

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO**

**Magister en Telecomunicaciones**

**TEMA:**

**SUPERVISIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN  
DE LAS ESTACIONES DE LA CORPORACIÓN  
NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**

**AUTOR(ES):**

**Ing. Francisco Paredes Hernández**

**Ing. Erick Paredes Medina**

**TUTOR:**

**Dr. Fernando E. Valdés Pérez.**

**Guayaquil, Ecuador**

**2013**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO**

**Magister en Telecomunicaciones  
CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Ingenieros: Francisco Lauro Paredes Hernández, Erick David Paredes Medina, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magister en Telecomunicaciones.

**DIRECTOR DE TESIS**

---

**Dr. Fernando E. Valdés Pérez.**

**REVISOR(ES)**

---

**Msc. Ing. Luis Córdova Rivadeneira**

---

**Msc. Ing. Néstor Zamora C**

**DIRECTOR DEL PROGRAMA/CARRERA**

---

**Msc. Ing. Manuel Romero Paz**

**Guayaquil, Enero del año 2013**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**

**DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO**

**Magister en Telecomunicaciones**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Francisco Paredes Hernández y Erick Paredes Medina**

**DECLARAMOS QUE:**

La Tesis **Supervisión de los sistemas de alimentación de las estaciones de la corporación nacional de telecomunicaciones** previa a la obtención del Grado Académico de **Magister en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollada en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

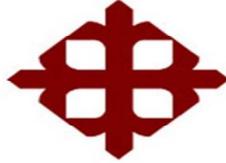
En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico de la tesis del Grado Académico en mención.

**Guayaquil, Enero del año 2013**

**LOS AUTORES**

---

**Ings: Francisco Paredes Hernández, Erick Paredes Medina**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO  
Magister en Telecomunicaciones  
AUTORIZACIÓN**

**Francisco Lauro Paredes Hernández y Erick David Paredes Medina**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución de la **Tesis de Magister en Telecomunicaciones** titulada: **Supervisión de los sistemas de alimentación de las estaciones de la corporación nacional de Telecomunicaciones**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, Enero del año 2013**

**LOS AUTORES:**

---

**Ings: Francisco Lauro Paredes Hernández, Erick David Paredes Medina**

## **AGRADECIMIENTO**

### **De Francisco Paredes Hernández**

A Nuestro Padre celestial Jehová, creador del cielo y la tierra, y de todos los seres vivos pues nada es posible sin su bendición, gracias bendito Dios por permitirme culminar esta tesis

A mis queridos padres GLORIA y HOLGER, que aunque ya no están en la vida terrenal, fueron mi baluarte y fortaleza.

A mi querida esposa REINA quien fue mi apoyo constante, aun en los momentos más difíciles que tuve que sortear.

A mis hijos ERICK, quien estuvo junto a mí, como condiscípulo en las aulas durante el tiempo que se llevó a cabo la maestría, y quien fue mi compañero en el desarrollo y culminación de esta tesis. IVETTE, PAOLA, FRANCISCO y KAREN, quienes están conscientes del amor que día a día les profeso.

A mi querido profesor en las aulas y director DR. FERNANDO VALDEZ PEREZ, quien con sus enseñanzas, nos guio con acierto en el desarrollo de esta tesis.

De Erick Paredes Medina

A quienes forman parte de mi familia por siempre ser un apoyo en mi carrera profesional y brindarme confianza y cariño en una sociedad en la que cada día se pierden valores y existe desunión. A Mila, angelito de luz que llegó a darnos alegrías y risas en el momento preciso. Al ser supremo que nos hizo coincidir en este espacio y tiempo para poder hacer todo esto posible y finalmente a los que están por llegar a formar parte de este núcleo.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de tesis a mis queridos y recordados padres GLORIA Y HOLGER, quienes se esforzaron por tener y mantener la familia unida, por darnos su sabios consejos, por el respeto a DIOS y sus enseñanzas cristianas, por ser seres humanos con un corazón tan grande y noble, quienes siempre estuvieron prestos a socórrenos en los momentos críticos que tuvimos que sortear, gracias benditos padres por su apoyo constante y estoy consciente, que ustedes se sentirían muy orgullosos de ver culminar una etapa más al mayor de sus hijos.

**Ing. Francisco Paredes Hernández**

## ÍNDICE GENERAL

<b>CAPITULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Antecedentes.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Campos de acción.....</b>	<b>1</b>
<b>1.3 Justificación.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Planteamiento del Problema.....</b>	<b>2</b>
<b>1.5 Objetivo General.....</b>	<b>2</b>
<b>1.6 Objetivo Especifico.....</b>	<b>2</b>
<b>1.7 Hipótesis.....</b>	<b>2</b>
<b>1.8 Tareas de la Investigación.....</b>	<b>3</b>
<b>1.9 Métodos y Técnicas de Investigación .....</b>	<b>4</b>
<b>CAPITULO 2: SISTEMAS DE SUMINISTRO DE ENERGIA</b>	
<b>ELECTRICA A LOS EQUIPOS DE COMUNICACIONES.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Fundamentos Teóricos.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Fuentes de Alimentación lineales.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Fuentes de Alimentación conmutadas.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4 Parámetros Característicos de la Fuente de Alimentación.....</b>	<b>29</b>
<b>2.5 Sistemas de Alimentación de la CNT.....</b>	<b>29</b>
<b>2.6 El Rectificador.....</b>	<b>35</b>
<b>2.7 El Banco de baterías.....</b>	<b>46</b>
<b>2.8 Parámetros a monitorear.....</b>	<b>50</b>

<b>2.9 Transmisión con tecnología GSM.....</b>	<b>51</b>
<b>CAPITULO 3: PROPUESTA DE SISTEMA DE MONITOREO.....</b>	<b>55</b>
<b>3.1 Descripción del Sistema de monitoreo propuesto.....</b>	<b>55</b>
<b>3.2 Modulo de adquisición, procesamiento y transmisión.....</b>	<b>57</b>
<b>3.2.1 Bloque de adquisición de las señales de alarma.....</b>	<b>57</b>
<b>3.2.2 Bloque de control.....</b>	<b>60</b>
<b>3.2.3 Bloque de transmisión.....</b>	<b>70</b>
<b>3.3 Modulo de recepción y visualización de parámetros transmitidos.....</b>	<b>76</b>
<b>CAPITULO 4: IMPLEMENTACION Y EVALUACION DEL SISTEMA DE MONITOREO.....</b>	<b>86</b>
<b>4.1 Propuesta de Sistema de Monitoreo Remoto.....</b>	<b>86</b>
<b>4.2 Implementación de la parte del Sistema.....</b>	<b>95</b>
<b>4.3 Resultado de las pruebas realizadas.....</b>	<b>100</b>
<b>4.4 Análisis Económico del sistema implementado.....</b>	<b>105</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>108</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO 1 DESCRIPCION DEL REGULADOR TRIFASICO.....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO 2 PROGRAMA MOTION SENSOR GSM-ALARMAS.....</b>	<b>116</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>128</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Tensiones de salida del rectificador según los elementos del banco de baterías.....	37
Tabla 2.2 Tensiones para carga constante según el tipo de batería.....	37
Tabla 2.3 Tensiones para recarga rápida según el tipo de batería.....	38
Tabla 2.4 Señalizaciones y alarmas del rectificador Braga Moro 48 V DC, 150 A.	43
Tabla 2.5 Normativas internacionales para diferentes tipos de baterías.....	48
Tabla 4.1 Costo de los elementos del sistema monitoreo.....	107

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Enlace Guayaquil – Ánimas – Salinas.....	7
Figura 2.2 Enlace Digital SDH-STM-1 Ánimas Guayaquil.....	9
Figura 2.3 Enlace Digital SDH-STM-1 Ánimas Playas.....	9
Figura 2.4 Enlace Digital Multiaccesos Ánimas.....	10
Figura 2.5 Diagrama en bloques de una fuente de alimentación lineal.....	12
Figura 2.6 Transformador Reductor.....	15
Figura 2.7 Señal de AC de entrada color verde, señal de salida rectificada color Rojo.....	16
Figura 2.8 Circuito rectificador de media onda.....	17
Figura 2.9 Rectificación de onda completa tipo puente.....	18
Figura 2.10 Señal de AC de entrada (en color verde), y señal de salida del puente rectificador (en color rojo).....	19

Figura 2.11 Diferentes presentaciones del rectificador en puente de diodos	
Integrados.....	20
Figura 2.12 Señal filtrada en el punto de conexión de la resistencia de carga..	22
Figura 2.13 Circuito integrado regulador de voltaje LM 317.....	24
Figura 2.14 Diagrama en bloques de fuente conmutada.....	26
Figura 2.15 Sistema de alimentación continua DC.....	31
Figura 2.16 Rectificador Braga Moro 48 V DC 150 A.....	35
Figura 2.17 Alarmas de señalización con LEDs del rectificador Braga Moro....	42
Figura 2.18 Rectificador Braga Moro 48 V DC 150 A.....	44
Figura 2.19 Banco de Baterías Fiamm 1200 Ah, 48 V DC.....	47
Figura 2.20 Red de comunicación móvil GSM.....	53
Figura 3.1 Diagrama en bloques del sistema de monitoreo remoto de alarmas...	56
Figura 3.2 Diagrama en bloques del sistema de transmisión.....	57
Figura 3.3 Optoacoplador: encapsulado.....	59
Figura 3.4 Terminales del PIC 18F2550.....	62
Figura 3.5 Diagrama de bloques del PIC 18F2550.....	63
Figura 3.6 Módem GSM/GPRS telit.....	71
Figura 3.7 Diagrama en bloques del Sistema de recepción de alarmas.....	76
Figura 3.8 Pantalla principal del editor de proyectos MikroC PRO for PIC	
v	
5.4.0.¡Error!	
Marcador	
no	
definido.....	77
Figura 4.1 Circuito esquemático del PIC 18F2550 y la interconexión	

con el módem GSM en el sentido de transmisión.....	87
Figura 4.2 Diagrama de configuración del módem GSM.....	89
Figura 4.3 Diagrama de flujo de diseño general del firmware.....	91
Figura 4.4 Diagrama de lectura de datos en el PIC.....	91
Figura 4.5 Diagrama de envío de datos a la PC.....	92
Figura 4.6 Diagrama de envío de mensajes SMS.....	93
Figura 4.7 Diagrama de visualización de datos en el PC.....	94
Figura 4.8 Arranque USB para PIC conexión del sistema a la PC.....	96
Figura 4.9 El icono USB es de color gris antes de ser reconocido.....	97
Figura 4.10 El icono USB cambia a color rojo indicando que la conexión.....	97
Figura 4.11 Pantalla para cargar el archivo HEX al programar el PIC.....	98
Figura 4.12 Proceso de carga del programa HEX en el PIC.....	99
Figura 4.13 Enlace entre la PC y el módem receptor.....	101
Figura 4.14 PIC 18F2550 y módem GSM.....	101
Figura 4.15 Visualización en la PC de las alarmas en el rectificador principal y en el back-up.....	102
Figura 4.16 Sistema en inactividad, dispositivos desconectados.....	103
Figura 4.17 Diagrama de flujo del proceso sistema de alarmas.....	104
Figura A1 Regulador Trifásico.....	114

## RESUMEN

La Empresa Nacional de Telecomunicaciones del Ecuador, ofrece a nivel nacional la telefonía pública conmutada, y en estos últimos años está invirtiendo en tecnología basada en protocolo IP (*Internet Protocol*), con ello espera brindar servicios como “triple play” o lo que es lo mismo: voz, video y datos por una misma red. El Internet banda ancha, lo ofrece desde hace dos años atrás, aunque sólo en ciertas ciudades importantes del país. Se reporta que en ciertos lugares los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI) por falta de mantenimiento no operan al cien por ciento y esto conlleva a que los equipos de transmisión de radio enlace de las estaciones repetidoras y terminales, multiplex y de conmutación estén fuera de servicio.

Hoy, tanto empresas pequeñas como grandes corporaciones de telecomunicaciones requieren de protección y respaldo de energía en sus equipos de telecomunicaciones, ya sea en el enlace de red de banda ancha, sistemas de VoIP (*Voice over IP*), servidores de datos, de comunicaciones y en sus dispositivos de red como *switches* y/o *routers*.

Es importante implementar sistemas de alimentación ininterrumpida en estaciones repetidoras y estaciones nodales, que ofrezcan la oportunidad de ser monitoreados remotamente. Por ello en este trabajo se presenta el diseño de un sistema de supervisión funcional que detecte y transmite los indicadores y alarmas que se generan en el sistema de fuerza DC (rectificadores y banco de baterías) y que a su vez se comunica con protocolos de comunicación a la red de Internet, para

así controlar y monitorear los resultados de las mediciones efectuadas en las estaciones repetidoras y nodos de la CNT.

## ABSTRACT

The National Company of Telecommunications of Ecuador, offers at national level commuted public telephony and in the last few years its investing in technology based in IP protocol, with this is expected to offer different services such as triple play : voice, video and data through one same network. The wide bandwidth internet is offered 2 years ago eventhough just in some important cities of the country. Its being reported that in some places the continued power supply systems (SAI) due to lack of maintenance do not work at 100% their capacity and this makes the transmission systems such as radio of the stations and terminals, multiplex and commutation to be out of service.

Today, small and big companies of telecommunications require protection and backup energy in their devices, in the link of wide bandwidth, ip voice systems, data servers, communications and their network devices such as switches and routers.

It is important to install the continued power supply systems in repeating stations and nodal ones, to offer the opportunity of being monitored remotely.

This is why in this paper work we are introducing the design of a functional system that detects and transmits the indicators and alarms generated in the DC force system (rectifiers, bank of bateries) and that also communicate with IP protocols to control and monitor the results of the measures made in the repeating stations and nodes of CNT.

## INTRODUCCIÓN

El Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones (IETEL) fue desde su creación una entidad reguladora de las redes telefónicas de Ecuador entre 1972 y 1992, año en que se transformó en EMETEL, que luego fue separada en dos compañías anónimas: Andinatel y Pacifictel, esta última en manos del estado. Andinatel, Pacifictel y Etapa de la ciudad de Cuenca fueron las que regularon las líneas telefónicas fijas del **Ecuador** hasta fines de 2008, cuando se decidió fusionar nuevamente a Andinatel con Pacifictel para formar la actual Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT).

Hoy la telefonía fija no es más un simple canal de comunicación para la transmisión de voz, sino que los avances tecnológicos la han provisto de mayores funcionalidades y herramientas tecnológicas para la transmisión de voz, datos e Internet.

La CNT se encarga de vigilar el buen funcionamiento de los sistemas de fuerza utilizados en las centrales telefónicas, nodos y estaciones repetidoras, Por consiguiente para que su operación y funcionamiento sea continua e ininterrumpida durante las 24 horas del día y los 365 días del año, y obtener los índices de calidad de la red y los servicios telefónicos, el Departamento de Mantenimiento de CNT debe hacer cumplir necesariamente el mantenimiento estricto y constante a los sistemas de fuerza de corriente directa (DC), que incluye los rectificadores y los bancos de baterías.

## **CAPITULO 1**

### **1.1 ANTECEDENTES**

Actualmente la CNT desea adquirir un sistema de gestión de alarmas que consiste en integrar en forma remota todos los equipos para poder supervisarlos y tomar acciones correctivas en caso de fallas pero por los altos costos de la plataforma de gestión, supervisión y licencias aun no lo tiene.

De producirse un fallo en los sistemas de energía en una estación repetidora, las que por lo general se encuentran localizadas fuera de Guayaquil, y al no contar con soporte técnico en el lugar, las centrales telefónicas y medios de transmisión corren con el riesgo de interrumpirse por falta de energía y consecuentemente el corte de las comunicaciones, al no tener repuesta inmediata de las alarmas que se generan en el rectificador y el banco de baterías.

De modo que la investigación que da origen a esta tesis es la carencia de un sistema que permita obtener de maneras exacta y segura los fallos que se dan en los sistemas de fuerza DC de las estaciones repetidoras y terminales de la CNT, las que se encuentran localizados en lugares alejados de la ciudad de Guayaquil.

### **1.2 CAMPO DE ACCIÓN**

El campo de acción de este trabajo es la medición y procesamiento señales analógicas y digitales, dentro de las cuales están comprendidas las alarmas y las señales que se generan en los sistemas de alimentación de las estaciones repetidoras y terminales de la CNT.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Monitorear de forma remota los sistemas de fuerza DC, rectificadores y bancos de baterías, permite supervisar y controlar las diferentes alarmas que se presenten en las estaciones repetidoras y con ello se lograra el funcionamiento continuo de las comunicaciones. Si estas variables que son parte de un mantenimiento preventivo en las centrales telefónicas y estaciones repetidoras, se puede monitorear continuamente es muy seguro que el respaldo de energía sería más efectivo.

### **1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los sistemas de fuerza DC, no tienen un sistema de supervisión remota de alarmas en las diferentes estaciones repetidoras y terminales de comunicación, por lo que no es posible conocer y solucionar con rapidez una falla que se produzca en el sistema de alimentación de una estación lejana.

### **1.5 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un sistema de supervisión funcional que permita detectar y transmitir los indicadores y alarmas que se generen en los equipos de fuerza DC.

### **1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Diseñar un sistema electrónico para la recolección y transmisión de datos de alarmas y señales de funcionamiento de variables a controlar.

Supervisar vía Internet alarmas por ausencia de corriente alterna, baterías en descarga (energía suministrada por el banco de baterías), corriente baja y voltaje bajo a la salida de los rectificadores, y corriente de consumo en la distribución.

Diseñar una interfaz de usuario que facilite la supervisión remota de las variables del sistema.

Implementar parcialmente el sistema, y realizar su evaluación técnica y económica.

### **1.7 HIPÓTESIS**

La implementación del sistema gestor remoto de alarmas que se sustenta en esta tesis permitirá ofrecer un servicio de comunicaciones ininterrumpido, que redundará en beneficio económico para la CNT y los usuarios.

La interfaz propuesta receptorá entradas de alarmas o señales que muestren niveles indeseados de operación óptima, la supervisión y control será eficaz y proponer su implementación de supervisión remota compatibles con las unidades de transmisión, permitirá reducir las pérdidas económicas producidas por fallas prolongadas en los sistemas de fuerza DC, reducir el tiempo de atención de las averías presentes en las centrales telefónicas y contar con un historial de mantenimiento preventivo.

### **1.8 TAREAS DE LA INVESTIGACIÓN**

- Visitar las centrales telefónicas y estaciones repetidoras guiados por personal técnico de los sistemas de energía DC de la CNT.
- Consultar manuales de instalación, mantenimiento y operación de los sistemas de energía DC, protección, alarmas, y diagramas eléctricos, así como recopilar datos,
- protocolos a nivel de capa física, y protocolos de comunicación para su programación a alto nivel.

- Diseñar un sistema electrónico para la captación y transmisión de los parámetros a monitorear.
- Diseñar una interfaz para recepción de alarmas y señales de funcionamiento para transmisión de datos vía protocolo IP.

### **1.9 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

La presente tesis se desarrolla dentro del paradigma empírico-analítico, y dentro de la metodología, se escogen varios métodos, se detallan los caminos o métodos empíricos que permiten la obtención y elaboración de los datos empíricos y el conocimientos de los hechos fundamentales que caracterizan a las variables que se presentan o mejor dicho de las variables dependientes a controlar.

Los métodos empíricos a aplicar son la observación, la experimentación, la medición y técnicas como la de recolección de datos. En la adquisición de datos se pondrá énfasis en la precisión, consistencia, sensibilidad y validez.

Los métodos estadísticos cumplen una función relevante, ya que contribuyen a determinada muestra de sujetos a estudiar, tabular los datos empíricos obtenidos y establecer las generalizaciones apropiadas a partir de ellos.

La estadística descriptiva es parte del método estadístico y este permite organizar y clasificar los indicadores cuantitativos obtenidos en la medición, revelándose a través de ellos las propiedades, relaciones y tendencias de las variables, que en muchas ocasiones no se perciben de manera inmediata. La forma más frecuentes de organizar la información es mediante tablas de distribución de frecuencias, gráficos, y las medidas de tendencia central como la mediana, la media y otros.

## **CAPÍTULO 2: SISTEMAS DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LOS EQUIPOS DE COMUNICACIONES.**

En este capítulo se justifica el problema fundamental que da lugar a esta investigación. El departamento de transmisiones de la CNT de Guayaquil tiene la responsabilidad de mantener operativos los sistemas comunicación de radio enlace con el resto del país. En la ciudad de Guayaquil existen diferentes rutas de enlaces troncales de comunicación, estaciones repetidoras localizadas en la parte más alta de los cerros, y estaciones terminales, las que para su funcionamiento requieren de energía DC para alimentar los equipos de radio enlace, multiplex y conmutación.

Mantener el fluido de alimentación continua a los equipos de comunicación, sin que se produzcan cortes o fallas en los rectificadores o bancos de baterías es la parte fundamental del planteamiento del problema de investigación, conociendo de antemano que la parte más neurálgica en todo equipo electrónico es la fuente de poder. Para el análisis tomaremos una ruta de enlace de comunicaciones, Guayaquil como origen y Salinas como destino final.

La distancia entre los dos puntos es de 141 km, en consecuencia, por la distancia es imposible realizar un radioenlace punto a punto, por lo tanto en mitad de la ruta en el cerro llamado Ánimas está localizada la estación repetidora que lleva el mismo nombre.

Los equipos de transmisión de radioenlace desde el origen Guayaquil hasta el destino final Salinas requieren alimentación de energía eléctrica de 52,8 V DC. Para esta ruta se requieren de tres equipos de fuerza DC de alimentación continua para garantizar el buen funcionamiento de

## CAPITULO 2

las comunicaciones, en la estación repetidora Ánimas se tiene una línea de transmisión de energía pública de 13000 V AC, que terminan en el banco de transformadores, el cual suministra el voltaje de red de 220 V AC trifásico, un grupo de generación de emergencia, “Grupo Electrógeno” que se conectan ambos al tablero de transferencia automática de red, siendo prioridad principal la red pública, la transferencia manda a arrancar el generador de emergencia al detectar avería de una de las fases de la red de la energía pública AC, o por la ausencia de la misma, el rectificador es el equipo que convierte el voltaje de entrada AC a corriente continua de salida y suministra voltaje de flotación para la instalación y mantener con carga constante al banco de baterías, que es el elemento que acumula la energía eléctrica y que sirve de respaldo al producirse avería en la red pública AC, generadores y rectificadores, la ruta de enlace entre Guayaquil y la estación repetidora Ánimas hay instalados 3 equipos SDH y 1 equipo SDH de reserva, es decir la configuración es (3+1) y entre la estación Ánimas y Salinas hay instalados 2 Equipos SDH y 1 Equipo SDH de reserva, la configuración es (2+1) de canales de telefonía y datos. La figura 2.1 muestra la ruta del enlace Guayaquil - Salinas.

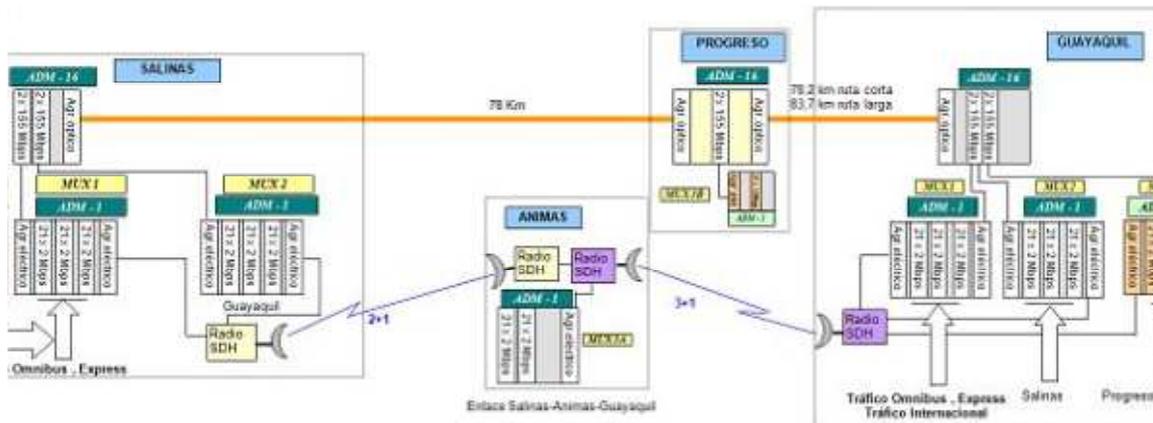


Figura 2.1 Enlace Guayaquil – Ánimas – Salinas.

Fuente: CNT, región 5.

En la estación repetidora están instalados los sistemas de radio enlace que suministran servicio de telefonía fija al balneario de Playas que es un lugar turístico, con poblaciones como San Antonio, Cerecita, Atahualpa, Chanduy, Safando, Zapotal, San Vicente, El Real, Data, La Libertad, San Pablo, Ayangué, Palmar, Manglaralto, y poblaciones que corresponden a la provincia del Guayas y Península de Santa Elena.

Siendo esta estación estratégica por su localización y que sirve de enlace tanto para la provincia del Guayas como para la península de Santa Elena es de vital importancia mantener el fluido constante de energía eléctrica AC en la estación repetidora, ya que al faltar energía pública AC los rectificadores quedarían fuera de servicio y el banco de baterías suministrará la energía requerida hasta descargarse y en consecuencia los equipos de radio se desconectan produciendo

## CAPITULO 2

la inminente interrupción o corte de las telecomunicaciones en la ruta Guayaquil, Salinas y los pueblos agregados.

Para optimizar el normal funcionamiento y operación el sistema de alimentación DC, rectificadores y banco de baterías, es necesario monitorear y supervisar remotamente las alarmas que se presentan en el rectificador, los cuales se encuentran localizadas en el panel frontal, al presentarse un fallo en una fase “R” de la red, o por ausencia de las tres fases a la vez “R-S-T” de la red pública, provocados intencionalmente por el robo del cable, por la temporada invernal, al producirse descargas eléctricas (rayos) y/o por la maleza que es bastante abrupta por todo el trayecto, y una zona donde los vientos son fuertes lo cual provocan corto circuitos entre las fases de transmisión eléctrica, dejando fuera de servicio el rectificador y generando las alarmas en los rectificadores provocados por la falta de red encendiéndose los LED de señalización, lo que es visible solamente si alguna persona se encuentra presente y puede interpretar la alarma que se ha encendido.

