos los dispositivos USB que trabajen sobre plataformas de PC y ha sido elegido porque es común en el mercado.

- **Cable**



Figura 2.32 Cable USB Tipo A

El conector tipo A tiene su propio cable USB, la máxima longitud del cable es 5mts y es utilizado como interfaz de comunicación entre el registrador y la PC.

Según la normativa USB 2.0 es necesario que el conector USB tenga las siguientes características mostradas en la figura 2.33.

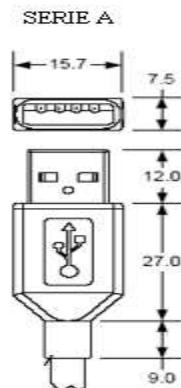


Figura 2.33 Especificación de medidas según la norma USB 2.0
(²⁷ Figura tomada de www.Universal Serial Bus Revision 2.0 specification.pdf)

2.2.12.3 LEDs de señalización

- Led (rojo) exterior: Indica que está energizada la tarjeta de procesamiento de datos.
- Led (rojo) interior: Indica que la fuente de alimentación está encendida.
- Led (amarillo): Se enciende cuando el equipo transmite el primer dato vía USB.

2.2.12.4 Switch ON/OFF

Su función es encender y apagar el equipo.

Características eléctricas:

- 4A
- 125 V

2.2.12.5 Perilla (azul)

Controla el contraste de la pantalla LCD.



2.2.12.6 Tipo y características de la batería



Figura 2.34 Batería de 9 V

Es una pila seca de 9 voltios, constituida internamente por un conjunto estándar de seis células de zinc-carbono o alcalinas.

En el momento que el equipo se encuentre desenergizado debido a un corte de energía la batería suministra energía al equipo para continuar con su funcionamiento.

- **Circuito para el uso de la batería**

Cumplen la función de entregar energía de respaldo al equipo en caso de falta de suministro eléctrico, su circuito se muestra en la siguiente figura:

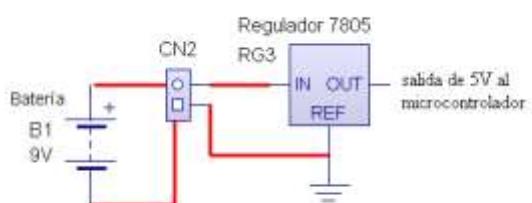


Figura 2.35 Diagrama de la fuente de poder con batería

2.2.12.7 Diagrama de conexiones



En el siguiente gráfico se visualiza los puntos de conexión del equipo a la red de energía, en los puntos tres y cuatro se conecta el transformador de potencial que alimenta al equipo y también realiza la adquisición de niveles de voltaje.

Para la conexión del transformador de corriente se pueden usar los puntos uno y dos o cinco y seis.

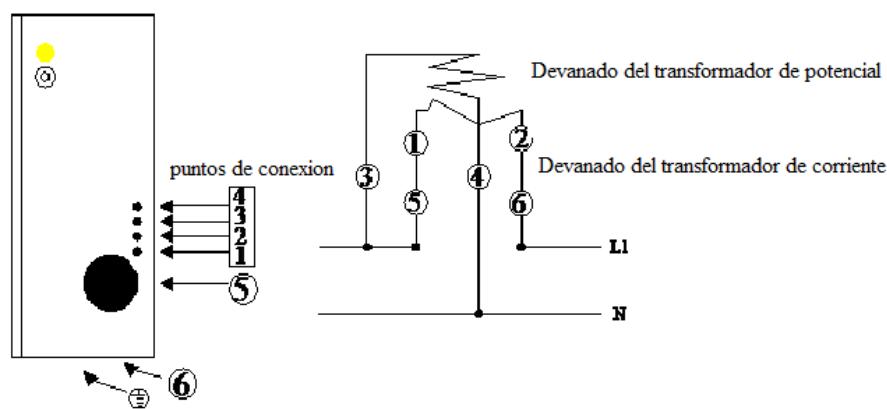


Figura 2.36 Diagrama de conexiones

2.3 Diagrama de bloques

El sistema hace referencia al diseño, presentado en el diagrama de bloques que se muestra a continuación (refiérase al punto 2.2.2 para su respectiva explicación):

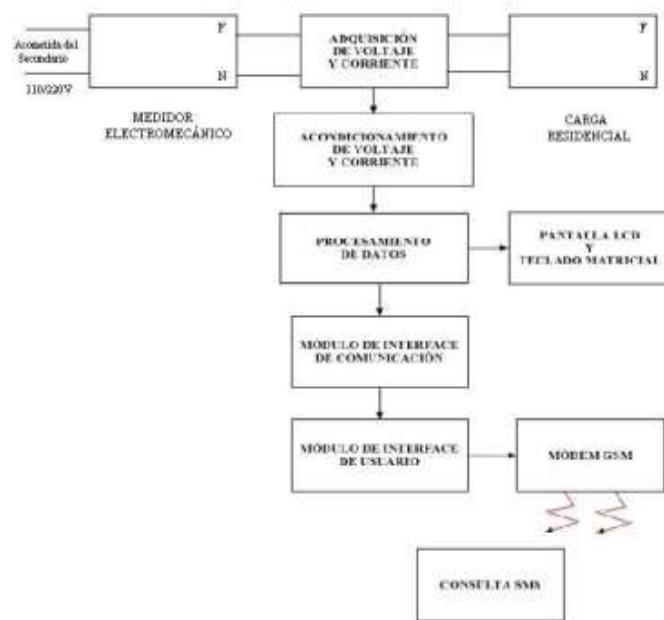


Figura 2.37 Diagrama de bloques general



CAPITULO III

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DEL HARDWARE

3.1 Introducción

En el siguiente capítulo, se hace referencia al diseño global del circuito electrónico del registrador, sus partes físicas, características y propósito de cada bloque que lo conforma; su ensamblaje en un solo conjunto, en tarjetas electrónicas que facilitan el acople final del prototipo.

3.2 Diseño y características del hardware

3.2.1 Diseño del hardware

Para comprender de una manera más clara la construcción del hardware es necesario referirse al siguiente esquema:

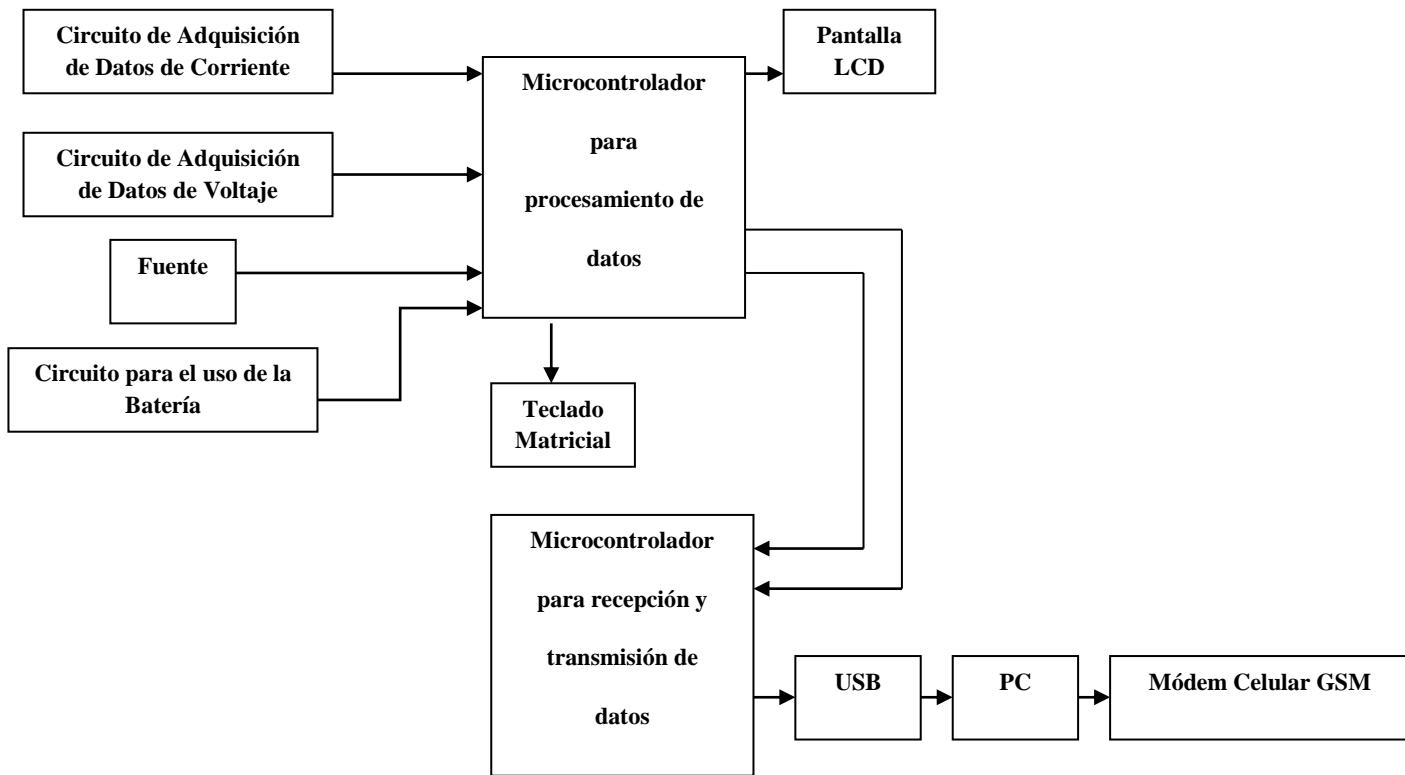


Fig. 3.1 Diagrama de bloque del diseño del hardware del prototipo

Cada diagrama de bloque constituye una parte muy importante para el circuito total diseñado en la construcción del prototipo.

El diagrama de circuitos completo del prototipo se presenta en el **ANEXO 1**.



3.2.2 Características del hardware

3.2.2.1 Especificaciones técnicas del sistema automático de registro y consulta de datos de consumo:

Alimentación:

127 VAC / 60Hz

Interfase con la PC:

Puerto Serial (Protocolo USB)

Ingresos analógicos:

Características de los canales:

Número de canales..... 2

Resolución..... 8 bits

Tipo de ADC..... Aproximaciones sucesivas

Frecuencia de muestreo f_s 1 muestra/10 seg.

Rango de la señal de ingreso:

Voltaje..... 127VAC

Corriente..... 40A

Acondicionamiento de señal:

Ganancia..... 10

Aislamiento..... Categoría IV
(National Instruments™)



Sensores utilizados:

Voltaje.....Transformador de acoplamiento 10:1

Corriente.....Transformador de corriente 8:1

Características físicas:

Tamaño.....25.4cm x 19.5cm x 7.87cm
10" x 7.67" x 3.1"

Peso aproximado.....1.4 kg.

3.2 libras

Requerimientos de la PC:

Puerto de I/O.....Conector USB tipo A

Software adicional.....Visual Basic 6.0

Sistema operativo.....Windows XP

3.3 Elaboración y construcción de la planta electrónica

La vista frontal y las vistas laterales del prototipo terminado se muestran a continuación:

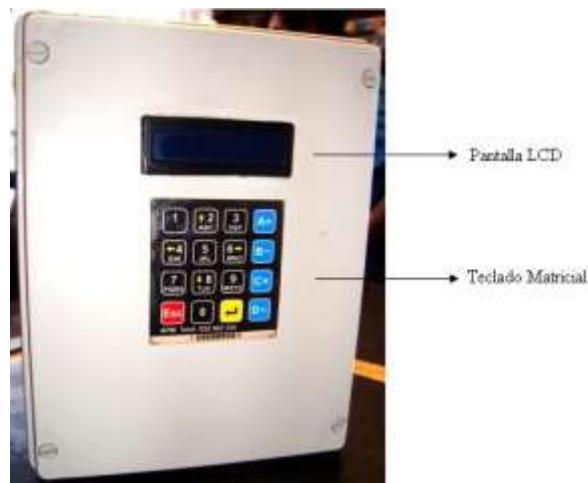


Fig. 3.2 Vista frontal del prototipo

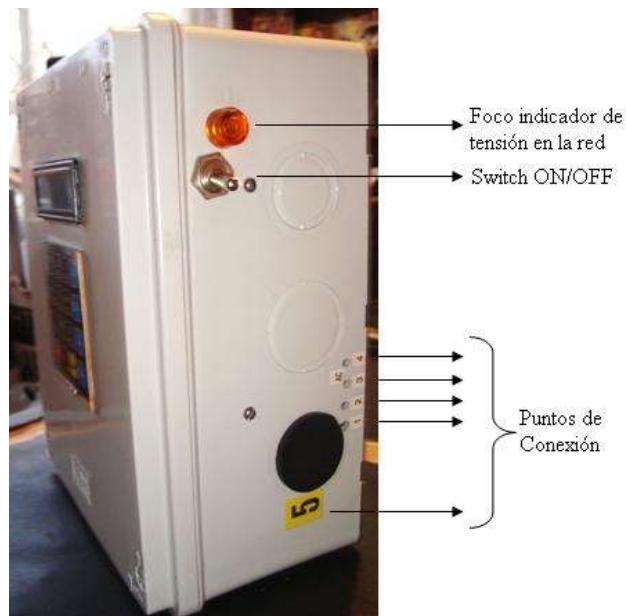


Fig. 3.3 Vista lateral derecha del prototipo



Fig. 3.4 Vista lateral izquierda del prototipo

El prototipo electrónico interiormente presenta la siguiente distribución de componentes físicos:

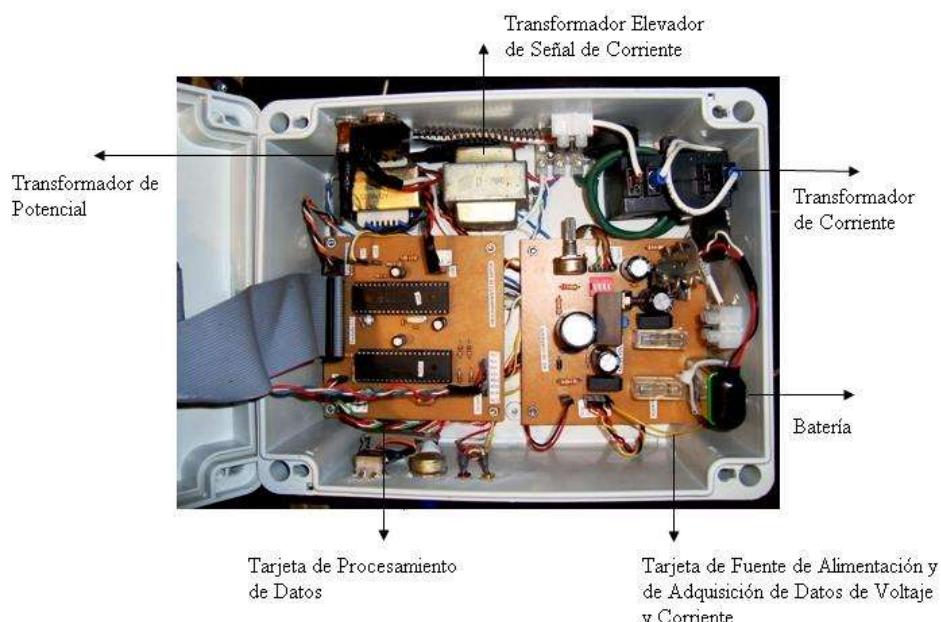


Fig. 3.5 Distribución física de componentes

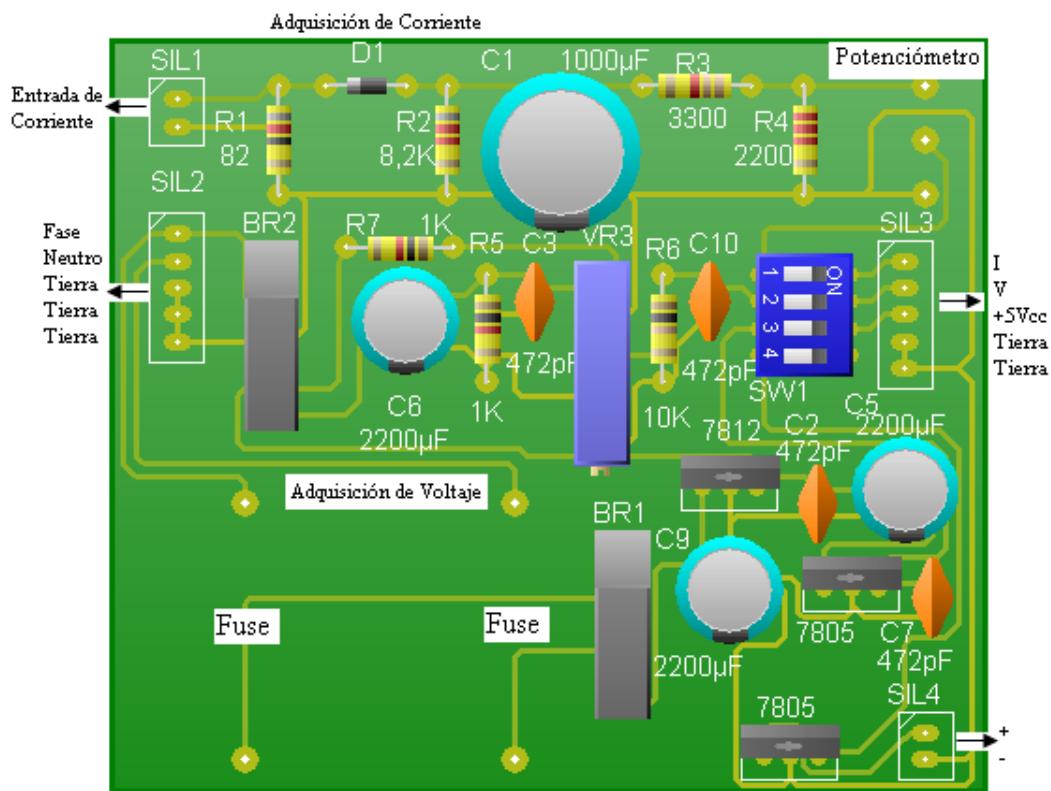


Fig. 3.6 Distribución física de componentes en la tarjeta de fuente de alimentación y adquisición de voltaje y corriente

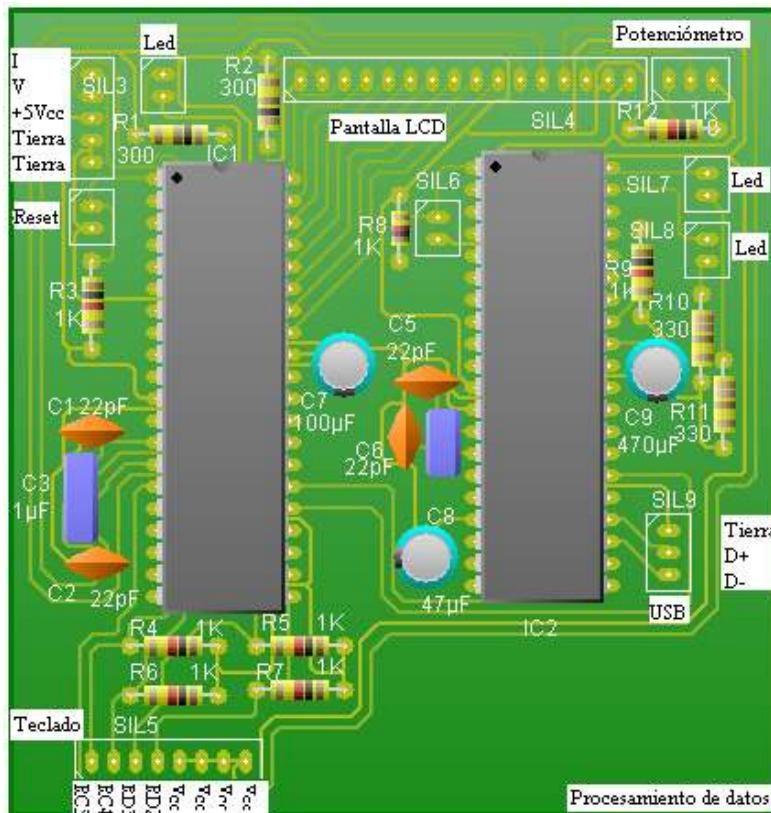


Fig. 3.7 Distribución física de componentes en la tarjeta procesamiento y transmisión de datos

3.4 Construcción de tarjetas electrónicas

3.4.1 Generalidades

Los circuitos impresos son el soporte físico habitual de los componentes electrónicos, incluidos los conductores. En consecuencia, determinan las relaciones de proximidad y orientación entre componentes y son, por lo tanto, un elemento clave en todos los problemas EMI/EMC (interferencias electromagnéticas, campos electromagnéticos). Su consideración detallada no puede



hacerse antes de conocer cuáles son las formas de acoplamiento de las interferencias a los circuitos.

