



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
COMUNICACIONES**

---

**“ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DE LA TECNOLOGÍA GSM PARA  
EL CONTROL A DISTANCIA DEL TRANSMISOR DE RADIO CENTRO  
FM EN LA CIUDAD DE AMBATO”**

---

**Proyecto de Pasantía de Grado previo a la obtención del Título de Ingeniero  
en Electrónica y Comunicaciones.**

**AUTOR: MARCO VINICIO SILVA POAQUIZA**

**TUTOR: ING. GEOVANNI BRITO**

**AMBATO – ECUADOR**

**ABRIL / 2007**

El presente proyecto de pasantía de grado se lo realizó  
en las instalaciones de Radio Centro, perteneciente a  
la empresa Gamboa Comunicación Total Cía. Ltda.,  
con la acertada tutoría del señor  
Ingeniero Geovanni Brito.

## **DEDICATORIA**

El trabajo investigativo está dedicado a:

Mis padres Mario y Efigenia

Mis hermanos Gonzalo, Joffre y Byron

Mi hermana Nancy Rocio

Mis sobrinos Alexander, Bryan y Sebastián

## **AGRADECIMIENTO**

A mis incomparables padres y hermanos,  
que siempre estuvieron allí para guiarme y alentarme,  
con sus sabios consejos y oportunas palabras de aliento.

A mi querida facultad, sitio donde encontré todos  
los conocimientos que anhelaba, y a todos los miembros  
que conforman tan prestigioso establecimiento,  
por el apoyo brindado, permitiendo de ésta  
forma culminar con éxito mis estudios.

Y un reconocimiento muy especial para  
Don Luis Alberto Gamboa Tello Presidente Ejecutivo de la  
Empresa Gamboa Comunicación Total Cía. Ltda. por creer  
en la gente de su querida ciudad.

Marco Vinicio Silva Poaquiza

## PRÓLOGO

Con el paso del tiempo los PC's han ido haciéndose más y más pequeños desde aquellos gigantes de acero y válvulas hasta los PC's personales que hoy conocemos, y estamos asistiendo ahora a la aparición de pequeños dispositivos (teléfono celular) del tamaño de la palma de la mano de potencia creciente día a día, en un afán de alcanzar la posibilidad de comparación con los ordenadores de sobremesa.

Actualmente, la telefonía móvil y en especial la tecnología GSM, está ganando terreno en el campo de las comunicaciones interpersonales, conjuntamente con aplicaciones basadas en sus servicios. El número de móviles que se comercializa aumenta continuamente, y la demanda de uso se centra mayoritariamente en la recepción y envío de mensajes cortos, lo que ha propiciado la reducción de costos y la mejora continua en los tiempos de recepción y retransmisión de los mismos por parte de las compañías de servicios.

La tecnología GSM comenzó como una norma europea para unificar sistemas móviles digitales y fue diseñado para sustituir a más de diez sistemas analógicos en uso y que en la mayoría de los casos eran incompatibles entre sí.

En cuanto a los SMS no sólo pueden utilizarse en la comunicación entre personas. Puede obtenerse un gran servicio de su utilización para comunicar con agentes automáticos que respondan a mensajes enviados automática o manualmente. Por otra parte, la telefonía móvil presenta frente a otras alternativas de comunicación industriales algunas ventajas ciertamente destacables:

- No es necesaria una línea física de interconexión, lo que permite colocar la aplicación y el usuario en cualquier punto.

- Siendo un aparato de uso personal, el peso y el tamaño del móvil se reduce continuamente, lo que contribuye a su transportabilidad.
- El precio del móvil es muy reducido, y además el usuario ya lo ha amortizado con su uso personal, sin que repercuta en el costo final de la aplicación. Por su parte, el precio del módem, siendo ligeramente superior, tampoco es significativo frente a los elementos típicos de un sistema automatizado.

En este trabajo se presentan opciones para la puesta en marcha de este tipo de servicios mediante terminales móviles GSM, mostrando su arquitectura y algunas de sus posibilidades, centrándose de forma más detallada en el desarrollo de un Control a Distancia sobre el Transmisor de Radio Centro FM.