La estación Ánimas comprende, la sala de energía DC, rectificadores 48 V DC 150 A configuración (1+1), los sistemas de radio enlace digital SDH-STM 1, enlaces digitales multiacceso de las poblaciones descritas los que se encuentran instalados en la sala grande de la estación, tal cual lo describen las figuras 2.2, 2.3, y 2.4.



*Figura 2.2 Enlace Digital SDH-STM-1 Ánimas Guayaquil.*

*Fuente: Estación Ánimas CNT región 5.*



*Figura 2.3 Enlace Digital SDH-STM-1 Ánimas Playas.*

*Fuente: Estación Ánimas CNT región 5.*



*Figura 2.4 Enlace Digital Multiaccesos Ánimas.*

*Fuente: Estación Ánimas CNT región 5.*

## **2.1 Fundamentos teóricos.**

La fuente de alimentación es todo el conjunto de dispositivos o elementos que se interconectan adecuadamente entre sí con la finalidad de poder suministrar energía en forma segura, estable y confiable. Las fuentes de alimentación o equipos de energía surgen como una necesidad para hacer funcionar un equipo o conjunto de equipos eléctricos y electrónicos, es importante entonces que el sistema de alimentación sea capaz de cubrir las exigencias de demanda consumo de potencia y la fuente de alimentación no se vea afectado, y que tampoco afecte a la carga o equipos que a él se conectan, manteniendo los parámetros de voltaje y corriente.

La tensión que suministra la empresa eléctrica es AC (corriente alterna) y es mayor al voltaje requerido para energizar equipos de telecomunicaciones, multiplex y centrales telefónicas por lo que es necesario insertar un equipo electrónico que transforme el voltaje de red 220 V AC en

## CAPITULO 2

corriente continua DC, a este equipo se denomina fuente de alimentación o de poder (*power supply*).

La confiabilidad de un sistema de alimentación depende en su totalidad de la capacidad del sistema de alimentación para suministrar la energía eléctrica, a la instalación o carga conectados a la salida de un sistema de alimentación.

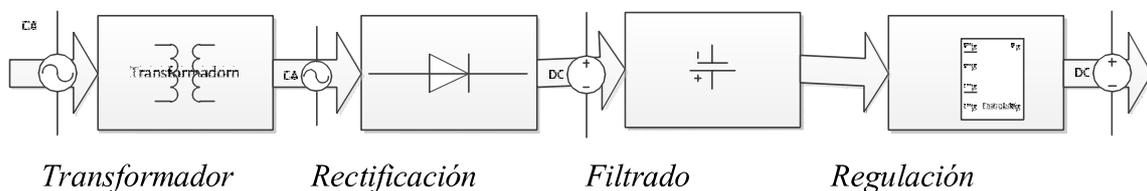
Tampoco se debe afectar el buen desempeño del sistema de alimentación, cuando cumple con las características de una fuente de voltaje al momento de alimentar con tensión y con las características de una fuente de corriente al momento de generar corriente.

La confiabilidad del sistema de alimentación está dada por la capacidad que tiene el sistema para funcionar dentro de las especificaciones para el que fue diseñado, manteniendo los valores nominales de operación y funcionamiento en vacío y con la carga instalada.

El sistema de alimentación debe cumplir con características técnicas que garanticen la confiabilidad al momento de instalarse la carga final o consumo, la tensión o corriente conectada a la carga no debe variar ante variaciones de la carga nominal o carga máxima al demandar energía, el sistema debe estar protegido contra sobrecargas cercanas al corto circuito, el voltaje o la corriente de instalación no debe variar por las fluctuaciones en la fuente original de energía, debe disponer de elementos de control, panel de alarmas que permitan visualizar en todo momento, el funcionamiento y operación del sistema de alimentación.

## 2.2 Fuentes de alimentación lineales.

Las primeras fuentes de alimentación eran lineales, la que consistía en un transformador con dos arrollamientos uno primario que reduce la tensión de entrada 120/220 V AC, y en el arrollamiento secundario a otra tensión requerida 12 V, 24 V, 48 V seguida de un puente rectificador de diodos y un filtro (capacitor electrolítico) para estabilizar el voltaje de salida, el inconveniente de las fuentes lineales fue su gran tamaño, disipan gran parte de energía en calor, acortando la vida útil de los componentes electrónicos al deteriorarse por el incremento del calor, y la tensión de salida varía en función de la carga que se conecta. En la figura 2.5 se describe una estructura básica en bloques de una fuente de alimentación lineal.



*Figura 2.5 Diagrama en bloques de una fuente de alimentación lineal.*

*Autores Ing. Francisco Paredes e Ing. Erick Paredes.*

### Conexión de red eléctrica.

La conexión a la red se hace por medio de los cables que permiten conectar el transformador a la red de “energía eléctrica”, hay que tener muy en cuenta si la tensión de entrada 120 V AC o 220 V AC y la corriente de consumo del circuito. Con estos parámetros procedemos a elegir el cable de alimentación.

### **Transformador.**

La tensión de la red es demasiada elevada para alimentar la mayor parte de los dispositivos empleados en circuitos electrónicos, por lo que generalmente se usan un transformador en casi todos ellos; el transformador nos permite convertir una tensión alterna de entrada en otra tensión alterna de salida de distinto valor y adecuado para ser usado en dispositivos como diodos y transistores.

Un transformador es un conjunto de chapas de hierro muy juntas que tienen dos arrollamientos, uno a cada lado del conglomerado de chapas de hierro, la bobina de entrada de red se llama bobina primaria, y la bobina de salida se llama bobina secundaria.

El número de vueltas en el arrollamiento primario es  $N_1$  y el número de vueltas en el arrollamiento secundario  $N_2$ , la relación entre el número de vueltas y la tensión se expresa en la expresión (2.1):

$$(V_1/N_1) = (V_2/N_2) \quad (2.1)$$

Cuando el arrollamiento secundario tiene más vueltas que arrollamiento primario ( $N_2 > N_1$ ), la tensión del secundario es superior a la del primario, en este caso el transformador se comporta como un elevador de tensión.

Cuando el arrollamiento secundario tiene menos vueltas que el arrollamiento primario ( $N_2 < N_1$ ), se induce una tensión menor en el secundario de la que hay en el primario, a este tipo de transformador es denomina reductor de tensión.

La corriente alterna que circula por el devanado del primario induce un flujo magnético que circula por el núcleo induciendo una tensión alterna en el secundario.

## CAPITULO 2

El transformador es un dispositivo con muy pocas pérdidas por lo que la potencia en el primario será igual en el secundario. Aunque el rendimiento del transformador es muy alto, este valor no llega al 100% por lo tanto siempre hay pérdidas que aumentan según se aumenta la intensidad consumida en el secundario, esto produce una baja de tensión en el secundario y un desfase entre la señal de entrada y la señal de salida, los transformadores tienen dos bornes de entrada para el arrollamiento primario al que se conectan 120 V AC ó 220 V AC.

El arrollamiento secundario del transformador viene dado por otras configuraciones básicas, un devanado secundario con dos bornes en el que se obtiene la tensión de salida.

En otro tipo de secundario con toma intermedia, se dispone de tres bornes en la que la tercera toma está conectada en el centro del arrollamiento del secundario, llamado también *center tap*.

La figura 2.6 se muestra un transformador del tipo reductor de voltaje, en donde el voltaje de entrada puede ser de 125 V ó 220 V y el voltaje de salida es de 18 V.



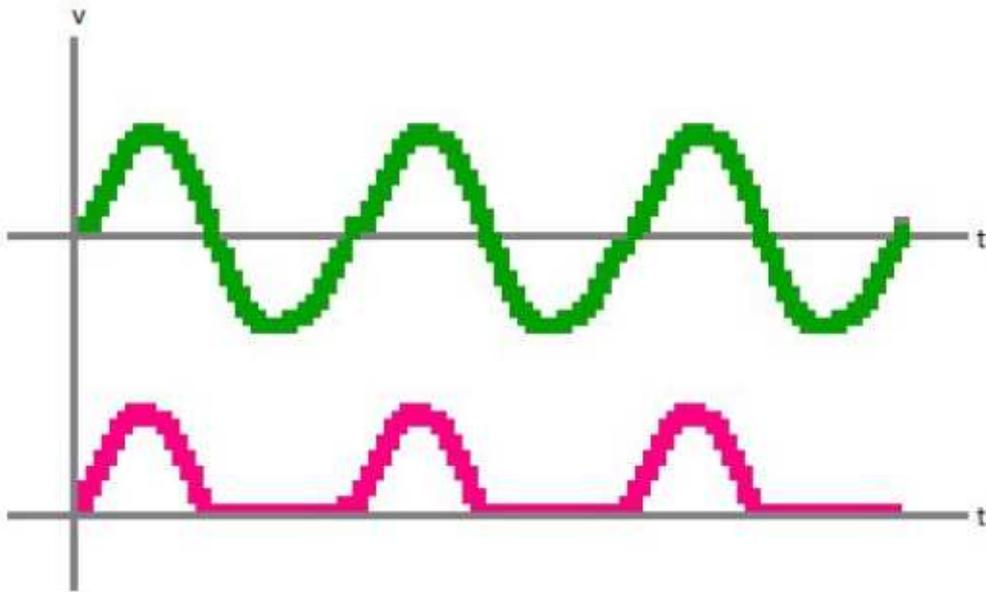
*Figura 2.6 Transformador reductor.*

*Fuente:www.blogspot.com*

### **Rectificador.**

Los rectificadores son una parte primordial de toda fuente de alimentación, estos pueden ser de media onda o de onda completa, si se utiliza un ciclo de AC o los dos con cualquiera de las dos configuraciones, el voltaje DC, que se obtiene a la salida del diodo rectificador es de una sola polaridad, pero presenta una serie de variaciones periódicas con respecto a un valor promedio, que lo hace inapropiado para alimentar directamente circuitos electrónicos, estas variaciones se denominan voltaje de rizado (*ripple*) y deben ser eliminadas o atenuadas mediante un filtro para obtener un voltaje DC continuo.

El diodo rectificador convierte la tensión alterna “AC” que se obtiene a la salida del arrollamiento secundario del transformador en corriente continua “DC”, en la figura 2.7 Observamos la forma de onda de la tensión alterna a la salida del transformador y la forma de onda rectificada a la salida del diodo rectificador.



*Figura 2.7 Señal de AC de entrada color verde, señal de salida rectificada color rojo.*

*Fuente: [www.rac1324.freewebspace.com](http://www.rac1324.freewebspace.com)*

Existen varias configuraciones para realizar la rectificación de la componente alterna, rectificación de media onda y rectificación de onda completa.

### **Rectificador de media onda.**

Un diodo rectificador es un interruptor cerrado cuando se polariza en forma directa y es un interruptor abierto cuando se polariza en forma inversa, por ello es muy útil para convertir corriente alterna en corriente continua, se denomina rectificador de media onda porque sólo

## CAPITULO 2

utiliza una mitad de los ciclos de la onda sinusoidal, los semiciclos positivos del voltaje de entrada del secundario del transformador, el circuito básico consiste en el transformador y el diodo rectificador, en la figura 2.8 se describe el circuito más simple que puede convertir corriente alterna en corriente continua.

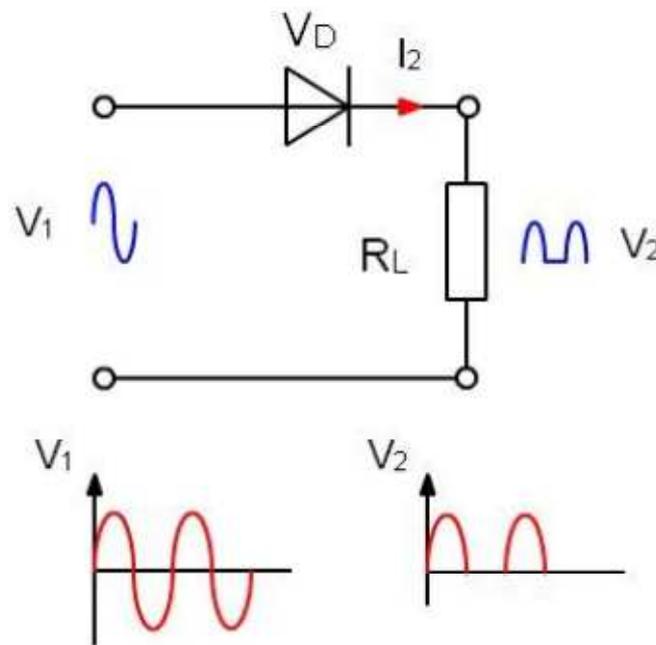


Figura 2.8 Circuito rectificador de media onda.

Fuente: [www.portaleso.com](http://www.portaleso.com)

### Rectificador de onda completa

La forma más eficiente de convertir la AC en DC es utilizando un rectificador de onda completa, a la configuración de cuatro diodos se denomina puente rectificador, para rectificar tanto los

## CAPITULO 2

semiciclos positivos como negativos del voltaje de entrada. Como se describe en la figura 2.9 el proceso de rectificación de onda completa.

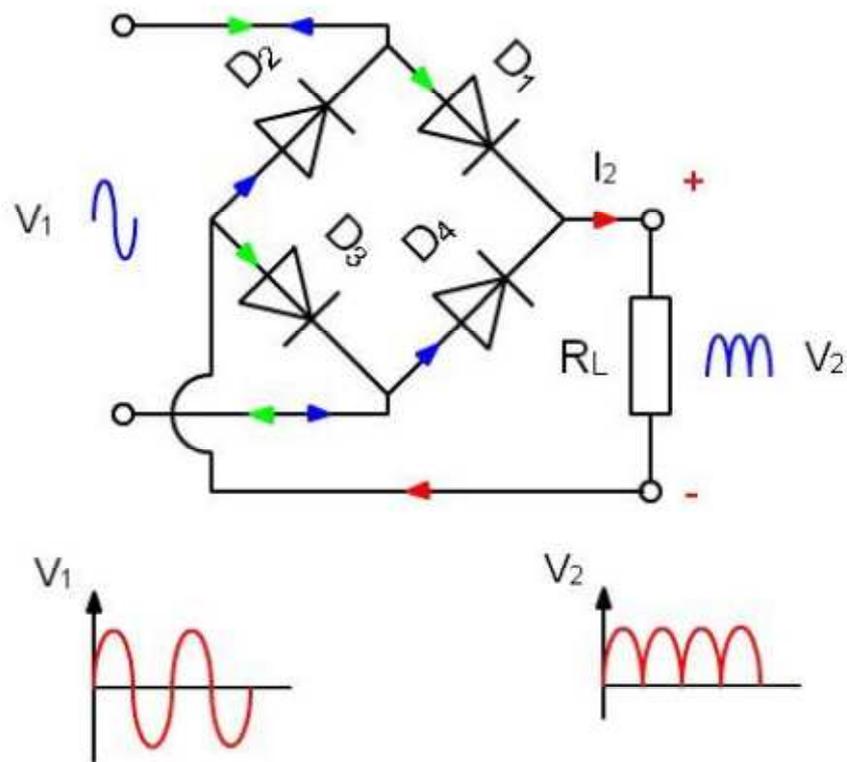


Figura 2.9 Rectificación de onda completa tipo puente.

Fuente: [www.portaleso.com](http://www.portaleso.com)

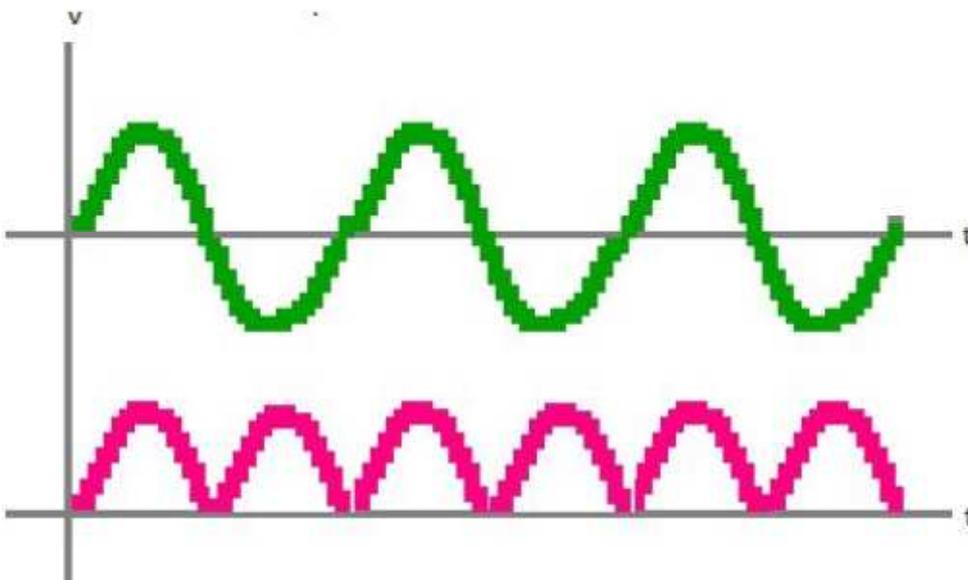
La forma de onda de la salida, es un voltaje DC pulsante de polaridad constante y cuya magnitud cambia periódicamente con el tiempo, en este caso a una frecuencia igual al doble de la frecuencia del voltaje de entrada.

Durante los semiciclos positivos del voltaje de entrada  $V_1$ , quedan polarizados directamente los diodos D1 y D3 e inversamente polarizados los diodos D2 y D4.

## CAPITULO 2

En los semiciclos negativos del voltaje entrada  $V_1$  quedan polarizados directamente los diodos  $D_2$  y  $D_4$  e inversamente los diodos  $D_1$  Y  $D_3$ .

La forma de onda a la salida  $V_2$  es un voltaje DC pulsante de polaridad constante y cuya magnitud cambia periódicamente con el tiempo, en este caso a una frecuencia igual al doble de la frecuencia del voltaje de entrada. La figura 2.10 describe la señal de entrada alterna y la forma de onda a la salida del puente rectificador.

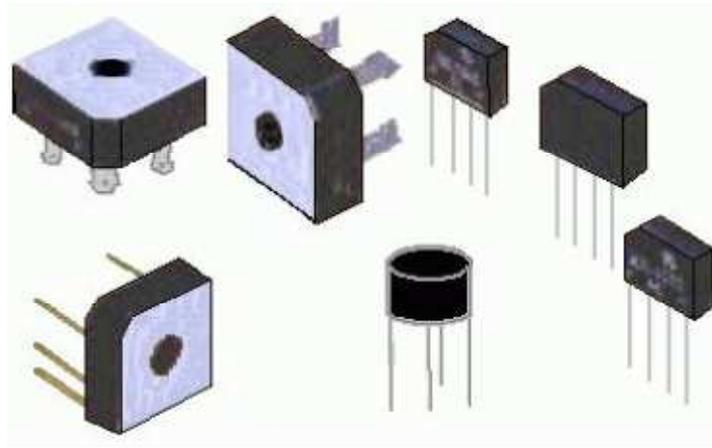


*Figura 2.10 Señal de AC de entrada (en color verde), y señal de salida del puente rectificador (en color rojo).*

*Fuente: [www.rac1324.freewebspace.com](http://www.rac1324.freewebspace.com)*

## CAPITULO 2

Los puentes rectificadores son muy utilizados en la práctica, se pueden usar diodos individuales o utilizando circuitos integrados monolíticos, los cuales incorporan los cuatro diodos en circuito puente con sus respectivas conexiones, en una misma cápsula, en la figura 2.11 se muestran algunas presentaciones usuales de estos dispositivos.



*Figura 2.11 Diferentes presentaciones del rectificador en puente de diodos integrados.*

*Fuente: [www.rac1324.freewebspace.com](http://www.rac1324.freewebspace.com)*

Para seleccionar el puente rectificador requerido, se necesita conocer la tensión y corriente máxima de trabajo del circuito o carga que se va alimentar.

Si deseamos suministrar energía para un consumo de 12 V DC y 5 A, se requiere de un puente de rectificación que soporte los 5 A de consumo, sin embargo es necesario dejar un margen de la menos un 30% lo cual quiere decir que se necesita un puente rectificador de 6,5 A.

### **Filtro.**

La forma de onda de los voltajes DC a la salida de los rectificadores, no son los ideales para alimentar los circuitos electrónicos, porque aunque no cambian de polaridad, presentan una serie

## CAPITULO 2

de variaciones periódicas “rizado” que deben ser suavizadas con el fin de generar una salida DC genuina continua, esto se logra interponiendo entre el rectificador y la carga un filtro RC pasabajos, a este proceso se le llama *filtrado*.

En la práctica, R generalmente se omite y C es un condensador electrolítico de muy alta capacitancia, este actúa como almacenador de energía, el filtrado consiste en cargar el condensador al valor pico del voltaje AC de entrada durante el tiempo en que el rectificador está conduciendo, y descargarlo lentamente a través de la carga mientras no lo hace, es decir cuando el voltaje de entrada es menor que el voltaje sobre el condensador.

La señal obtenida a la salida del puente rectificador, es una forma de onda que no es continua, para eliminar la ondulación y dejar la tensión lo más continua posible se necesita filtrar la señal utilizando uno o más condensadores electrolíticos conectados en paralelo, en la figura 2.12 Se observa la señal alterna en el diodo y la señal que se obtiene luego que es filtrada en el punto de conexión de la resistencia de carga  $R_c$ .

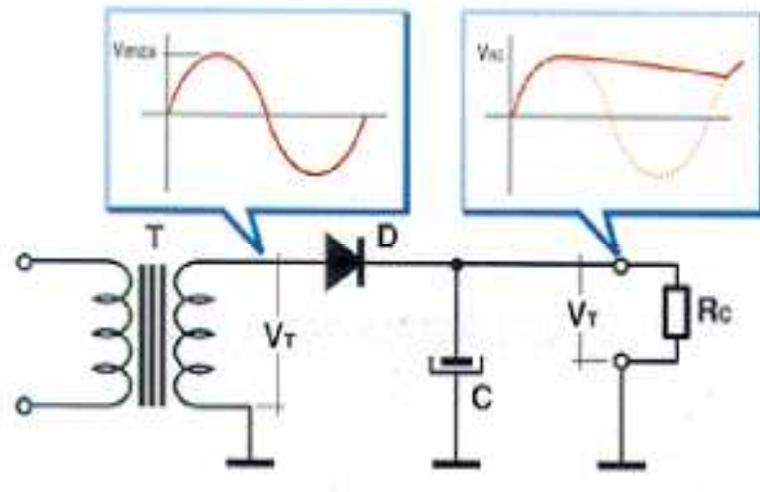


Figura 2.12 Señal filtrada en el punto de conexión de la resistencia de carga.

Fuente: [www.profesormolina.com](http://www.profesormolina.com)

Para proceder a realizar el calculo del valor del condensador electrolito, a utilizar en el sideno de una fuente podemos utilizar la expresión 2.2:

$$C = (I_{max} \times T) / (V_{max} - V_{min}) \quad (2.2)$$

Donde:

$V_{max}$ : Valor máximo de la tensión de entrada que equivale al valor pico del secundario del transformador “ $V_{pk}$ ”

$V_{min}$ : Valor mínimo que tiene la tensión de entrada y que determina el rizado de la fuente.

$I_{max}$ : intensidad máxima de la corriente en el secundario.

## CAPITULO 2

T: Período de la señal de la red, 60 Hz, y rectificador de onda completa son 10 ms. En media onda son 20 ms.

C: Capacidad del condensador electrolítico.

### **Regulación.**

La fuente de alimentación debe proporcionar un voltaje de salida constante, libre de rizado e insensible a los cambios en el voltaje de entrada o a las variaciones en la corriente de carga. Esto no ocurre puesto que en el rectificador el voltaje de salida varia como resultado de las fluctuaciones de tensión que se presentan en las líneas de potencia de AC.

Toda fuente de alimentación de voltaje tiene una resistencia interna la cual al quedar en serie con la resistencia de carga, limita el voltaje disponible para la resistencia de carga, por lo que las fuentes reales sólo se comportan como fuentes ideales en forma aproximada y bajo determinadas condiciones.

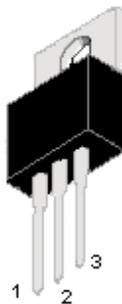
La fuente regulada incorpora a la salida del voltaje filtrado un elemento adicional que se encarga de regular o mantener constante el voltaje de salida, independientemente de las variaciones del voltaje de entrada que se puedan dar o por la corriente de carga, este elemento adicional es el regulador de tensión. El regulador se puede conectar en serie o paralelo y se comporta como una resistencia variable, los principales dispositivos utilizados como reguladores son los diodos zener, los transistores bipolares y los reguladores monolíticos.

## CAPITULO 2

Las fuentes de alimentación modernas utilizan como reguladores un circuito integrado de tres terminales: en un terminal recibe la tensión de entrada no regulada, el segundo proporciona la tensión de salida regulada y el tercero se conecta a tierra o punto común.

Para que la tensión de salida sea eficiente, se requiere que el voltaje de entrada no regulado sea por lo menos 2,5 V mayor que el voltaje de salida deseado.

En los reguladores de tres terminales hay los que suministran un voltaje de salida fijo, predeterminado de fábrica y limitado, y los reguladores de tres terminales ajustables que ofrecen una mejor alternativa pues estos pueden ser fácilmente programados a lo requerido para suministrar cualquier voltaje de salida dentro de un rango especificado, sin perder su características de regulación. El circuito integrado LM317 de National Semiconductors puede proporcionar voltajes de salida positivos desde +12 V hasta +35 V y corrientes de carga hasta 1,5 A. En la figura 2.13 se muestra la forma del circuito integrado LM317.