Desde el punto de vista eléctrico los circuitos impresos ideales son totalmente aislantes, incluso en atmósferas húmedas y desde el punto de vista mecánico tienen una elevada rigidez, necesaria para que las conexiones de los componentes no tengan que soportar esfuerzos mecánicos durante posibles vibraciones.

Una vez realizado el circuito impreso, tras limpiarlo con agua desionizada se recubre con una resina protectora, que afecta en mayor o menor grado las propiedades eléctricas del circuito. El parámetro más importante es el aislamiento: resistencia, constante dieléctrica y rigidez dieléctrica. Los parámetros térmicos (coeficiente de dilatación, conductividad térmica y temperatura máxima), la absorción de humedad y la resistencia química, son factores a tener también en cuenta.

Las interferencias electromagnéticas (EMI) se deben al acoplamiento de campos eléctricos (acoplamiento capacitivo), campos magnéticos (acoplamiento inductivo) y campos electromagnéticos (acoplamiento por radiación electromagnética). Un método de protección frente a estos acoplamientos consiste en utilizar blindajes o pantallas metálicas. Se puede hacer el diseño de tarjetas electrónicas haciendo referencia a lo siguiente:

Blindaje contra el acoplamiento capacitivo (eléctrico):

Un blindaje capacitivo (electrostático) contra campos eléctricos debe incluir todos los componentes a proteger, debe conectarse a un potencial constante que puede ser la



masa del sistema y debe tener alta conductividad. Se debe tener en cuenta que un blindaje mal conectado a la masa de la fuente de alimentación puede asimismo actuar como una antena retransmisora de las radiaciones recibidas por conducción a través de la red y puede resultar perjudicial. Los materiales más usuales para construir este tipo de blindajes son el cobre y el aluminio. El acoplamiento capacitivo es debido al paso de señales de interferencia a través de capacidades parásitas.

(²⁸ Texto tomado de JOSEP BALCELLS, FRANCESCA DAURA, RAFAEL ESPARZA, RAMÓN PALLÁS; "Interferencias Electromagnéticas en Sistemas Electrónicos"; Alfaomega-Marcombo S.A.; Barcelona España 1992).

Blindajes contra el acoplamiento inductivo (magnético):

El mecanismo físico es la inducción magnética B , proveniente de cualquier interferencia externa, que induce una tensión parásita en un bucle de corriente en el circuito interferido, de acuerdo a la ley de Lenz:

$$V = -N A \left(\frac{dB}{dt} \right)$$

donde N es el número de espiras del circuito receptor y A es el área del bucle. En general, N vale 1 espira en caso de tener acoplamiento. Es necesario tener en cuenta dos aspectos para defender a un circuito de este acoplamiento. Un aspecto es el de intentar minimizar los campos perjudiciales en la misma fuente que los genera. Esto se consigue reduciendo el área de los bucles de corriente o apantallando magnéticamente con materiales de alta permeabilidad todo el generador de interferencias, disponiendo los cables lo más cerca posible de un plano de



masa, si éste existe. El otro es reducir la captación inductiva en el circuito interferido, minimizando el área de sus bucles, ya que, según la ley de Lenz, la tensión inducida en un bucle es proporcional a su área. Así, los dos aspectos implican la reducción de las áreas. Un plano de masa es una superficie conductora que sirve como conductor de retorno para todos los bucles de corriente del circuito.

Blindajes contra el acoplamiento por radiofrecuencia:

La forma de trabajo de este blindaje utiliza el hecho de que los campos EMI inducen corrientes en el material del blindaje. Las corrientes inducidas disipan energía de dos modos: pérdidas por calor (absorción) en el material y pérdidas de radiación (reflexión) al irradiar sus propios campos sobre el blindaje. La energía necesaria a ambos mecanismos es absorbida de los campos incidentes EMI y, por ello, las EMI quedan sin energía para penetrarlo.

(²⁹ Texto tomado de JOSEP BALCELLS, FRANCESC DAURA, RAFAEL ESPARZA, RAMÓN PALLÁS; "Interferencias Electromagnéticas en Sistemas Electrónicos"; Alfaomega-Marcombo S.A.; Barcelona España 1992).

3.4.2 Descripción del proceso de elaboración de tarjetas electrónicas:

Para la elaboración, diseño y construcción de las placas se utiliza como herramienta principal el programa **PCBwizard/Liverwire**.

Éste laboratorio virtual generador de circuitos impresos posee:

- Símbolos de circuitos y paquetes de componentes.



- Herramientas para el diseño de circuitos inteligentes, que unen el circuito automáticamente mientras trabaja.
- Ruteo automático integrado o ruteo manual, éste segundo fue el que se utilizó para el diseño de las placas con el fin de adecuar los elementos a conveniencia.
- Generador de reporte de componentes utilizados para tener la “lista de materiales” necesaria para el proyecto.
- Herramientas para cubrir con cobre las áreas vacías automáticamente para reducir los costos de producción y aumentar la durabilidad de la solución ácida.
- Posibilidad de incluir publicaciones integradas con textos, gráficos, soporte para la comprobación de ortografía.
- Enlaces con Livewire para que el circuito armado en PCB Wizard pueda ser simulado. ⁽³⁰⁾

Texto tomado de <http://electronicautil.blogspot.com/2008/06/livewire-y-pcbwizard.html>).

El proceso de ruteo se lo realizó en una cara, debido a que el esquema no presenta mayor complejidad, y por su baja densidad de elementos.

Para la impresión del circuito se empleó placas de baquelita, el circuito fue impreso en papel termo-adherente y luego se utilizó percloruro de hierro para el proceso químico de corrosión.



Los elementos de montaje fueron del tipo trought-hall, teniendo en cuenta que para el gráfico del circuito se emplearía los foots-prints normalizados.

Se debe tener precaución con el empleo de esta técnica debido que al existir descuidos en el proceso de transferencia del circuito placa-impresión se puedan borrar las pistas.

El circuito de alimentación está separado del circuito de control debido a los niveles de voltaje y frecuencia. No hay problemas de interferencia de frecuencia debido a que usan la misma frecuencia de la red. Existe protección contra corrientes parásitas con el uso de un capacitor en la alimentación de los circuitos integrados (microcontroladores).

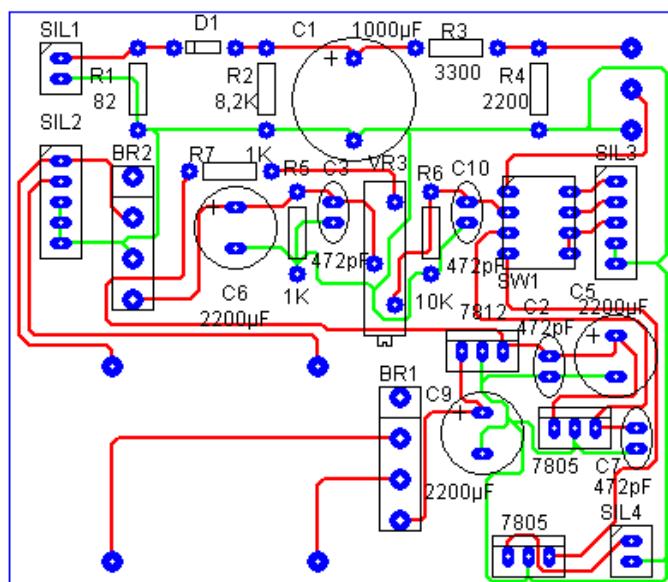


Fig. 3.8 Tarjeta de fuente de alimentación y adquisición de voltaje y corriente

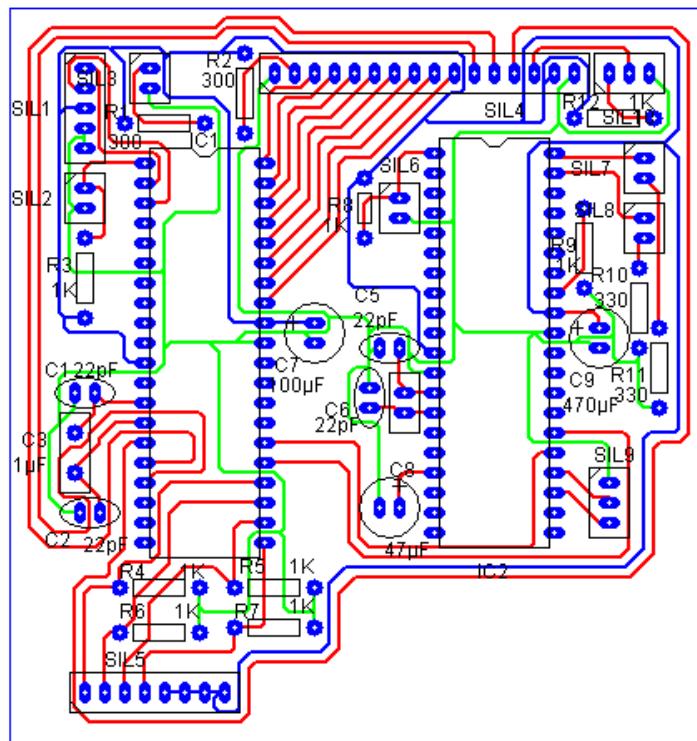


Fig. 3.9 Tarjeta electrónica de procesamiento y transmisión de datos



CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SOFTWARE DEL REGISTRADOR

4.1 Introducción

Para la elaboración del software de control, se examinó cada una las señales sensadas por los dispositivos de medición de corriente y voltaje.

Una vez que la señal es capturada, digitalizada y se encuentra en un lugar de memoria del microcontrolador se realizan los procesos de cálculo de energía consumida y de costos de facturación, y estos registros son enviados por algún medio al módulo de comunicación de datos para que éste a su vez transfiera en forma alámbrica la información al computador personal, y se puedan transmitir de manera inalámbrica al sistema receptor o cliente por medio de un módem GSM.

4.2 Diagramas de flujo para el software del registrador electrónico

Cinco son los elementos fundamentales para cumplir con el objetivo principal de este proyecto:

- Un microcontrolador para procesamiento de datos
- Un microcontrolador para comunicaciones de datos
- Un computador personal
- Un equipo transmisor con tecnología GSM
- Un equipo receptor con tecnología GSM



Antes de empezar el programa se define los circuitos que componen el hardware, basándose en la tabla 4.1 y tabla 4.2, se enumeran las conexiones de los pines del microprocesador de datos y de comunicaciones USB, los cuales se encargan del funcionamiento del prototipo, y a partir de esto se puede realizar el algoritmo de procesos.

RA0	RESET
RA1/AD0	Entrada analógica de corriente
RA2/AD1	Entrada analógica de voltaje
RC0-RC1-RC2	Salidas para control de la LCD
RB0-RB1-RB2-RB3-RB4-RB5- RB6-RB7	Salida de datos para la LCD
RD2-RD3-RD4-RD5	Lectura de teclado matricial
RC7/RX-RC6/TX	Comunicación serial RS-232

Tabla 4.1 Entradas/salidas del microprocesador de proceso de datos

RA0	RESET
Vusb	Regulador de voltaje USB
RC7/RX-RC6/TX	Comunicación serial RS-232
RC5/D+-RC4/D-	Comunicación serial UBS
RB6-RB7	Salida para LEDS

Tabla 4.2 Entradas/salidas del microprocesador de comunicaciones

Partiendo de éstas tablas, se diseña el programa compuesto por varios bloques los cuales se irán detallando a continuación.

4.2.1 Programa principal

Esta parte del programa inicializa todos los registros necesarios para ejecutar las aplicaciones del microcontrolador; muestreo de datos de la red; ajuste de datos adquiridos; inicialización de periféricos externos que



sirven de interfaz entre equipo-usuario; procesos de cálculo para obtener la energía que está consumiendo la carga; cálculos de costos de facturación y proyección de costos consumos energéticos; transmisión de datos registrados.

El programa principal, configura los puertos A, B, C y D como entradas o salidas. Luego se definen y se envían todos los comandos de control que se utilizan para configurar e inicializar la pantalla LCD.

El proceso de inicialización consiste en enviar una secuencia de códigos hexadecimales desde el puerto B (entrada y salida) del microcontrolador, esta secuencia de inicialización enciende el cursor; borra el display; etc.

También se realiza un algoritmo para la configuración del teclado matricial, el proceso es una técnica de exploración que consiste en la lectura consecutiva de las filas o las columnas de éste.

Debido a que el microcontrolador realiza un muestreo de las señales de corriente y voltaje se tiene que definir un tiempo de toma de datos, que para este caso es de diez segundos, cumplido este intervalo de tiempo se realiza la conversión analógica-digital.

El rango de tensión establecido a la entrada del procesador es de 0 a 5 voltios.

Después se habilita el módulo ADC (convertidor analógico-digital) y se escoge el RA1 y RA2 como entradas analógicas del procesador y se envían los comandos necesarios para que la conversión inicie y se pueda leer el resultado, este dato convertido es corregido y almacenado



en un registro, con una etiqueta llamada corriente y voltaje respectivamente; se calcula primero la potencia instantánea consumida por la carga y después se realiza el cálculo de energía consumida.

Se envían los datos calculados al procesador de comunicaciones usando el protocolo RS-232, y finalmente se despliegan todos los valores registrados en pantallas de visualización. El diagrama de flujo que corresponde al programa principal se lo puede ver a continuación:

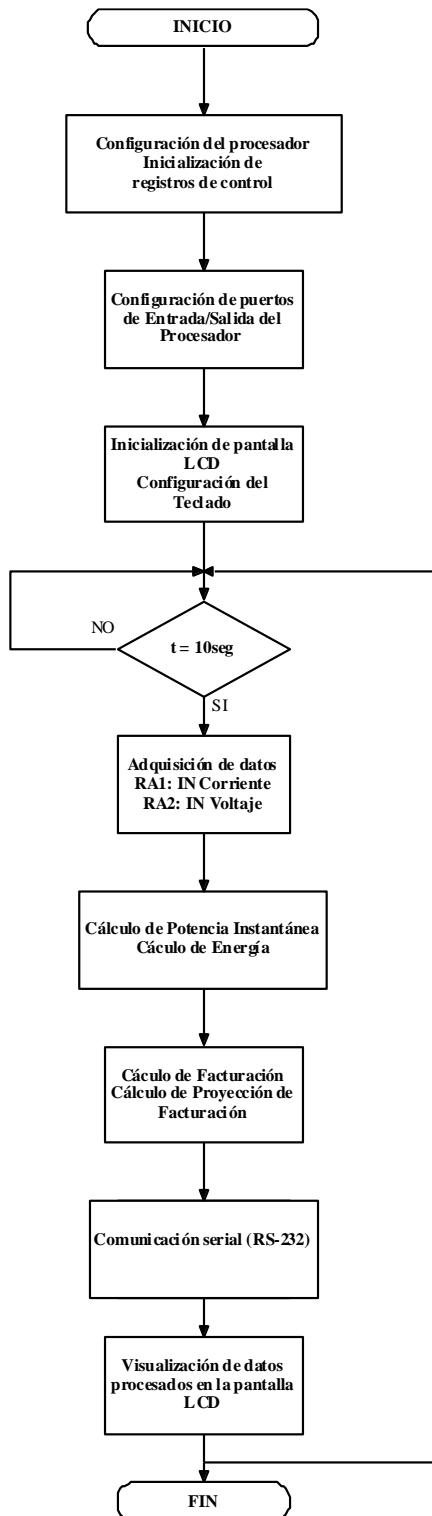


Figura 4.1 Diagrama de flujo del programa principal



4.2.1.1 Cálculo de consumo de energía

La medición de energía eléctrica que se efectúa mediante medidores o contadores, resulta de interés para calcular la cantidad de energía que la compañía suministradora debe facturar a los consumidores.

- **Categoría residencial**

Servicio eléctrico destinado exclusivamente al uso doméstico de los consumidores, es decir, en la residencia de la unidad familiar. También se incluye a los consumidores de escasos recursos y bajos consumos que tienen integrada a su vivienda una pequeña actividad comercial o artesanal.