En éste o cualquier otro caso, puede establecerse como campo general de aplicación la supervisión y seguimiento de equipos remotos, y la posibilidad de actuación previa a la presencia física del operador.

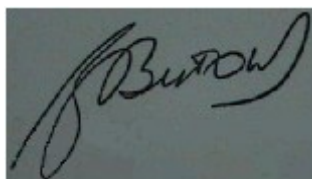
## APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema:

“ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DE LA TECNOLOGÍA GSM PARA EL CONTROL A DISTANCIA DEL TRANSMISOR DE RADIO CENTRO FM EN LA CIUDAD DE AMBATO”, de Marco Vinicio Silva Poaquiza, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho Proyecto de Pasantía de Grado reúne los requisitos y méritos suficientes de conformidad con el Artículo 68 del Capítulo IV de Pasantía de Reglamento de Graduación de Pre-grado de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, abril 2007

EL TUTOR

A rectangular box containing a handwritten signature in black ink. The signature is cursive and appears to read 'G. Brito'.

-----  
Ing. Giovanni Brito

## AUTORÍA

El presente proyecto de pasantía de grado “ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DE LA TECNOLOGÍA GSM PARA EL CONTROL A DISTANCIA DEL TRANSMISOR DE RADIO CENTRO FM EN LA CIUDAD DE AMBATO” es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, abril 2007



-----  
Marco Vinicio Silva Poquiza

C.C. 180373899-4



## ÍNDICE GENERAL

### PRELIMINARES

Dedicatoria .....	i
Agradecimiento .....	ii
Prólogo .....	iii
Aprobación del Tutor .....	v
Autoría .....	vi
Índice general .....	vii
Índice de figuras .....	xiii
Introducción .....	xvi

### CAPÍTULO I: SISTEMA DE CONTROL

1.1 Introducción Histórica a la Tecnología de Control .....	1
1.2 Definiciones .....	2
1.2.1 Sistema .....	2
1.2.2 Control .....	2
1.2.3 Sistema de Control .....	2
1.2.4 Operaciones de Control .....	2
1.2.5 Control Automático .....	3
1.3 Elementos de un Sistema de Control .....	3
1.3.1 Control Dependiente .....	3
1.3.1.1 Planta .....	3
1.3.1.2 Señales de Control .....	3
1.3.1.3 Perturbaciones .....	4
1.3.1.4 Variables de Salida .....	4
1.3.1.5 Proceso .....	4
1.3.2 Control Independiente .....	4
1.3.2.1 Controlador .....	5
1.3.2.2 Actuador .....	5
1.3.2.3 Proceso .....	5
1.3.2.4 Sensor .....	5
1.4 Tipos de Variables del Sistema .....	6
1.4.1 Variable Controlada .....	6
1.4.2 Variable Manipulada .....	6
1.4.3 Variable Perturbadora .....	7
1.4.4 Variable Medida .....	7
1.5 Señales de Comunicación .....	7
1.5.1 Señales Eléctricas .....	7