*Figura 2.13 Circuito integrado regulador de voltaje LM 317.*

*Fuente: [www.rac1324.freewebspace.com](http://www.rac1324.freewebspace.com)*

### **2.3 Fuentes de alimentación conmutadas.**

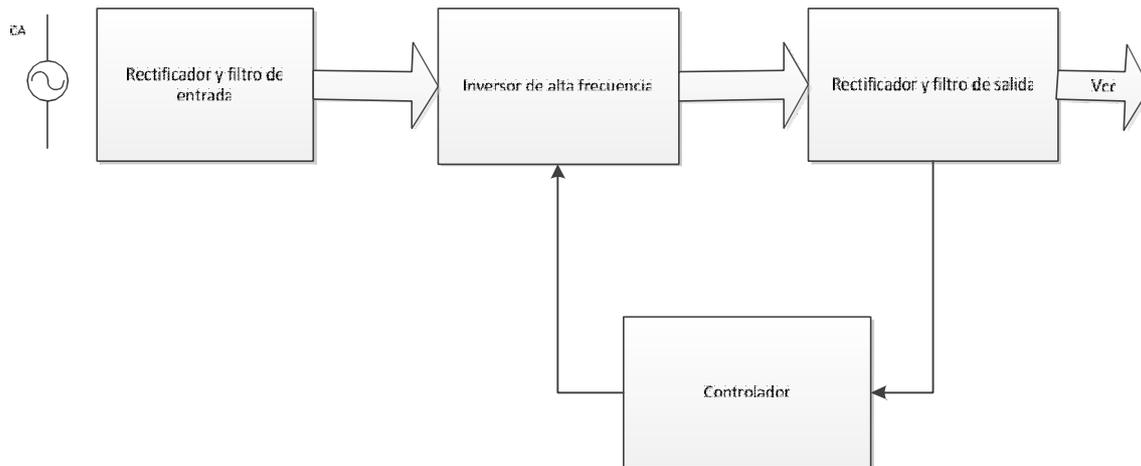
Las fuentes conmutadas son convertidores CC-CC por lo que la red debe ser previamente rectificadas y filtradas con una amplitud de rizado aceptable, con el avance tecnológico hay equipos electrónicos más modernos que para su funcionamiento requieren de bajo voltaje, su alta eficiencia esta comprendida entre el 68% y el 90%, esto hace reducir el costo de los dispositivos de potencia, estos dispositivos de potencia funcionan en el régimen de corte y saturación, haciendo el uso más eficiente de los dispositivos de potencia, como las pérdidas reducidas de potencia, poco peso, reducido volumen y la habilidad de estas fuentes para proporcionar una estabilidad en extremo alta para un rango amplio de voltaje, esto contribuyó a que los dispositivos electrónicos fueran más sensibles a sobretensiones por lo que se tuvo que diseñar fuentes reguladas que garanticen el buen funcionamiento de estos dispositivos.

La tensión de entrada es conmutada en forma alterna y ubicada en un elemento magnético, se puede variar la relación de transformación, funcionando como reductor, elevador, o inversor de tensión con múltiples salidas.

No necesita el del transformador de línea, ya que el elemento magnético de transferencia de energía lo puede reemplazar, funcionando no en 50/60 Hz, sino en alta frecuencia de conmutación, reduciendo el tamaño del transformador y en consecuencia la fuente.

## CAPITULO 2

Las fuentes conmutadas son de circuitos relativamente complejos que podemos describirlos en un diagrama en bloques de una fuente conmutada básica como se describe en la figura 2.14.



*Figura 2.14 Diagrama en bloques de fuente conmutada.  
Autores: Ing. Francisco Paredes e Ing. Erick Paredes.*

En el primer bloque se rectifica y se filtra la componente alterna de entrada convirtiendola en una tensión continua pulsante.

El segundo bloque convierte la tensión continua pulsante en una onda cuadrada de alta frecuencia (10 A, 200 kHz), la que se aplica a una bobina o al primario de un transformador.

El tercer bloque rectifica y filtra la salida de alta frecuencia del bloque anterior, entregando así una tensión continua pura.

El cuarto bloque se encarga de comandar la oscilacion del segundo bloque, este bloque consiste de un oscilador de frecuencia fija, una tensión de referencia, un comparador de tensión y un

## CAPITULO 2

modulador de ancho de pulso, el modulador recibe el pulso del oscilador y modifica su ciclo de trabajo según la señal del comparador, el cual compara la tensión continua de salida del tercer bloque con la tensión de referencia, el ciclo de trabajo es la relación entre el estado de encendido y el estado de apagado de una onda cuadrada.

El segundo bloque es en realidad el alma de la fuente y tendrá configuraciones básicas las que se denominan: BUCK, BOOST, y BUCK-BOOST.

### **Configuración BUCK.**

En esta configuración, el circuito interrumpe la alimentación y provee una onda cuadrada de ancho de pulso variable a un simple filtro LC, la tensión aproximada es  $V_{out} = V_{in} \cdot \text{ciclo de trabajo}$  y la regulación se ejecuta por la variación del ciclo de trabajo, en la mayor parte de los casos esta regulación es suficiente y sólo se deberá ajustar levemente la relación de vueltas del transformador para compensar las pérdidas por acción resistiva, la caída en los diodos y la tensión de saturación de los transistores de conmutación.

### **Configuración BOOST.**

Esta configuración es más compleja, en los sistemas Boost es necesario saber que la energía que se almacena en la inductancia es entregada como una cantidad fija de potencia a la carga:  $P_o = (L \times I^2 \times F_0) / 2$ .

L.- es el valor de la inductancia.

I.- es la corriente pico en la bobina.

F<sub>0</sub>.- es la frecuencia de trabajo.

## CAPITULO 2

Este sistema entrega siempre una cantidad fija de potencia a la carga sin considerar la impedancia de la carga, este sistema es muy utilizado en sistemas de flash fotográfico o en sistemas de ignición del vehículo para recargar la carga capacitiva, también es usado como un buen cargador de baterías.

### **Configuración BUCK – BOOST.**

Esta configuración es utilizada en los sistemas conocidos como Flyback, es una evolución de los sistemas anteriores, el sistema Buck almacena energía en una bobina, el sistema Boost sólo puede regular cuando  $V_{out}$  es mayor que  $V_{in}$ , mientras que el Flyback puede regular siendo menor o mayor la tensión de salida que la de entrada.

Dada su sencillez y bajo costo, es la topología preferida en la mayoría de los convertidores de baja potencia (hasta 100 W), es la tecnología que se utiliza en la televisión moderna para obtener los voltajes bajos de 5 V DC, 9 V DC, 12 V DC, 18 V DC, voltajes que se requieren para alimentar los circuitos de control, audio, sincronismo, deflexión vertical, deflexión horizontal.

Está diseñado con alta inductancia para almacenar energía a medida que el flujo magnético aumenta, la regulación de la tensión en la salida se obtiene mediante comparación con una referencia fija, por lo tanto la energía transferida a la salida mantiene la tensión constante independiente del valor de la carga o del valor de la tensión de entrada.

La C del período de encendido “ON”, se hace por autooscilación variando la frecuencia en función de la carga.

#### **2.4 Parámetros característicos de las fuentes de alimentación.**

Todo sistema de alimentación debe cumplir con ciertas características básicas que garanticen el buen funcionamiento de un sistema de telecomunicaciones, el grado de confiabilidad al momento de ser utilizado para alimentar la carga final o instalación, entre las características básicas debe considerarse la tensión que se va aplicar a la carga, el sistema de alimentación debe estar protegido contra sobrecargas, el voltaje y corriente que se suministra a la instalación, no debe variar por las fluctuaciones de la red de energía AC. debe mantener el suministro continuo de voltaje y corriente, y para evitar interrupciones por largo tiempo es necesario contar con un banco de baterías que cumpla funciones semejantes, como respaldo de energía, todo sistema de alimentación debe tener elementos

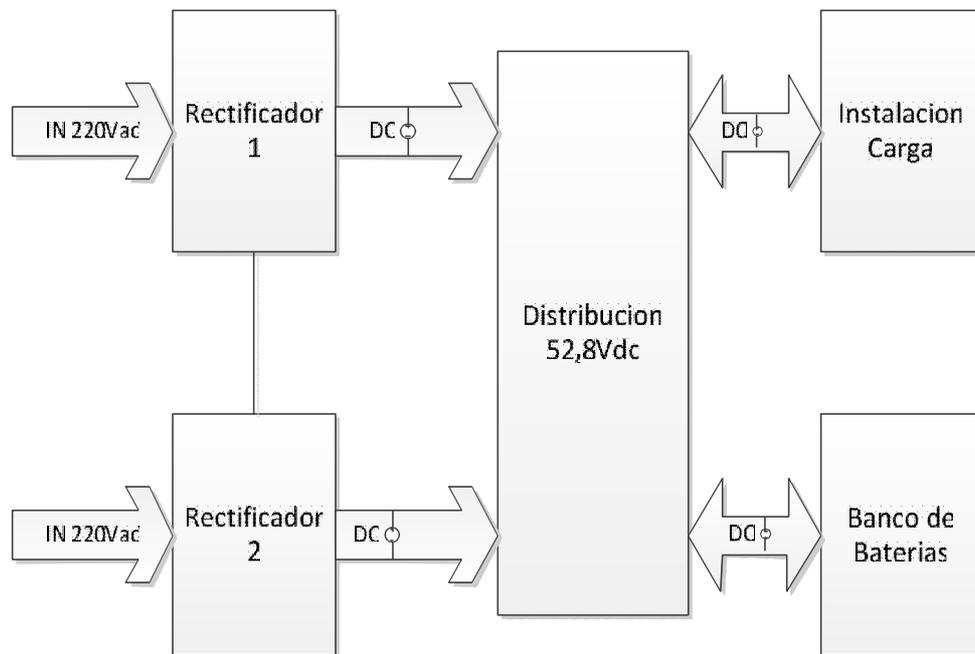
de control, y panel de alarmas que permitan visualizar en un momento dado la operación y funcionamiento de la fuente de alimentación, debe ser de fácil manejo y mantenimiento, esto nos asegura una pronta reparación del equipo.

#### **2.5 Sistema de alimentación de la CNT.**

El sistema de alimentación de energía DC, para los diferentes equipos de transmisión de radio enlace multiplex y de conmutación está conformado, por el rectificador, el banco de baterías, y el panel de distribución de las cargas. Como muestra la figura 2.15, se trata de un sistema que tiene como objetivo convertir la energía eléctrica de alterna (AC), con una tensión de 220 V, en energía eléctrica de corriente continua con una tensión nominal de 48 V DC, la salida de los

## CAPITULO 2

rectificadores va conectado al tablero de distribución de DC corriente continua y suministra la alimentación de 52,8 V DC a la instalación o carga y al banco de baterías.



*Figura 2.15. Sistema de alimentación continua DC.*

*Autores: Ing. Francisco Paredes e Ing. Erick Paredes.*

El rectificador está diseñado para realizar los ciclos de recarga al banco de baterías, automático o manual, y está dotado de distintos dispositivos electrónicos, destinados a dar señales de alarmas en caso de avería

El ciclo automático esta previsto para el funcionamiento normal de operación. El ciclo manual comprende una recarga con corriente constante, sin limites voltimétricos por lo que se logra que la tensión de batería con el tiempo alcance el valor máximo previsto para el tipo de elementos empleados.

El circuito puede considerarse formado por un estado de potencia y por uno electrónico de control.

## CAPITULO 2

El estado de potencia está formado por el transformador adaptador con cambio de tensión 110/220 V AC, el transformador provee además del enrollamiento principal, otros enrollamientos secundarios auxiliares de 14 V AC para la alimentación de los circuitos electrónicos y de inserción de los SCR.

El puente semicontrolado, con diodo volante efectúa la regulación y asegura a la salida una tensión continua de valor medio variable, en función del ángulo de retraso de cebado de los SCR.

El filtro para fluctuaciones la celda de filtro L1-C4 reduce los límites previstos 0,5 V pico a pico de las componentes alternas.

Los derivadores SH1 permite la lectura total de la corriente del rectificador Y SH2 permite la lectura de la corriente de batería por medio de un amperímetro.

Los rectificadores están protegidos por un conmutador automático a la entrada de la línea de alimentación AC.

Los rectificadores están equipados con voltímetros para medir la tensión de entrada 220 V AC, tensión de salida 48 V DC, amperímetros para medir la corriente del rectificador, corriente de batería y corriente carga.

Los dispositivos electrónicos de control tienen la finalidad de hacer variar automáticamente la tensión de salida del rectificador de manera que la tensión de batería y la corriente de recarga alcancen los valores máximo de carga 2,4 V por celda y 140 A.

### **Características eléctricas:**

Tensión nominal del banco de baterías 48 V DC

Entrada voltaje trifásico 222 V AC.

Frecuencia 60 Hz.

Salida del rectificador:

Tensión nominal 48 V DC

Corriente nominal 150 A.

Tensión continua de carga 2,4 V DC por elemento, 57,6 V DC

Tensión continua de carga flotación 2,2 V DC por elemento, 53,3 V DC.

Las baterías son los elementos que trabajan en conjunto con los rectificadores, éstas se conectan en paralelo a la salida de los rectificadores, y suministran la energía a los equipos de transmisión en caso de fallar los rectificadores por falta de fluido eléctrico de la red pública o por avería de los mismos, el tiempo de autonomía por ausencia de la red va a depender de la capacidad del banco de batería y de la carga instalada.

La unidad de construcción básica de una batería es la celda de 2 V. Dentro de la celda, la tensión real de la batería depende de su estado de carga, si se está cargando, descargando o en circuito abierto, la tensión de una batería varía de 1,75 V a 2,5 V, la capacidad de almacenaje de una batería depende de la velocidad de descarga, la capacidad nominal que la caracteriza corresponde a un tiempo de 10 horas, las baterías estacionarias poseen una baja auto descarga 3% mensual aproximadamente contra un 20% de una batería Plomo-Ácido convencional.

## CAPITULO 2

La gravedad específica es el término utilizado para indicar el estado de carga de una celda. Es una medición de la densidad o el peso del electrolito en comparación con el agua, la gravedad específica disminuye con las descargas y aumenta con las cargas debido a la reacción electroquímica en la celda.

La temperatura de la celda y el nivel de electrolito afectan la lectura de la gravedad específica, por consiguiente, deben registrarse al mismo tiempo que se toma la lectura de la gravedad específica.

La gravedad específica del electrolito a 25 °C con las celdas totalmente cargadas arrojan una lectura dentro de los límites señalados 1,215.

El voltaje de flotación 52,8 V DC al banco de baterías, es el voltaje mantenimiento cuando el banco de baterías se encuentra totalmente cargado, éstas deben permanecer continuamente conectadas en paralelo al rectificador, el rectificador, además de suministrar corriente a la batería, también debe proporcionar la suficiente cantidad corriente requerida a la carga conectada.

Al banco de baterías se les da una carga de igualación para corregir cualquier falta de uniformidad que pueda ocurrir en los voltajes de flotación o en la gravedad específica durante un período prolongado, las irregularidades pueden ser por: voltaje de flotación demasiado bajo, voltímetro del panel con lecturas altas, temperaturas irregulares en las celdas.

## 2.6 El rectificador.

En la figura 2.16 se muestra un sistema especialmente diseñado para el suministro continuo de energía a bancos de baterías y equipos de telecomunicaciones, el voltaje nominal de salida es de 48 V DC y la corriente nominal es 150 A, requiere de alimentación trifásica 220 V AC, emplea regulación mediante control de fase en un puente de tiristores y diodos, presenta características de voltaje constante, corriente constante dependiendo del nivel de corriente de salida, utiliza filtro de doble sección LC para asegurar menos de 2 mV de ruido sofométrico debido a los armónicos generados por el rectificador medido según especificaciones CCITT.



*Figura 2.16 Rectificador Braga Moro 48 V DC 150 A.*

*Fuente: CNT Torre del Carmen.*

## CAPITULO 2

El equipo está compuesto por dos rectificadores idénticos, situados en dos bastidores con salida en paralelo, desacoplados por el diodo de bloqueo colocado en el negativo.

Cada rectificador contiene un transformador de potencia, protegido en la entrada por un interruptor automático, el voltaje del secundario alimenta al puente rectificador semicontrolado, que convierte el voltaje alterno en voltaje continuo filtrado por un filtro doble LC y estabilizado por una lógica de control.

El puente rectificador se encuentra protegido por fusibles extra rápidos para eventuales cortocircuitos en los condensadores de filtrado, o a la salida de la lógica de control en caso de avería, los supresores de pico lo protegen de eventuales sobretensiones, y se encuentran instalados en el secundario del transformador.

Al darse un fallo de la red de pública, la batería se descarga hasta el voltaje mínimo de 43,5 V DC, los telerruptores seccionan la batería para protegerlas de descargas excesivas.

Los instrumentos de tipo analógico, miden la corriente y el voltaje del rectificador, la corriente y voltaje de batería y el voltaje de instalación.

- **Voltaje nominal**

La tabla 2.1 define el voltaje de salida del rectificador en relación con el tipo y número de elementos o celdas que componen el banco de baterías.

*Tabla 2.1 Tensiones de salida del rectificador según los elementos del banco de baterías.*

*Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes e Ing. Erick Paredes.*

<b>Voltaje</b>	<b>Número de baterías Plomo Ácido</b>	<b>Número de baterías Níquel Cadmio</b>
12 V	6	10
24 V	12	20
48 V	24	40

- **Voltaje de flotación**

La tensión requerida para mantener un estado de carga constante en los terminales del banco de baterías de acuerdo al tipo de baterías a utilizarse se muestra en la tabla 2.2.

*Tabla 2.2 Tensiones para carga constante según el tipo de batería.*

*Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes e Ing. Erick Paredes.*

<b>Tipo de Baterías</b>	<b>Rango de Voltaje</b>
Plomo Ácido Abiertas	2,15 a 2,25 V
Plomo Ácido Selladas	2,27 V
Níquel Cadmio	1,3 a 1,45 V

- **Voltaje de igualación**

La tensión requerida para lograr una recarga rápida y asegurar una recuperación total de los materiales activos en todas las placas del banco de batería de acuerdo al tipo de batería a utilizarse se muestra en la tabla 2.3

*Tabla 2.3 Tensiones para recarga rápida según el tipo de batería.*

*Fuente: Autores Ingenieros Francisco y Erick Paredes.*

<i>Tipo de Baterías</i>	<i>Rango de Voltaje</i>
Plomo Ácido Abiertas	2,25 a 2,40 V
Plomo Ácido Selladas	2,3 a 2,4 V
Níquel Cadmio	1,5 a 1,65 V

- **Corriente Nominal**

La corriente de salida del rectificador está dado por la carga de los equipos instalados y por la capacidad del banco de baterías. Para este estudio se analizará un rectificador de corriente de salida de 150 A.

- **Operación en Paralelo**

La finalidad de la operación en paralelo, es permitir el manejo de cargas mayores a la capacidad de un rectificador, y aumentar la confiabilidad en el suministro de energía a los equipos de telecomunicaciones.

- **Configuración N+1**

En la configuración N+1 el rectificador principal proporciona la corriente requerida por la carga (equipos instalados) más la recarga de las baterías, el rectificador adicional se utiliza como

## CAPITULO 2

respaldo en caso de avería de uno de los rectificadores, y también es utilizado al realizar el mantenimiento de recarga con voltajes de igualación al banco de baterías, es decir que se direcciona un rectificador a la carga y el segundo rectificador se le retira los fusibles de instalación y se direcciona a la recarga del banco de baterías, por lo general esto se hace periódicamente para mantener el banco de baterías en buenas condiciones, y prolongar la vida útil del banco de baterías, la conexión de los rectificadores permite la interconexión de los terminales de salida de cada unidad.

- **Voltaje de carga inicial**

Voltaje requerido al iniciar la carga a las baterías cuando se añade ácido por primera vez a las baterías de Plomo-Ácido, su rango varia de 2,6 V a 2,7 V.

- **Voltaje de ruido sofométrico (según CCITT).**

Tensión de ruido sobrepuesta a la componente de corriente directa que afecta a la banda de un canal de voz de acuerdo con curva de filtraje A (peso relativo vs. frecuencia), la curva tiene en cuenta el efecto sobre el oído humano y las características electroacústicas del receptor telefónico, donde la máxima respuesta corresponde a un tono de 800 Hz, la tensión efectiva (rms) de ruido sofométrico en la banda debe ser inferior a 2 mV, con baterías conectadas.

- **Voltaje de ruido en dBrn (según IEEE)**

Corresponde a la tensión de ruido expresada en decibeles por encima del nivel de ruido de referencia, definido este como 1 pW de potencia o -90 dBm (90 dB por debajo de 1 mW).

## CAPITULO 2

El dBm es la unidad de medida del ruido de potencia de acuerdo con la norma IEEE 743, para la medida de ruido en canales de comunicaciones se especifica una curva similar a la de ruido sofométrico denominada curva de mensaje C, las medidas en dBm tomadas según este procedimiento se designan como dBmC.

### **Repartición de corriente**

- a) Repartición forzada. el sistema dispone de los circuitos necesarios para medir la corriente total y la corriente de cada rectificador, si la corriente de salida de un rectificador se aparta de del valor promedio, el sistema corrige variando su tensión de salida; si la corriente disminuye la tensión aumenta y viceversa.
- b) Repartición por pendiente. La tensión del cargador disminuye al incrementar la corriente de salida, la pendiente se define como la variación de tensión de vacío a plena carga dividida por la corriente en plena carga, esta impedancia interna minimiza las diferencias de corriente que podrían producirse entre rectificadores operando en paralelo por pequeñas variaciones de ajuste de tensión de salida y/o corrimiento con el tiempo.

### **• Variables de entrada**

Tensión, valor nominal de la tensión de corriente alterna, red trifásica 208 V AC  $\pm$  15%

Frecuencia, valor nominal de la frecuencia de corriente alterna 60 Hz  $\pm$  5%

Eficiencia, expresada como la relación entre la potencia de entrada y la potencia de salida.

Factor de potencia, medido como la relación entre la potencia activa y la potencia aparente en la entrada.

- **Interferencia electromagnética**

La interferencia electromagnética (EMI) también conocida como interferencia de radio frecuencia (RFI) consiste en la generación no intencional de energía radiada o conducida producida especialmente por las conmutaciones en alta frecuencias de los elementos de potencia.

Las regulaciones que deben cumplirse para limitar el nivel de la interferencia están dadas en normas VDE 0871 o VDE 0875 (Alemania), FCC (Estados Unidos) y CSA (Canadá).

En general el rango de frecuencias cubierto por las normas comprende el rango de 10 kHz a 30 MHz

- **Señalización y alarmas**

Cada rectificador ha sido dotado de varias indicaciones luminosas (mediante LEDs) que señalan las condiciones de funcionamiento o la presencia de un fallo de los rectificadores y baterías que se encuentran localizados en la parte frontal del bastidor.

- **Señalizaciones con LEDs en el panel frontal**

La condición de operación correcta de los rectificadores se genera con la visualización de los indicadores luminosos que se producen a diario en el panel frontal de los rectificadores en la ficha de LED SSKSE031, como se muestra en la figura 2.17.



*Figura 2.17 Alarmas de señalización con LEDs del rectificador Braga Moro.*

*Fuente: CNT Torre del Carmen.*

Las alarmas se muestran en la tabla 2.4 y se describen a continuación.

Tabla 2.4 Señalizaciones y alarmas del rectificador Braga Moro 48 VDC, 150 A.

Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes e Ing. Erick Paredes.

Alarma	Descripción	LED de señal
1	Carga de igualación Rect. 1	Rojo
2	Rectificador 1 incluido	Verde
3	Bajo voltaje rectificador 1	Rojo
4	Alto voltaje rectificador 1	Rojo
5	Anomalía secuencia de fases	Rojo
6	Carga rápida	Amarillo
7	Carga de igualación Rect. 2	Rojo
8	Rectificador 2 incluido	Verde
10	Bajo voltaje rectificador 2	Rojo
11	Alto voltaje rectificador 2	Rojo
12	Presencia de red	Verde
13	Baterías en descarga	Rojo

A) Carga de igualación.- LED rojo se enciende cuando este tipo de carga se efectúa periódicamente para el tipo de baterías estacionario y semi estacionario, se predispone cuál de los dos rectificadores efectuará la carga de igualación, desconectando el interruptor de entrada de red, el fusible de instalación de salida del rectificador y se procede a poner el *switch* manualmente en la posición M manual. Este elemento está localizado en la tarjeta

## CAPITULO 2

SE/SSKCO 043 regulador trifásico (ver figura 2.18). En el anexo 1 se presentan el diagrama esquemático de la tarjeta y su descripción técnica.



*Figura 2.18 Rectificador Braga Moro 48 V DC 150 A.  
Posicionamiento de la tarjeta SE/SSKCO regulador trifásico y contactor.*

Fuente: CNT Torre del Carmen.

Este interruptor (*switch*), además de desplazar la referencia de voltaje de 2,4 a 2,6 V por elemento, no permite el cierre del contactor C1, y por lo tanto se mantiene conectada la batería a la salida del rectificador. El contactor se puede apreciar en la figura 2.18 el rectificador.

B) Rectificador incluido.- LED de señalización verde encendido indica la presencia de red pública 220 V AC, y por consiguiente el rectificador eroga voltaje de salida y corriente de salida

## CAPITULO 2

que se pueden observar en los medidores analógicos que se encuentran ubicados en el panel frontal de cada rectificador.

C) Bajo voltaje de rectificador.- LED de señalización rojo encendido indica que el rectificador esta sin la presencia de red, o una de las fases R S T de la red pública no ingresa al rectificador, el voltaje de salida del rectificador esta fuera de los límites establecidos por el fabricante 48 V DC.

D) Alto voltaje de rectificador.- LED de señalización rojo encendido indica que el voltaje de salida del rectificador se encuentra fuera de los límites de ajuste establecidos por el fabricante 59 V DC.

E) Presencia de red.- LED de señalización verde encendido indica la presencia de la red 220 V AC pública a la entrada de los interruptores automáticos, que intervienen en caso de cortocircuito en el transformador de potencia.