- **Kilovatio hora**

Es la unidad de medición más común para explicar la cantidad de energía que se consume en un período de tiempo. Significa un kilovatio de electricidad suministrado por una hora.

El kilovatio-hora se usa generalmente para registrar los consumos, y para facturar los cargos de energía eléctrica.

Si se tiene que un vatio es igual a un julio por segundo y un Kw = 1.000 W, el kilovatio hora será:

$$1\text{kwh} = \frac{1000\text{j}}{1\text{s}} \cdot 3600\text{s} = 3.600.000\text{j}$$



La energía consumida en KWh, se calcula con la siguiente fórmula:

$$Energía \text{ consumida \text{en} } KWh = \frac{V * I * \cos(\theta) * t * \left(\frac{1h}{3600s} \right)}{1000}$$

V = Voltaje

I = Corriente

$\cos(\theta)$ = factor de potencia

t = tiempo en segundos

Los valores de corriente y voltaje, se los conoce leyendo las entradas, que poseen conversión analógica digital, del microcontrolador. El conversor A/D solo puede leer valores entre 0 y 5V y los transforma en valores discretos entre 0 y 255 bits.

4.2.1.2 Aplicación a la estructura tarifaria

La ley del Sector Eléctrico y el Reglamento de Tarifas, establece que la tarifa reflejará los costos que origine el consumidor de acuerdo a sus características de consumo y el nivel de tensión con el que presta servicio al cliente.

Residencial: Corresponde al servicio eléctrico destinado exclusivamente al uso doméstico de los consumidores. Se le identifica con las siglas RD, se pueden instalar medidores monofásicos, bifásicos, trifásicos, este último si su carga lo justifica, es importante aclarar que de acuerdo al pliego tarifario se debe facturar solo la energía activa en KWH. Todos estos medidores se instalan directamente a la carga a registrar.



General: Corresponde al servicio eléctrico destinado a los consumidores con actividades diferentes a la categoría residencial, como comercio, prestación de servicios públicos, y la industria.

Alumbrado público: Se aplica a los consumidores por el alumbrado de calles, avenidas, vías de circulación pública, iluminación de parques, plazas, fuentes ornamentales, monumentos públicos, señalamiento luminoso para control de tránsito y lugares públicos. (³¹ Texto tomado de APLICACIÓN A LA ESTRUCTURA TARIFARIA/EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTROSUR).

4.2.1.3 Elaboración de factura de consumo de energía

Para la elaboración de la factura de consumo de energía, la Empresa Eléctrica Centro Sur, considera los siguientes valores:

- a) Cargo por energía
- b) Cargo por comercialización
- c) Subsidio de dignidad de energía
- d) Alumbrado público con tarifa
- e) Tasa de recolección de basura
- f) Subsidio cruzado
- g) Contribución bomberos



CARGOS TARIFARIOS

CATEGORÍA	RESIDENCIAL	
NIVEL TENSIÓN	BAJA Y MEDIA TENSIÓN	
RANGO DE CONSUMO	ENERGÍA [USD/KWh]	COMERCIALIZACIÓN [USD/cliente]
0 - 50	0,081	1,414
51 - 100	0,083	1,414
101 - 150	0,085	1,414
151 - 200	0,087	1,414
201 - 250	0,089	1,414
251 - 300	0,091	1,414
301 - 350	0,093	1,414
351 - 400	0,095	1,414
401 - Superior	0,095	1,414

Fig. 4.2 Cargos tarifarios

a) Cargo de energía

Se basa en el rango de consumo haciendo referencia a la tabla de cargos tarifarios, por ejemplo si un cliente consume 335 KWh, se divide el consumo en pasos de 50 hasta completar 300KWh, los 35KWh restantes se multiplican por 0.093, como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

KWh	Cargo por energía (\$)
0-50	4,05
51-100	4,15
101-150	4,25
151-200	4,35
201-250	4,45
251-300	4,55
35	3,255
Total	29,055

Fig. 4.3 Proceso de cálculo de cargos tarifarios



b) Cargo por comercialización

Consiste en un valor fijo de \$1.410.

c) Subsidio de dignidad de energía

Éste valor es aplicado a facturas con un consumo hasta 110Kwh, favorece al consumidor, por lo tanto se lo resta de la factura final, se lo calcula de la siguiente forma:

$$\text{Subsidio de dignidad de energía} = \text{Factura normal} - \text{Factura dignidad}$$

$$\text{Factura normal} = \text{cargo por comercialización} + \text{cargo de energía} - \text{subsidio cruzado}$$

$$\text{Factura dignidad} = \text{Energía activa (KWh)} * 0,04 + 0,70$$

Los valores \$0,04 y \$0,70 son cargos de KWh dignidad y comercialización dignidad respectivamente fijos para consumidores residenciales.

d) Alumbrado público con tarifa

Éste valor se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{alumbrado público con tarifa} = 14\%(\text{cargo de energía} + \text{cargo por comercialización})$$

e) Tasa de recolección de basura

Éste valor es establecido por la EMAC (Empresa Municipal de Aseo Cuenca) y enviado a la CENTROSUR.

La tasa de recolección de basura varía mensualmente tanto para clientes residenciales e industriales, por lo tanto para su cálculo se tomará un valor aproximado, referido a la siguiente fórmula, considerando únicamente el consumidor de tipo residencial:



$$0,029015 \times C + 0,11843$$

donde C represente el cargo de energía.

f) Subsidio cruzado

Éste valor es calculado de dos formas:

- Para consumo de energía activa $> 90\text{KWh}$ (se suma a la factura total):

$$\text{Subsidio cruzado}_{>90\text{KWh}} = 10\% (\text{cargo de energía} + \text{cargo por comercialización})$$

- Para consumo de energía activa $\leq 90\text{KWh}$ (se resta de la factura total):

$$\text{Subsidio cruzado}_{\leq 90\text{KWh}} = 10\% \frac{(\text{cargo de energía} + \text{cargo por comercialización})}{n}$$

donde n representa el número total de personas con un consumo $\leq 90\text{KWh}$, debido a que n es un valor variable en cada mes, se va a considerar un valor aproximado de 1.90 para los cálculos de facturación.

g) Contribución bomberos

Consiste en un valor fijo de \$1,090.

La factura de consumo total consiste en la suma de cada uno de los valores anteriormente señalados.

4.2.2 Programa para comunicaciones USB

Este programa está almacenado en el microprocesador de comunicaciones, inicializa todos los registros necesarios para ejecutar las aplicaciones RS-232 y USB del procesador.

Este microcontrolador recibe por el puerto serial (protocolo RS-232) los datos calculados de energía, y transmite los



registros por el puerto USB (protocolo USB) del microcontrolador a la computadora personal.

La función principal del procesador es de mantener una comunicación activa entre el computador personal y el registrador electrónico.

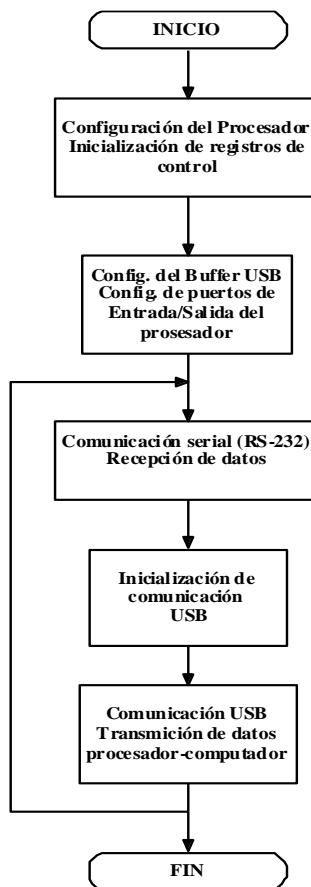


Figura 4.4 Diagrama de flujo del programa para comunicaciones USB

4.2.3 Programa para el computador personal

El lenguaje de programación utilizado en el computador personal es Visual Basic, este programa inicializa todos los registros para la comunicación USB entre el prototipo y el computador personal, entre los dos se debe mantener una comunicación activa para que la PC reciba en forma constante los datos enviados por el prototipo.



Se inicializan también los registros de control para la configuración del módem GSM, que funcionará como medio de transmisión de registros para el abonado en forma inalámbrica.

También este software crea una base de registros de consumo de energía, los que se van almacenando en un espacio de memoria da la PC.

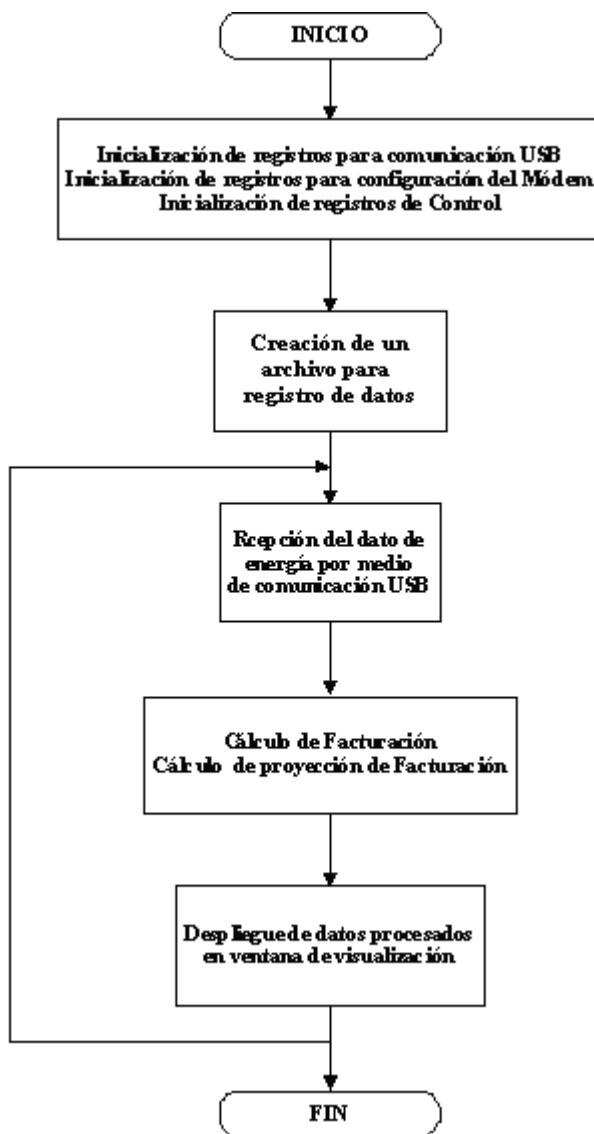


Figura 4.5 Diagrama de flujo del programa del computador personal

El computador personal recibe el dato de energía, enviado por el registrador y procede a realizar el cálculo de



facturación de energía y de la proyección de facturación, y despliega todos los datos calculados en una pantalla de visualización; estos datos se van actualizando cada vez que el prototipo transmite una nueva secuencia de datos.

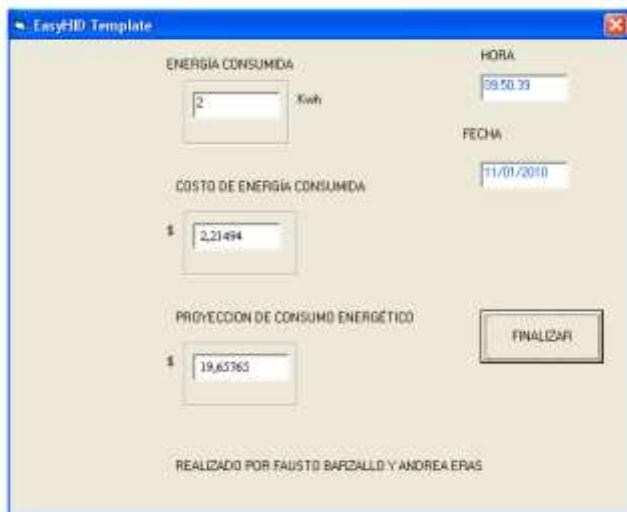


Figura 4.6 Pantalla de visualización en el computador personal

Envío del mensaje de texto (SMS)

El computador personal también configura un módem GSM para la transmisión de datos registrados y calculados mediante el uso del servicio de mensajes cortos (SMS), este permite la transmisión de mensajes alfanuméricos entre clientes de teléfonos móviles.

El SMS punto a punto provee un mecanismo para transmitir mensajes cortos hacia equipos móviles (celulares). Tras el envío de un mensaje, este no va dirigido directamente para el destinatario sino para un centro de mensajes (SMSC), que lo almacena y envía posteriormente.



Este centro realiza también la cobranza y puede notificar al remitente en caso que la operación falle.

Una característica del servicio es que en un equipo móvil activo es capaz de recibir o enviar un mensaje corto en cualquier momento, independiente si hay o no una llamada de voz o datos en progreso. SMS también garantiza la entrega de los mensajes cortos por la red. Errores temporales son identificados y el mensaje es guardado en la red hasta que el destino esté disponible.

Los beneficios del SMS para los clientes se centran en la conveniencia, flexibilidad y la integración de servicios de mensajes y acceso a datos. Desde esta perspectiva, se usa un equipo móvil como una extensión del computador.

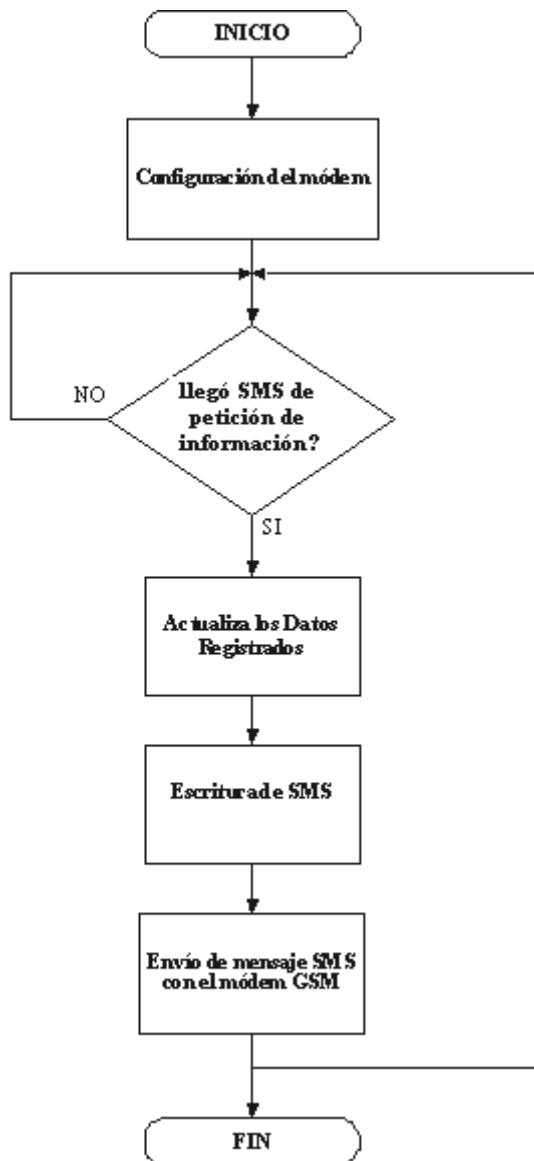


Figura 4.7 Diagrama de flujo del programa de configuración del Módem GSM

Mediante el envío de un mensaje SMS hacia la PC, se podrá “consultar” los datos registrados de costos y consumo de energía.

• Comandos SMS

Estos son los comandos que hacen posible el envío y recepción de mensajes de texto SMS.



- AT+CMGR Leer Mensaje.
- AT+CMGS Enviar Mensaje.
- AT+CMGF=1 Formato del msj.
- AT+CSCA="+5698895465".
- Configuro el centro de servicio.
AT+CNMI=2,1,0,0,0.

- Configuración de aviso sobre nuevo Msj.
AT+CMGS="Nº del Receptor", "Mensaje".
AT+CPMS="ME", "ME".

- Configura la memoria 1 y memoria 2 como la memoria interna del celular.
AT+CMGD=Nº

- Borra el mensaje de la posición Nº
AT+CMGL=?

- Listado de comandos para ver mensajes en distintas carpetas.
+CMGL: ("REC UNREAD","REC READ","STO UNSENT","STO SENT","ALL").

Con esta estructura se configura al teléfono móvil para de enviar o recibir mensajes SMS.



4.3 Elaboración del software

El código del programa **principal** se presenta en el ANEXO 2.

El código del programa para **comunicaciones USB** se presenta en el ANEXO 3.

El código del programa para el **computador personal** se presenta en el ANEXO 4.



CAPÍTULO V

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO, CORRECCIÓN DE FALLAS Y RESULTADOS

5.1 Introducción

Es la etapa final en el proceso de desarrollo del prototipo, en la cual se procede con una revisión del mismo con la finalidad de encontrar defectos en su funcionamiento y realizar las correcciones para evitar problemas y complicaciones en las tareas de utilización por parte de los usuarios, situaciones que limitarían su operatividad.

Para dicho proceso se considera de gran utilidad la ejecución de una serie de pruebas que ayudan con los fines propuestos en esta etapa.

Cuando el sistema es modular, se verifica cada módulo por separado antes de verificar el sistema en su conjunto.

El registrador electrónico monofásico consta de dos subsistemas, el sistema electrónico analógico y el sistema microcontrolado.

Para empezar a realizar un diagnóstico del funcionamiento de todo el sistema; se analiza cada subsistema por separado, por lo general estas pruebas no son satisfactorias la primera vez que se las realiza; este capítulo incluye la determinación y corrección de fallas en



cada subsistema; luego se establecen soluciones para fallas de forma general, con la unificación de todos los subsistemas.

Se trata de comprobar si el sistema cumple con las especificaciones propuestas y tomar las acciones necesarias.

5.2 Pruebas del sistema electrónico analógico

Las soluciones del hardware son más caras pero más rápidas de ejecución que las de software. Para grandes series de producción, cuanto menos hardware mejor.

Las soluciones del hardware son eléctricamente menos fiables debido al mayor número de conexiones.

Además el hardware consume más potencia y ocupa más espacio, y es una solución menos flexible.

Se aconseja varios puntos de prueba para comprobar el funcionamiento del sistema.

5.2.1 Pruebas de linealidad del transformador de corriente

Este tipo de prueba se realiza estableciendo la diferencia de la corriente de entrada en el devanado primario con respecto a la corriente de salida en el devanado secundario del transformador de corriente; el primer paso para usar este dispositivo es obtener su relación de transformación I_1/I_2 y determinar si es o no lineal.