2.4.1 Centro de Conmutación Móvil (MSC)	20
2.4.2 Célula	20
2.4.3 Unidad Móvil (MS)	20
2.4.4 Controlador de Estaciones Base (BSC)	20
2.4.5 Estación de Transmisión-Recepción Base (BTS)	21
2.4.6 Registro de Ubicación de Origen (HLR)	21
2.4.7 Registro de Ubicación de Visitante (VLR)	21
2.4.8 Centro de Validación (AC ó AUC)	21
2.4.9 Registro de Identidad del Equipo (EIR)	21
2.5 Enrutamiento de Llamadas	21
2.6 Actualización de Ubicación	22
2.7 Arquitectura de Red GSM	23
2.7.1 Subsistema Radio (RSS)	24
2.7.2 Subsistema de Estaciones Base (BSS)	24
2.7.3 Subsistema de Red y Conmutación (NSS)	25
2.8 Interfaz de Radio (Um)	25
2.8.1 Acceso a Sistemas Truncados	26
2.8.1.1 Acceso Múltiple por División en Frecuencia (FDMA)	26
2.8.1.2 Acceso Múltiple por División en Tiempo (TDMA)	27
2.8.1.3 Acceso Múltiple por División en Espacio (SDMA)	28
2.8.1.4 Acceso Múltiple por División de Código (CDMA)	28
2.8.1.5 Acceso Múltiple por Saltos de Frecuencia (FHMA)	29
2.8.1.6 Operaciones Dúplex	29
2.8.1.6.1 Dúplex por División en Frecuencia (FDD)	29
2.8.1.6.2 Dúplex por División en el Tiempo (TDD)	30
2.8.2 Frecuencias y Canales Lógicos	30
2.8.2.1 Canales de Tráfico (TCH)	31
2.8.2.1.1 Canal de Tráfico a Velocidad Completa (TCH/F)	31
2.8.2.1.2 Canal de Tráfico a Velocidad Media (TCH/H)	31
2.8.2.2 Canales de Control	31
2.8.2.2.1 Difusión ("Broadcast" ó BCH)	31
2.8.2.2.2 Comunes (CCCH)	31
2.8.2.2.3 Dedicados (DCCH)	31
2.9 Servicio de Mensajes Cortos (SMS)	32
2.9.1 Características	32
2.9.2 Servicio SMS	33
2.9.3 Elementos de Red y Arquitectura	34
2.9.4 Modelo de Capas	35
2.9.5 Nivel SM-TL y Protocolo SM-TP	36
2.9.6 SMS-SUBMIT	37
2.9.7 SMS-DELIVER	38
2.9.8 Pasos para el Envío	39
2.9.9 Pasos para la Recepción	39
2.9.10 Clases de Mensajes Cortos	40

### **CAPÍTULO III: ACCESO A LOS SERVICIOS SMS**

3.1	Introducción .....	41
3.2	Situación Actual en Dispositivos Móviles GSM .....	42
3.3	Módem GSM .....	44
3.3.1	Módems para Circuito Impreso .....	45
3.3.2	Módems para PC .....	45
3.4	Velocidad en Baudios y Bits por Segundo .....	46
3.4.1	Baudios .....	47
3.4.2	Bits por Segundo (Bps) .....	47
3.5	Comandos Hayes para Módems .....	47
3.5.1	Presentación de los Comandos AT .....	49
3.5.2	Comandos Hayes más Comunes .....	50
3.5.3	Códigos de Resultados .....	51
3.5.4	Registros .....	51
3.6	Microcontrolador Basic Stamp 2 (BS2) .....	52
3.6.1	Microcontrolador – Microprocesador .....	52
3.6.2	Basic Stamp II .....	53
3.7	Programa de Código de Instrucciones Simbólicas Multi-Propósito para Principiantes (PBASIC) .....	55
3.7.1	Plantilla .....	56
3.7.2	Stamp Editor .....	57
3.7.3	Conexión Serial RS232 .....	59

### **CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL CONTROL A DISTANCIA**

4.1	Introducción .....	61
4.2	Descripción General .....	62
4.3	Transmisor de “Radio Centro FM” .....	64
4.4	Configuración del Módem GSM .....	67
4.5	Diseño del Sistema Electrónico .....	71
4.5.1	Etapa de Interfaces .....	74
4.5.2	Etapa de Monitoreo y Control .....	75
4.5.2.1	Control de la Unidad de Amplificación de RF .....	76
4.5.2.2	Generación y Envío de Alarmas de la Unidad de RF .....	77
4.5.3	Etapa de Control de On / Off .....	81
4.5.4	Etapa de Control de Alarmas .....	82
4.5.5	Etapa de Fuente de Alimentación .....	82
4.6	Costo de los Materiales para la Implementación .....	82

### **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones .....	83
5.2	Recomendaciones .....	86

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	88
---------------------	----

## **ANEXOS**

Anexo A: Módem GSM/GPRS .....	90
Anexo B: Comandos AT .....	93
Anexo C: Basic Stamp II .....	97
Anexo D: Editor PBASIC .....	100
Anexo E: Amplificador de RF tipo Tubo VJ1000 .....	107