F) Secuencia de fase errada.- LED de señalización rojo indica la ausencia de una de las fases R S T, de la red pública o el cambio en el orden establecido de las fases de la red lo cual provoca la alarma de secuencia de fase, y que el rectificador se inhiba dejando fuera de servicio el rectificador.

G) Carga rápida.- LED de señalización amarillo indica que el rectificador comienza a erogar progresivamente hasta alcanzar los valores nominales de corriente, que se reparte entre la batería y la carga instalada.

## CAPITULO 2

El voltaje de instalación en el rectificador alcanza su valor máximo de carga de las baterías de 57,6 V DC que corresponde a 2,4 V por elemento, a partir de este momento se pasa de voltaje constante a corriente decreciente aproximadamente 35 mA.

H) Baterías en descarga.- LED de señalización rojo, indica que el rectificador se encuentra fuera de servicio, las baterías suministran la energía DC a la instalación mientras se supere el fallo del rectificador que puede ser debido a la no presencia de red, anomalía en la secuencia de fases, intervención de los telerruptores automáticos de entrada de red, fusibles extra rápido, y supresores de pico para la protección del puente rectificador.

### **2.7 El banco de baterías.**

Otro elemento que interviene como *back up* para respaldar la suministro continuo de energía eléctrica que los equipos de radio enlace necesitan para su óptimo trabajo es el banco de baterías, debemos establecer que la célula principal es la celda o elemento de la batería.

La batería es un dispositivo electroquímico el cual almacena energía en forma química, obteniéndose de ella energía eléctrica, el conjunto de celdas conectadas en serie forman un grupo o banco de baterías a fin de obtener la tensión deseada, en las Baterías de Plomo-

Ácido el voltaje por celda es 2,2 V, estas baterías son del tipo estacionario, que sirven para alimentar equipos de telecomunicaciones y centrales telefónicas.

La CNT tiene dispuesto sus bancos de baterías en las estaciones repetidoras, terminales y centrales telefónicas, la sala de fuerza, conectadas 24 celdas de 2,2 V DC cada uno en serie

## CAPITULO 2

obteniéndose el voltaje total entre sus bornes de 52,8 V DC que es el voltaje de instalación. En la figura 2.19 se puede observar el banco de baterías de 48 V DC y 1200 Ah de la sala de fuerza en la torre del Carmen.



*Figura 2.19 Banco de Baterías Fiamm 1200 Ah, 48 V DC.*

*Fuente: CNT Torre del Carmen.*

### **Temperatura.**

La temperatura a la que se somete al banco de batería es esencial y ejerce una importante influencia en la tensión de cada elemento del banco y por consiguiente en la vida útil de la batería. En términos ideales el banco de baterías debería mantener, con una gravedad específica de 1,215, la temperatura entre 25 °C y 32 °C, y el voltaje constante de flotación de 52,8 V DC que le suministra el rectificador.

## CAPITULO 2

La medida de densidad del electrolito da la idea de carga del banco de baterías, esta medida se puede realizar en baterías abiertas que son de mantenimiento, se debe controlar el nivel de agua a cada elemento del banco y si es necesario compensar las pérdidas agregando agua al banco de baterías, la tensión por celda con plena carga es de 2,2 V DC y para una batería descargada la tensión fluctúa entre 1,75 V DC – 1,80 V DC, para no acortar la vida útil del banco de baterías no es conveniente llegar a descargas muy profundas. Lo ideal para preservar el banco es no llegar a ese límite.

### **Normativa sobre baterías Plomo – Ácido.-**

Acorde a la aplicación que se le dé a las baterías de Plomo – Ácido se puede decir que la normativa internacional establece su clasificación, según la tabla 2.5

*Tabla 2.5 Normativas internacionales para diferentes tipos de baterías.*

*Fuente Autores: Ing. Francisco Paredes e Ing. Erick Paredes.*

<b><i>Normativa Internacional</i></b>	<b><i>Tipo de Batería</i></b>
IEC 160896 Baterías Plomo – Ácido	Estacionarias
IEC 61056 Baterías de acumuladores Plomo – Ácido	Uso general
IEC 60254 Baterías Plomo – Ácido	Para tracción
IEC 95 Baterías Plomo – Ácido	Arranque

## CAPITULO 2

Estas normas regulan las características funcionales y requisitos generales que deben cumplir las baterías a utilizar en cada una de las aplicaciones, estas normas establecen, en algunos casos diferencias funcionales entre baterías abiertas y baterías reguladas por válvulas.

### **Baterías en régimen flotante.**

El banco de baterías debe permanecer sus bornes positivo (+) y negativo (-) conectados a la salida del rectificador, quien se encarga de suministrar la tensión de flotación constante requerida de 52,8 V DC para mantener el banco de baterías completamente cargado, de tal forma que se pueda utilizar esa reserva de energía para alimentar la carga de instalación, en el momento que se dé un fallo en la fuente principal.

### **Tensión máxima**

La tensión máxima al banco de baterías admisibles por los dispositivos alimentados con tensión continua para garantizar su integridad física y correcto funcionamiento usualmente es del 10% de la tensión nominal. Para el caso de los bancos de baterías de 24 celdas del tipo estacionario Plomo – Ácido el voltaje nominal es 48 V DC y su tensión Máxima en flotación es 52,8 V DC.

### **Tensión mínima**

La tensión mínima admisible del banco de baterías usualmente es del orden del 15 % de la tensión nominal. Es decir que el voltaje del banco de baterías en el momento que se dé una descarga, este no debería sobrepasar el voltaje de 1,75 V por celda, lo que equivale a 41 V DC el voltaje total del banco de baterías. (*Fuente Enercell energía integral Andina*).

## **2.8 Parámetros a monitorear.**

Los elementos o señales que se requieren monitorear, provienen del estado y funcionamiento de los sistemas de alimentación de energía continua que se necesitan para energizar los equipos electrónicos de no ser así se paralizan o se interrumpen las comunicaciones.

Los cortes continuos de la red pública que provee a la estación repetidora Ánimas la empresa eléctrica de playas, más el tiempo que se toma en restaurar la red, o determinar en qué momento se procederá a dar solución o reparar el daño en las líneas de transmisión, sabiendo que es una línea que para llegar a la estación tiene que atravesar una zona de difícil acceso, y no se pueda solucionar el problema de inmediato, esto da lugar a que los grupos de generación de emergencia entren a operar, por un período limitado de tiempo, si estos se encuentran operativos, es decir que estos equipos para su funcionamiento tengan la batería de arranque del motor en buen estado, con carga, el tanque de combustible del motor está lleno, y el refrigerante del radiador está completo, y lo primordial si el sistema de arranque

automático se encuentra en óptimas condiciones, con esto se soluciona la falta de energía pública momentáneamente, de no ser así, el rectificador sin la red se queda fuera de servicio y conmuta el voltaje del banco de baterías a la instalación para suministrar la energía que necesita la carga, la alimentación que suministre el banco de baterías tiene una autonomía o tiempo de duración de descarga hasta alcanzar el voltaje de 1,75 V DC por elemento del banco de baterías, esto ayuda a proteger al banco de baterías de descargas profundas y acortar la vida útil del banco de baterías.

## CAPITULO 2

La suspensión corte de la red pública es un problema muy álgido que está presente en la mayoría de las estaciones repetidoras de la CNT, por el lugar donde se encuentran localizadas y que generalmente es en la etapa invernal cuando más daños se presentan por lo cruento del invierno, por las descargas eléctricas y por lo difícil que es acceder a la estación en vehículo por la interrupción de la vía, y la única forma para llegar a la estación es caminando.

Los sistemas de alimentación rectificadores están diseñados para operar de manera eficiente, pero al producirse ausencia de la red de alimentación 220 V AC, se generan las alarmas en el panel frontal del rectificador, descritas en la tabla 2.4 señalizaciones y alarmas, que se pueden visualizar en el panel frontal del rectificador Braga Moro 48 V DC, 150 A, como se muestra en la figura 2.17.

Por lo tanto es necesario desarrollar una interfaz que permita recolectar y transmitir a la vez los datos de alarmas y señales de funcionamiento de variables a controlar.

### **2.9 Transmisión con tecnología GSM.**

La transmisión de las señales se hará utilizando la normativa GSM, por lo tanto es necesario utilizar el servicio de operadores de telefonía celular con plataforma GSM, en el Ecuador se encuentran operando tres compañías de telefonía celular, Claro, Movistar y la celular que pertenece al estado Alegro.

GSM (*Global System for Mobile communications*) es un sistema que está en constante evolución, una de sus grandes fortalezas es la capacidad de *roaming* internacional, se diferencia de los sistemas inalámbricos de primera generación porque usa tecnología digital.

## CAPITULO 2

En Europa, el estándar GSM usa las bandas de frecuencia de 900 MHz y 1800 MHz, en los Estados Unidos se utiliza la banda de frecuencia de 1900 MHz, por esta razón los teléfonos portátiles que funcionan tanto en Europa como en los Estados Unidos se llaman tribanda y aquellos que funcionan solo en Europa se denominan bibanda, el estándar GSM permite un rendimiento máximo de 9,6 kbps que permite transmisiones de voz y de datos digitales por ejemplo mensaje de texto SMS (servicio de mensajes cortos) o mensajes multimedia MMS (servicio de mensajes multimedia).

### **Arquitectura de la red GSM**

Las redes de telefonía móvil se basan en el concepto de celdas, es decir zonas circulares que se superponen para cubrir un área geográfica, se basan en el uso de un transmisor-receptor central en cada celda denominado estación base transceptora (BTS). Consta de los módem de radio y el equipo de antenas, la arquitectura GSM consta de varios subsistemas, el controlador BSC Gestiona las operaciones de radio de varias BTS y conecta a un único *Network and Switching System* (NSS), proporciona la conmutación entre el subsistema GSM y las redes externas PSTN, PDN, como es la telefonía pública, junto con las bases de datos utilizadas para la gestión adicional de la movilidad y de los abonados, los componentes son el centro de conmutación de servicios móviles (MSC), registros de localización doméstico y de visitas “HLR – VLR”, las bases de datos de HLR Y VLR se interconectan utilizando la red control SS7.

## CAPITULO 2

La red GSM necesita la utilización de varios protocolos para poder controlar las llamadas, transferir información, y proporcionar la gestión global del sistema, en la figura 2.20 se describe una red de comunicación móvil GSM.

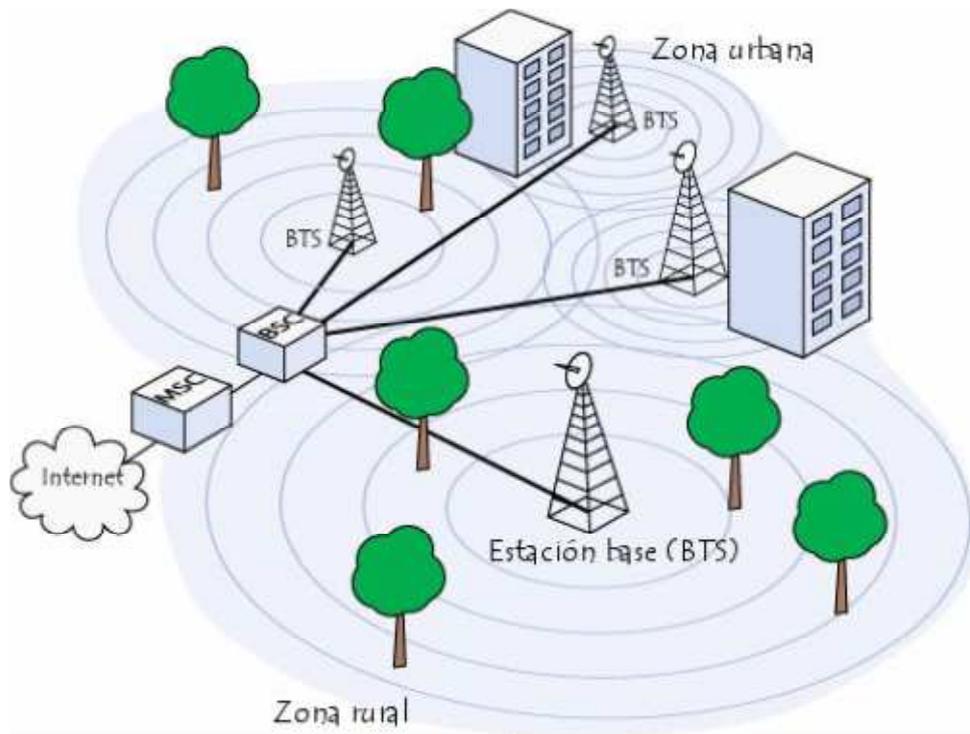


Figura 2.20 Red de comunicación móvil GSM.

Fuente: [www.es.kioskea.net](http://www.es.kioskea.net)

Los mecanismos de seguridad de GSM se implementan en tres elementos diferentes del sistema, el módulo de identidad del abonado, el aparato portátil denominado estación móvil (MS) y la red GSM.

El SIM (*Subscriber Identify Module*) es básicamente la tarjeta que proporciona la información de servicios e identificación de la red, contiene la clave individual de autenticación del abonado, es

## CAPITULO 2

el chip que proporciona la operadora y que contiene el número de identificación personal (PIN).

El SIM contiene la IMSI o identidad internacional del abonado móvil, está compuesto por el código celular del país, el código de la red celular, y el número de identificación que asegura privacidad del IMSI.

La identidad de área de localización (LAI), tiene un código de identificación del país, un código del operador, y un código de área de localización.

## **CAPITULO 3: PROPUESTA DE SISTEMA DE MONITOREO**

El propósito del presente capítulo es mostrar el diseño del sistema de monitoreo remoto y permanente de las alarmas que puedan ocurrir en el sistema de fuerza DC de las estaciones repetidoras de la CNT.

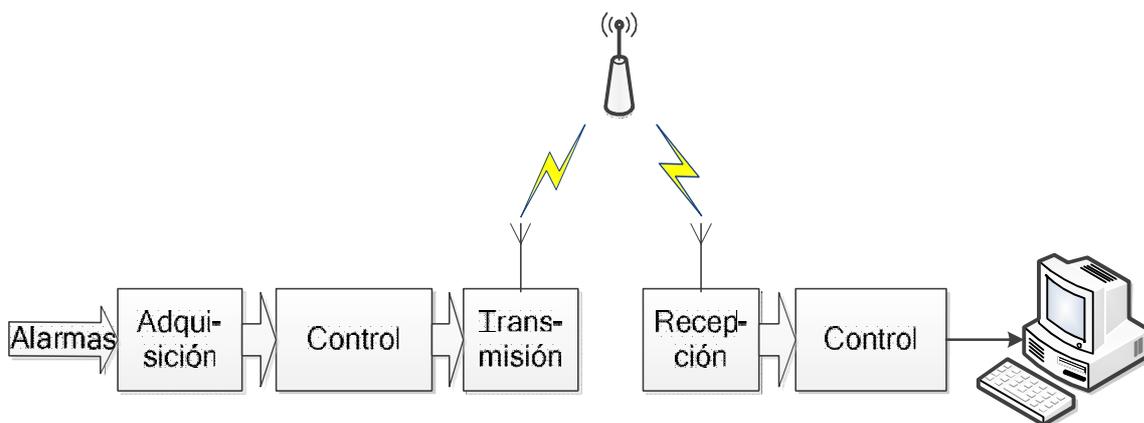
### **3.1 Descripción del sistema de monitoreo propuesto.**

El sistema de monitoreo remoto y permanente de las alarmas que pueden ocurrir en el sistema de fuerza está compuesto por un módulo transmisor y otro receptor, cada uno de ellos provisto de un módem GSM. En el módulo transmisor, hay un microcontrolador que adquiere las señales que se generen en el rectificador de la estación, y las envía al módem GSM para su transmisión al aire. En el módulo receptor, la señal transmitida es recibida por un módem GSM que actúa como receptor y que envía la información recibida a un microcontrolador que a su vez está conectado a una PC a través de un puerto USB. Así, el sistema de comunicación está controlado por dos microcontroladores, uno que gestiona el módem que se instala en el panel de alarmas del rectificador, y el otro gestiona las comunicaciones con la PC. Los microcontroladores se programan para controlar sus múltiples entradas y salidas, activándolas o desactivándolas mediante un SMS.

El sistema permite obtener las alarmas y comunicarse con un terminal remoto para visualizar y controlar los sistemas de energía DC rectificadores y bancos de baterías, y que permitirá al usuario o técnico de turno detectar algún problema grave y poder actuar a distancia.

Dado que la mayor parte del territorio ecuatoriano tiene cobertura GSM, resulta muy interesante aprovechar esta plataforma de la red de telefonía móvil, y poder realizar el enlace de nuestra comunicación.

La figura 3.1 detalla el diagrama en bloques del sistema de monitoreo. En el transmisor, hay un primer bloque identificado de adquisición que se ocupa del ingreso de las alarmas, va seguido del bloque de control que contiene el microcontrolador que gestiona las señales de entrada con las alarmas generadas y finalmente un tercer bloque de transmisión que contiene el módem GSM. En el receptor, está el bloque de recepción que contiene el segundo módem GSM seguido del bloque de control con el microcontrolador que gestiona el módem y la comunicación con la PC, donde se visualiza el estado de las alarmas.

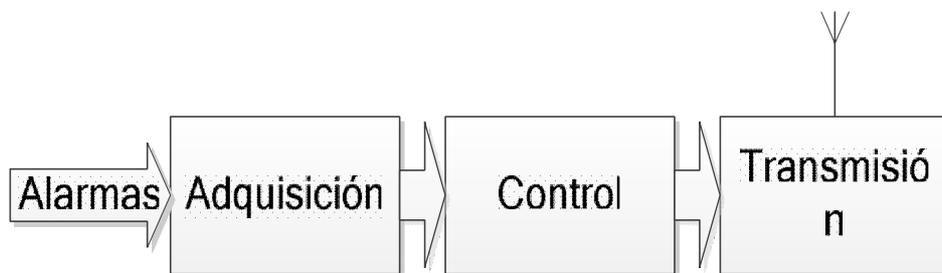


*Figura 3.1 Diagrama en bloques del sistema de monitoreo remoto de alarmas.*

*Fuente Autores Ing. Francisco Paredes e Ing. Erick Paredes.*

### 3.2 Módulo de adquisición, procesamiento y transmisión.

La figura 3.2 detalla el módulo de adquisición y transmisión, el cual consta de un bloque de adquisición formado básicamente por optoacopladores, con el objetivo de obtener los datos o las alarmas que se generan en el sistema de energía DC continua de la estación Ánimas, un segundo bloque formado por un microcontrolador PIC y un tercer bloque constituido por un módem GSM. En los apartados que siguen se describen estos bloques en detalle.



*Figura 3.2 Diagrama en bloques del sistema de transmisión.*

*Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes e Ing. Erick Paredes.*

#### 3.2.1 Bloque de adquisición de las señales de alarma.

Las señales correspondientes a las alarmas son ingresadas al sistema mediante optoacopladores, también llamados optoaisladores o aisladores acoplados ópticamente. Los optoacopladores son dispositivos de emisión y recepción que funcionan como interruptores excitados mediante la luz emitida por un diodo LED. Los optoacopladores basan su funcionamiento en el empleo de una fuente de radiación luminosa para pasar señales de un circuito a otro sin conexión eléctrica. Los optoacopladores pueden reemplazar ventajosamente a los relés ya que tienen una velocidad de conmutación mayor, así como la ausencia de rebotes, y ofrecen aislamiento galvánico entre los circuitos de entrada y salida, por lo que son muy

útiles y una buena opción para aislar los circuitos electrónicos de medición del sistema que se está midiendo u observando, y así proteger al microcontrolador.

El dispositivo 4N35 es un optoacoplador formado por un LED y un fototransistor, y es el elemento que se inserta en el sistema de transmisión, para obtener las señales o alarmas que se presenten el rectificador y que serán acopladas al PIC, esto nos permite la interconexión entre las dos etapas, aislando eléctricamente los dos sistemas, con esto logramos proteger el PIC al producirse un corto u otro tipo de anomalía eléctrica, la figura 3.3 muestra el optoacoplador 4N35 encapsulado y su símbolo electrónico.

, esto nos permite la interconexión entre las dos etapas, aislando eléctricamente los dos sistemas, con esto logramos proteger el PIC al producirse un corto u otro tipo de anomalía eléctrica, la figura 3.3 muestra el optoacoplador 4N35 encapsulado y su símbolo electrónico.



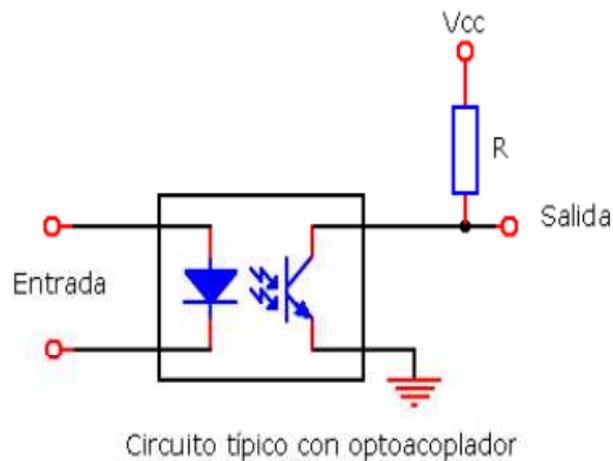


Figura 3.3 Optoacoplador: encapsulado y símbolo electrónico en un circuito típico.

Fuente: [www.aprenderrobotica.com](http://www.aprenderrobotica.com)

El 4N35 es un optoacoplador de uso general que consiste en un diodo emisor de luz infrarroja y un fototransistor NPN montados en una unidad plástica, fabricado por Texas Instruments.

Las características técnicas del optoacoplador 4N35 son (tomadas de [www.datasheet.es](http://www.datasheet.es)):

- Voltaje colector base 70 V
- Voltaje colector emisor 30 V
- Voltaje emisor base 7 V
- Voltaje de entrada retorno del diodo 6 V
- Corriente de entrada de adelanto del diodo 60 mA
- Corriente continua del colector del fototransistor 100 mA
- Potencia total continua diodo infrarrojo a 25 °C 100 mW
- Potencia total continua phototransistor a 25 °C 300 Mw

- Rango de temperatura de operación -55 °C a 100 °C

### 3.2.2 Bloque de control.

El bloque de control tiene que interactuar con las señales de entrada que provienen del optoacoplador y gestionar el módem GSM, ingresando las señales o alarmas generadas en cualquier tiempo y que serán gestionadas por el módem GSM. Este bloque está provisto básicamente de un sistema basado en un microcontrolador PIC que procesa las señales adquiridas en el bloque que le precede y gestiona el funcionamiento del transmisor basado en un módem GSM.

Para el diseño, se ha utilizado un microcontrolador con conectividad por puerto USB puerto de entrada y salidas “E/S”, por lo que el PIC 18F2550 es un microcontrolador de 28 terminales que cumple con las características para el diseño del sistema. Entre sus principales características están las siguientes:

**Arquitectura** Harvard, con memoria de código de 16 bits, separada de la memoria de datos de 8 bits. Procesamiento pipeline.

**Tecnología** RISC (*Reduced Instruction Set Computer*), con 70 instrucciones.

**Puerto USB 2.0.** Transceptor integrado al microcontrolador. 12Mb/s

**Memoria.** 16 k-localidades de 16 bits (o 32 kB) de memoria FLASH, 2 k-localidades 8 bits (2 kB) de memoria RAM, 256 localidades de 8 bits (256 B) de memoria EEPROM.

**Memoria FLASH** programable a través del puerto USB, por medio de un firmware *bootloader* residente.

**Entradas y salidas digitales.** Puerto A (PORTA) de 5 bits, puerto B (PORTB) de 8 bits, puerto C (PORTC) de 8 bits, que dan un total de 21 bits programables como entradas o como salidas digitales. Cada terminal programado como salida puede tomar (*sink*), o suministrar (*source*), hasta 25 mA.

**Puertos seriales.-** USART compatible RS232. SSP puerto serial síncrono con dos modos de operación. SPI (Serial Peripheral Interface), modos Master/Slave e I<sup>2</sup>C (Integrated Circuit), modo Slave”.

**Temporizadores.-** 4 temporizadores de 16 bits.

**Convertidores A/D** de 10 bits de resolución con multiplexor analógico para 10 canales analógicos de entrada.

**Oscilador configurable** en varios modos: externo hasta 48 MHz, externo auxiliar para módulo USB, interno con RC, interno programable desde 31 kHz hasta 8 MHz.

**Tensión de alimentación** entre 2 V y 5,5 V.

**Interrupciones:** 3 interrupciones externas, interrupción de la UART al enviar y al recibir, interrupción de final de conversión A/D, interrupción del USB.

Entre las cualidades que destacan a este microcontrolador, es su mayor tamaño de memoria disponible para almacenar programas, sumado a la posibilidad de realizar aplicaciones con conectividad USB, donde los puertos series han dejado su reinado en manos de los puertos USB.

La figura 3.4 muestra el diagrama de terminales del PIC 16F2550 y la figura 3.5 muestra el diagrama con los bloques funcionales internos del PIC.