El transformador de corriente utilizado tiene una relación de transformación de 8:1. Los resultados de las pruebas



realizadas al TC se las puede observar en la tabla 5.1, por lo que se concluye que el convertidor usado es lineal, pero presenta variaciones cuando la corriente es baja.

Corriente de Ingreso (I eficaz)	Corriente de salida	Relación de transformación
1,8	0,276	6,52
2,8	0,417	6,71
3,5	0,456	7,68
5,5	0,66	8,33
10,3	1,25	8,24
11,7	1,45	8,07
13,5	1,63	8,28
15,7	1,92	8,18
18,8	2,3	8,17
24,1	3	8,03
28,2	3,5	8,06
35,5	4,33	8,20
38,4	4,75	8,08
Promedio de la relación de transformacion:		7,88927776

Tabla 5.1 Cálculo de la relación de transformación del TC

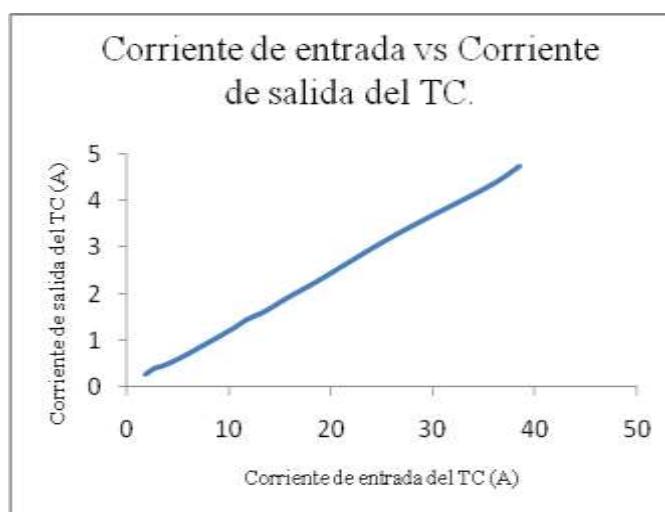


Figura 5.1 Rampa de operación del transformador de corriente

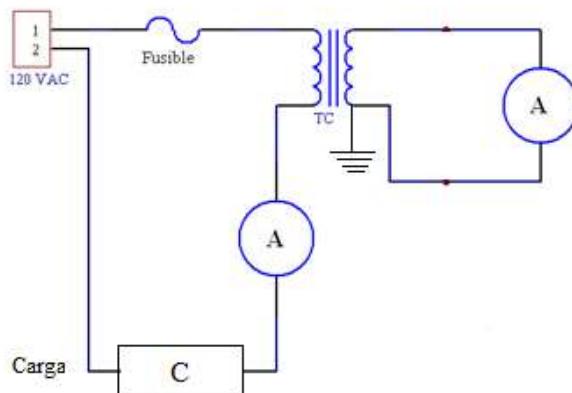


Figura 5.2 Esquema de conexión para determinar la linealidad del transformador de corriente.

Para solucionar éste problema se colocó un transformador que amplifique la señal de corriente, después se realiza un ajuste por el circuito de acondicionamiento de datos para obtener los valores requeridos, pero hay que tomar en cuenta que para valores de corriente menores a 3.5 amperios, los datos obtenidos pueden tener menor precisión.

5.2.2 Pruebas de la fuente de alimentación

Se realizaron pruebas en la fuente de alimentación, el voltaje debe ser estable para suministrar el nivel de tensión adecuado para los circuitos electrónicos, esto se consigue con los reguladores de voltaje 7805 y 7809.

Se pudo determinar que los reguladores con el pasar del tiempo se calientan, lo que puede provocar su pérdida de estabilidad, además de causar daños a otros componentes del prototipo.

Debido a este problema se colocó disipadores de calor de aluminio en cada regulador, y el resultado de esta prueba fue satisfactorio.



5.2.3 Pruebas en el circuito de adquisición de señal de corriente

Como se vió anteriormente en el punto 5.2.1 se empezó realizando pruebas en el transformador de corriente, ahora se comprueba el funcionamiento y los ajustes del circuito de adquisición y acondicionamiento de la señal.

El fin es adecuar la señal a un valor de 0 a 5 voltios pico-pico, que es el valor de trabajo del ADC (conversor analógico-digital), que usa el microcontrolador, para posteriormente ser enviada al módulo de procesamiento de datos.

Se quiere obtener según la corriente medida en el TC, a la entrada del conversor del microcontrolador, un nivel de tensión proporcional a esta corriente; por ejemplo, en la siguiente tabla se muestra los niveles ideales corriente-voltaje.

CORRIENTE (A)	VOLTAJE DE ENTRADA AL Mc (V)
40	5
35	4,375
30	3,75
25	3,125
20	2,5
15	1,875
10	1,25
5	0,625

Tabla 5.2 Mediciones de corriente

Por lo tanto se pudo determinar que para obtener una linealidad o una aproximación a lo ideal, es necesario que el circuito de acondicionamiento de datos pueda realizar los ajustes necesarios para que los datos sean muy cercanos a lo deseado.



5.2.4 Pruebas en el circuito de adquisición de señal de voltaje

Se empezó realizando pruebas en el transformador de potencial (TP) que es el encargado de tomar los datos de voltaje de la red; se realizaron mediciones en el devanado primario y secundario del transformador de potencial.

Voltaje medido en el primario del TP	Voltaje medido en el secundario del tp	Voltaje en DC hacia el Mc
122,5	13,9	5
122,3	13,7	4,99

Tabla 5.3 Mediciones de voltaje

Se necesita adecuar la señal a un valor de 0 a 5 voltios en corriente continua, que es el valor de trabajo del ADC (conversor analógico-digital), que usa el microcontrolador.

El voltaje medido a la entrada del conversor del microcontrolador, tiene un nivel de tensión proporcional con el nivel de voltaje medido en la red eléctrica monofásica; por ejemplo, en la tabla 5.3 se muestra los niveles de voltaje de las mediciones realizadas.

Es necesario que el circuito de acondicionamiento de datos pueda realizar los ajustes necesarios para que los datos sean cercanos a lo requerido.

5.3 Pruebas del sistema microcontrolado

La programación en lenguaje de nivel alto es más rápida, fácil de corregir, mantener y es más fiable. Sin embargo, son menos eficientes por cuanto el código máquina generado por el compilador es mucho más largo y se necesita más memoria.



No es cierto que si el sistema funciona satisfactoriamente al principio, lo seguirá haciendo de forma indefinida.

Una razón a esto es que el entorno de funcionamiento puede ser diferente al de verificación, o puede cambiar con el tiempo (el entorno incluye condiciones térmicas, de alimentación y electromagnéticas).

5.3.1 Pruebas de funcionamiento del software en el circuito del microcontrolador

Uno de los objetivos de la fase de pruebas del sistema es verificar que el comportamiento externo del software satisface los requisitos establecidos por los clientes y futuros usuarios del mismo.

5.3.1.1 Pruebas del cálculo de energía y facturación

Se realizaron las pruebas necesarias para el cálculo de energía y facturación, demostrando la coincidencia de valores a través de cálculos realizados previamente en tablas de Excel basados en el proceso de facturación establecido por la Empresa Eléctrica CENTROSUR, y con los valores visualizados en la pantalla LCD del prototipo, la PC, celular de consulta y factura del cliente.



ENERGÍA ACTIVA (KWh)	CARGO POR COMERCIALIZACIÓN	CARGO POR ENERGÍA	SUBSIDIO CRUZADO(-)	FACTURA NORMAL	FACTURA DIGNIDAD	ENERGÍA DIGNIDAD	ALUMBRADO PÚBLICO	BASURA (EMAC)	BOMBEROS	TOTAL
5	1,41	0,405	1,9	-0,085	0,9	-0,985	0,25	1,18935	1,09	3,43
10,00	1,41	0,81	1,90	0,32	1,10	-0,78	0,31	1,2987	1,09	3,80
15	1,41	1,215	1,9	0,725	1,3	-0,575	0,37	1,40805	1,09	4,17
20	1,41	1,62	1,9	1,13	1,5	-0,37	0,42	1,5174	1,09	4,53
25	1,41	2,025	1,9	1,535	1,7	-0,165	0,48	1,62675	1,09	4,90
30	1,41	2,43	1,9	1,94	1,9	0,04	0,54	1,7361	1,09	5,26
35	1,41	2,835	1,9	2,345	2,1	0,245	0,59	1,84545	1,09	5,63
40	1,41	3,24	1,9	2,75	2,3	0,45	0,65	1,9548	1,09	6,00
45	1,41	3,645	1,9	3,155	2,5	0,655	0,71	2,06415	1,09	6,36
50	1,41	4,05	1,9	3,56	2,7	0,86	0,76	2,1735	1,09	6,73
55	1,41	4,465	1,9	3,975	2,9	1,075	0,82	2,28555	1,09	7,10
60	1,41	4,88	1,9	4,39	3,1	1,29	0,88	2,3976	1,09	7,47
65	1,41	5,295	1,9	4,805	3,3	1,505	0,94	2,50965	1,09	7,84
70	1,41	5,71	1,9	5,22	3,5	1,72	1,00	2,6217	1,09	8,21
75	1,41	6,125	1,9	5,635	3,7	1,935	1,05	2,73375	1,09	8,58
80	1,41	6,54	1,9	6,05	3,9	2,15	1,11	2,8458	1,09	8,95
85	1,41	6,955	1,9	6,465	4,1	2,365	1,17	2,95785	1,09	9,32
90	1,41	7,37	1,9	6,88	4,3	2,58	1,23	3,0699	1,09	9,69
95	1,41	7,785	0,9195	10,1145	4,5	5,6145	1,29	3,18195	1,09	10,06
96	1,41	7,868	0,9278	10,2058	4,54	5,6658	1,30	3,20436	1,09	10,13
100	1,41	8,2	0,961	10,571	4,7	5,871	1,35	3,294	1,09	10,43
105	1,41	8,625	1,0035	11,0385	4,9	6,1385	1,40	3,40875	1,09	10,80
110	1,41	9,05	1,046	11,506	5,1	6,406	1,46	3,5235	1,09	11,18
115	1,41	9,475	1,0885				1,52	3,63825	1,09	18,23

Tabla 5.4 Cálculo de facturación

A continuación se muestra el consumo de energía y su respectiva facturación, los mismos que son calculados por el prototipo y visualizados en la pantalla LCD.



Figura 5.3 Visualización del consumo y facturación de energía eléctrica en la pantalla LCD

El valor de costo de energía es de \$ 10.13 para una energía consumida de 96 KWh, también estos datos son transmitidos a la PC y se visualizan en el gráfico 5.4.

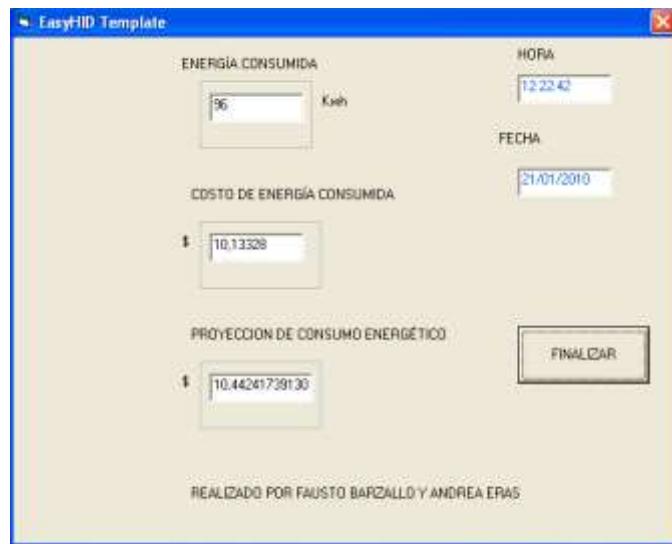


Figura 5.4 Visualización del consumo y facturación de energía eléctrica en la PC

En el gráfico 5.5 se visualiza el costo de energía de \$ 10.13 para una energía consumida de 96 KWh, mostrado en el celular de consulta mediante el envío de un mensaje de texto.



Figura 5.5 Visualización del consumo y facturación de energía eléctrica en el celular de consulta SMS

En el gráfico 5.6 se visualiza la factura emitida por la Empresa Eléctrica CENTROSUR para un consumo de 96 KWh con un costo de \$ 9,84:



Figura 5.6 Factura emitida por la Empresa Eléctrica CENTROSUR para un consumo de energía de 96 KWh

Por lo tanto, se observó en la tabla 5.4 y medios de visualización pertenecientes al prototipo que los valores de facturación de energía son los mismos, tomando como ejemplo energía consumida de 96 KWh con un costo de \$ 10.13 , demostrando un funcionamiento satisfactorio; el costo de energía obtenido por el prototipo no coincide con la factura emitida por Empresa Eléctrica CENTROSUR, esto se debe a que la EMAC (Empresa Municipal de Aseo Cuenca), mensualmente realiza un cambio en sus fórmulas para el cobro de recolección de basura que está incluido en la factura total del cobro de energía.

Para solucionar este problema se plantea tener un acuerdo con la EMAC (Empresa Municipal de Aseo Cuenca) con el fin de obtener una fórmula para el cobro por recolección de basura, para tener un valor preciso de este rubro.

5.3.1.2 Pruebas del cálculo de la proyección de facturación

Se realizaron las pruebas necesarias para el cálculo de proyección de facturación para treinta días, demostrando la



validez de la forma de cálculo al visualizar los mismos valores en la pantalla LCD, en la PC y en el celular de consulta SMS.

En la siguiente figura se observa, la proyección de facturación de energía que se visualiza en el prototipo para 30 días, si se tiene un consumo de 4.3 KWh durante un día.



Figura 5.7 Visualización de proyección de facturación del prototipo en la pantalla LCD

Proyección de facturación de energía que se muestra en la PC para 30 días, estos datos son transmitidos desde el prototipo a la PC.

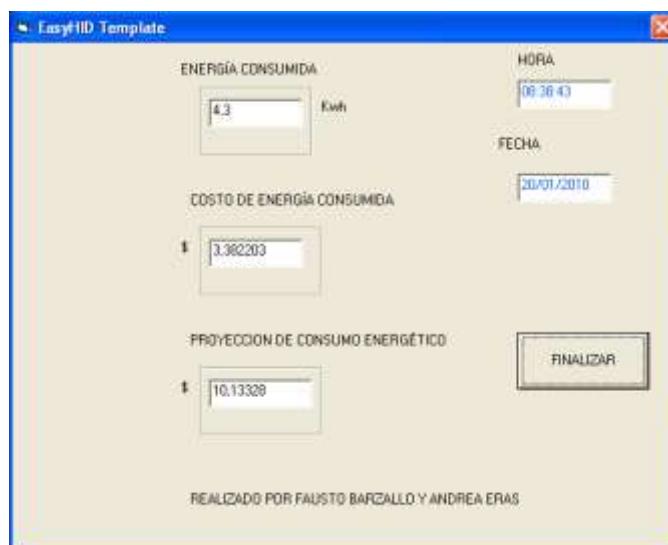


Figura 5.8 Visualización de proyección facturación en la PC



Proyección de facturación de energía que se muestra en el celular de consulta SMS para 30 días:



Figura 5.9 Visualización de proyección de facturación en el celular de consulta SMS

Si se tiene un consumo de 4.3KWh durante un día, se tuvo una proyección de \$10,13328 para el lapso de un mes, valores visualizados en el prototipo, pantalla LCD y celular de consulta; concluyendo que el proceso de cálculo de proyección de facturación, la transferencia de datos y envío del mensaje fue de forma adecuada.

5.3.2 Pruebas de funcionamiento del software instalado en el computador personal

Para esta parte; es importante mencionar que para el proceso de comunicación y funcionamiento del prototipo con la PC, es necesario instalar tres programas, el primero se refiere al sistema desarrollado en Visual Basic 6.0 y todos sus componentes.



Para que se pueda realizar la comunicación USB de la PC con el prototipo se instala el programa Microcode studio plus.

Es necesario también tener instalado en la PC el programa del teléfono móvil usado como módem, que para este caso es el Motorola Phone Tools, configurado para el modelo L6.

Una vez que se tienen instalados los programas, se procede a conectar el prototipo con la PC, se muestra un aviso de reconocimiento y comunica que el sistema está instalado y listo para ser usado.

Las pruebas realizadas en la PC consistieron en verificar que los datos que son transmitidos desde el prototipo se visualicen de forma correcta; y comprobar que funcione el almacenamiento de los registros; los resultados obtenidos de esta prueba fueron satisfactorios.

5.3.3 Pruebas de funcionamiento del módem GSM

Los posibles errores que se presentaron en el proceso de instalación o configuración inicial del sistema y su solución son los siguientes.

- Error en las consultas y eliminaciones. (Si las consultas necesarias para mostrar los resultados no presentan información existente, el sistema presenta un mensaje de error y termina su ejecución).

La solución implementada es la validación de la información manipulada por el objeto que actúa sobre los datos y las consultas realizadas, verificando que si estas no presentan resultados, ofrezca mensajes de alerta al usuario y continúe su normal ejecución.



- Error en los procesos de monitorización de módem GSM. (En tiempo de depuración los procesos y comandos ejecutados por el módem no funcionan correctamente por lo que no es posible determinar correctamente su estado).

La solución implementada es el monitoreo a través de la interfaz gráfica del programa utilizando campos de texto a los cuales se asignan los valores obtenidos de la lectura del estado del módem.

- Error de detección de módem por ausencia de controladores.

La solución implementada fue realizar la instalación del paquete de controladores y del software de uso para el equipo GSM.

- Error de respuesta del módem por mal-funcionamiento ó restricciones que se presentan en el equipo GSM.

La solución implementada fue revisar y verificar que el equipo esté encendido, que tenga acceso a la Red Móvil (disponer de servicio), que se encuentre dentro del rango de alcance de la señal (que exista cobertura), que el cable se encuentre correctamente conectado al equipo, y finalmente que disponga del servicio SMS habilitado y en funcionamiento.

5.4 Determinación de fallas y correcciones

En el desarrollo del presente capítulo, se han ido realizando las pruebas de funcionamiento de cada subsistema, y por



lo tanto determinando las fallas del prototipo y las correcciones pertinentes en cada caso, (refiérase al punto 5.3 para correcciones del sistema).

5.5 Pruebas del sistema total

Luego de la determinación y correcciones de fallas presentadas en el sistema microcontrolado y el sistema electrónico efectuadas en los apartados 5.2 y 5.3, se procede a realizar un diagnóstico acoplando los dos sistemas. Al unificar los sistemas se puede observar que las fallas han sido corregidas y todo el sistema funciona correctamente.

5.6 Análisis de resultados

A terminar esta etapa, se presentan al lector los resultados de las pruebas realizadas al prototipo, las recomendaciones y cambios se han suscitado con el fin de mitigar los errores y optimizar el sistema.

- Como resultado de las pruebas realizadas en el transformador de corriente, el error obtenido en la relación de transformación del TC es de 1,5%. Este porcentaje de error se considera adecuado para los transformadores de medida según la norma ANSI C57.13-1968.

- Como resultado de las pruebas de temperatura realizadas en los reguladores de voltaje 7805 y 7812 se logró reducir el calentamiento de los dispositivos a rangos que fluctúan entre 30 a 40 °C, teniendo en cuenta que el rango de temperatura de operación de los



mismos va desde 0 a +125°C y como máximo a 150°C; por lo tanto pueden funcionar sin problemas.

- Como resultado de las pruebas en el circuito de adquisición de señal de corriente, se determinó que para obtener linealidad, o una aproximación a lo ideal de los datos obtenidos por el transformador de corriente, se pueden realizar ajustes en el circuito para que sean muy cercanos a lo requerido.
- Como resultado de las pruebas del cálculo de facturación actual y proyectada, se determinó un error aproximado comparado con la factura emitida por la Empresa Eléctrica CENTROSUR de 2,94% y 6,1% respectivamente, estos valores de error se pueden reducir de forma considerable cuando el rubro cobrado por recolección de basura no tenga variaciones todos los meses.
- Como resultado de las pruebas de comunicación realizadas entre el módem GSM y el abonado que solicita la información registrada, se determinó que se requiere de un tiempo aproximado de 8 segundos para completar la recepción y transmisión del SMS, pero este tiempo también depende de la congestión de la red celular.
- Como resultado del análisis de costos del prototipo se determinó, que como mínimo se deben producir 18 unidades al mes para que resulte rentable. A continuación se muestra el cálculo realizado:



El registrador electrónico es elaborado por 2 personas que cobran a razón de \$ 108 cada una, por unidad producida; el costo de la materia prima es de \$164.35 (**ANEXO 5**).

El promedio mensual de ventas de esta empresa es de 5 unidades, el precio de venta por unidad es de \$400.

$$\text{Costo variable unitario} = \text{materia prima} + \text{mano de obra}$$

$$\text{Costo variable unitario} = \$164.35 + \$216 = \$380.35$$

$$\text{Costo variable mensual} = 5 \text{ unidades} * \$380.35 = \$1901.75$$

$$\text{Costo fijo total} = \text{mantenimiento} + \text{remuneración socios} + \text{impuestos}$$

$$\text{Costo fijo total} = \$150 + \$160 + \$48 = \$358$$

$$\text{Costo fijo unitario} = \frac{\text{Costo fijo total}}{\text{número de unidades}} = \frac{\$358}{5} = \$71.6$$

$$\text{Costo total unitario} = \text{Costo variable unitario} + \text{Costo fijo unitario}$$

$$\text{Costo total unitario} = \$380.35 + \$71.6 = \$451.95$$

$$\text{Margen de contribución} = \text{Precio de venta unitario} - \text{Costo variable unitario}$$

$$\text{Margen de contribución} = \$400 - \$380.35 = \$19.65$$

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{Costo fijo total}}{\text{Margen de contribución}} = \frac{\$358}{\$19.65} = 18.21$$

Esto quiere decir que la empresa debe vender un mínimo de 18 unidades de registradores electrónicos en el mes para no perder dinero.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y BIBLIOGRAFÍA

6.1 Conclusiones

Para que las señales de la red eléctrica puedan ser procesadas por el sistema de adquisición de datos, éstas fueron acondicionadas luego para que la lectura correspondiente a la escala total de la acometida sea representada en un rango de 5Vpp.

Se determinó que para realizar una óptima adquisición de la señal de corriente, se debe adecuar el sistema en función de la respuesta lineal del TC; de tal manera que la corriente mínima de entrada sea representada por 5A y la máxima por 40A; de otro modo, se obtendrán datos erróneos.

El microcontrolador utilizado fue el 18F4550 de Microchip®, debido a que dispone de un protocolo de comunicación USB 2.0, el cual fue empleado en el diseño de las interfaces: prototipo – computador y computador – módem GSM (teléfono celular); a más de esto, este microcontrolador posee excelentes características de conversión analógica/digital, disponiendo de 13 canales analógicos, con una resolución de 10 bits por canal y una sensibilidad de 4.88 mV, el mínimo tiempo de adquisición



es de 11.974us, lo que permite la digitalización de señales de hasta 41.757KHz en la frecuencia de Nyquist.

Entre las virtudes del sistema se destaca el interface de usuario, el mismo que permite a éste último interactuar con el equipo mediante su teléfono celular. De esta forma, el cliente puede conocer los datos de consumo energético a través de un mensaje de texto (SMS), el cual es enviado por el equipo que se encuentra instalado en su domicilio. Para las consultas provenientes del usuario móvil, se emplea también los mensajes de texto, limitando al sistema su accesibilidad, a la zona de cobertura de la red de telefonía móvil celular.

Para la realización del diseño de las tarjetas electrónicas se empleó el programa PCB Wizard/Livewire, el cual permitió el ruteo de los circuitos y la elaboración de los foot-prints de los componentes; posibilitando el acople de los componentes dentro de la tarjeta. Cabe indicar que el software empleado fue una versión trial.

El interface con la PC permite al cliente visualizar los datos de consumo de energía, la facturación actual y la proyección de pago para el mes en curso, de esta manera se pretende crear una cultura de ahorro por parte del cliente, en función del impacto económico que su consumo provoca al final de cada mes.

El costo total del prototipo es de \$ 400. Haciendo una optimización en el diseño del prototipo se puede conseguir



una reducción de costos, permitiendo su acceso a una mayor cantidad de usuarios de la red eléctrica.

Según la determinación de resultados realizada al prototipo, se concluye que se debe hacer un análisis previo a los componentes utilizados en el diseño establecido para cumplir con los objetivos planteados al comienzo de esta tesis.

6.2 Recomendaciones

Durante la realización de este sistema se manipularon tanto señales analógicas como digitales, teniendo presente que es posible comprender detalladamente cada una de las partes del sistema y plantear posibles cambios en las configuraciones para mejorar en algún modo el prototipo desarrollado.

Los circuitos de adquisición de voltaje y corriente deberán ser ajustados con el fin de sincronizar la adquisición de datos, de tal manera que la conversión o transducción no tenga como respuesta una rampa sino la forma de onda de la señal original

Analizar con detenimiento los requerimientos del sistema, principalmente en los parámetros de resolución del conversor A/D, para la elección del microcontrolador que se va a utilizar.

Para la elección del software sobre el cual se desarrolle la interfaz y el análisis de datos, se debe considerar la complejidad matemática de la aplicación, así como la



finalidad del sistema desarrollado, ya que conforme se ha desarrollado esta tesis se ha ido aprendiendo las grandes bondades de Visual Basic y el lenguaje de programación C++ aplicado a microcontroladores, los cuales comparten una gran cantidad de comandos y atributos haciendo más fácil su codificación.

En cuanto a los equipos GSM es recomendable la marca Motorola y sus series “L” puesto que es capaz de manejar modo PDU y modo Texto y muy pocos equipos GSM permiten ambos tipos. La forma de controlar los Módems GSM y de acceder a todos los servicios que éstos prestan es mediante los comandos AT, y AT+, ya que en estos se ha probado una compatibilidad total en dichos comandos.

Se puede implementar un módem GSM interno al prototipo en lugar de un celular con el propósito de tener una mayor comodidad en la manipulación del equipo.

Al trabajar con microcontroladores, no se debe olvidar poner condensadores de 100nF entre las patillas de alimentación de cada integrado lo más cerca posible de éstas para evitar interferencias desde la línea de alimentación.

Implementar el sistema de transmisión de las señales que provienen de la placa de comunicaciones de datos, empleando Internet, usando protocolo TCP-IP, PPP o algún otro método conveniente.



Emplear *Touch Screen*, ya que de esta manera no se necesitará de un teclado adicional, sino que simplemente con presionar la pantalla, se realizarán las acciones especificadas.

Analizar los aspectos económicos y posibilidad de colocación en el mercado, de este producto.

Se debe tener mucho cuidado al acoplar las tierras del circuito digital y del circuito analógico, debido a que existen lazos de tierra que pueden provocar la destrucción de los materiales.

Para el correcto funcionamiento del equipo, éste deberá ser instalado y manipulado únicamente por personal capacitado.



6.3 BIBLIOGRAFÍA

Libros:

JOSE ADOLFO GONZALEZ VASQUEZ, “Introducción a los Microcontroladores”; McGraw-Hill/Interamericana de España. S.A.; España, 1992.

JOSEP BALCELLS, FRANCESC DAURA, RAFAEL ESPARZA, RAMÓN PALLÁS; “Interferencias Electromagnéticas en Sistemas Electrónicos”; Alfaomega-Marcombo S.A.; Barcelona España, 1992.

HYNES, RICHARD; “Programación de bases de datos con Visual Basic.NET”; Pearson Prentice Hall; Madrid 2003.

FERREL G. STREMLER; “Sistemas de Comunicación”; Tercera Edición; Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. S.A.; E.U.A, 1993.

MUHAMMAD H. RASHID; “Electrónica de potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones”; Segunda Edición; Prentice Hall Inc.; México, 1993.

ROBERT L. BOYLESTAD, LOUIS NASHELSKY; “Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos”; Octava Edición; Pearson Prentice Hall; México, 2003.

RONALD J. TOCCI, NEAL S. WIDMER, GREGORY L. MOSS; “Sistemas Digitales Principios y Aplicaciones”; Décima Edición; Pearson Prentice Hall; México, 2007.

A E. FITZGERALD, CHARLES KINGSLEY, STEPHEN D. UMANS; “Electric Machinery”; Quinta Edición; McGraw-Hill; USA, 1980.



Tesis:

ESTEBAN FERNANDO CASTILLO DURÁN, JOSÉ RICARDO VILLAGÓMEZ DÁVALOS; “Sistema de Monitoreo Remoto de Niveles de Almacenamiento de Combustible para una Estación de Servicio”; TESIS. Cuenca. 2008; DIRECTOR: Fabián Marcelo Vargas Carvajal.

JORGE AUCAPIÑA E.; “APLICACIÓN DE LOS MICROCONTROLADORES PIC PARA UTOMATIZACIÓN VÍA TELEFÓNICA”; Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico; UNIVERSIDAD DE CUENCA, CUENCA-ECUADOR, 2005.

CARLOS PLATERO; “Introducción al Procesamiento digital de Señales”; DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, AUTOMÁTICA E INFORMÁTICA INDUSTRIAL, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, Capítulo 12.

Mag. GUILLERMO R. FRIEDRICH; “Introducción al Procesamiento Digital de Señales”, Facultad Regional Bahía Blanca; Universidad Tecnológica Nacional, 2003.

CSER AEDO, FELIPE ANDRES; “Sistema de control mediante mensajes SMS y Microcontroladores”; TESIS; Temuco 2006; DIRECTOR: Luis Alberto Caro.

JUAN GONZÁLEZ GÓMEZ; “EL SERVICIO SMS: UN ENFOQUE PRACTICO”; TESIS; UAM 2002; DIRECTOR: Javier Martínez Rodríguez, Francisco Gómez Arribas, Susana Holgado González-Guerrero, Luis de Pedro Sánchez.



LORENZO BONILLO, Alberto “Comunicación Punto a Punto vía módem GSM”; TESIS; ETSE 2004; DIRECTOR: Ernest Gil Dolcet.

Documentos electrónicos:

MOTOROLA Inc.; “ISU AT Command Reference”; Documento Electrónico PDF versión 1.3; Motorola Personal Communications Sector Satellite Subscriber Products Division 2000.

FABRICANTE DE MICROCONTROLADORES PICs, RFPIcs Y RFPIcs, www.microchip.com

MIKE GARBUTT, Asynchronous Communications with the PICmicro® USART, AN774, Microchip Technology Inc, DS00774A, U.S.A., 2003

Universal Serial Bus Revision 2.0 specification.pdf

GSM UMTS 3GPP Numbering Cross Referente, Version 1.1, How to find and download the standards and reports you need ...,<http://webapp.etsi.org/key/queryform.asp>

ANDONI IRIZAR PICÓN, Tratamiento Digital de Señal, <http://www.tecnun.com/asignaturas/tratamiento%20digital/frametds5.html>.

APLICACIÓN A LA ESTRUCTURA TARIFARIA/EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTROSUR

6.4 Referencias de internet:

www.ni.com/signal_condit_fundamentals.pdf

www.dspguide/TheScientistandEngineer'sGuidetoDigitalSignalProcessing_archivos/ch3.pdf



www.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf

<http://electronicautil.blogspot.com/2008/06/livewire-y-pcbwizard.html>

www.lsi.us.es/~javierj/publications/MDA14.pdf

http://www.elguruprogramador.com.ar/libreria_de_codigo/vb.asp

http://www.geocities.com/heich_programmer/

<http://www.programatium.com/vb/trucos/>

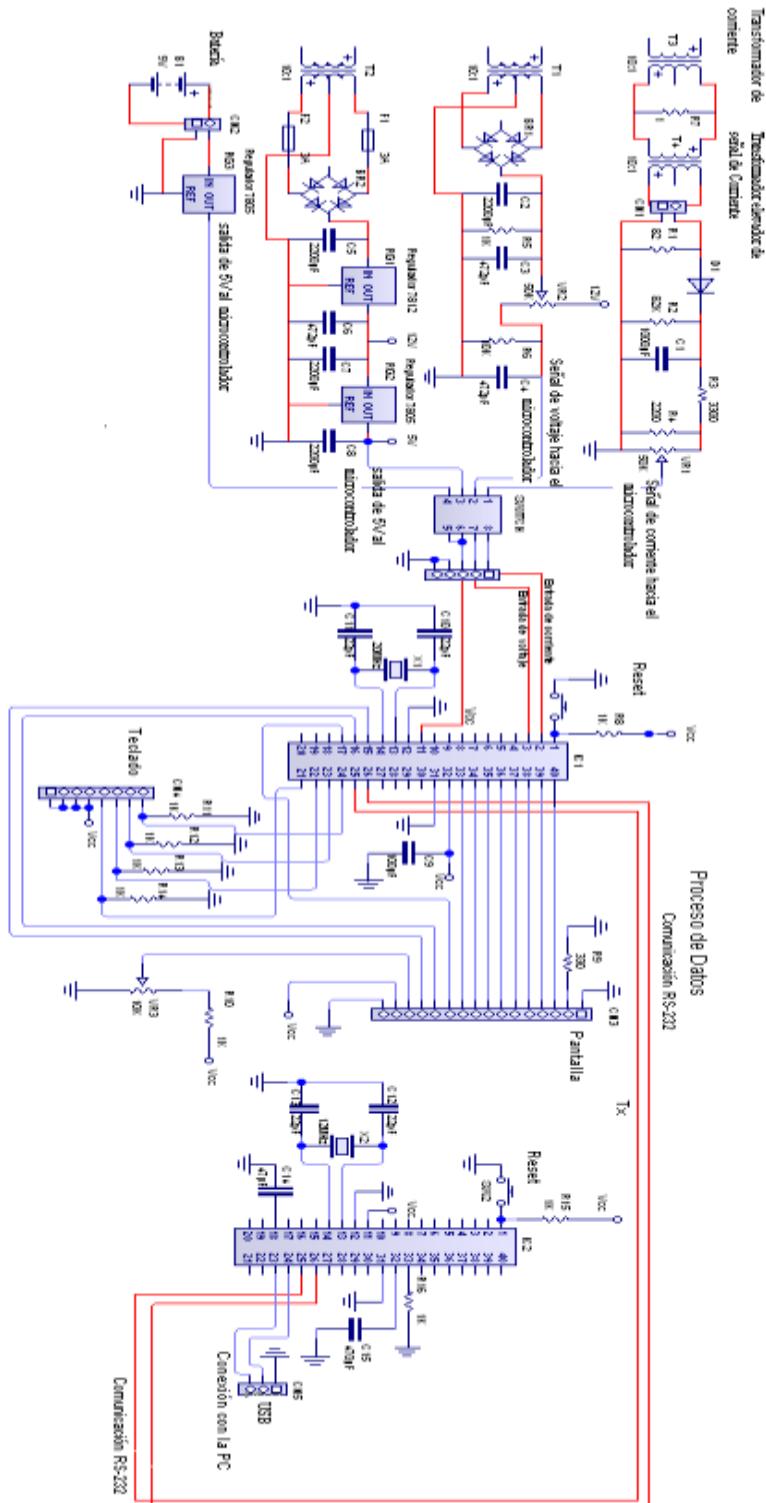
<http://www.canalvisualbasic.net/inicio/menus.asp>