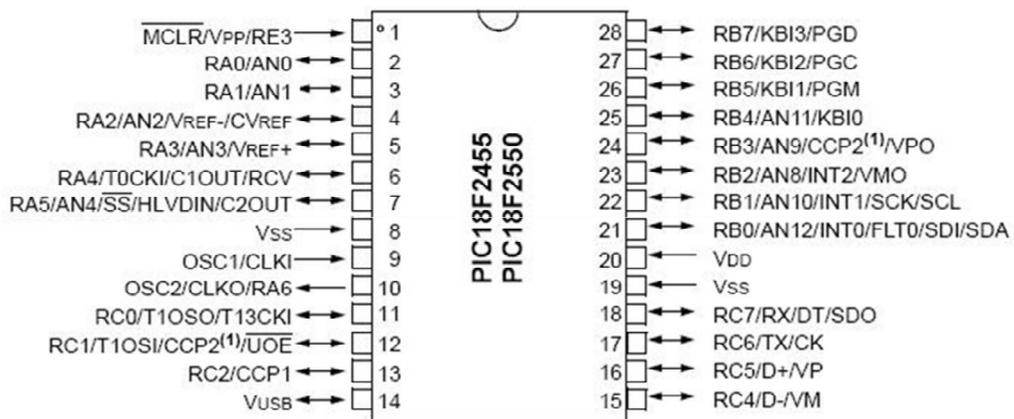
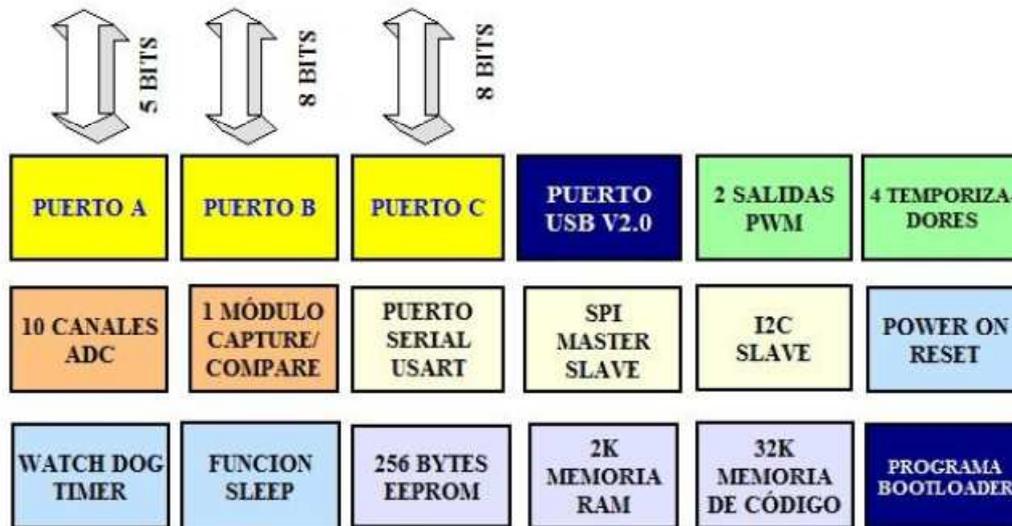


Figura 3.4 Terminales del PIC 18F2550.

Fuente: [www.miokompas.ru](http://www.miokompas.ru)



**DIAGRAMA DE BLOQUES 18F2550**

*Figura 3.5 Diagrama de bloques del PIC 18F2550.*

*Fuente: [www.miokompas.ru](http://www.miokompas.ru)*

Este microcontrolador tiene una ventaja sobre la familia de la serie 16F, es el juego de instrucciones y el sistema de memoria lineal, dispone de 77 instrucciones sobre las 35 de la familia 16F, la estructura de la memoria interna facilita la programación, tanto la memoria de datos como la de programa, dispone de memoria lineal y pueden direccionarla toda, esto resulta cómodo para manejar buffer lineales.

Los terminales 1, 2, 3, 4, 15, 16, 17 y 18 tienen el nombre de RAx, esos pines conforman el puerto A, "PORTA", los pines 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, forman parte del puerto C, "PORTC", los pines 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, corresponden al puerto B, "PORTB" el pin 15 y el pin 16 son para la alimentación negativo y positivo de la fuente de alimentación de 5 V.

El pin 1 sirve como parte del PORTA, como RESET “MCLR” (Master Clear) y como tensión de programación “Vpp”.

Los pines 14 y 16 “RC4, RC5” del puerto C del PIC corresponden a la transmisión y recepción de los datos vía USB.

El microcontrolador es un pequeño ordenador que dispone de una memoria donde se guardan los programas, una memoria para almacenar datos, dispone de puertos de entrada y salida, incluyen puertos seriales (RS-232), conversores A/D, y generadores de pulsos.

El PIC puede funcionar tanto a baja velocidad (1,5 Mbps) como a velocidad completa (12 Mbps), soporta transferencias de control, interrupción, tiene un módulo conversor A/D con 10 canales de entrada y una memoria de datos EEPROM de 256 bytes, que es una memoria de lectura, programada y borrada eléctricamente, la operación de borrado y programación es muy simple, se puede grabar y borrar cuantas veces se requiera.

La letra F del PIC indica el tipo de memoria del programa que utiliza, para el 18F2550 es del tipo FLASH, que es una memoria no volátil, de bajo consumo que se puede borrar y escribir eléctricamente, su funcionamiento es como las memorias ROM Y RAM, a diferencia de la ROM la memoria FLASH es programable en el mismo circuito, es más rápida y de mayor densidad que la EEPROM.

La mejor manera para la interconexión del periférico y el ordenador es mediante el puerto USB, la utilización del USB proporciona tantas ventajas tanto desde el punto de vista del usuario como del diseñador de periféricos. Cabe destacar la facilidad de uso, confiabilidad, bajo costo y bajo consumo, lo que hace posible conectar un dispositivo a la PC sin necesidad de incorporar ningún driver, la configuración se realiza automáticamente, posee una conectividad excepcional, ya que

puede manejar hasta 127 dispositivos simultáneamente, que se pueden conectar y desconectar sin tener que reiniciar el sistema.

En los microcontroladores 18F2550 el oscilador primario forma parte del módulo USB, de tal forma que este módulo solo puede tomar la señal del oscilador del reloj primario, sin embargo el resto del microcontrolador puede utilizar cualquier otra fuente.

Los registros de configuración permiten controlar las características especiales del microcontrolador. Están mapeados a partir de la dirección de memoria de programa 300000h, esta dirección esta más allá de la memoria del programa de usuario, corresponde al espacio de memoria de configuración “300000h-3FFFFFFh”

La señal de reloj del módulo USB deberá ser de 6 MHz si es de baja velocidad y 48 MHz, si de velocidad completa.

El módulo conversor A/D tiene una resolución de 10 bits con 10 canales para los dispositivos de 28 pines. Este módulo tiene 5 registros:

ADRESH: Parte alta del resultado de la conversión A/D.

ADRESL: Parte baja del resultado de la conversión A/D.

ADCON0: Controla el funcionamiento del módulo A/D.

ADCONE: Configura la función de los pines de los puertos.

ADCON2: Configura el reloj del conversor A/D, el tiempo de adquisición y el formato del resultado de la conversión.

La resolución de la conversión depende del valor de la referencia  $V_{ref(+)}$  y  $V_{ref(-)}$ .

$$\text{Resolución} = ((V_{ref(+)} - V_{ref(-)}) / 1024) = V_{ref} / 1024$$

Vref+ y Vref- determinan los límites máximo y mínimo de la tensión analógica que se puede convertir. El Vref mínimo es 2 V.

Las Vref+ y Vref- pueden ser internas “VDD y GND”, o externas a través de los pines RA3 (Vref+) y RA2 (Vref-).

El tiempo para convertir un dato está formado por dos intervalos de tiempo, el tiempo de adquisición y el tiempo de conversión. El tiempo de adquisición se puede programar para que el microcontrolador lo tenga en cuenta durante el proceso de conversión de manera automática.

El control y la configuración del módulo USB se lleva a efecto mediante 22 registros de estado y control.

Registro de control USB “UCON”

Registro de configuración USB “UCFG”

Registro de estado de transferencia USB “USTAT”

Registro de dirección de dispositivo USB “UADDR”

Registro de números de *frame* “UFRMH-UFRML”

Registros del 0 al 15 de habilitación de puntos finales “UEPn”

El registro de control UCON contiene los bits necesarios para controlar el comportamiento del módulo USB durante las transferencias.

El módulo USB dispone de un regulador interno de 3,3 V, para suministrar la alimentación “transmisor receptor” interno (*transceiver*), esto es debido a que el módulo USB necesita 3,3 V para las comunicaciones.

Todos los dispositivos USB tienen una jerarquía de descriptores:

**Descriptor de dispositivo.** Incluye la versión de USB, el identificador de vendedor y producto que identifican al driver y el número de configuraciones que el dispositivo tiene.

**Descriptor de configuración.** Especifica a potencia requerida y si el dispositivo tiene alimentación propia.

**Descriptor de interfaz.** Es una unión de puntos finales en un grupo funcional que realiza una tarea única. Ejemplo una impresora, fax, scanner, cada uno en una interfaz.

**Descriptor de punto final.** Especifica el tipo de transferencias usadas, la dirección de los datos y el tamaño máximo del paquete de datos para cada punto final (*end point*). El punto final 0 siempre es de control por defecto y no tiene descriptor, la dirección de los datos es desde el punto de vista del *host*.

IN: del periférico al *host*.

OUT: del *host* al periférico.

El software utilizado para interactuar con el usuario es MikroBasic creado por MikroElektronica, que es un lenguaje de programación orientado a objetos, con una sintaxis que se asemeja a la del lenguaje C. El entorno en el cual se va a programar la aplicación tiene las siguientes características, el sistema operativo debe ser Windows, preferiblemente Windows XP, dispone de un enorme grupo de librerías, la versión de los puertos USB a utilizar debe ser 2.0, de no ser así las comunicaciones entre software y dispositivo no funcionarían correctamente. Para facilitar la programación, MikroBasic implementa un número predefinido de variables globales y constantes.

**Alimentación del circuito.**

El microcontrolador PIC 18F2550, es un dispositivo de bajo consumo de corriente y de altas prestaciones cuenta con conectividad USB.

- Tensión de alimentación 5 V.
- Corriente máxima de entrada 250 mA.
- Corriente máxima de salida por todos los pines 200 mA.
- Corriente máxima de entrada en un pin I/O 25 mA.
- Temperatura ambiente *under bias*  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} < T < + 85\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de almacenamiento  $-65\text{ }^{\circ}\text{C} < T < + 150\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Potencia disipada total 1,0 W

**Programa de microcontrolador PIC 18F2550**

El lenguaje de programación para este proyecto es de MikroElektronika, que distribuye un compilador BASIC para PICs llamado MikroBasic, la característica más destacada de este compilador es la inclusión de un entorno de desarrollo integrado que hace muy cómoda la programación, ya que resalta la sintaxis del lenguaje, proporciona acceso muy rápido a la excelente ayuda incluida, estadísticas sobre el uso de recursos del microcontrolador, soporta muchos modelos de micros y dispone de un enorme grupo de librerías, divididas en comunicaciones RS-232, RS-485, teclados PS/2, conexiones USB, interfaz para LCD. MikroBasic permite acceder de forma individual a cada bit de una variable usando un punto (.) con la variable, seguido de un número, no hay necesidad de hacer una declaración en especial, este tipo de acceso selectivo es una característica intrínseca de MikroBasic y puede ser usada en

cualquier parte del código, MikroBasic no soporta interrupciones de baja prioridad, para la familia de PIC serie 18, las interrupciones deben ser de alta prioridad.

El compilador se encarga de los registros que están siendo usados, ambos en *interrupt* y en *main*, realiza una conmutación inteligente entre ambos contextos, las funciones y procedimientos que no tengan su marco propio, sin argumentos y variables locales pueden ser llamados desde la interrupción o desde *main*. El compilador MikroBasic, está provisto de una serie útil de rutinas predefinidas, que no requieren de nada especial, se puede hacer uso en cualquier parte del proyecto, algunas de las rutinas predefinidas están implementadas como *inline*.

MikroBasic tiene una estricta organización de programa impuesto, básicamente, el código fuente tiene dos secciones: declaraciones y el cuerpo del programa, las declaraciones deben ir en la parte apropiada del código, organizadas de manera ordenada de otra forma el compilador no será capaz de comprender el programa correctamente.

El módulo principal deberá lucir de la siguiente forma:

```

Program <nombre del programa>
Include <incluir otros módulos>
.....
'Declaraciones Globales:
.....
'Declaraciones simbólicas
Symbol....
'Declaración constante
Const.....
'Declaración de variables
Dim.....
'Declaración de procedimientos
Sub procedure nombre del procedimiento(.....)
<Declaraciones locales>
.....
End sub
'declaración de funciones
Sub función nombre de la función(...)
<declaraciones globales>
.....

```

```
End sub
.....
" cuerpo del programa
.....
Main:
' Escriba el código aquí
end
```

### 3.2.3 Bloque de transmisión.

Un último elemento del sistema de transmisión de señales transmitidas es el módem GSM que permite enviar mensajes de texto cortos a una computadora o un teléfono móvil. Para poder transmitir las señales o datos, usaremos la plataforma de la red de telefonía móvil digital, utilizando una alternativa como es el envío de mensajes cortos SMS (*Short Message Service*), que permite enviar o recibir mensajes de texto cortos, máximo de 160 caracteres. Estos mensajes podrán ser visualizados directamente en el monitor de la PC a la que se encuentre conectado al módem GSM. Existen en el mercado muchas marcas de proveedores de módems, que se pueden encontrar libremente en la web, con las características y especificaciones técnicas que se requiere los que se pueden utilizar de acuerdo a la necesidad.

Para el envío de un SMS es necesario que el módem GSM, esté instalado en la estación repetidora y tenga configurado un número telefónico de una de las operadoras de telefonía móvil que operan en el Ecuador (Claro, Movistar, y Alegro), estos mensajes son enviados desde su origen, el lugar donde se encuentra localizada la unidad de recepción de alarmas y que serán transmitidas estas alarmas hasta el otro punto de recepción donde se encuentre conectada el módem a la PC.

Para desarrollar nuestro objetivo utilizaremos el Módem GSM/GPRS Telit que se muestra en la figura 3.6.



*Figura 3.6 Módem GSM/GPRS telit.*

*Fuente:* [www.telit.com/en/products/technical-suport-center/contact.php](http://www.telit.com/en/products/technical-suport-center/contact.php)

El módem GSM862 Telit tiene integrado la tarjeta SIM y conectores de tipo industrial, es la plataforma ideal para aplicaciones móviles como la telemática, seguimiento, seguridad y navegación del vehículo, incluyen detección de atasco, paquete integrado TCP/IP, y Scan Easy. La comunicación que procesará el PIC se programa previamente con comandos AT especificados en la norma GSM.

Los comandos AT constituyen una serie de órdenes para que el software de comunicaciones pueda comunicarse con el módem GSM y poderlo controlar, estos comandos tuvieron tanto éxito que se convirtieron en el estándar virtual de las comunicaciones, y de los módem que los comprenden.

Los comandos AT son instrucciones codificadas que forman el lenguaje de enlace de comunicación entre una PC y el módem GSM. Son cadenas de caracteres ASCII que inicia con AT y terminan con un retorno de carro (ASCII 13).

Para una correcta operación de los comandos definidos requieren 8 bits de datos, por lo que es importante que el enlace de la computadora con el módem sea en 8 bits. El compendio de comandos puede subdividirse en cuatro grupos.

- Comandos básicos: un carácter capital seguido por un dígito. Ejemplo, M1.
- Comando extendido: El signo “&” y un carácter capital seguido por un dígito. Esto amplía el sistema de comandos básicos. Ejemplo, & M1. Se puede notar que M1 es diferente de & M1.
- Comando propietarios: inician con una barra (“/”), un signo de porcentaje (“%”), o un signo de numeral (“#”), estos comandos varían extensamente entre fabricantes de módem.
- Comando de registro: Sr = n donde el número “r” es el registro que se cambiara, y “n” es el nuevo valor que se asignará.

Las siguiente definiciones sintácticas aplican para los comandos AT.

- <CR> Transporte carácter de retorno, es la línea de comandos y el código de resultado, valor que en ASCII decimal entre 0 y 255, se especifica dentro de los parámetros de S3. El valor predeterminado es 13.
- <LF> Carácter de salto de línea, es el carácter conocido como línea de alimentación, el valor por defecto es 10, el carácter de salto de línea aparece después del carácter de retorno del carro si los códigos de respuesta detallada son utilizados (opción v1) de otra

manera, si se utilizan los códigos de respuesta numérico (opción V0) no aparecerá en los códigos del resultado.

- <...> Nombre entre corchetes angulares es un elemento sintáctico. Ellos no aparecen en la línea de comandos.
- [...] Subparámetro opcional de un comando o una parte opcional de la respuesta de la información de asistencia técnica está entre corchetes. Corchetes, no aparecen en la línea de comandos.

### **Sintaxis de los comandos AT.**

Las reglas de sintaxis seguidas por la aplicación del módem GSM862 de Telit son similares a las de los comandos estándares básicos y extendidos AT. Un comando especial (# SELINT), se ha introducido con el fin de tener una interfaz de AT muy cerca de la estándar.

Hay dos tipos de comandos extendidos.

### **Comandos de parámetros de tipo.**

Este tipo de comando puede ser "ejecutado" o "a prueba".

"Ejecutado" para invocar una función particular de los equipos, este tipo de comandos puede ser "conjunto" (para almacenar un valor o valores para su uso posterior), "lectura" (para determinar el valor actual o medidas), o "probado" (para determinar los rangos de valores admitidos). Cada uno de ellos tiene un comando de prueba (final =?) Para dar información sobre el tipo de sus sub-parámetros, sino que también tiene una orden de lectura (final?) Para comprobar los valores actuales de sub-parámetros.

**“Prueba” para determinar.**

Si el comando #SELINT = 0 O #SELINT = 1 ha sido emitido, si sus sub-parámetros se asocian con la acción los rangos de los valores sub-parámetros que se admiten, si el comando no tiene sub-parámetros, emite el comando de la prueba correspondiente (¿ final=) plantea el código de resultado “ERROR”

**Los parámetros de tipo cadena.**

Una cadena ya sea entre comillas o no, se considera que es un tipo valido de cadena de entrada de parámetros por lo tanto una cadena que contiene un carácter de espacio tiene que ser encerrada entre comillas para que sea considerada cadena válida, por ejemplo AT +COPS=1,0,”A1”

Un pequeño conjunto de comandos requiere siempre al escribir los parámetros de la cadena de entrada entre comillas: esto es una declaración explícita en las descripciones específicas.

**Líneas de comandos.**

La línea de comandos se compone de tres elementos que son: el prefijo, el cuerpo y el carácter de terminación.

El prefijo de línea de comandos se compone de los caracteres “A” o “en”, o, para repetir la ejecución de la línea de comandos anterior, los personajes de “A/” o “/” o AT # / o en el # /.

El conjunto de propiedad de los comandos AT varia de la norma debido a que el nombre de cada uno de ellos comienza con el texto “@”, “#”, “\$” o “\*”.

El carácter de terminación puede ser seleccionado por una opción de usuario (S3 de los parámetros, debe ser <CR>.

La estructura básica de la línea de comandos es la siguiente:

ATCMD1 <CR> donde AT es el prefijo de línea de comandos, CMD1 es el cuerpo de un dominio básico (El nombre del comando no comienza con el carácter "+") y <CR> es la línea de comandos de terminación de carácter.

ATCMD2 = 10 <CR> donde 10 es un subparámetro.

AT + CMD1; + CMD2 =, 10 <CR> Estos son dos ejemplos de comandos extendidos (Nota: el nombre del comando siempre comienza con el carácter "+" 2). Ellos se delimitan con punto y coma. En el segundo comando de la subparámetro se omite.

+ CMD1? <CR> Este es un comando de lectura para comprobar los valores actuales subparámetro.

+ CMD1 =? <CR> Este es un comando de prueba para comprobar los posibles valores subparámetro.

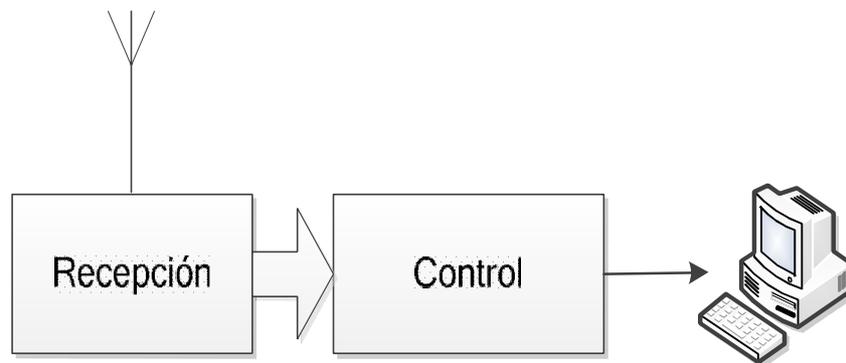
Si el comando V1 está habilitado (detallados códigos de respuestas) y todos los comandos en una línea de comandos se han realizado con éxito, el resultado de código <CR> <LF> se envía desde la asistencia técnica a la TE, si los valores del sub-parámetro un comando no son aceptados por la asistencia técnica o de mando en sí no es válida, o el comando no se puede realizar por alguna razón, el código de resultado <CR> <LF> ERROR <CR> <LF> se envía ET y no se procesa ningún comando subsecuente en la línea de comando.

Si el comando V0 está activado (los códigos de las respuestas numéricas), y todos los comandos en una línea de comandos se han realizado con éxito, el código de resultado es 0 <CR> se envía desde la asistencia técnica a la TE, si la sub-valores de los parámetros de un comando no son aceptadas por la asistencia técnica o de mando en sí no es válida, o el comando no se puede realizar por alguna razón, <CR> puede ser sustituido por +CME ERROR: <err> .

### 3.3 Módulo de recepción y visualización de los parámetros transmitidos.

La figura 3.7 muestra el diagrama en bloques del módulo de recepción de los parámetros que se transmiten. Los elementos que lo componen son un receptor constituido por un módem GSM que es quien recibe en su antena las variables o señales de las alarmas que se transmiten y un bloque de control con el microcontrolador PIC 18F2550, que es el elemento que va a interactuar como enlace entre el módem GSM y la PC donde finalmente se visualiza el estado de las alarmas monitoreadas.

Tanto el módem GSM como el microcontrolador PIC fueron descritos en el apartado 2.3, por lo que aquí no se abundará sobre ellos.



*Figura 3.7 Diagrama en bloques del Sistema de recepción de alarmas.*

*Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes e Ing. Erick Paredes.*

La computadora personal tiene la función en el sistema de servir de elemento de visualización de las alarmas, de modo que el operador pueda conocer el estado de las mismas prácticamente al momento en que se produzca cualquiera de ellas. Para llevar a cabo esta función, se plantea

elaborar un programa que: (a) comunique la PC con el microcontrolador PIC, para hacer la transferencia de la información hacia la PC, y (b) visualice dicha información en la pantalla de la PC de forma adecuada.

La figura 3.8 muestra la estructura del programa y las variables a declarar, la programación depende básicamente de la auto programación de la memoria FLASH, a través del puerto USB, por medio de un firmware *bootloader* residente.

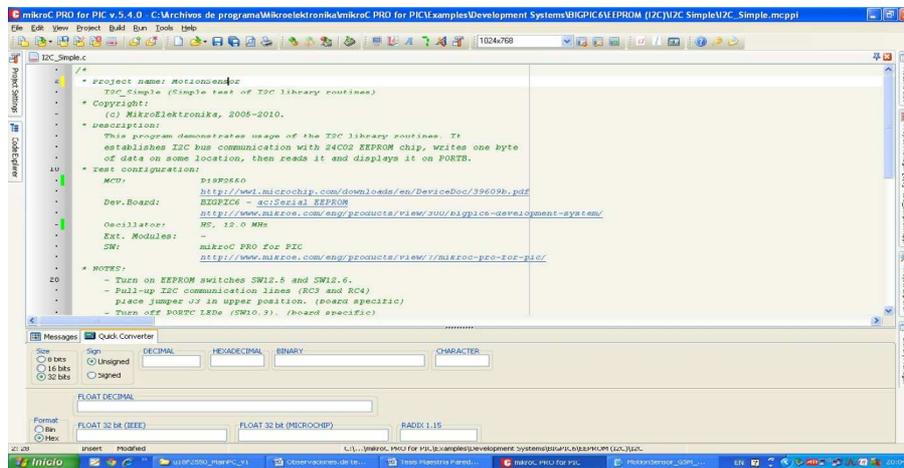


Figura 3.8 Pantalla principal del editor de proyectos MikroC PRO for PIC v 5.4.0.

Fuente: [http://www.mikroe.com/eng/download/get/1570/mikrobootloader\\_usbhid\\_v100.zip](http://www.mikroe.com/eng/download/get/1570/mikrobootloader_usbhid_v100.zip)

El programa escrito en MikroBasic consiste en los caracteres de ASCII tales como letras, dígitos y signos especiales, el conjunto de los elementos básicos en MikroBasic es organizado y limitado.

El programa se escribe en un editor de texto tal como MikroBasic Code Editor, durante el período de compilación se realiza el análisis sintáctico (*parsing*), el analizador sintáctico (*parser*) debe identificar los *tokens* y espacios en blanco (*whitespace*).

**TOKENS.-** “SEPARADOR” es un bloque de texto categorizado, un operador, un identificador, un número, etc. Es el elemento más pequeño del lenguaje de programación Basic reconocido por el compilador, el código fuente es escaneado de izquierda a derecha, el analizador sintáctico extrae los *tokens*, seleccionando el que coincida con la secuencia de caracteres más larga posible dentro de la secuencia analizada, las palabras claves o reservadas son los *tokens* que tienen el significado fijo y no se pueden utilizar como identificadores. Aparte de las palabras clave estándar en microBasic hay un conjunto de los identificadores predefinidos de constantes y de variables que describen el microcontrolador específico y no pueden ser redefinidos.

**Comentarios.-** Son anotaciones utilizadas para interpretar el programa, son de uso exclusivo para el programador, se eliminan del código fuente antes del análisis sintáctico, los comentarios en MikroBasic deben ocupar solo una línea.

**Organización del programa.-** Como los demás lenguajes de programación, MikroBasic proporciona un conjunto de reglas estrictamente definidas que se utilizan al escribir el programa, es decir que todos los programas escritos en MikroBasic tienen una estructura definida y organizada.

**Módulo principal.-** En MikroBasic se requiere de un módulo principal “main module”, se lo identifica por la palabra program que esta al principio del módulo y da instrucciones al compilador, donde se inicia el proceso de compilación, luego de crear un proyecto en Project Wizard, Code Editor visualizará automáticamente el módulo principal, Code Editor contiene la estructura básica de un programa escrito en MikroBasic, aparte de comentarios nada debe preceder a la palabra clave program, la cláusula include se puede colocar después del nombre del

programa, todos los indicadores globales de constantes, variables, etiquetas, rutinas, se declaran delante de la palabra clave main.