6.5 Anexos

ANEXO 1

DIAGRAMA DE CIRCUITOS COMPLETO DEL PROTOTIPO





ANEXO 2

PROGRAMA PRINCIPAL DE PROCESAMIENTO DE DATOS

DEL MICROCONTROLADOR PIC18F4550

CÓDIGO FUENTE:

```
//      UNIVERSIDAD DE CUENCA
//      FACULTAD DE INGENIERÍA
//      ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA
// PROGRAMA PRINCIPAL DE PROCESAMIENTO DE DATOS Y TRANSMISIÓN DE
DATOS RS-232
// PROGRAMA PARA LA MEDICIÓN DE ENERGÍA
// REALIZADO POR:

//      FAUSTO BARZALLO GRUNAUER
//      ANDREA ERAS ALMEIDA

//INICIALIZACION DE PROGRAMA
//DEFINICIONES
#include <18F4550.h>
#include <reg_pin18.h>
#device ADC=8; // 8bits del adc
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NOPBADEN
#use delay(clock=20000000)          //Configuración del oscilador de reloj
#use rs232(baud=2400, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7, PARITY=0, BITS =8, STOP=1)
//CONFIGURACION DE LA TRANSMISION RS-232
//#rom 0xF000={1,2,3,4,5}
#bit D2 = PORTD.2                  //PULSANTE QUE DESPLIEGA EL
VALOR DE CONSUMO DIARIO
#bit D3 = PORTD.3                  //PULSANTE QUE DESPLIEGA EL
VALOR DE PROYECCIÓN MENSUAL

int W,DIR,DATO;                  //VARIABLES USADAS PARA CARGAR EN EL LCD
int CUA0,CUA1,CUA2,CUA3,CUA4,CUA5,CUA6; //variables de los datos que se van a
visualizar en el LCD
INT16 VOLTAJE,CORRIENTE;
INT32 RES,POTI;
float32 REGISTRO1,CUENTA;
```



```
int CONTEO1,TIME;           //VARIABLES PARA EL CÁLCULO DE
COSTOS===== CONTEO

FLOAT32 PROT,PROT2,PRO2,PROT3;

FLOAT32 ACTUAL,PROYECTADO,CONTEO;
FLOAT32 PROYECCIÓN,PROYECCIONES;

int CU0,CU1,CU2,CU3;er      //VARIABLES PARA ESCRIBIR LOS DATOS DE
COSTOS Y PROYECCIONES
INT32 RESE;
int DI2,DAT2,DI3,DAT3,DI4,DAT4,DI5,DAT5,DI6,DAT6,DI7,DAT7;
                           //VARIABLES PARA REALIZAR LA
FACTURACIÓN
int CARCOM,SUBCRU;
FLOAT32 CARENE,FNORMAL,FDIGNIDAD,DIGENE,ALUPUB,BASURA;
int LCD38()    // INICIO DE LA CONFIGURACIÓN PARA EL LCD DE CARACTER
{
    W=0X38;    //VOY ESCRIBIENDO EN LA PANTALLA LA CONFIGURACIÓN
ESCOGIDA DEL MANUAL
    return;
}                      //LA SUBRUTINA LCDI REALIZA LA ESCRITURA DE ESTOS DATOS EN
LA PANTALLA

int LCD06()
{
    W=0X0E;
    return;
}
int LCD0E()
{
    W=0X06;
    return;
}
int LCD01()
{
    W=0X03;
    return;
}
}                      //HASTA AQUÍ SE ENVIA LOS VALORES QUE SE NECESITAN PARA
INICIALIZAR LA LCD

int ESCR1()      //PRIMERO SE ESCRIBE LA DIRECCIÓN DE LA POSICIÓN DEL
DATO EN EL LCD
{
    //Y LUEGO SE ENVIA EL DATO
    DIR=0X82;    //EN ESTA POSICIÓN ESTÁ EL DÍGITO MÁS SIGNIFICATIVO EN
LA PANTALLA
```



```
DATO=CUA0+0X30; // DÍGITO #7
delay_ms(5);
return;
}
int ESCR2()      //DÍGITO #6
{
    DIR=0X83;
    DATO=CUA1+0X30;
    delay_ms(10);
return;
}
int ESCR3()      //DÍGITO #5
{
    DIR=0X84;
    DATO=CUA2+0X30;
    delay_ms(10);
return;
}
int ESCR4()      //DÍGITO #4
{
    DIR=0X85;
    DATO=CUA3+0X30;
    delay_ms(10);
return;
}
int ESCR5()      //DÍGITO #3
{
    DIR=0X86;
    DATO=CUA4+0X30;
    delay_ms(10);
return;
}
int ESCR6()      //DÍGITO #2
{
    DIR=0X87;
    DATO=CUA5+0X30;
    delay_ms(10);
return;
}
int ESCR7()      //COMA DECIMAL
{
    DIR=0X88;
    DATO=',';
    return;
}
```



```
int ESCR8()
{
    DIR=0X89;
    DATO=CUA6+0X30; //DÍGITO #1
    delay_ms(10);
    return;
}
int ESCR9()
{
    DIR=0X8B; //EN ESTA POSICIÓN SE ESCRIBE LA LETRA K
    DATO='K';
    return;
}

int ESCR10()
{
    DIR=0X8C; //EN ESTA POSICIÓN SE ESCRIBE LA LETRA W
    DATO='W';
    return;
}
int ESCR11()
{
    DIR=0X8D; //EN ESTA POSICIÓN SE ESCRIBE LA LETRA H
    DATO='h';
    return;
}
////////////////////////////// SE INICIA EL LCD DE CARACTER///////////////////
int LCDI() //SUBRUTINA PARA INICIALIZAR EL LCD DE CARACTER
{
    delay_ms (15);
    bit_clear(PORTC,2); //SE ENVÍA ESTOS COMANDOS POR EL PORT C
    bit_clear(PORTC,0);
    bit_clear(PORTC,1);
    bit_set(PORTC,2);
    PORTB=W;
    bit_clear(PORTC,2);
    delay_ms (15);
    return;
}
//////////////////////////////ESCRITURA EN LA LCD///////////////////
//-----
int LCDC() //SUBRUTINA PARA ESCRIBIR UN CARACTER EN EL LCD
{
    delay_us (10);
    bit_clear(PORTC,0); //ESCOGE LA DIRECCIÓN EN LA QUE VA A ESCRIBIR
```



```
bit_clear(PORTC,1);
bit_set(PORTC,2);
PORTB=DIR;
bit_clear(PORTC,2);

delay_ms (10);
    //SE ENVÍA EL CÓDIGO DEL DATO QUE SE DESEA VISUALIZAR
bit_set(PORTC,0);
bit_clear(PORTC,1);
bit_set(PORTC,2);
PORTB=DATO;
bit_clear(PORTC,2);

delay_ms (10);      //ESCRITURA EN LCD DE CARACTER
return;
}

//=====
//-----
//////////FIN DE INICIALIZACIÓN DEL LCD DE CARACTER ///////
///TOMA DE DATOS DEL ADC1 Y DEL ADC2///I Y V RESPECTIVAMENTE///
//=====

int CALCULO()
{
    ESPERE:
    if (D2==1){      //CHEQUEA SI EL PULSANTE 1 FUE PRESIONADO
        RESE=ACTUAL;
        goto ENVIO1;
    }
    else{
        goto PULSANTE1;
    }

PULSANTE1:
{
    if (D3==1){      //CHEQUEA SI EL PULSANTE 2 FUE PRESIONADO
        RESE=PROYECTADO;
        goto ENVIO1;
    }
    else{
        goto RETARDO1;
    }
}

//=====
//-----
////SUBRUTINA PARA ENVIAR LOS COSTOS A LA LCD //////////
//-----
////SUBRUTINA DE AJUSTE DE OPERANDOS//////////
```



//PRIMERO SE ESCRIBE LA DIRECCIÓN DE LA POSICIÓN DEL DATO EN EL LCD

```
DI2=0XC0;  
DAT2='$';  
delay_us (10);  
bit_clear(PORTC,0);  
bit_clear(PORTC,1);  
bit_set(PORTC,2);  
PORTB=DI2;  
bit_clear(PORTC,2);  
  
delay_ms (10); //SE ENVÍA EL CÓDIGO DEL DATO QUE SE DESEA VISUALIZAR  
bit_set(PORTC,0);  
bit_clear(PORTC,1);  
bit_set(PORTC,2);  
PORTB=DAT2;  
bit_clear(PORTC,2);  
  
delay_ms (10); //ESCRITURA EN LCD DE CARACTER
```

//////////SE ESCRIBE ESPACIOS EN BLANCO//////////

//=====

//PRIMERO SE ESCRIBE LA DIRECCIÓN DE LA POSICIÓN DEL DATO EN EL LCD

```
DI3=0XC2;  
DAT3=CU0+0X30;  
delay_us (10);  
bit_clear(PORTC,0);  
bit_clear(PORTC,1);  
bit_set(PORTC,2);  
PORTB=DI3;  
bit_clear(PORTC,2);  
  
delay_ms (10); //SE ENVÍA EL CÓDIGO DEL DATO QUE SE DESEA VISUALIZAR  
bit_set(PORTC,0);  
bit_clear(PORTC,1);  
bit_set(PORTC,2);  
PORTB=DAT3;  
bit_clear(PORTC,2);  
  
delay_ms (10); //ESCRITURA EN LCD DE CARACTER
```

//=====



//PRIMERO SE ESCRIBE LA DIRECCIÓN DE LA POSICIÓN DEL DATO
EN EL LCD

```
DI4=0XC3;  
DAT4=CU1+0X30;  
delay_us (10);  
bit_clear(PORTC,0);  
bit_clear(PORTC,1);  
bit_set(PORTC,2);  
PORTB=DI4;  
bit_clear(PORTC,2);  
  
delay_ms (10);      //SE ENVÍA EL CÓDIGO DEL DATO QUE SE DESEA VISUALIZAR  
bit_set(PORTC,0);  
bit_clear(PORTC,1);  
bit_set(PORTC,2);  
PORTB=DAT4;  
bit_clear(PORTC,2);  
  
delay_ms (10);      //ESCRITURA EN LCD DE CARACTER
```

//=====

//PRIMERO SE ESCRIBE LA DIRECCIÓN DE LA POSICIÓN DEL DATO
EN EL LCD

```
DI5=0XC4;  
DAT5=';';  
delay_us (10);  
bit_clear(PORTC,0);  
bit_clear(PORTC,1);  
bit_set(PORTC,2);  
PORTB=DI5;  
bit_clear(PORTC,2);  
  
delay_ms (10);      //SE ENVÍA EL CÓDIGO DEL DATO QUE SE DESEA VISUALIZAR  
bit_set(PORTC,0);  
bit_clear(PORTC,1);  
bit_set(PORTC,2);  
PORTB=DAT5;  
bit_clear(PORTC,2);  
  
delay_ms (10);      //ESCRITURA EN LCD DE CARACTER
```



```
//=====
//PRIMERO SE ESCRIBE LA DIRECCIÓN DE LA POSICIÓN DEL DATO
EN EL LCD
```

```
DI7=0XC6;
DAT7=CU3+0X30;
delay_us (10);
bit_clear(PORTC,0);
bit_clear(PORTC,1);
bit_set(PORTC,2);
PORTB=DI7;
bit_clear(PORTC,2);

delay_ms (10);
//SE ENVÍA EL CÓDIGO DEL DATO QUE SE DESEA VISUALIZAR
bit_set(PORTC,0);
bit_clear(PORTC,1);
bit_set(PORTC,2);
PORTB=DAT7;
bit_clear(PORTC,2);

delay_ms (10); //ESCRITURA EN LCD DE CARACTER
//=====
//CON LAS SIGUIENTES INSTRUCCIONES SE PONE EN BLANCO LOS CARACTERES
QUE NO SE NECESITA
//=====
//PRIMERO SE ESCRIBE LA DIRECCIÓN DE LA POSICIÓN DEL DATO EN EL LCD
```

```
/////////// /////////////////////////////////////////////////////
//=====
```

```
} //CIERRA EL ENVÍO DE COSTOS

//=====
//-----
///////////SUBRUTINA PARA ENVIAR LOS COSTOS A LA LCD //////////
//-----

delay_ms(50);
RETARDO1:
{
    TIME=TIME+1;
    if (TIME==20){ //SE AJUSTA EL TIEMPO DE ESPERA PARA LA RECOLECCIÓN
DE DATOS
        goto SI; //TIME==100 ESPERA 10 SEG POR CADA DATO QUE
RECOLECTA
    }
}
```



```
else{
    delay_ms(100); //ESTABA 100MS ESPERA 0.5 SEGUNDOS
    goto ESPERE;
}
}

SI:
{
    TIME=0;
}

//TIEMPO DE ESPERA PARA ADQUIRIR LOS NUEVOS DATOS
// DE I Y V CADA 10SEGUNDOS
//=====
//////////////////SE TOMA LOS DATOS DE CORRIENTE Y VOLTAJE////
setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL); //HABILITA EL MÓDULO A/D
(setup_adc_ports(RA0_ANALOG);
//Y ESCOGE EL RELOJ INTERNO DEL
ADC
setup_adc_ports(AN0_TO_AN1_ANALOG); //ESCOGE EL RA1 COMO
ENTRADA ANALÓGICA DEL ADC Y EL CANAL 0
set_adc_channel(0); //LA SIGUIENTE LECTURA DEL ADC LO HACE
DESDE EL CANAL 0
delay_us(50); //NECESITA UN PEQUEÑO RETARDO DESPUES
DE ESCOGER EL CANAL
CORRIENTE=read_adc(); //EMPIEZA LA CONVERSIÓN Y LEE EL
RESULTADO
CORRIENTE=(CORRIENTE*2); //ENVÍA EL DATO CONVERTIDO y
CORREGIDO A LA ETIQUETA CORRIENTE
delay_us(50);

//=====
//////////////////SE TOMA LOS DATOS DE CORRIENTE Y VOLTAJE///

setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL); //HABILITA EL MÓDULO
A/D (setup_adc_ports(RA0_ANALOG);
//Y ESCOGE EL RELOJ INTERNO
DEL ADC
setup_adc_ports(AN0_TO_AN1_ANALOG); //ESCOGE ALL_ANALOG COMO
ENTRADAS ANALOGICA DEL ADC Y EL CANAL 1
set_adc_channel(1); //LA SIGUIENTE LECTURA DEL ADC LO HACE
DESDE EL CANAL 1
delay_us(50); //NECESITA UN PEQUEÑO RETARDO
DESPUÉS DE ESCOGER EL CANAL
VOLTAJE=read_adc(); //EMPIEZA LA CONVERSIÓN Y LEE EL
RESULTADO
VOLTAJE=((VOLTAJE*120)/255); //SE ENVÍA EL DATO CONVERTIDO Y
CORREGIDO A LA ETIQUETA VOLTAJE
```



```
delay_us(50);

//=====
//=====SE MULTIPLICA LOS VALORES CALCULADOS=====
//=====

POTI=((CORRIENTE*VOLTAJE));
//SE REALIZA LA MULTIPLICACIÓN DE LOS DOS NÚMEROS. ESTE RESULTADO
ESTA EN WATTS Y VAS DESDE 2805W---1.1W----CADA CAMBIO SE DA

REGISTRO1=((POTI*1*10)/3600);      //CADA 20mv---=0.02v de precision

//FORMULA REGISTRO1=P*V*COS P*ts*(1h/3600s)=resp en Watts

//=====1 DIA=====

CONTEO=CONTEO+1;
if (CONTEO==8640){                //ESTABA 8640 SE CUENTA CUÁNTOS DATOS
HAN PASADO, HASTA 24HORAS O 1 DÍA
    goto COSTOS;
}
else{
    goto SIGUIENTEFIN;
}

//=====30 DIAS=====

COSTOS:
{
    CONTEO1=CONTEO1+1;

    if (CONTEO1==30){            //SE CUENTA CUÁNTOS DATOS HAN PASADO, HASTA
24HORAS O 1 DÍA o mes o horas
        goto CLEARREG;        //depende el valor puesto en el conteo anterior
    }
    else{
        goto COSTOS1;
    }
}

//=====

SIGUIENTEFIN: //EN LOS REGISTROS PROYECTADO Y ACTUAL ESTAN LOS
VALORES CALCULADOS DE COSTOS
{
}

//=====RETORNA CON EL CÁLCULO DE LA ENERGÍA=====
//=====

CUENTA=(CUENTA+REGISTRO1);
```



```
//SE REALIZA TODOS LOS CÁLCULOS PARA HALLAR LA
ENERGÍA
//VOY REGISTRANDO QUE SE CUMPLAN CADA 100WATTS
if (CUENTA>=1000){           //PARA IR MOSTRANDO EL INCREMENTO EN LA
PANTALLA
    goto SUMA1;             //DEL CONSUMO POR CADA 0.1KWH
}
else{
    goto ESPERE;
}

SUMA1:
CUENTA=0;
REGISTRO1=0;
POTI=0;
//=====
//RES TIENE LOS VALORES EN K WATTS ,HORA SE COLOCA
EN PROYECCIÓN
RES=(RES+1);           // SE HACE LA SUMA CUANDO SE CUMPLE CON EL
VALOR DE ENERGIA >=100WATTS
putc(0xFF);            //EN EL REGISTRO RES(32BITS) SE VAN A IR
SUMANDO Y ACUMULANDO
//LOS REGISTROS DE KWH CALCULADOS
ANTERIORMENTE
//=====

PROYECCIONES=(PROYECCIONES+0.1); // SE VA ACUMULANDO COMO RES Y
SE BORRA UNA VES C/DÍA
PROYECCION=(PROYECCION+0.1);    // SE VA ACUMULANDO COMO RES Y
LO BORRO UNA VES C/30DÍAS

//=====
PROT=(PROYECCION);          //PASO LOS DATOS DE PROYECCIÓN A KWH Y
BORRA 1 VES AL MES =50KWH

//=====CÁLCULO DIARIO DEL COSTO REAL DE
FACTURACIÓN=====
if (PROT<=50){
//COMPARA CON LA TABLA DE PRECIOS SEGÚN LO CONSUMIDO Y
ALMACENADO EN PROT
    CARENE=PROT*100*0.081;
    CARCOM=141;
    SUBCRU=190;
    FNORMAL=CARENE+CARCOM-SUBCRU;
    FDIGNIDAD=((PROT*0.04)+0.7)*100;
    DIGENE=(FNORMAL-FDIGNIDAD);
```



```
ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
BASURA=12+(0.03*CARENE);

ACTUAL=CARENE+141-190-DIGENE+ALUPUB+BASURA+109;
goto SIGUIENTE;
}
else{
    goto EVALUE;
}
EVALUE:
{
    if (PROT<=90){           //SE COMPARA EL RANGO EN EL QUE SE
ENCUENTRA EN LA TABLA

        CARENE=((PROT-50)*100*0.083)+405;
        CARCOM=141;
        SUBCRU=190;
        FNORMAL=CARENE+CARCOM-SUBCRU;
        FDIGNIDAD=((PROT*0.04)+0.7)*100;
        DIGENE=(FNORMAL-FDIGNIDAD);
        ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
        BASURA=12+(0.03*CARENE)

        ACTUAL=CARENE+141-190-DIGENE+ALUPUB+BASURA+109;
        goto SIGUIENTE;
    }
    else{
        goto EVALUE1;
    }
}
EVALUE1:
{
    if (PROT<=100){
        CARENE=((PROT-50)*100*0.083)+405;
        CARCOM=141;
        SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;
        FNORMAL=CARENE+CARCOM+SUBCRU;
        FDIGNIDAD=((PROT*0.04)+0.7)*100;
        DIGENE=(FNORMAL-FDIGNIDAD);
        ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
        BASURA=12+(0.03*CARENE);

        ACTUAL=CARENE+141+SUBCRU-DIGENE+ALUPUB+BASURA+109;
        goto SIGUIENTE;
    }
    else{
        goto EVALUE2;
    }
}
```



```
}

EVALUE2:
{
if (PROT<=110){
    CARENE=((PROT-100)*100*0.085)+820;
    CARCOM=141;
    SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;
    FNORMAL=CARENE+CARCOM+SUBCRU;
    FDIGNIDAD=((PROT*0.04)+0.7)*100;
    DIGENE=(FNORMAL-FDIGNIDAD);
    ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
    BASURA=12+(0.03*CARENE);
    ACTUAL=CARENE+141+SUBCRU-DIGENE+ALUPUB+BASURA+109;
    goto SIGUIENTE;
}
else{
    goto EVALUE3;
}
}

//=====

EVALUE3:
{
if (PROT<=150){
    CARENE=((PROT-100)*100*0.085)+820;
    CARCOM=141;
    SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;
    ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
    BASURA=12+(0.03*CARENE);

    ACTUAL=CARENE+141+SUBCRU+ALUPUB+BASURA+109;
    goto SIGUIENTE;
}
else{
    goto EVALUE4;
}
}

//=====

EVALUE4:
{
if (PROT<=200){
    CARENE=((PROT-150)*100*0.087)+1245;
    CARCOM=141;
    SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;
    ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
    BASURA=12+(0.03*CARENE);
    ACTUAL=CARENE+141+SUBCRU+ALUPUB+BASURA+109;
}
```



```
        goto SIGUIENTE;
    }
else{
    goto EVALUE5;
}
}

//=====
EVALUE5:
{
if (PROT<=250){
    CARENE=((PROT-200)*100*0.089)+1680;
    CARCOM=141;
    SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;
    ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
    BASURA=12+(0.03*CARENE);
    ACTUAL=CARENE+141+SUBCRU+ALUPUB+BASURA+109;
    goto SIGUIENTE;
}
else{
    goto EVALUE6;
}
}

//=====
EVALUE6:
{
if (PROT<=300){
    CARENE=((PROT-250)*100*0.091)+2125;
    CARCOM=141;
    SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;
    ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
    BASURA=12+(0.03*CARENE);
    ACTUAL=CARENE+141+SUBCRU+ALUPUB+BASURA+109;
    goto SIGUIENTE;
}
else{
    goto EVALUE7;
}
}

EVALUE7:
{
if (PROT<=350){

    CARENE=((PROT-300)*100*0.093)+2580;
    CARCOM=141;
    SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;
    ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
}
```



```
BASURA=12+(0.03*CARENE);

ACTUAL=CARENE+141+SUBCRU+ALUPUB+BASURA+109;
goto SIGUIENTE;
}
else{
CARENE=((PROT-350)*100*0.095)+3045;
    CARCOM=141;
    SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;
    ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
    BASURA=12+(0.03*CARENE);
    ACTUAL=CARENE+141+SUBCRU+ALUPUB+BASURA+109;
    goto SIGUIENTE;
}
}

//=====SE EMPIEZA LOS CÁLCULOS PARA REALIZAR LA PROYECCIÓN DE
DEMANDA=====
//ES UNA PROYECCIÓN DIARIA PERO PROMEDIANDO LOS DATOS REGISTRADOS
EN DÍAS ANTERIORES
COSTOS1:
{
    PRO2=((PRO2+PROYECCIONES));
//SE VA ACUMULANDO LOS CONSUMOS DIARIOS HASTA 30 DIAS
    PROT2=(PRO2/CONTEO1);
    PROT3=PROT2*30;
// SE LOS PROMEDIA PARA EL # DE DÍAS TRANSCURRIDOS Y SE LO PROYECTA A
30DÍAS
//EN PROT3 ESTA EL DATO DE CONSUMO PROYECTADO
=====

if (PROT3<=50){          //SE COMPARA CON LA TABLA DE PRECIOS SEGÚN LO
CONSUMIDO
    CARENE=PROT3*100*0.081;
    CARCOM=141;
    SUBCRU=190;
    FNORMAL=CARENE+CARCOM-SUBCRU;
    FDIGNIDAD=((PROT3*0.04)+0.7)*100;
    DIGENE=(FNORMAL-FDIGNIDAD);
    ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
    BASURA=12+(0.03*CARENE);

    PROYECTADO=CARENE+141-190-DIGENE+ALUPUB+BASURA+109;
    goto SIGUIENTE1;
}
else{
    goto EVALUEX;
}
```