**Otros módulos.-** Permiten descomponer los programas largos en las partes encapsuladas que se pueden editar por separado, cada módulo se almacena en su propio fichero y se compila por separado, los módulos se enlazan juntos con el propósito de crear un código ejecutable, el compilador tiene que disponer de todos los módulos “ficheros de código fuente o ficheros de objetos”, todos los módulos empiezan con la palabra clave modul.

**Sección interface.-** Es la sección del módulo que precede a la palabra clave implements, esta sección contiene declaraciones globales de constantes, variables y símbolos, en esta sección no se pueden declarar rutinas.

**Sección implementación.-** Esta sección contiene las declaraciones y definiciones privadas de las rutinas, permite encapsular el código, todo lo que se declara después de la palabra clave implements es para el uso privado, es decir el ámbito está limitado a este módulo, cualquier identificador declarado en esta sección del módulo no se puede utilizar fuera del módulo.

**Tipos de datos.-** MikroBasic es estrictamente un lenguaje de tipo, lo que significa que cada variable o constante son de tipo definido antes de que se inicie el proceso de compilar, al comprobar el tipo no es posible asignar o acceder incorrectamente a objetos, soporta los tipos de datos estándar predefinidos, como son los tipos enteros con signo o sin signo de varios tamaños, matrices, cadenas, punteros, etc.

Entre los tipos de datos que maneja MikroBasic, se encuentran los tipos simples: byte, char, word, short, integer, longint, longword, float.

Y otros tipos como matrices, matrices constantes, matrices multidimensionales, cadenas, punteros, estructuras, constantes, etiquetas y símbolos.

**Funciones y procedimientos.-** Denominados bajo el nombre de rutinas, son los subprogramas que ejecutan ciertas tareas a base de un número de los parámetros de entrada, MikroBasic no soporta las rutinas inline.

**Operadores.-** Son un tipo de *token* que indican las operaciones que se realizan sobre los operandos en una expresión, si el orden de realización de operaciones no es determinado explícitamente mediante paréntesis, lo determina el operador de precedencia, hay cuatro categorías de precedencia en MikroBasic, los operadores de la misma categoría tienen igual precedencia.

Cada categoría tiene reglas de asociatividad de izquierda a derecha o de derecha a izquierda. En ausencia de paréntesis, estas reglas resuelven la agrupación de expresiones con operadores de igual precedencia.

**Operadores de manejo de bits.-** Se utilizan para modificar los bits individuales de operandos, los operadores de manejo de bits realizan desplazamiento de izquierda a derecha, la única excepción es el complemento not que realiza un desplazamiento de derecha a izquierda.

**Operador and.-** Operador Y, compara pares de bits y devuelve 1, si ambos bits están a 1, caso contrario devuelve 0.

**Operador or.-** Operador O, compara pares de bits y devuelve 1 si uno o ambos bits están a 1, de lo contrario devuelve 0.

**Operador xor.-** Operador O exclusivo (XOR) compara pares de bits y devuelve 1 si ambos bits son complementarios, caso contrario devuelve 0.

**Operador not.-** Operador de complemento unitario, invierte cada bit.

**Operador << .-** Operador de desplazamiento a izquierda, desplaza los bits a la izquierda, el bit más a la izquierda se pierde y se le asigna un 0 al bit más a la derecha.

**Operador >> .-** Operador de desplazamiento a la derecha, desplaza los bits a la derecha, el bit más a la derecha se pierde, si el objeto carece de signo, se le asignara un 0 al bit más a la izquierda, caso contrario se le asignarán un signo de bit.

**Sentencias.-** Las sentencias especifican y controlan el flujo de ejecución del programa, en ausencia de las sentencias de salto y selección, las sentencias se ejecutan en el orden de su aparición en el código del programa.

**Sentencia IF.-** Es una sentencia condicional, su estructura es la siguiente:

```
If expression then
  Statement 1
[ else
  Statement 2]
End if
```

**Sentencia CASE.-** La sentencia Select case es una sentencia condicional de ramificación múltiple, consiste en una sentencia de control “selector” y una lista posible de los valores de la expresión, la sintaxis de la sentencia select case es la siguiente:

```
Select case selector
  Case value_1
    Statement_1
  ...
  Case value_n
    Statement_n
[ case else
  Default_statement]
End select
```

**Sentencia FOR.-** Se utiliza para la implementación del bucle reiterativo cuando el número de reiteraciones está especificado, la sintaxis de la sentencia FOR es la siguiente:

```
For counter = initial_value to final_value [ step_value]
  Statement
Next counter
```

**Sentencia WHILE.-** Se utiliza para la implementación del bucle reiterativo cuando el número de reiteraciones no está especificado, es necesario comprobar la condición de reiteración antes de la ejecución del bucle, la sintaxis de la sentencia WHILE es la siguiente:

```
While expression
  Statement
wend
```

**Sentencia de salto.-** MikroBasic soporta las siguientes de salto: break, continue, exit, goto y gosub.

**Sentencia Break.-** A veces es necesario detener el bucle dentro del cuerpo, la sentencia break dentro del bucle se utiliza para pasar el control a la primera sentencia después del bucle.

Ejemplo:

```
' Esperar a que se inserte la tarjeta CF ;
  Lcd_out (1, 1, "no card inserted")
While true
  If Cf_Detect( ) = 1 then
    Break
  End if
  Delay_ms (1000)
Wend
' tarjeta CF se puede utilizar ahora . . . .
Lcd_out (1, 1, "Card detected")
```

**Sentencia continue.-** La sentencia continue dentro del bucle se utiliza para iniciar una nueva reiteración del bucle, las sentencias que siguen después de la sentencia continue no se ejecutarán.

```

' continue salta aquí
For i = ...
  ...
  Continue
  ...
Next i

' continue salta aquí
While condition
  ...
  Continue
  ...

```

```

Wend
Do

```

```

  ...
  ' continue salta aquí
Loop until condition.

```

**Sentencia Exit.-** Permite salir de rutina “función o procedimiento”, de pasa del control a la primera sentencia después de la llamada rutina. Ejemplo:

```

Sub procedure Proc1 ( )
Dim error as byte
  ...
  If error = TRUE then
    Exit
  End if
  ... ' el código no se ejecutara si error tiene el valor TRUE
End sub

```

**Directivas.-** Las directivas son las palabras de significado especial que proporcionan las posibilidades adicionales al compilar y mostrar los resultados.

Directivas de compilador.- MikroBasic trata los comentarios que empiezan por el signo ‘#’ como directivas de compilador, estas directivas permiten compilar el código del programa

condicionalmente, es decir selecciona las secciones particulares del código para compilarlas, todas las directivas de compilador deben ser terminadas en el fichero en el que han empezado.

La directiva `#DEFINE` se utiliza para definir una constante condicional de compilador una bandera (flag), la bandera puede ser cualquier identificador válido, las bandera tienen los espacios de nombres separados así no hay posibilidad de confusión con los identificadores de programa.

La directiva `#UNDEFINE` sirve para indefinir ‘borrar’ la bandera previamente definida.

Directivas `#IFDEF` `#ELSE`.- La compilación condicional se realiza por medio de la directiva `#IFDEF`, esta directiva comprueba si una bandera está actualmente definida o no, la directiva `#IFDEF` termina por la directiva `#ENDIF` y puede contener una cláusula `#ELSE` opcional.

```
#IFDEF flag
  Block of code
#endif
#ifdef flag-n
  Block of code n ]
[ #ELSE
  Alternate block of code ]
#endif
```

**Banderas previamente definidas.**- Las banderas previamente definidas se pueden utilizar para compilar el código del programa para las diferentes plataformas de hardware.

**Directivas de enlazamiento.**- MikroBasic utiliza el algoritmo interno para distribuir los objetos dentro de la memoria, si es necesario tener una variable o una rutina en una dirección predefinida y específica se utilizan las directivas de enlazamiento `absolute`, `org`, y `orgall`.

**Directiva absolute.-** Especifica la dirección inicial de una variable en la memoria RAM, si una variable es multi-byte, los bytes altos se almacenarán en las locaciones consecutivas adyacentes empezando por la locación dada. Esta declaración se añade a la declaración de la variable Ejemplo.

```
Dim x as byte absolute $22
' Variable x ocupa 1 byte en la dirección $22
Dim y as Word absolute $23
' Variable y ocupa 2 bytes en las direcciones $23 y $24
```

**Directiva org.-** Especifica la dirección inicial de una rutina en la memoria ROM, se agrega a la declaración de la rutina.

```
Sub procedure proc (dim par as byte) org $200
' procedimiento proc se almacenara en la dirección $200
...
End sub
```

**Directiva orgall.-** Especifica la dirección inicial de una rutina en la memoria ROM desde la que empieza, colocando todas las rutinas y constantes.

```
Main:
  Orgall (0x200) ' todas las rutinas y constantes en el programa serán almacenadas
  Encima de la dirección 0x200, incluyéndola también.
  ...
End.
```

## **CAPITULO 4: IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO**

Este capítulo describe el proceso de implementación del sistema de adquisición y transmisión de alarmas remotas, la configuración y programación de los módems, tanto en la transmisión y como en la recepción.

### **4.1 Propuesta de sistema de monitoreo remoto.**

Para el desarrollo de la propuesta del sistema de monitoreo remoto, tenemos el PIC 18F2550 montado en una tarjeta de circuito impreso, que es el elemento que será utilizado para la adquisición de señales o variables, convirtiendo estos datos de analógico a digital, el PIC previamente se lo programa mediante un software, que permita gestionar las alarmas que se requieren monitorear remotamente. La figura 4.1 muestra el circuito electrónico para desarrollar la propuesta.

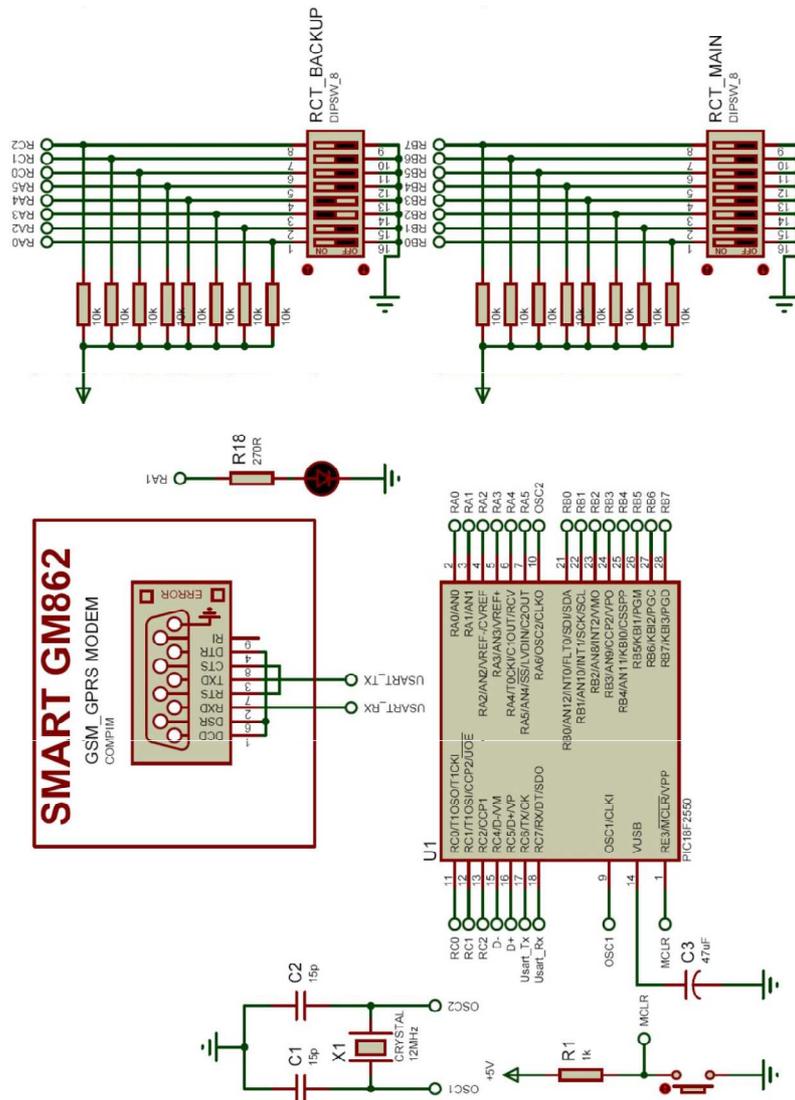


Figura 4.1 Circuito esquemático del PIC 18F2550 y la interconexión con el módem GSM en el sentido de transmisión.

Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes e Ing. Erick Paredes.

El circuito esquemático detalla los puertos A0, A2, A3, A4, A5, CO, C1, C2, para proceder a ingresar los datos de los estados de las alarmas del rectificador principal, carga de igualación, rectificador incluido, bajo voltaje de rectificador, alto voltaje de rectificador, presencia de red, secuencia de fase errada, baterías en descarga, los puertos B0, B1, B2, B3, B4,

B5, B6, B7, corresponden al estado de las alarmas del rectificador de respaldo “*backup*”, en los pines 9 y 10 se conecta el reloj, el pin 17 y 18 es para el puerto serial USART, para la transmisión y recepción respectivamente, en los pines 15 y 16 va la alimentación de la fuente de 5V, el pin 14 es la salida del puerto USB, y el pin 1 es para el reset “MCLR”

las conexiones entre el PIC utilizado para el proyecto en el sentido de transmisión y el módem GSM862 que recibe la información del PIC, será enviado a otro módem GSM al otro lado en el sentido de la recepción que tiene las mismas características.

El software utilizado en la programación del PIC 18F2550, para poder gestionar la adquisición y procesamiento de las alarmas, es el desarrollado por MikroElectronika denominado MikroBasic, el que permite ingresar las variables a censar, que son siete alarmas del rectificador principal y seis alarmas del rectificador de respaldo.

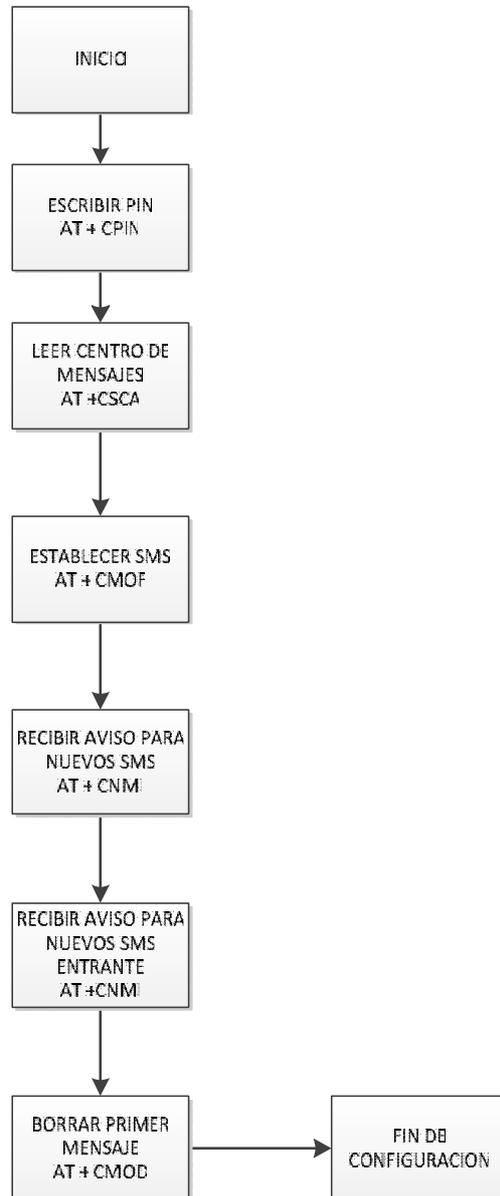
#### **Programación del módem GSM y PIC.**

El desarrollo de este proyecto corresponde a una aplicación basada en microcontroladores, corresponde la escritura y compilación del programa, que gestionará las acciones del microcontrolador y el módem conectado al PIC, el software utilizado para el PIC18F2550 es MikroBasic desarrollado por Microelectrónica.

A continuación se describen los algoritmos programados en el sistema, a partir de los diagramas de flujo que se muestran en las figuras 4.2 a 4.7:

**Configuración del módem GSM.** La figura 4.2 describe la configuración del módem GSM, que incluye los elementos diferentes del sistema, el módulo de identidad del abonado, la tarjeta SIM

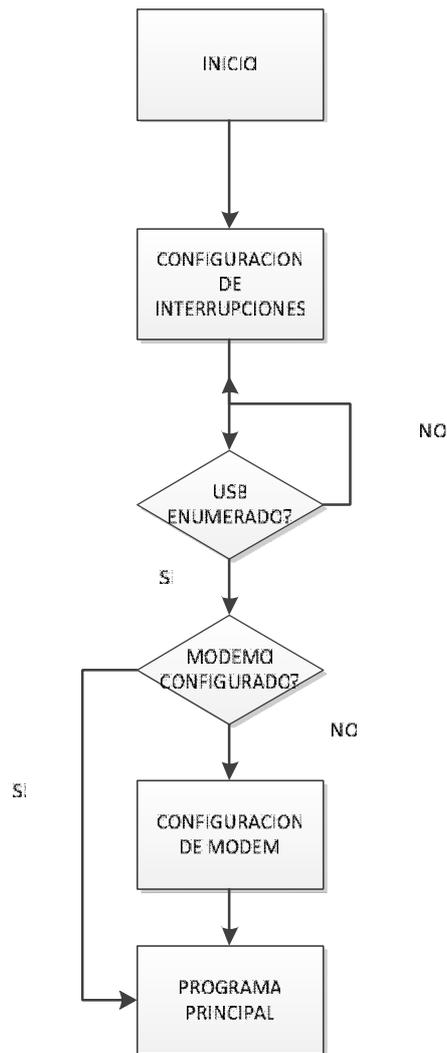
que proporciona servicios de información de la red, la clave de autenticación del abonado que proporciona la operadora y el número de identificación personal PIN.



*Figura 4.2 Diagrama de configuración del módem GSM.*

*Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes H. e Ing. Erick Paredes M.*

**Diseño general del firmware.** La figura 4.3 muestra el diagrama de flujo del firmware de arranque almacenado en la memoria del microcontrolador PIC, el cual deberá esperar 5 segundos para que el programa quede listo.



*Figura 4.3 Diagrama de flujo de diseño general del firmware.*

*Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes H. e Ing. Erick Paredes M.*

**Lectura de datos en el PIC 18F2550.** La figura 4.4 muestra el diagrama de funcionamiento del circuito (alarmas), se envía una serie de datos a la memoria EEPROM del microcontrolador PIC.

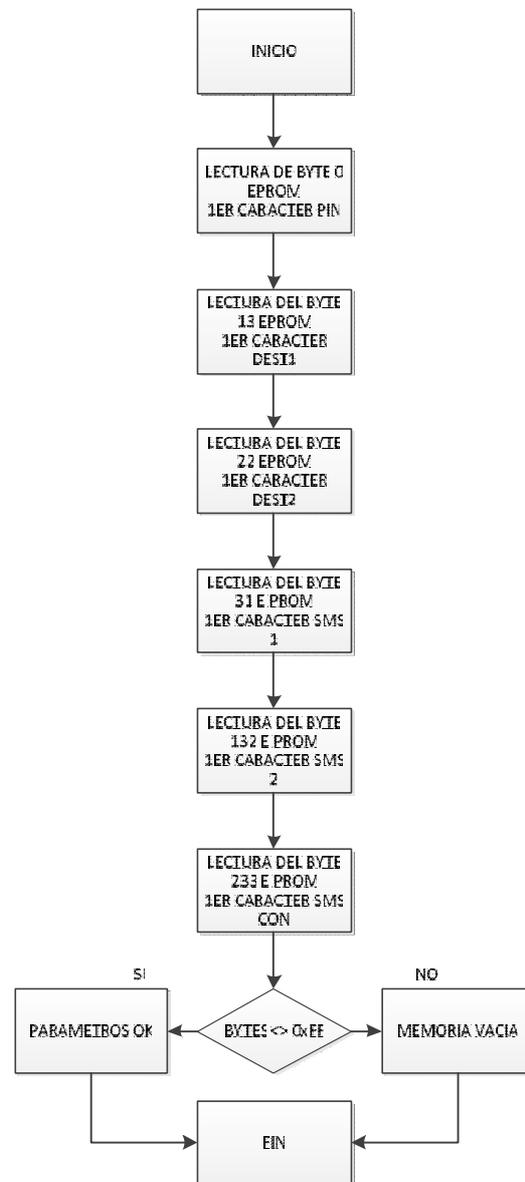


Figura 4.4 Diagrama de lectura de datos en el PIC.

Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes H. e Ing. Erick Paredes M.

**Envío de datos hacia la PC.** El figura 4.5 muestra el diagrama con los elementos que intervienen al enviarse los datos a través de la operadora celular, los cuales a su vez son interpretados por el módem que esta interactuando con la PC por medio del PIN.

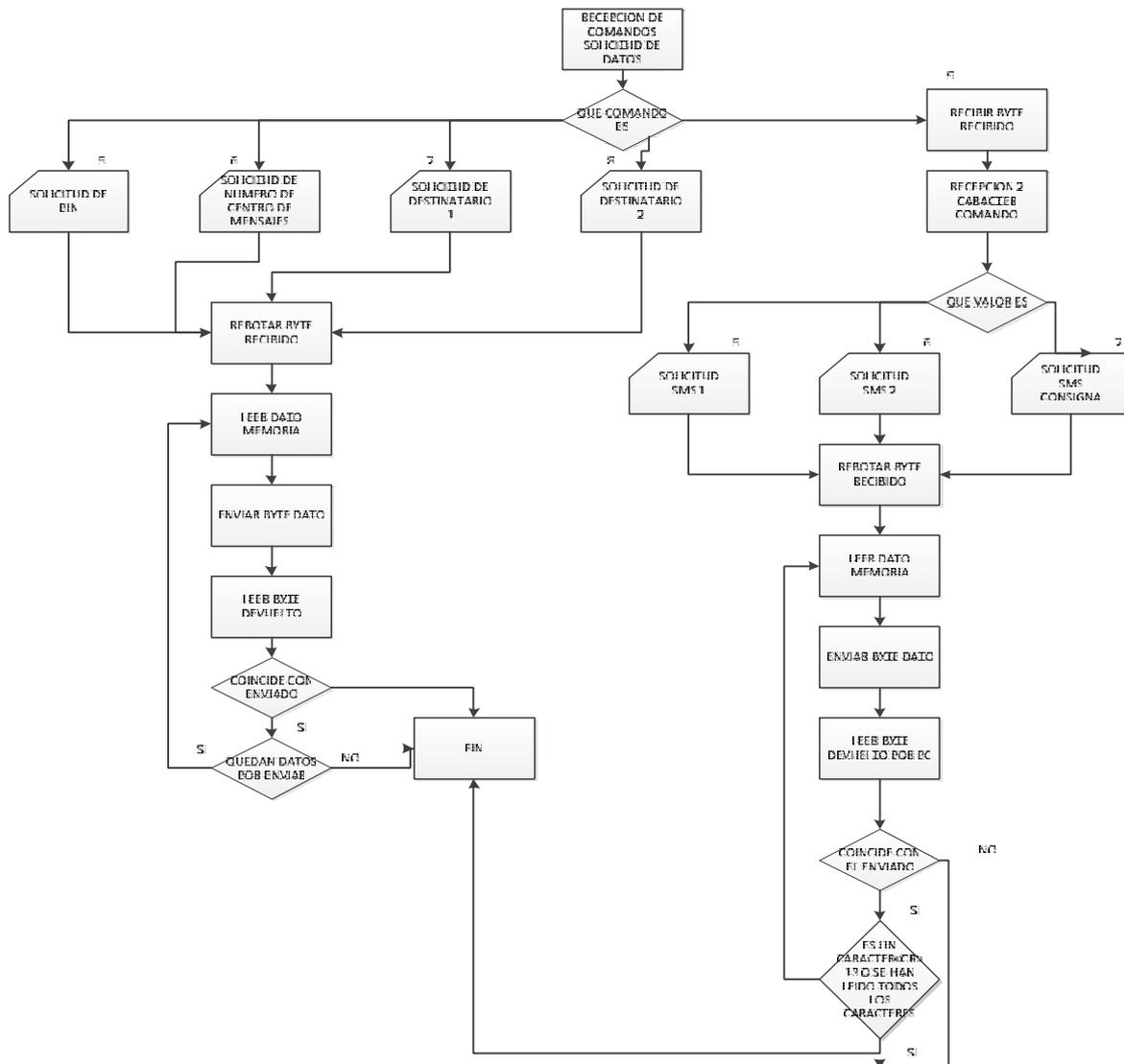


Figura 4.5 Diagrama de envío de datos hacia el PC.

Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes H. e Ing. Erick Paredes M.

**Envío de mensaje SMS.** La figura 4.6 muestra el diagrama para el envío de mensajes SMS, con el lazo creado para la lectura del estado de las alarmas para luego ser visualizado en la PC.

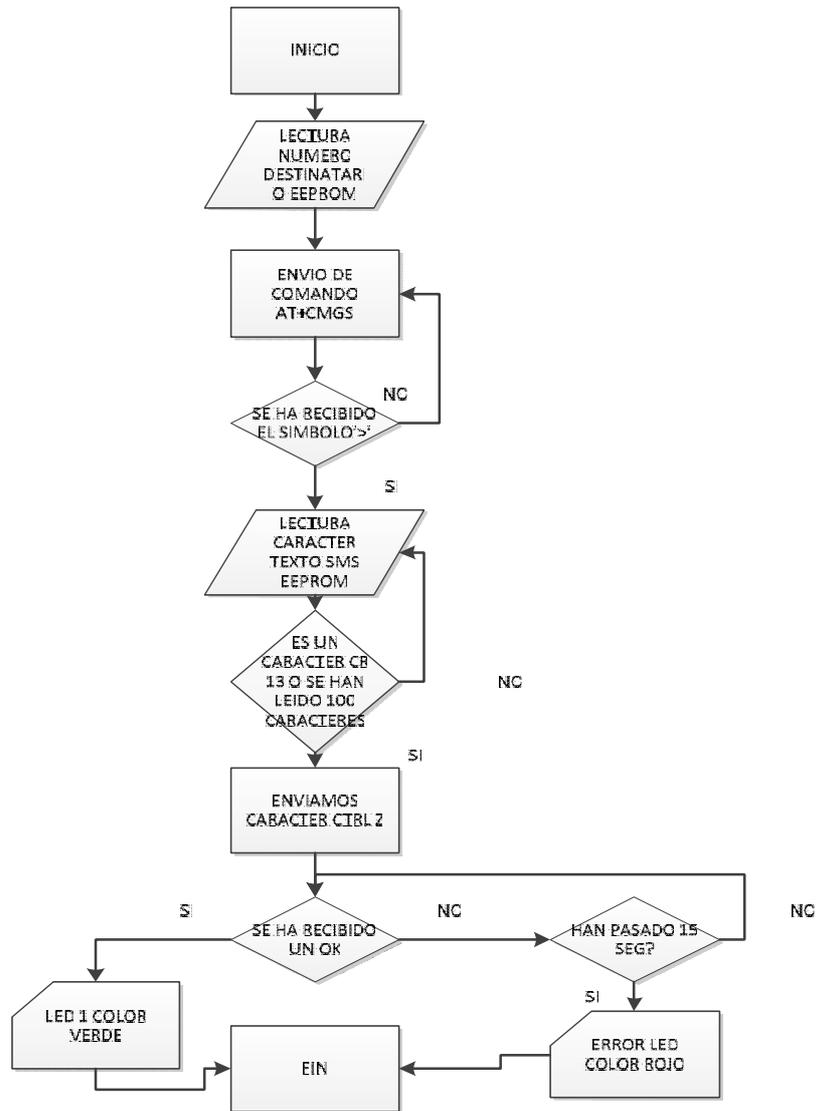


Figura 4.6 Diagrama de envío de mensajes SMS.

Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes H. e Ing. Erick Paredes M.

**Visualización de mensajes en la PC.** La figura 4.7 nos detalla el proceso de visualización en la pantalla de la PC del estado las alarmas que se generen en los rectificadores.

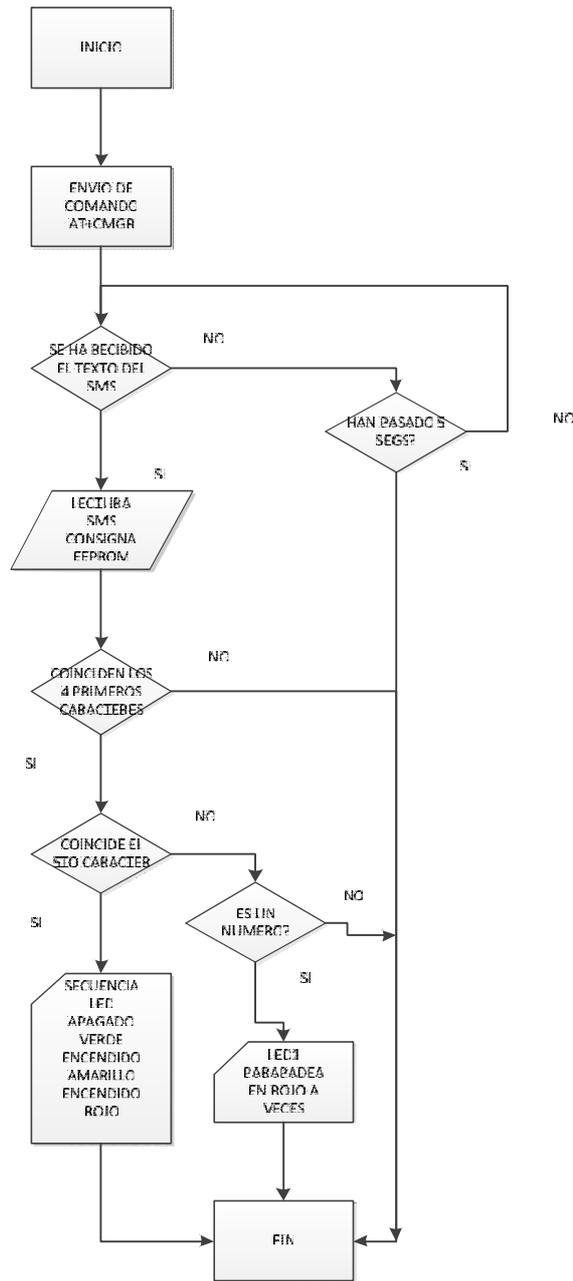


Figura 4.7 Diagrama de visualización de datos en el PC.

Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes H. e Ing. Erick Paredes M.

## 4.2 Implementación de las partes del sistema.

El compilador utilizado para crear el programa en el PIC 18F2550 es el software utilizado para interactuar con el usuario de MikroBasic creado por MikroElektronica. Las bibliotecas del programa del PIC son las siguientes.

**18F2550.H:** Biblioteca con las direcciones de los registros del PIC 18F2550 y la definición de constantes esenciales para programar este microcontrolador.

**PIC18-USB.H:** Biblioteca que incluye las funciones y constantes necesarias para la comunicación USB con los microcontroladores de la familia 18FXX5X.

**PIC MODEM.H:** Biblioteca con la configuración del dispositivo USB y sus descriptores que dan identidad personal al producto. Es el responsable de que salga el nombre del producto por pantalla una vez conectado el lector al puerto USB.

**USB.C:** Biblioteca con más funciones sobre la comunicación USB, además contiene la biblioteca USB.H.

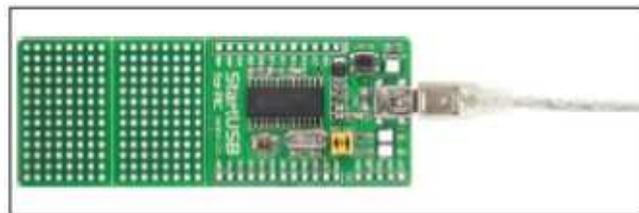
Grabación del código de máquina en la memoria del microcontrolador 18F2550, utilizando MikroElektronica. Este proceder fue descrito en el capítulo 3.

Realización de pruebas, y verificación de transmisión y recepción de mensajes de texto (SMS), se simula con la conmutación de 5 V.

El proceso de desarrollo de una aplicación basada en microcontroladores, se compone de las siguientes etapas principales:

**Desarrollo de software:** Esta etapa corresponde a la escritura y compilación/ensamblaje del programa que registrará las acciones del microcontrolador y los sistemas periféricos conectados a éste. El programa utilizado es MikroBasic de MikroElektronica.

**Programación del microcontrolador:** En esta etapa el código de máquina correspondiente al programa desarrollado en la etapa anterior se descarga en la memoria del microcontrolador 18F2550. La figura 4.8 muestra la conexión del sistema a la PC.



*Figura 4.8 Arranque USB para PIC conexión del sistema a la PC*

*Fuente:*[http://www.mikroe.com/eng/download/get/1570/mikrobootloader\\_usbhid\\_v100.zip](http://www.mikroe.com/eng/download/get/1570/mikrobootloader_usbhid_v100.zip)

**Paso 1 conectar el sistema a la PC:** Al realizar la interconexión de la tarjeta con a la PC, el dispositivo es reconocido por el sistema operativo, el icono USB de color gris se muestra en la figura 4.9 antes de ser reconocido, el icono cambia de color a rojo como se muestra en la figura 4.10 indicando que la conexión USB se ha establecido correctamente, en este momento hay un tiempo de espera de 5 segundos. Para proceder a la siguiente etapa, si el tiempo es mayor al establecido el dispositivo se desconecta.



Figura 4.9 El icono USB es de color gris antes de ser reconocido.

Fuente: [http://www.mikroe.com/eng/download/get/1570/mikrobootloader\\_usbhid\\_v100.zip](http://www.mikroe.com/eng/download/get/1570/mikrobootloader_usbhid_v100.zip)



Figura 4.10 El icono USB cambia a color rojo indicando que la conexión se realizó.

Fuente: [http://www.mikroe.com/eng/download/get/1570/mikrobootloader\\_usbhid\\_v100.zip](http://www.mikroe.com/eng/download/get/1570/mikrobootloader_usbhid_v100.zip)

Se crea un vínculo entre el PIC y el programa, al hacer clic en el botón de conexión en 5 segundos. El microcontrolador entra automáticamente en el modo de arranque y está listo para recibir más instrucciones.

Para proceder a cargar el programa en el microcontrolador, se da un clic en el botón examinar de HEX como se describe en la figura 4.11 o simplemente se arrastra y se suelta HEX a la ventana Mikrobootloader.



*Figura 4.11 Pantalla para cargar el archivo HEX al programar el PIC.*

*Fuente:* [http://www.mikroe.com/eng/download/get/1570/mikrobootloader\\_usbhid\\_v100.zip](http://www.mikroe.com/eng/download/get/1570/mikrobootloader_usbhid_v100.zip)

El firmware bootloader restablecerá la MCU, después de lo cual se deberá esperar 5 segundos para que el programa quede listo para arrancar.

Un código hexadecimal se ha cargado en el microcontrolador a través del programa gestor de arranque almacenado en la memoria del microcontrolador, el gestor de arranque de la aplicación MikroElektronika USB HID se utiliza para transferir el código hexadecimal desde la PC al microcontrolador.

Para cargar el archivo HEX en el microcontrolador, damos clic en el botón *Begin uploading*, y observamos el proceso de carga en la barra de progreso *Bootloading progress bar*, cuando la descarga del programa a concluido, hacemos clic en aceptar como se describe en la figura 4.12

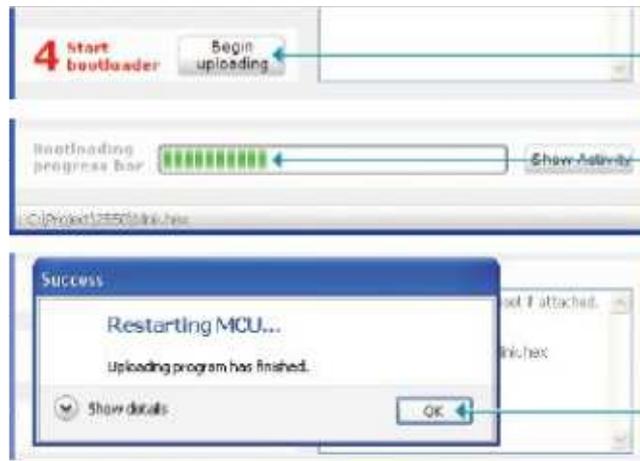


Figura 4.12 Proceso de carga del programa HEX en el PIC

Fuente: [http://www.mikroe.com/eng/download/get/1570/mikrobootloader\\_usbhid\\_v100.zip](http://www.mikroe.com/eng/download/get/1570/mikrobootloader_usbhid_v100.zip)

**Prueba y verificación:** Por último, el sistema debe conectarse al circuito base en este caso a las salidas de las alarmas del panel frontal del rectificador y someterse a pruebas para verificar el funcionamiento correcto del programa.

**Módem GSM:** El presente proyecto consiste en el diseño y montaje de un circuito que controle un módem GSM mediante un microcontrolador para que se envíen mensajes cortos SMS de las alarmas generadas en los rectificadores a los destinatarios fijados por el usuario y, por otro lado, responda mediante unas acciones pre programadas al recibir un SMS determinado.

Las alarmas que se generen en el rectificador son direccionadas a los puertos o entradas del microcontrolador, este lee los datos y sigue la secuencia del programa grabado en la memoria FLASH, la procesa y envía los mensajes a través de su puerto de salida, se comunica con el Módem y transmitirá las alarmas en forma de mensaje de texto.

El sistema al detectar un cambio de estado dentro de uno de sus sensores, realiza una función imprescindible para el funcionamiento del circuito, ya que se envía una serie de datos a la memoria EEPROM de datos del PIC a través de la red de la operadora celular, los que a su vez son interpretados por el receptor el cual está conectado a una PC. El circuito se comunica con el módem mediante USB, vía por la cual se transmiten los comandos AT.

Para el uso supervisor, se ha diseñado una conexión USB entre el circuito y el PC, a través de la que se verán reflejadas las comunicaciones serie que existan entre circuito y módem.

Esta conexión de supervisión sirve para monitorizar las comunicaciones entre el microcontrolador y el módem. Ha sido imprescindible para la programación del firmware y es una opción interesante para visualizar el funcionamiento del sistema desde el software en su versión SUPERVISOR.

### **4.3 Resultados de las pruebas realizadas**

Para realizar las pruebas de transmisión y recepción de datos entre los circuitos debemos conectar el circuito receptor a la PC a través de su puerto USB y una fuente independiente de 5 V DC.

Previamente deben estar ingresados los chips de la operadora celular en cada uno de los módems GSM. La figura 4.13 muestra el enlace entre la PC y el módem receptor.



*Figura 4.13 Enlace entre la PC y el módem receptor.*

*Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes H. e Ing. Erick Paredes M.*

La siguiente etapa de adquisición de alarmas y transmisión se conecta a la salida de la tarjeta de alarmas del tablero frontal del rectificador de la estación de repetidora Ánimas. La Figura 4.14 muestra los elementos que intervienen, el PIC 18F2550 y el módem GSM, los cuales tienen alimentación independiente de 5 V DC.



*Figura 4.14 PIC 18F2550 y módem GSM*

*Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes H. e Ing. Erick Paredes M.*

Para comprobar el correcto funcionamiento del enlace, transmisión, recepción y lectura de los estados de alarma se procedió a simular una falla (secuencia de fase errada) lo cual provoca en el rectificador las siguientes alarmas:

- Voltaje bajo de rectificador.
- Baterías en descarga
- Secuencia de fase errada

Estas alarmas se generan tanto en el rectificador principal y en el de respaldo (*back-up*). La figura 4.15 muestra en pantalla de la PC las alarmas tanto en el rectificador principal como en el back-up.



Figura 4.15 Visualización en la PC de las alarmas en el rectificador principal y en el back-up.

Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes H. e Ing. Erick Paredes M.

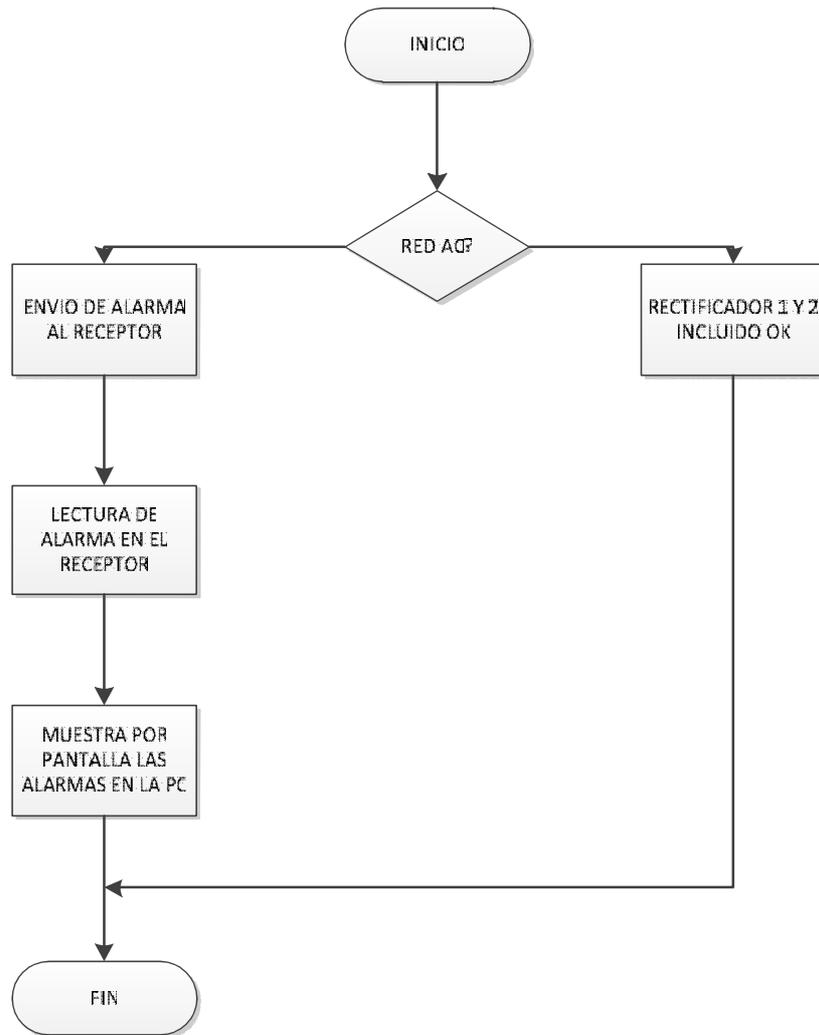
Las pruebas realizadas al enlace tanto en transmisión y como en recepción dieron como resultado que el sistema de alarmas operó de forma exitosa.

La figura 4.16 muestra la pantalla en inactividad y sin ningún dispositivo conectado.



Figura 4.16 Sistema en inactividad, dispositivos desconectados  
 Fuente: Autores Ing. Francisco Paredes H. e Ing. Erick Paredes M.

La figura 4.17 describe una simulación de un corte en el suministro de la red pública AC realizada en el sistema de monitoreo de alarmas.



*Figura 4.17 Diagrama de flujo del proceso sistema de alarmas.  
Fuente: Autores. Ing. Francisco Paredes e Ing. Erick Paredes.*

#### **4.4 Análisis económico del sistema implementado**

El desarrollo e implementación del sistema de adquisición de señales o alarmas que se generan en un equipo de alimentación rectificador, reduce sustancialmente las grandes pérdidas ocasionadas por el corte de las comunicaciones al fallar el sistema principal de alimentación de los equipos de radio enlace, pues este sistema permite realizar una supervisión constante de los rectificadores, sin tener que estar presente en la estación repetidora, es una tecnología amigable que no contiene un programa sofisticado y por consiguiente no es necesario ser un experto de la informática.

El sistema está diseñado para obtener respuesta inmediata, los cambios generados en el rectificador se reflejarán en la pantalla de la PC, es decir que siempre se mostrará en pantalla un cambio de estado, con el encendido y apagado de alarmas.

##### **Costos por reponer equipos averiados.**

Es mejor prevenir que lamentar, sin lugar a dudas el no detectar a tiempo una alarma emergente y oportuna acarrea daños al sistema de alimentación, y particularmente los bancos de baterías son proclives a deteriorarse. Para citar un ejemplo, si el rectificador se queda sin la alimentación de la red pública AC por más de 24 horas, o si sufre avería en las protecciones de entrada, por sobre tensión, el banco tiene que suplir la alimentación de los equipos de radio mientras dure la emergencia. El banco de baterías sufre descargas profundas lo cual acorta la vida útil y el consecuente deterioro del mismo, provocando sedimentación y corto circuito interno de las celdas del banco, la solución es cambiar la celda averia-

da en caso de tener en existencia, cosa que no ocurre, generando un costo por reponer un elemento del banco de baterías o proceder a cambiar el banco de baterías por uno nuevo.

El no tomar medidas de compensación, es decir no reponer los elementos dañados, esto ocasiona avería en el rectificador, teniendo en cuenta que la fuente de alimentación está compuesta por el rectificador y 24 celdas o elementos de baterías de 2,2 V. Al ponerse en corto circuito un elemento del banco de baterías, el voltaje que no toma la batería dañada, ese voltaje será repartido para los otros elementos del banco, creando un efecto negativo al sobrecalentarse por sobre voltaje, produciendo un deterioro más acelerado de los otros elementos del banco de baterías.

### **Costo por suspensión del servicio de telecomunicaciones.**

La interrupción del servicio de telecomunicaciones, es el más elevado ya que no brindar servicio telefónico a los clientes se pierde ese lucro cesante, lo que conlleva a que la superintendencia de telecomunicaciones le imponga fuertes multas, y si las interrupciones se dan de forma reiterativa la empresa puede ser intervenida, por no ajustarse a los parámetros técnicos recomendados, lo cual quiere decir que el tiempo improductivo mientras dure la emergencia es igual a tiempo muerto que es igual a miles de dólares.

### **Costo de fabricación del sistema de transmisión y recepción de alarmas.**

Los valores del sistema se detallan a continuación en la tabla 4.1 de cada uno de los elementos que intervienen para el desarrollo, construcción, montaje, costo por utilización de software y puesta en funcionamiento del sistema, el costo total es \$1170(dólares).

*Tabla 4.1 Costo de los elementos del sistema monitoreo*

*Fuente: Autores. Ing. Francisco Paredes H. e Ing. Erick Paredes M.*

<b>Cantidad</b>	<b>Componente</b>	<b>Costo unitario (Dólar)</b>	<b>Costo total (Dólar)</b>
2	Módem GSM	250	500
2	PIC y elementos del circuito	85	170
1	Software	300	300
1	Instalación y puesta en funcionamiento	200	200
		<b>Total</b>	<b>1170</b>

Comparando el gasto incurrido al desarrollar la interfaz, es realmente irrisorio para los beneficios que va a brindar, comparado con la inversión de los equipos instalados en la ruta Guayaquil Salinas, por el servicio telefónico que brinda a la península de Santa Elena incluyendo la transmisión de datos de la banca.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo se ha demostrado la hipótesis de que implementando un sistema que gestione remotamente las alarmas que se generen en los rectificadores, ofrece la seguridad de que el sistema de comunicación brindará un servicio ininterrumpido durante un largo período de tiempo, manteniendo así los enlaces de comunicaciones disponibles, y ofreciendo un servicio de calidad.

Se ha alcanzado el objetivo general de la investigación pues se diseñó un sistema de supervisión funcional que censa y transmite los indicadores y alarmas que generan los equipos de fuerza DC.

Se han alcanzado los objetivos específicos de la tesis pues:

- Se diseñó la interfaz que gestionará la recepción y transmisión de datos de alarmas y señales a controlar.
- Se grabó el programa de Mikrobasic en el microcontrolador, con las variables a supervisar: ausencia de red, baterías en descarga, voltaje bajo del rectificador 1, voltaje bajo rectificador 2, corriente baja, y secuencia de fase errada.
- Se configuró el módem GSM que en conjunto con el microcontrolador, son los elementos que intervienen en el desarrollo de la interfaz.
- Se hicieron las pruebas de funcionamiento, simulando una falla de ausencia de red, obteniendo resultados satisfactorios y que se pudieron visualizar en la pantalla de la PC.

Desarrollar el proyecto tuvo un valor de \$1170, lo cual es un costo irrisorio frente a los beneficios que ofrece el sistema propuesto.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda poner en funcionamiento la interfaz diseñada en este trabajo de tesis en todas y cada una de las estaciones repetidoras de la CNT, pues es una solución que ofrece una protección eficaz contra las fallas que se dan por cortes continuos de la red eléctrica pública, y por fallas debido al deterioro o desgaste de su vida útil.

Se recomienda agregar la interfaz además a los equipos de conmutación que requieren alimentación de -48V, sala de multiplex y estaciones terminales. El costo de poner en funcionamiento la interfaz es irrisorio comparado con la inversión que tiene la CNT en cada una de las estaciones repetidoras de las rutas Sur, Centro, Oeste y Península. Este sistema permite vigilar, controlar e intervenir técnicamente de manera ágil y oportuna de generarse una falla en los rectificadores, dando lugar a que se proporcione un servicio de telecomunicaciones con eficiencia responsabilidad y calidad.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1]. Angulo J., Angulo I. and Etxebaría A. (2007). *Microcontroladores PIC*. Mac Graw Hill. Madrid.
- [2]. Angulo M. José (2007). *Electrónica Digital y Microprogramable*. Paraninfo. Madrid.
- [3]. Angulo M. José, Zapirain G. Begona, Ignacio A. Martínez (2006). *Microcontroladores avanzados DsPIC: controladores digitales de señales, arquitectura, programación y aplicaciones*. Thomson Paraninfo.
- [4]. Asdrúbal López Chau (2006). *Microcontroladores avr, configuración total de periféricos*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- [5]. Baterías estacionarias para telecomunicaciones en [www.exide.com](http://www.exide.com)
- [6]. Baterías estacionarias para telecomunicaciones en [www.fiaam.com](http://www.fiaam.com)
- [7]. Baterías estacionarias para telecomunicaciones en [www.tudor.com](http://www.tudor.com)
- [8]. Baterías estacionarias para telecomunicaciones [www.staticpower.com](http://www.staticpower.com)
- [9]. Benavent M. José, García A. Antonio, Amoros F. Emilio (1999). *Electrónica de potencia teoría y aplicaciones*. Universidad Politécnica de Valencia
- [10]. Blanco Viejo Cecilio (2005). *Electrónica Digital*. Thompson España
- [11]. Boylestad L. Robert, Nashelsky Louis (2003). *Electrónica teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. Pearson Prentice Hall. México.
- [12]. Campos M., Castañeda R., Contreras A. (1998). *Implementación de un sistema de desarrollo utilizando Microcontroladores PIC*. Microchip Technology.

## BIBLIOGRAFIA

- [13]. Cegarra Sánchez José (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Ediciones Días Sánchez. Madrid, España.
- [14]. Cela J., Pena M. (2001). *Introducción a la programación en C*. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona.
- [15]. Chelit S. Salvador, Carlos S. Díaz, Francisco G. Sales, Salvador O. Grau (2002). *Fundamentos Básicos de la Electrónica de Potencia*. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- [16]. Chryssis G.C. (1989). *High Frequency switching power supplies: theory and design*. McGraw-Hill, New York.
- [17]. CNT (1990). *Manual de Rectificador Trifásico 48 V – 2\*150 A* Braga Moro. Milano, Italia.
- [18]. CNT (2000). *Manual de Rectificadores U y G CB-T 48150 U y G*. Ingeniería Ltda. Santafé de Bogotá, Colombia.
- [19]. Espi López J., Camps Valls G., Muñoz Mari J. (2006). *Fundamentos de Electrónica Analógica*. Universitat de Valencia, España.
- [20]. García M. Salvador, Gil G. Juan (2006). *Electrónica de potencia componentes, topología y equipos*. Ediciones Paraninfo.
- [21]. Garza G. Juan (2006). *Sistemas Digitales y Electrónica Digital*. Pearson. México.
- [22]. Guala J.A.S., Martínez S., Martínez P. M. (2003). *Electrónica Industrial, técnicas de potencia*. Ediciones Alfaomega. México.