}

}

EVALUEX:

{

if (PROT3<=90){ //SE COMPARA EL RANGO EN EL QUE SE ENCUENTRA
EN LA TABLA

CARENE=((PROT3-50)*100*0.083)+405;

CARCOM=141;

SUBCRU=190;

FNORMAL=CARENE+CARCOM-SUBCRU;

FDIGNIDAD=((PROT3*0.04)+0.7)*100;

DIGENE=(FNORMAL-FDIGNIDAD);

ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);

BASURA=12+(0.03*CARENE);

PROYECTADO=CARENE+141-190-DIGENE+ALUPUB+BASURA+109;

goto SIGUIENTE1;

}

else{

goto EVALUE1X;

}

}

EVALUE1X:

{

if (PROT3<=100){

CARENE=((PROT3-50)*100*0.083)+405;

CARCOM=141;

SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;

FNORMAL=CARENE+CARCOM+SUBCRU;

FDIGNIDAD=((PROT3*0.04)+0.7)*100;

DIGENE=(FNORMAL-FDIGNIDAD);

ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);

BASURA=12+(0.03*CARENE);

PROYECTADO=CARENE+141+SUBCRU-DIGENE+ALUPUB+BASURA+109;

goto SIGUIENTE1;

}

else{

goto EVALUE2X;

}

}

EVALUE2X:

{

if (PROT3<=110){

CARENE=((PROT3-100)*100*0.085)+820;

CARCOM=141;

SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;

FNORMAL=CARENE+CARCOM+SUBCRU;



```
FDIGNIDAD=((PROT3*0.04)+0.7)*100;
DIGENE=(FNORMAL-FDIGNIDAD);
ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
BASURA=12+(0.03*CARENE);
PROYECTADO=CARENE+141+SUBCRU-DIGENE+ALUPUB+BASURA+109;
goto SIGUIENTE1;
}
else{
    goto EVALUE3X;
}
EVALUE3X:
{
if (PROT3<=150){
    CARENE=((PROT3-100)*100*0.085)+820;
    CARCOM=141;
    SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;
    ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
    BASURA=12+(0.03*CARENE);

    PROYECTADO=CARENE+141+SUBCRU+ALUPUB+BASURA+109;
    goto SIGUIENTE1;
}
else{
    goto EVALUE4X;
}
}
EVALUE4X:
{
if (PROT3<=200){
    CARENE=((PROT3-150)*100*0.087)+1245;
    CARCOM=141;
    SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;
    ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
    BASURA=12+(0.03*CARENE)
    PROYECTADO=CARENE+141+SUBCRU+ALUPUB+BASURA+109;
    goto SIGUIENTE1;
}
else{
    goto EVALUE5X;
}
}
EVALUE5X:
{
if (PROT3<=250){
    CARENE=((PROT3-200)*100*0.089)+1680;
```



```
CARCOM=141;
SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;
ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
BASURA=12+(0.03*CARENE);
PROYECTADO=CARENE+141+SUBCRU+ALUPUB+BASURA+109;
goto SIGUIENTE1;
}
else{
goto EVALUE6X;
}
}
EVALUE6X:
{
if (PROT3<=300){
CARENE=((PROT3-250)*100*0.091)+2125;
CARCOM=141;
SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;
ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
BASURA=12+(0.03*CARENE);
PROYECTADO=CARENE+141+SUBCRU+ALUPUB+BASURA+109;
goto SIGUIENTE1;
}
else{
goto EVALUE7X;
}
}
EVALUE7X:
{
if (PROT3<=350){
CARENE=((PROT3-300)*100*0.093)+2580;
CARCOM=141;
SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;
ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
BASURA=12+(0.03*CARENE);
PROYECTADO=CARENE+141+SUBCRU+ALUPUB+BASURA+109;
goto SIGUIENTE1;
}
else{
CARENE=((PROT3-350)*100*0.095)+3045;
CARCOM=141;
SUBCRU=(CARENE+CARCOM)*0.10;
ALUPUB=0.14*(CARENE+CARCOM);
BASURA=12+(0.03*CARENE);
PROYECTADO=CARENE+141+SUBCRU+ALUPUB+BASURA+109; //
PROYECTADO=PROT3*100*0.114;
goto SIGUIENTE1;
```



```
    }
}

=====FIN DE CÁLCULOS DE PROYECCIÓN=====
CLEARREG:          //TIENE QUE BORRARLOS UNA VEZ AL MES
{
    PROYECCION=0;      //AL PONER EN CERO PROYECCIÓN COLOCA EN CERO
    AL ACTUAL CUANDO RECIBE EL 1 DATO
    CONTEO1=0;          //SE BORRA TODOS LOS REGISTROS DE LA PROYECCIÓN
    PARA EMPEZAR
    PROT=0;            //A TOMAR LOS DATOS DEL NUEVO MES
    PRO2=0;
    PROYECTADO=0;
}
SIGUIENTE1:        //SON BORRADOS TODOS LOS DÍAS
{
    CONTEO=0;
    PROT2=0;
    PROT3=0;
    PROYECCIONES=0;
}
SIGUIENTE:
{
}

return;
}

=====INICIA TODO EL PROGRAMA PRINCIPAL=====
//-----
void main()
{ //1
    TRISD=0xFF;
    TRISC=0XC0;
    TRISB=0X00;
    TRISA=0x03; //PUERTO A.0 y A.5 COMO ENTRADA ANALÓGICA Y EL RESTO
    COMO E/S
//-----
//-----

    PROYECCION=0;
    CONTEO1=0;          //SE BORRA TODOS LOS REGISTROS DE LA PROYECCIÓN
    PARA EMPEZAR
    PROT=0;
    PRO2=0;
    PROYECTADO=0;
    CONTEO=0;
    PROT2=0;
    PROT3=0;
```



```
PROYECCIONES=0;
RES=0;
RESE=0;
//===== INICIA EL LCD
=====
LCD38();
LCDI();
LCD06();
LCDI(); //CON ESTA PARTE INICIA EL LCD
LCD0E();
LCDI();
LCD01();
LCDI();
do{
    CALCULO();
//EMPIEZA EL AJUSTE PARA PASAR A DECIMAL LOS DATOS MULTIPLICADOS Y
GUARDADOS EN RES
    ARREGLO1(); //AQUÍ SE PRUEBA EL B7 Y EL B6 CON OTRO 1
    AJUSTE();
    OTRO2(); //PRUEBA EL B5

//ENVÍA EL DATO MULTIPLICADO A LA LCD
CUA0,CUA1,CUA2,CUA3,CUA4,CUA5,CUA6
//=====
ESCR1();
LCDC(); //EMPIEZA A CARGAR LOS DATOS Y LA DIRECCIÓN EN LA QUE
SE QUIERE MOSTRAR LOS DATOS
ESCR2();
LCDC(); //EL NÚMERO TIENE SIETE DÍGITOS
ESCR3();
LCDC(); //PERO SE USA UNA COMA DÉCIMAL PARA PRECISIÓN
ESCR4();
LCDC(); // SE PUEDE REGISTRAR HASTA 838860,7 KWH
ESCR5();
LCDC();
ESCR6();
LCDC();
ESCR7();
LCDC();
ESCR8();
LCDC();
ESCR9(); //K
LCDC();
ESCR10(); //W
LCDC();
ESCR11(); //h
```



```
LCDC();  
delay_ms (100);  
} while( TRUE );  
}
```



ANEXO 3

PROGRAMA DE COMUNICACIONES DE DATOS USB DEL MICROCONTROLADOR PIC18F4550

CÓDIGO FUENTE:

```
' UNIVERSIDAD DE CUENCA
' FACULTAD DE INGENIERÍA
' ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
' PROGRAMA DE RECEPCIÓN DE DATOS RS-232 Y TRANSMISIÓN DE DATOS USB A
LA PC
'REALIZADO POR:
FAUSTO BARZALLO GRUNAUER
ANDREA ERAS ALMEIDA
```

```
DEFINE OSC 12      ;Se define la frecuencia de oscilación
INCLUDE "modedefs.bas"
dato var byte      ; Asignación de variable para dato recibido
salida var byte    ; Asignación de variable para dato recibido
dato1 var word     ; Asignación de variable para dato recibido
USBBufferSizeMax  con 8 ' Máximo tamaño del buffer
USBBufferSizeTX   con 8 ' Tamaño de la entrada
USBBufferSizeRX   con 8 ' Tamaño de la salida
          'Buffer para el USB...
USBBuffer      Var Byte[USBBufferSizeMax]
USBBufferCount  Var Byte
trisb =%00000000 ; Puerto b como salida
trisc =%11111111 ; Puerto c como entrada
```

```
' =====
'Lazo de programa principal - siempre la comunicación USB debe estar activa
' con una llamada a USBService cada dos milisegundos
' =====
```

```
usbinit ' Inicializacion del USB
ProgramStart:
```



```
for dato1= 1 to 5000
    pause 2          ; Tiempo de espera
    USBService      ; Mantiene la comunicación USB activa
    next
    serin portc.7,T2400,dato ;Adquisición de datos
    portb = dato     ; Cambio de variable
    usbbuffer[7] = dato ; Almacenamiento de dato para transmisión
    ; por USB hacia la PC
    gosub DoUSBOut   ; Llamado a subrutina para envío de dato
    goto ProgramStart
'
=====
' Espera para conectar la interfaz USB
' =====

DoUSBOut:
    USBBufCount = USBBufSizeTX ; Tamaño del buffer de transmisión
    USBService      ; Mantiene la transmisión activa
    USBOut 1, USBBuf, USBBufCount, DoUSBOut ; Comprueba el bus para
                                              ; realizar la transmisión
    return         ; Retorna al llamado de subrutina
```



ANEXO 4

PROGRAMA PARA EL COMPUTADOR PERSONAL

CÓDIGO FUENTE:

' UNIVERSIDAD DE CUENCA
' FACULTAD DE INGENIERÍA
' ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

'PROGRAMA DE RECEPCIÓN DE DATOS POR USB Y TRANSMISIÓN DE DATOS POR MEDIO DE MENSAJE DE TEXTO

'REALIZADO POR:

' FAUSTO BARZALLO GRUNAUER
' ANDREA ERAS ALMEIDA

```
Private Const VendorID = 6017
Private Const ProductID = 2000
" Buffers de lectura y escritura usb
Private Const BufferInSize = 8
Private Const BufferOutSize = 8
Dim BufferIn(0 To BufferInSize) As Byte
Dim BufferOut(0 To BufferOutSize) As Byte
Dim a As String
Dim szValueToWrite As String
Dim ss As RasterOpConstants
"Variables para el cálculo de energía
Dim Valdec8 As String
Dim Valdec2 As Double
Dim Valdec1 As String
Dim res As Integer
Dim Bin As String
Dim DecABin As String
Dim ValDec As String
Dim bit0 As Long
Dim bit1 As Long
Dim bit2 As Long
Dim bit3 As Long
Dim bitx As Long
Dim prot3 As Double
Dim prot2 As Double
```



```
Dim pro2 As Double
Dim conteo1 As String
Dim conteo As String
Dim binario As String
"Variables para el cálculo de la facturación de energía
Dim CARCOM As Double
Dim SUBCRU As Double
Dim CARENE As Double
Dim FNORMAL As Double
Dim FDIGNIDAD As Double
Dim DIGENE As Double
Dim ALUPUB As Double
Dim BASURA As Double
Dim CARCOMx As Double
Dim SUBCRUX As Double
Dim CARENEx As Double
Dim FNORMALx As Double
Dim FDIGNIDADx As Double
Dim DIGENEx As Double
Dim ALUPUBx As Double
Dim BASURAx As Double
'Variables para mensaje de texto sms
Dim sms_info As String
Dim sMessage As String
Dim infomsg As String
Dim pos As Integer
Dim num_sms As String
Dim salir_sist As VbMsgBoxResult
Dim memoria As String
Dim bcmgr As Boolean
Dim contmsj As String
Dim nummsg As String
Dim alarma As Boolean
Dim jj As Long
Dim parte4 As String
Dim razon As String
Dim producto2 As String
"Dim contados como String
Private Sub Command1_Click()
Close #1
Unload Me
End Sub
Private Sub Form_Load()
Open "C:\prueba5.txt" For Append As #1 "Archivo para base de datos de energía
ConnectToHID (Me.hwnd)
```



```
TxtFecha.Text = Format(Date, "DD/MM/YYYY")
conteo = "0"
conteo1 = "0"
pro2 = "0"
prot2 = "0"
prot3 = "0"
Valdec2 = "0"
' Número de puerto com 4
' Subrutina para configurar el puerto usb
If MSComm1.PortOpen = False Then
    MSComm1.Handshaking = comNone
    MSComm1.InBufferSize = 1024
    MSComm1.RThreshold = 1
    MSComm1.EOFEnable = False
    MSComm1.OutBufferSize = 1024
    MSComm1.SThreshold = 1
    MSComm1.NullDiscard = False
    MSComm1.RTSEnable = True
    MSComm1.DTREnable = True
    MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
    MSComm1.InputLen = 0
    MSComm1.InputMode = comInputModeBinary
End If
MSComm1.CommPort = 4
MSComm1.PortOpen = True
'Configuración del modem para recepción sms
MSComm1.Output = "AT+cmgf = 1" & Chr$(13) & Chr$(10)
MSComm1.Output = "AT+CNMI = 3,1,0,0,0" & Chr(13) & Chr(10)
MSComm1.Output = "AT+CPMS=?;" & Chr$(13) & Chr$(10)
MSComm1.Output = "AT+CPMS?;" & Chr$(13) & Chr$(10)

End Sub
'Desconecta del controlador HID
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    MSComm1.PortOpen = False
    DisconnectFromHID
End Sub
'Un equipo HID está siendo conectado
Public Sub OnPlugged(ByVal pHandle As Long)
    If hidGetVendorID(pHandle) = VendorID And hidGetProductID(pHandle) = ProductID Then
        End If
    'Un equipo HID está siendo conectado
    Public Sub OnUnplugged(ByVal pHandle As Long)
        If hidGetVendorID(pHandle) = VendorID And hidGetProductID(pHandle) = ProductID Then
            End If
    'Todos los equipos HID son conectados o desconectados
```



```
Public Sub OnChanged()
    Dim DeviceHandle As Long
    ' Lee un bandera - esto notifica si se puede leer
    ' Mensaje de notificación para leer el dato
    DeviceHandle = hidGetHandle(VendorID, ProductID)
    hidSetReadNotify DeviceHandle, True
End Sub
' Evento de lectura
Public Sub OnRead(ById pHandle As Long)
    ' Lectura del dato
    If hidRead(pHandle, BufferIn(0)) Then
        "Recibe el dato de consumo en BufferIn(8) y lo despliega en txtdato1.Text
        txtdato1.Text = BufferIn(8)
        "Se lo pasa a una variable y se hace un arreglo al dato y lo despliega en Text1.Text
        bit0 = BufferIn(8)
        bit1 = bit1 + bit0
        Text1.Text = bit1 / 2480 "Despliego el dato de energía
    =====
        bitx = bitx + bit0
        Valdec1 = bitx / 2480 "Datos para el cálculo de facturación
    =====
        bit2 = BufferIn(8)      "Datos para el cálculo de la proyección de facturación
        bit3 = bit3 + bit2
        Valdec2 = bit3 / 2480
    "Text1.Text=====
        txtdato7 = Valdec2
        "Almacena los registro en una base de datos
        ValDec = Text1.Text
        Print #1, ValDec
        "Cálculo del valor de consumos de energía (factura)
        If Valdec1 <= 350 Then
            CARENE = ((Valdec1 - 300) * 0.093) + 25.8
            CARCOM = 1.41
            SUBCRU = 0.1 * (CARENE + CARCOM)
            ALUPUB = 0.14 * (CARENE + CARCOM)
            BASURA = 0.12 + (0.03 * CARENE)
            txtdato2 = CARENE + CARCOM + SUBCRU + ALUPUB + BASURA + 1.09
        End If
        If Valdec1 <= 300 Then
            CARENE = ((Valdec1 - 250) * 0.091) + 21.25
            CARCOM = 1.41
            SUBCRU = 0.1 * (CARENE + CARCOM)
            ALUPUB = 0.14 * (CARENE + CARCOM)
            BASURA = 0.12 + (0.03 * CARENE)
```



```
txtdato2 = CARENE + CARCOM + SUBCRU + ALUPUB + BASURA + 1.09
End If
If Valdec1 <= 250 Then
    CARENE = ((Valdec1 - 200) * 0.089) + 16.8
    CARCOM = 1.41
    SUBCRU = 0.1 * (CARENE + CARCOM)
    ALUPUB = 0.14 * (CARENE + CARCOM)
    BASURA = 0.12 + (0.03 * CARENE)
    txtdato2 = CARENE + CARCOM + SUBCRU + ALUPUB + BASURA + 1.09
End If
If Valdec1 <= 200 Then
    CARENE = ((Valdec1 - 150) * 0.087) + 12.45
    CARCOM = 1.41
    SUBCRU = 0.1 * (CARENE + CARCOM)
    ALUPUB = 0.14 * (CARENE + CARCOM)
    BASURA = 0.12 + (0.03 * CARENE)
    txtdato2 = CARENE + CARCOM + SUBCRU + ALUPUB + BASURA + 1.09
End If
If Valdec1 <= 150 Then
    CARENE = ((Valdec1 - 100) * 0.085) + 8.2
    CARCOM = 1.41
    SUBCRU = 0.1 * (CARENE + CARCOM)
    ALUPUB = 0.14 * (CARENE + CARCOM)
    BASURA = 0.12 + (0.03 * CARENE)
    txtdato2 = CARENE + CARCOM + SUBCRU + ALUPUB + BASURA + 1.09
End If
If Valdec1 <= 110 Then
    CARENE = ((Valdec1 - 100) * 0.085) + 8.2
    CARCOM = 1.41
    SUBCRU = 0.1 * (CARENE + CARCOM)
    FNORMAL = (CARENE + CARCOM + SUBCRU)
    FDIGNIDAD = ((Valdec1 * 0.04) + 0.7)
    DIGENE = (FNORMAL - FDIGNIDAD)
    ALUPUB = 0.14 * (CARENE + CARCOM)
    BASURA = 0.12 + (0.03 * CARENE)
    txtdato2 = CARENE + CARCOM + SUBCRU - DIGENE + ALUPUB + BASURA + 1.09
End If
If Valdec1 <= 100 Then
    CARENE = ((Valdec1 - 50) * 0.083) + 4.05
    CARCOM = 1.41
    SUBCRU = 0.1 * (CARENE + CARCOM)
    FNORMAL = (CARENE + CARCOM + SUBCRU)
    FDIGNIDAD = ((Valdec1 * 0.04) + 0.7)
    DIGENE = (FNORMAL - FDIGNIDAD)
    ALUPUB = 0.14 * (CARENE + CARCOM)
    BASURA = 0.12 + (0.03 * CARENE)
```



```
txtdato2 = CARENE + CARCOM + SUBCRU - DIGENE + ALUPUB + BASURA + 1.09
End If
If Valdec1 <= 90 Then
    CARENE = ((Valdec1 - 50) * 0.083) + 4.05
    CARCOM = 1.41
    SUBCRU = 1.9
    FNORMAL = (CARENE + CARCOM - SUBCRU)
    FDIGNIDAD = ((Valdec1 * 0.04) + 0.7)
    DIGENE = (FNORMAL - FDIGNIDAD)
    ALUPUB = 0.14 * (CARENE + CARCOM)
    BASURA = 0.12 + (0.03 * CARENE)
    txtdato2 = CARENE + CARCOM - SUBCRU - DIGENE + ALUPUB + BASURA + 1.09
End If
If Valdec1 <= 50 Then
    CARENE = Valdec1 * 0.081
    CARCOM = 1.41
    SUBCRU = 1.9
    FNORMAL = (CARENE + CARCOM - SUBCRU)
    FDIGNIDAD = ((Valdec1 * 0.04) + 0.7)
    DIGENE = (FNORMAL - FDIGNIDAD)
    ALUPUB = 0.14 * (CARENE + CARCOM)
    BASURA = 0.12 + (0.03 * CARENE)
    txtdato2 = CARENE + CARCOM - SUBCRU - DIGENE + ALUPUB + BASURA + 1.09
End If
If Valdec1 >= 351 Then
    CARENE = ((Valdec1 - 350) * 0.095) + 30.45
    CARCOM = 1.41
    SUBCRU = 0.1 * (CARENE + CARCOM)
    ALUPUB = 0.14 * (CARENE + CARCOM)
    BASURA = 0.12 + (0.03 * CARENE)
    txtdato2 = CARENE + CARCOM + SUBCRU + ALUPUB + BASURA + 1.09
End If
"
End If
End Sub
' Subrutina para escribir un dato
Public Sub WriteSomeData()
    BufferOut(0) = 0 ' Primero escribir una ID
    BufferOut(1) = 10 ' Escribir el dato
    hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
    TxtHora.Text = Format(Time, "HH:MM:SS AMPM") "Despliega la hora del sistema en
    pantalla
End Sub
Private Sub Timer2_Timer()
```



```
"Cálculo del valor de consumos de proyección de energía (factura)
If Valdec2 <> 0 Then
    conteo = conteo + 1
    txtdato4 = conteo
    If conteo = 8640 Then "Variable que cuenta el número de datos calculados (días)
        conteo1 = conteo1 + 1
        txtdato5 = conteo1
        If conteo1 = 30 Then "Variable que cuenta el número de días calculados (mes)
            conteo1 = 0
            pro2 = 0
            conteo = 0
            prot2 = 0
            prot3 = 0
            Valdec2 = 0      "Se enceran las variables usadas en los cálculos de la facturación
            Valdec1 = 0      "Transcurrido un tiempo definido por los contadores
            bitx = 0
        End If
        " Almacenamiento de datos para proyección de costos
        pro2 = (pro2 + Valdec2)
        txtdato6 = pro2
        prot2 = (pro2 / txtdato5)
        prot3 = prot2 * 30  "Número de días proyectados
        Text2 = prot3
```

"-----Tabla de costos para proyección de demanda energética-----

```
If prot3 <= 350 Then
    CARENEx = ((prot3 - 300) * 0.093) + 25.8
    CARCOMx = 1.41
    SUBCRUx = 0.1 * (CARENEx + CARCOMx)
    ALUPUBx = 0.14 * (CARENEx + CARCOMx)
    BASURAx = 0.12 + (0.03 * CARENEx)
    txtdato3 = CARENEx + CARCOMx + SUBCRUx + ALUPUBx + BASURAx + 1.09
End If
If prot3 <= 300 Then
    CARENEx = ((prot3 - 250) * 0.091) + 21.25
    CARCOMx = 1.41
    SUBCRUx = 0.1 * (CARENEx + CARCOMx)
    ALUPUBx = 0.14 * (CARENEx + CARCOMx)
    BASURAx = 0.12 + (0.03 * CARENEx)
    txtdato3 = CARENEx + CARCOMx + SUBCRUx + ALUPUBx + BASURAx + 1.09
End If
If prot3 <= 250 Then
    CARENEx = ((prot3 - 200) * 0.089) + 16.8
    CARCOMx = 1.41
    SUBCRUx = 0.1 * (CARENEx + CARCOMx)
    ALUPUBx = 0.14 * (CARENEx + CARCOMx)
    BASURAx = 0.12 + (0.03 * CARENEx)
```



```
txtdato3 = CARENEx + CARCOMx + SUBCRUx + ALUPUBx + BASURAx + 1.09
End If
If prot3 <= 200 Then
    CARENEx = ((prot3 - 150) * 0.087) + 12.45
    CARCOMx = 1.41
    SUBCRUx = 0.1 * (CARENEx + CARCOMx)
    ALUPUBx = 0.14 * (CARENEx + CARCOMx)
    BASURAx = 0.12 + (0.03 * CARENEx)
    txtdato3 = CARENEx + CARCOMx + SUBCRUx + ALUPUBx + BASURAx + 1.09
End If
If prot3 <= 150 Then
    CARENEx = ((prot3 - 100) * 0.085) + 8.2
    CARCOMx = 1.41
    SUBCRUx = 0.1 * (CARENEx + CARCOMx)
    ALUPUBx = 0.14 * (CARENEx + CARCOMx)
    BASURAx = 0.12 + (0.03 * CARENEx)
    txtdato3 = CARENEx + CARCOMx + SUBCRUx + ALUPUBx + BASURAx + 1.09
End If
If prot3 <= 110 Then
    CARENEx = ((prot3 - 100) * 0.085) + 8.2
    CARCOMx = 1.41
    SUBCRUx = 0.1 * (CARENEx + CARCOMx)
    FNORMALx = (CARENEx + CARCOMx + SUBCRUx)
    FDIGNIDADx = ((prot3 * 0.04) + 0.7)
    DIGENEx = (FNORMALx - FDIGNIDADx)
    ALUPUBx = 0.14 * (CARENEx + CARCOMx)
    BASURAx = 0.12 + (0.03 * CARENEx)
    txtdato3 = CARENEx + CARCOMx + SUBCRUx - DIGENEx + ALUPUBx +
BASURAx + 1.09
End If
If prot3 <= 100 Then
    CARENEx = ((prot3 - 50) * 0.083) + 4.05
    CARCOMx = 1.41
    SUBCRUx = 0.1 * (CARENEx + CARCOMx)
    FNORMALx = (CARENEx + CARCOMx + SUBCRUx)
    FDIGNIDADx = ((prot3 * 0.04) + 0.7)
    DIGENEx = (FNORMALx - FDIGNIDADx)
    ALUPUBx = 0.14 * (CARENEx + CARCOMx)
    BASURAx = 0.12 + (0.03 * CARENEx)
    txtdato3 = CARENEx + CARCOMx + SUBCRUx - DIGENEx + ALUPUBx +
BASURAx + 1.09
End If
If prot3 <= 90 Then
    CARENEx = ((prot3 - 50) * 0.083) + 4.05
    CARCOMx = 1.41
    SUBCRUx = 1.9
```



```
FNORMALx = (CARENEx + CARCOMx - SUBCRUx)
FDIGNIDADx = ((prot3 * 0.04) + 0.7)
DIGENEx = (FNORMALx - FDIGNIDADx)
ALUPUBx = 0.14 * (CARENEx + CARCOMx)
BASURAx = 0.12 + (0.03 * CARENEx)
txtdato3 = CARENEx + CARCOMx - SUBCRUx - DIGENEx + ALUPUBx + BASURAx
+ 1.09
End If
If prot3 <= 50 Then
    CARENEx = prot3 * 0.081
    CARCOMx = 1.41
    SUBCRUx = 1.9
    FNORMALx = (CARENEx + CARCOMx - SUBCRUx)
    FDIGNIDADx = ((prot3 * 0.04) + 0.7)
    DIGENEx = (FNORMALx - FDIGNIDADx)
    ALUPUBx = 0.14 * (CARENEx + CARCOMx)
    BASURAx = 0.12 + (0.03 * CARENEx)
    txtdato3 = CARENEx + CARCOMx - SUBCRUx - DIGENEx + ALUPUBx + BASURAx
+ 1.09
End If
If prot3 >= 351 Then
    CARENEx = ((prot3 - 350) * 0.095) + 30.45
    CARCOMx = 1.41
    SUBCRUx = 0.1 * (CARENEx + CARCOMx)
    ALUPUB = 0.14 * (CARENEx + CARCOMx)
    BASURA = 0.12 + (0.03 * CARENEx)
    txtdato3 = CARENEx + CARCOMx + SUBCRUx + ALUPUBx + BASURAx + 1.09
End If
Valdec2 = 0      "Se borra las variables de los datos obtenidos de cada día
"
End If
End If
End Sub
"
"
"
-----SUBRUTINA PARA EL ENVIO DEL SMS-----
"
"
sMessage = StrConv(MSComm1.Input, vbUnicode)
infomsg = Trim(sMessage)
'Subrutina para el manejo de errores
Case comBreak
    MsgBox ("Se ha recibido una interrupción")
Case comEventFrame
    MsgBox ("Error de Trama")
Case comEventOverrun
```



MsgBox ("Puerto desbordado. No se leyó el último carácter desde el hardware antes de llegar otro carácter y el primero se perdió")

Case comEventRxOver

 MsgBox ("Desbordamiento del buffer de recepción; no hay espacio suficiente en el buffer")

Case comEventTxFull

 MsgBox ("buffer de transmisión lleno. Se ha intentado colocar un carácter más en la cola mientras el buffer de transmisión estaba lleno")

Case comEventRxParity

 MsgBox ("Error de paridad")

Case comEventDCB

 MsgBox ("Error inesperado al recuperar el DCB")

End Select

recibir_sms

 Text6.Text = Text6.Text + infomsg

End Sub

Sub recibir_sms()

'Rutina que recibe el mensaje y lo secciona dándole formato

If Mid(infomsg, 3, 5) = "+CMTI" Then

 infomsg = Trim(sMessage)

 memoria = Trim(Mid(infomsg, 11, 2))

 jj = Len(Mid(infomsg, 15, 200)) - 2

 nummsg = Trim(Mid(infomsg, 15, jj))

 Sleep (3000)

 MSComm1.Output = "AT+CMGR =" & nummsg & ";" & Chr\$(13) & Chr\$(10)

End If

If Right(infomsg, 6) = vbCrLf + "OK" + vbCrLf Then

 str2 = vbCr + vbCrLf

 str3 = vbCrLf + "OK" + vbCrLf

 str1 = Mid(infomsg, InStr(infomsg, str2) + 3)

 straux2 = Mid(infomsg, InStr(infomsg, str2) + 3, InStr(str1, str3) - 1)

 straux3 = Mid(straux2, InStr(straux2, vbCrLf) + 2, Len(straux2) - (InStr(straux2, vbCrLf) + 1)) 'mensaje recibido

 If InStr(straux2, 593) > 0 Then

 straux4 = Mid(straux2, InStr(straux2, 593) + 3, 8) 'numero de telefono

 Else

 straux4 = Mid(straux2, InStr(straux2, "READ") + 9, 8)

 End If

 mensaje = LCase(straux3)

 numero_cel = "0" + straux4

 validar_mensaje

End If

 Text3.Text = str2 + " " + straux2 + " " + straux3 + " " + straux4

 Text4.Text = str3

 Text5.Text = str1



End Sub

Sub validar_mensaje()

'Se carga los datos que envía el equipo y se le da el formato para el envío del sms

" If (mensaje = "consumo") Or (mensaje = "Consumo") Or (mensaje = "CONSUMO") Then
"código de validación para obtener una respuesta

 sms_info = "Energia Consumida: " + Text1.Text + " Costo de Energia: " + txtdato2.Text +
 " " + " Proyeccion de Energia: " + txtdato3.Text

 " End If

End Sub



ANEXO 5

DESGLOCE DE ELEMENTOS

Materia prima en la elaboración de un registrador electrónico:

DESGLOCE DE ELEMENTOS			
Unidad	Descripción	P. unitario (\$)	P. total (\$)
2	batería de 9 voltios	3	6
1	bus de datos	5	5
2	cable USB	3	6
1	caja para montaje de equipo	12	12
1	capacitor de 1000 uF de 100 V	2	2
3	capacitor 2200 uf	0,4	1,2
3	capacitorde 47 uF	0,1	0,3
4	capacitor de 47pf cerámicos	0,1	0,4
1	conector USB tipo A	1	1
10	conector macho hembra	1	10
1	diodo	0,15	0,15
1	dip-switch	0,5	0,5
2	elaboración de tarjetas	8	16
3	fusible	0,07	0,21
1	LCD 16X2 azul	10,71	10,71
3	led	0,25	0,75
2	LM7805	0,4	0,8
1	LM7812	0,49	0,49
2	microcontrolador 18F4550	10,45	10,45
2	crystal de cuarzo de 20MHz	1	2
1	peineta 16p	0,3	0,3
2	peineta	0,8	1,6
2	porta fusible	0,27	0,54
1	porta fusible cable	0,31	0,31
2	potenciómetro	0,5	1
1	potenciómetro de precisión	1,05	1,05
2	puente de 2A	0,4	0,8
2	pulsante	0,1	0,2
1	resistencia de 80ohm de 5 vatios	0,5	0,5
14	resistencia	0,3	4,2
1	teclado matricial	7,59	7,59
1	teléfono celular motorola	36	36
2	transformador	4,15	8,3
1	transformador de corriente RISESUN ELEC	15	15
2	zócalo de 40 pines	0,5	1
TOTAL (\$)			164,35