## BIBLIOGRAFIA

- [23]. Hermosa Donate Antonio (2010). *Electrónica Digital Fundamental y Programable*. Marcombo. España
- [24]. Hernández E. Jorge, Duque C. Edison (2006). *Electrónica Moderna*. Pereira, Colombia.
- [25]. Ibrahim Dogan (2007). *Programación de microcontroladores PIC*. Marcombo. España.
- [26]. Lázaro J., Miralles M. *Fundamentos de telemática*. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- [27]. Llanos Ferraris Diego Rafael (2007). *Fundamentos de Informática y Programación en C*. Paraninfo. Madrid, España.
- [28]. Mandado Enrique y Yago Mandado (2007). *Sistemas Electrónicos Digitales*. Marcombo. Barcelona, España.
- [29]. Mandado Pérez Enrique, Marino Perfecto, Lago Alfonso (1995). *Instrumentación Electrónica*. Marcombo. Barcelona, España.
- [30]. Muñoz D. José, Hielscher P. Rafael (2006). *Fundamentos de programación utilizando el lenguaje C*. Universidad Pontificia Comillas
- [31]. Muñoz J.L., Hernández S. (1997). *Sistemas de alimentación conmutados*. Paraninfo, Madrid.
- [32]. Namakforoosh (2005). *Metodología de la investigación*. Limusa. México.
- [33]. Orduña J., Arnau V. *Arquitectura y programación de microcontroladores*. Universidad de Valencia. Valencia, España.
- [34]. Pardo Collantes Daniel, Luis A Bailón Vega (2006). *Fundamentos de Electrónica Digital*. Universidad de Salamanca. Salamanca, España.
- [35]. Rashid H. Muhammad, González Virgilio, Suarez Pozo Agustín (2004). *Electrónica de potencia circuitos, dispositivos y aplicaciones*. Pearson Prentice Hall. México

## BIBLIOGRAFIA

- [36]. Rubio Antonio, Josep Altet, Xavier Aragonés, José L. González, Diego Mateo, Francesc Moll. (2003). *Diseño de circuitos y sistemas integrados*. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, España.
- [37]. San Miguel Pablo Alcalde (2009). *Electrónica Aplicada*. Paraninfo. Madrid, España.
- [38]. Sánchez López Juan de Dios. *Dispositivos Electrónicos de Potencia* (2002). Universidad Autónoma de Baja California México.
- [39]. Sanchis Enrique Coord. (2002). *Sistemas Electrónicos Digitales Fundamentos y diseño de aplicaciones*. Universitat de Valencia. Valencia, España.
- [40]. Spina Juan Carlos (2006). *Electrónica de potencia*. Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina.
- [41]. Tocci J. Ronald, Widmer S. Neal (2003). *Sistemas Digitales Principios y Aplicaciones*. Pearson Educación México.
- [42]. Tomasi W. (2003) *Sistemas de comunicaciones Electrónicas*. Prentice Hall. México
- [43]. Undeland N. Mohan, Robbins T. M. (1995). *Power Electronics Converters, Applications and Design*. John Wiley and Sons. New York.
- [44]. Valdés Pérez Fernando, Pallàs Areny Ramon (2007). *Microcontroladores Fundamentos y aplicaciones con PIC*. Marcombo. Barcelona, España.
- [45]. Villablanca M., Nadal J. and Bravo M. (2007). *12 pulse ac/dc rectifier with high quality input/output waveform*.
- [46]. Wakerly F. John (2001). *Diseño Digital Principios y Prácticas*. Pearson Prentice Hall.

## ANEXO 1. DESCRIPCION DEL REGULADOR TRIFASICO

La descripción técnica corresponde a un regulador para rectificadores trifásicos a SCR, caracterizados por una configuración en puente semicontrolado. En la figura A.1 se describe el diagrama esquemático del regulador trifásico SE/SSKCO 043.

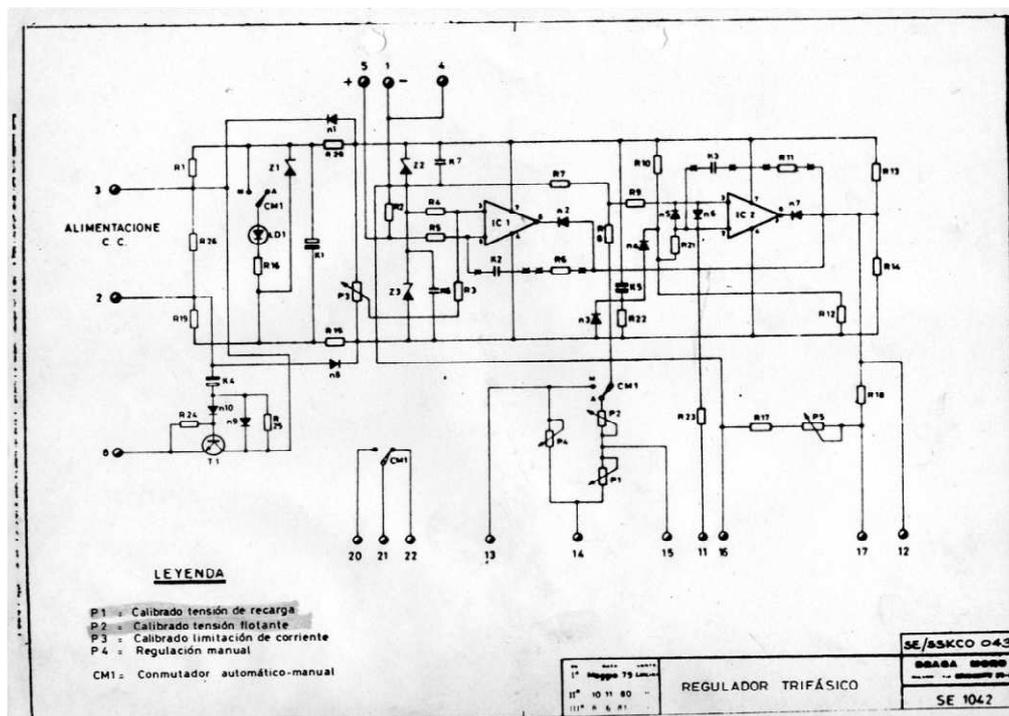


Figura A.1 Regulador trifásico.

Fuente: CNT manual de rectificadores Braga Moro.

La tarjeta contiene los elementos que permiten realizar los ajustes de tensión de recarga, tensión flotante, limitación de corriente, y el switch CM1, que permite llevar el rectificador a operación manual cuando se procede a realizar mantenimiento al banco de baterías y la carga de igualación al mismo.

Características generales .- El regulador viene considerado como un bloque provisto de las entradas y las salidas constituídas por magnitudes eléctricas “tensiones y corrientes”, la tarjeta esta equipada con los circuitos analógicos de control, las tensiones de referencia constantes, comparadores de fase variable y los três generadores de impulsos para el mando de los diodos controlados, la alimentación de la tarjeta es tensión continua de 18 a 25V.

Realiza el cambio de la condición de carga automática del banco de batería conectado en paralelo al rectificador.

La tarjeta puede controlar dentro de amplios márgenes de calibrado, también la corriente de carga a aplicar al banco de baterías, de tal forma que puede adaptarse a diferentes capacidades de amperios-hora, y efectuar la carga prácticamente en corriente constante hasta alcanzar el valor de 2,4V por elemento para batería de plomo.

El switch CM1, permite predisponer el funcionamiento del rectificador en régimen automático o manual, lo cual permite variar la tensión de salida del rectificador a través del potenciómetro P4.

El potenciómetro P3 permite realizar el ajuste del nivel de limitación de corriente de salida del rectificador.

El potenciómetro P2 permite realizar el ajuste de la tensión flotante a 52,8 V que corresponde a 2,2 V por elemento del banco de batería

El potenciómetro P1 permite realizar el ajuste de la tensión de recarga a 62,4V que corresponde a 2,6 V por elemento del banco de batería.

## ANEXO 2. PROGRAMA MOTION SENSOR GSM-ALARMAS

Comprende la información correspondiente del programa necesario para realizar las operaciones y rutinas en la configuración del módem, del PIC 18F2550, configuración de los comandos AT, configuración de los números que se envía el mensaje SMS, configuración de los estados de las alarmas, y controladores de errores

### Configuración de comandos AT

```
const atc0 = "AT"
const atc1 = "ATE0"           ' Des habilitar comando echo
const atc2 = "AT+CMGF=1"     ' Mensaje de TXT
```

### Configuración del número al que se va a enviar el mensaje SMS

```
const atc7 = "AT+CMGS=" + chr(34) + "+593920268103" + chr(34)
```

### Indicador De Cambio de Alarma de Ultimo Estado

```
dim StateChanged as sbit at LATA1_bit
dim SMS_Message as string[300] ' SMS Mensaje tipo string
dim SMS_ReadMessage as char[160] ' SMS lectura Mensaje string
```

### Configuración de estados de alarma

```
DIM TempVar1, TempVar2, TempVar3, USB_START, IO_PRO, I as byte ' Variable Temporal 1,2,3 [0 a 255]
DIM Old_MAlarm_State as byte           ' Estado Anterior de Alarma [0 a 255]
DIM Old_BAlarm_State as byte           ' Estado Anterior de Alarma [0 a 255]
DIM New_MAlarm_State as byte           ' Estado Anterior de Alarma [0 a 255]
DIM New_BAlarm_State as byte           ' Estado Anterior de Alarma [0 a 255]
' *****
```

### Controlador de errores RX

```
sub procedure interrupt()
dim tmp as byte
if (PIR1.RCIF = 1) then
tmp = UART1_Read()           ' Obtener el Byte recibido
select case gsm_state
case 0
response = -1               ' Respuesta clara
if (tmp = "O") then         ' Tenemos "O", Podria ser "OK"
gsm_state = 1 end if       ' Esperando "K"
if (tmp = ">") then         ' Tenemos ">", Podria ser "> "
gsm_state = 10 end if     ' Eperando " "
```

```

if (tmp = "E") then      ' Tenemos "E", Podria ser "E",
  gsm_state = 30 end if ' Esperando "R"
if (tmp = "x") then    ' Tenemos "x", Podria ser "xStatus?"
  gsm_state = 40 end if ' Esperando "t"
if (tmp = "+") then    ' Tenemos "+", Podria ser "RxON" or "RxOFF"
  gsm_state = 50 end if ' Esperando x = (1,....,4)

case 1
  if (tmp = "K") then  ' Tenemos"K" ->
    response = GSM_OK   ' Tenemos "OK"
    gsm_state = 20      ' Esperando CR+LF
  else
    gsm_state = 0       ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

case 10
  if (tmp = " ") then
    response_rcvd = 1    ' Tenemos "> "
    response = GSM_Ready_To_Receive_Message
    responseID = response ' Setear el ID de la respuesta
  end if
  gsm_state = 0          ' Reiniciar el estado de la maquina

case 20
  if (tmp = 13) then    ' Tenemos 13, podria ser CR+LF
    gsm_state = 21      ' Esperando LF
  else
    gsm_state = 0       ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

case 21
  if (tmp = 10) then    ' Tenemos LF, la respuesta esta completa
    response_rcvd = 1
    responseID = response
  end if
  gsm_state = 0         ' Reiniciar el estado de la maquina

case 30
  if (tmp = "R") then  ' Tenemos "R", podria ser "ERROR"
    gsm_state = 31      ' Esperando "R"
  else
    gsm_state = 0       ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

case 31
  if (tmp = "R") then  ' Tenemos "R", podria ser "ERROR"
    gsm_state = 32      ' Esperando "O"
  else
    gsm_state = 0       ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

```

```

case 32
  if (tmp = "O") then      ' Tenemos "O", podria ser "ERROR"
    gsm_state = 33        ' Esperando "R"
  else
    gsm_state = 0         ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

```

```

case 33
  if (tmp = "R")then      ' Tenemos "R"
    response_rcvd = 1     ' Tenemos "ERROR" response
    response = GSM_ERROR  ' Setear Bandera de Recepcion
    responseID = response ' Set response ID
  end if
  gsm_state = 0           ' Reiniciar el estado de la maquina

```

'Codigo de Requerimiento de Estado -----

```

case 40
  if (tmp = "S") then    ' Tenemos "t", podria ser "Status?"
    gsm_state = 41      ' Esperando "a"
  else
    gsm_state = 0       ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

```

```

case 41
  if (tmp = "t") then   ' Tenemos "a", podria ser "Status?"
    gsm_state = 42     ' Esperando "t"
  else
    gsm_state = 0       ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

```

```

case 42
  if (tmp = "a") then   ' Tenemos "t", podria ser "Status?"
    gsm_state = 43     ' Esperando "u"
  else
    gsm_state = 0       ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

```

```

case 43
  if (tmp = "t") then   ' Tenemos "u", podria ser "Status?"
    gsm_state = 44     ' Esperando "s"
  else
    gsm_state = 0       ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

```

```

case 44

```

```

    if (tmp = "u") then          ' Tenemos "s", podria ser "Status?"
      gsm_state = 45           ' Esperando "?"
    else
      gsm_state = 0           ' Reiniciar el estado de la maquina
    end if

case 45
  if (tmp = "s") then          ' Tenemos "s", podria ser "Status?"
    gsm_state = 46           ' Esperando "?"
  else
    gsm_state = 0           ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

case 46
  if (tmp = "?") then          ' Tenemos "?"
    status_req = 1           ' Status has been requested!
    gsm_state = 0           ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

'Codigo de Aviso de Nuevo mensaje -----

case 50
  if (tmp = "C") then          ' Tenemos "O", podria ser "R1ON" or "R1OFF"
    gsm_state = 51           ' Esperando "N" or "F"
  else
    gsm_state = 0           ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

case 51
  if (tmp = "M") then          ' Tenemos "O", podria ser "R1ON" or "R1OFF"
    gsm_state = 52           ' Esperando "N" or "F"
  else
    gsm_state = 0           ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

case 52
  if (tmp = "T") then          ' Tenemos "O", podria ser "R1ON" or "R1OFF"
    gsm_state = 53           ' Esperando "N" or "F"
  else
    gsm_state = 0           ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

case 53
  if (tmp = "I") then          ' Tenemos "O", podria ser "R1ON" or "R1OFF"
    gsm_state = 54           ' Esperando "N" or "F"
  else

```

```

    gsm_state = 0          ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

case 54
  if (tmp = ":" ) then    ' Tenemos "O", podria ser "R1ON" or "R1OFF"
    gsm_state = 55        ' Esperando "N" or "F"
  else
    gsm_state = 0        ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

case 55
  if (tmp = 32 ) then    ' Tenemos "O", podria ser "R1ON" or "R1OFF"
    gsm_state = 56        ' Esperando "N" or "F"
  else
    gsm_state = 0        ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

case 56
  if (tmp = 34) then    ' Tenemos "O", podria ser "R1ON" or "R1OFF"
    gsm_state = 57        ' Esperando "N" or "F"
  else
    gsm_state = 0        ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

case 57
  if (tmp = "S") then    ' Tenemos "O", podria ser "R1ON" or "R1OFF"
    gsm_state = 58        ' Esperando "N" or "F"
  else
    gsm_state = 0        ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

case 58
  if (tmp = "M") then    ' Tenemos "O", podria ser "R1ON" or "R1OFF"
    gsm_state = 59        ' Esperando "N" or "F"
  else
    gsm_state = 0        ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

case 59
  if (tmp = 34) then    ' Tenemos "O", podria ser "R1ON" or "R1OFF"
    gsm_state = 60        ' Esperando "N" or "F"
  else
    gsm_state = 0        ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

case 60
  if (tmp = ",") then    ' Tenemos "O", podria ser "R2ON" or "R2OFF"
    gsm_state = 61        ' Esperando "N" or "F"
  else
    gsm_state = 0        ' Reiniciar el estado de la maquina
  end if

```

```

case 61
  if (tmp = "1")then      ' Tenemos "N"
    New_SMS_Flag = 1      ' Se activa indicador de Arribo de Nuevo Mensaje
    gsm_state = 0
  else
    gsm_state = 0
  end if

case else                'Character no deseado
  gsm_state = 0          ' Reiniciar el estado de la maquina

end select
end if
end sub

```

### Validacion de respuesta del RX en GSM

```

sub function Get_response() as short
  if (response_rcvd <> 0) then
    response_rcvd = 0
    result = responseID
  else
    result = -1
  end if

end sub

' ----

' ----++
' Wait for GSM response
sub procedure Wait_response(dim rspns as short)
  while (get_response() <> rspns)
    nop
  wend
end sub

```

### Estado de las Alarmas del Rectificador Principal

```

if (Button(PORTB, 0, 1, 1)) then ' Rectificador Principal Alarma1
  strcat(Message_, "1")
else
  strcat(Message_, "0")
end if

if (Button(PORTB, 1, 1, 1)) then ' Rectificador Principal Alarma2
  strcat(Message_, "1")
else
  strcat(Message_, "0")
end if

if (Button(PORTB, 2, 1, 1)) then ' Rectificador Principal Alarma3

```

```

strcat(Message_, "1")
else
strcat(Message_, "0")
end if

```

```

if (Button(PORTB, 3, 1, 1)) then ' Rectificador Principal Alarma4
strcat(Message_, "1")
else
strcat(Message_, "0")
end if

```

```

if (Button(PORTB, 4, 1, 1)) then ' Rectificador Principal Alarma5
strcat(Message_, "1")
else
strcat(Message_, "0")
end if

```

```

if (Button(PORTB, 5, 1, 1)) then ' Rectificador Principal Alarma6
strcat(Message_, "1")
else
strcat(Message_, "0")
end if

```

```

if (Button(PORTB, 6, 1, 1)) then ' Rectificador Principal Alarma7
strcat(Message_, "1")
else
strcat(Message_, "0")
end if

```

```

if (Button(PORTB, 7, 1, 1)) then ' Rectificador Principal Alarma7
strcat(Message_, "1")
else
strcat(Message_, "0")
end if

```

```

' *****

```

### **Estado de las Alarmas del Rectificador BackUp Respaldo**

```

strcat(Message_, " B=")

```

```

if (Button(PORTA, 0, 1, 1)) then ' Rectificador Backup Alarma1
strcat(Message_, "1")
else
strcat(Message_, "0")
end if

```

```

if (Button(PORTA, 2, 1, 1)) then ' Rectificador Backup Alarma2
strcat(Message_, "1")
else
strcat(Message_, "0")

```

```

end if

if (Button(PORTA, 3, 1, 1)) then ' Rectificador Backup Alarma3
  strcat(Message_, "1")
else
  strcat(Message_, "0")
end if

if (Button(PORTA, 4, 1, 1)) then ' Rectificador Backup Alarma4
  strcat(Message_, "1")
else
  strcat(Message_, "0")
end if

if (Button(PORTA, 5, 1, 1)) then ' Rectificador Backup Alarma5
  strcat(Message_, "1")
else
  strcat(Message_, "0")
end if

if (Button(PORTC, 0, 1, 1)) then ' Rectificador Backup Alarma5
  strcat(Message_, "1")
else
  strcat(Message_, "0")
end if

if (Button(PORTC, 1, 1, 1)) then ' Rectificador Backup Alarma7
  strcat(Message_, "1")
else
  strcat(Message_, "0")
end if

if (Button(PORTC, 2, 1, 1)) then ' Rectificador Backup Alarma7
  strcat(Message_, "1")
else
  strcat(Message_, "0")
end if

' SMS footer
strcat(Message_, " @@@")
Message_ = Message_ + chr(13) + chr(10) ' Add new line (CR + LF)
,
PIE1.RCIE = 1          ' Enable Rx1 interrupts
result = strlen(Message_)
end sub

' ----
' ----

```

**Envío del estatus a través de SMS al número de celular configurado anteriormente**

```

sub procedure Send_Status()
  ComposeMessage(@SMS_Message)
  Send_Msg(@SMS_Message)
end sub
' ----

' 1 min delay - minal time interval between sending SMSs
' ----++
' 5sec pause
sub procedure Wait()
  Delay_ms(5000)
end sub
' ----

' ----
' PassOk

sub procedure PassOk()

  StateChanged = 1
  Delay_ms(300) ' 5 second delay
  StateChanged = 0
  Delay_ms(150) ' 5 second delay
  StateChanged = 1
  Delay_ms(300) ' 5 second delay
  StateChanged = 0
end sub
' ----

main:

WDTCON = 0
ADCON1 = ADCON1 or 0x0F ' Configuracion de puertos análogos para que funcionen como digitales
CMCON = CMCON or 7
PIE1.RCIE = 1
INTCON.PEIE = 1
INTCON.GIE = 1

gsm_state = 0
response_rcvd = 0
responseID = -1
response = -1
status_req = 0

TRISB = %11111111 ' set PORTB to be input
TRISA = %00111101 'Puerto A0,A2,A3,A4,A5 como entradas, resto salidas
TRISC = %10111111 'Puerto A0,A1,A2,A3,A4,A5 como entradas, resto salidas
StateChanged = 0

```

```

' Initialize USART module

UART1_Init(9600)
Delay_ms(100)

'-----
' Negotiate baud rate
while TRUE
  GM862_Send(@atc0)
  Delay_ms(100)
  if (Get_response() = GSM_OK) then
    break
  end if
wend

'-----
--
' Disable command echo

GM862_Send(@atc1)
tmp_rspns = GSM_OK
Wait_response(tmp_rspns)
'-----

'-----
GM862_Send(@atc2)      ' Setear el mensaje como TXT
tmp_rspns = GSM_OK
Wait_response(tmp_rspns)
'-----

'-----
GM862_Send(@atc6)      ' Setear el mensaje como TXT
tmp_rspns = GSM_OK
Wait_response(tmp_rspns)
'-----

'-----
GM862_Send(@atc5)
tmp_rspns = GSM_OK
Wait_response(tmp_rspns)
'-----

PassOk()
PassOk()

```

### Lectura del estado inicial de las alarmas

```

'Old_BAlarm_State = PORTA.0 + PORTA.2*2 + PORTA.3*4 + PORTA.4*8 + PORTA.5*16 + PORTC.0*32 +
PORTC.1*64 + PORTC.2*128
Old_MAlarm_State = PORTB
status_req = 0
New_SMS_Flag = 0
,
-----
Zona de Códigos
-----
,
Read_MainAlarm_STATUS:
While TRUE
'New_BAlarm_State = PORTA.0 + PORTA.2*2 + PORTA.3*4 + PORTA.4*8 + PORTA.5*16 + PORTC.0*32 +
PORTC.1*64 + PORTC.2*128
New_MAlarm_State = PORTB
-----
'if Old_BAlarm_State <> New_BAlarm_State then
'Old_BAlarm_State = New_BAlarm_State
'StateChanged = 1 ' Activa indicador de Cambio de Estado

'status_req = 0
'Send_Status()
'Delay_ms(150) ' 5 second delay
'StateChanged = 0
'end if
-----
if Old_MAlarm_State <> New_MAlarm_State then
Old_MAlarm_State = New_MAlarm_State
StateChanged = 1
wait()
status_req = 0
Send_Status()
wait()
StateChanged = 0
end if
-----
if (New_SMS_Flag = 1) then      ' Solicitud de Status
New_SMS_Flag = 0
,
GM862_Send(@atc4)      ' Lectura de SMS en localidad 1
while TRUE
rsp = Get_response()
if ((rsp = GSM_OK) or (rsp = GSM_ERROR)) then
break
end if
wend
if (status_req = 1) then
status_req = 0
Send_Status()
status_req = 0

```

```
end if

if (rsp = GSM_OK) then
  Wait()
  GM862_Send(@atc5) ' Depuracion de mensajes

while TRUE
  rsp = Get_response()
  if (rsp = GSM_OK) then
    break
  end if
wend
end if

wend
end.
```

## GLOSARIO

### 01. Acrónimos y Terminología.

AC	Corriente alterna (alternating current).
A	Amperios
AT	Attention, comando AT
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BTS	Estación base transceptora
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Subsystem
CNT	Corporación Nacional Telecomunicaciones.
CCITT	Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico
C	Capacidad del condensador
CPU	Central Processing Unit
DC	Corriente directa o continua (direct current).
E/S	Entradas y Salidas
EMI	Interferencia electromagnética
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FTP	File Transfer Protocol
Fo	Frecuencia de trabajo
GSM	Global System For Mobile communications

HLR-VLR	Base de datos
IP	Protocolo Internet
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
Imax	Corriente Máxima
IMSI	Identidad internacional del cliente
L	Inductancia
LED	Diodo de luz
LAI	Identidad de área de localización
MSC	Centro de comunicación servicios móviles
MSI	Identidad internacional del cliente
MMS	Servicio de mensajes multimedia
NSS	Network and Switching System
NPN	Transistor de unión bipolar
RST	Fases de la red de energía pública
RFI	Interferencia de radio frecuencia
RC	Filtro pasa bajos
SMS	Servicio de mensajes cortos
SCR	Tiristores
SDH	Synchronous digital hierarchy
SIM	Tarjeta de identificación de la red

SS7	Control de la red
T	Período de la señal de la red
USB	Universal Serial Bus
Vac	Voltaje de corriente alterna.
Vin	Voltaje de entrada.
Vo	Voltaje de salida
Vmax	Tensión Máxima
Vmin	Tensión Mínima
Vpk	Voltaje pico en el secundario del transformador
Vdc	Voltaje de corriente continúa

**02. Operadores.**

$\approx$  Aproximadamente igual a.

**03. Símbolos.**

$C$	Capacitor.
$f$	Frecuencia.
$f_s$	Frecuencia de muestreo.
$R$	Resistor.
$s$	Frecuencia compleja.
$t$	Tiempo.
$T_s$	Tiempo o período de muestreo.
$\tau$	Constante de tiempo.
$\omega$	Frecuencia angular.