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

### **CAPÍTULO I: SISTEMA DE CONTROL**

1.1 Reloj de agua de Ktesibios-Clepsydra .....	1
1.2 Elementos de un sistema de control .....	3
1.3 Elementos de un sistema de control automático .....	4
1.4 Sistema de control de lazo abierto .....	8
1.5 Realimentación positiva .....	8
1.6 Realimentación negativa .....	9
1.7 (a) Sistema estable (b) Sistema inestable .....	11
1.8 Velocidad de respuesta .....	12
1.9 Control on/off .....	13
1.10 Control proporcional .....	14
1.11 Control integral .....	14
1.12 Control derivativo .....	15
1.13 Control PI su función de transferencia .....	15
1.14 Control PD su función de transferencia .....	15
1.15 Control PID su función de transferencia .....	16

## **CAPÍTULO II: SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MÓVILES**

2.1 Esquema de componentes GSM .....	20
2.2 Enrutamiento de llamadas GSM .....	22
2.3 Actualización de ubicación .....	23
2.4 Arquitectura de la red GSM .....	24
2.5 Tramas TDMA y slots .....	26
2.6 Acceso múltiple por división de frecuencia .....	27
2.7 Acceso múltiple por división de tiempo .....	27
2.8 Acceso múltiple por división de espacio .....	28
2.9 Acceso múltiple por división de código .....	28
2.10 Salto de frecuencias .....	29
2.11 Acceso múltiple y duplexión .....	29
2.12 Servicio SMS .....	32
2.13 Servicios básicos SM-MT y SM-MO .....	33
2.14 Arquitectura de la red SMS .....	34
2.15 Modelo de capas y servicios para el envío de SMS .....	35
2.16 Las 6 PDU's del SM-TP .....	36
2.17 Trama SMS-SUBMIT .....	37
2.18 Detalle del campo SCA .....	37
2.19 Detalle del campo PDU-TYPE .....	38
2.20 Trama SMS-DELIVER .....	39

## **CAPÍTULO III: ACCESO A LOS SERVICIOS SMS**

3.1 Clasificación de los terminales móviles .....	42
3.2 Teléfono móvil .....	43
3.3 Módem externo inalámbrico .....	44
3.4 Tipos de módems GSM .....	45
3.5 Módem para circuito impreso .....	45
3.6 Módem GSM para PC .....	46
3.7 Modo comando .....	48
3.8 Modo en línea .....	49
3.9 Comandos Hayes más usados .....	51
3.10 Códigos de resultados .....	51
3.11 Registros más comunes .....	52
3.12 Diagrama de bloque de un microcontrolador .....	53
3.13 Basic Stamp 2 (a)Circuito integrado (b)Ubicación de cada pin .....	54
3.14 Diagrama en bloque del BS2 .....	54
3.15 Estructura de un programa .....	57
3.16 Software del Basic Stamp .....	58
3.17 Conexión entre un puerto serial DB-9 y BS2 .....	60

## CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL CONTROL A DISTANCIA

4.1 Alcance de Radio Centro FM .....	62
4.2 Esquema general .....	63
4.3 Amplificador de RF tipo tubo VJ1000 .....	64
4.4 Panel frontal del VJ1000 .....	65
4.5 Módem GSM .....	67
4.6 Inserción de la tarjeta SIM en el módem GSM .....	67
4.7 Interfaz serie DB9 estándar .....	68
4.8 Conexión entre un módem y un PC .....	69
4.9 Proceso de inicialización .....	70
4.10 Microcontrolador Basic Stamp 2 .....	71
4.11 Interfaz entre el PC y el BS2 .....	72
4.12 Diseño electrónico propuesto .....	74
4.13 Cable de datos serie DB9 a DB9 .....	74
4.14 Representación esquemática de la aplicación .....	76
4.15 Diagrama de flujo .....	78
4.16 Trama SMS-SUBMIT de ejemplo .....	79
4.17 Contactor 220V, 15A .....	81
4.18 Réle de armadura .....	82
4.19 Transformador de alimentación 230V/12V – 2A .....	82
4.20 Costo de los componentes del sistema de control .....	83

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el acercamiento de la telefonía móvil a todo tipo de gente mediante precios más o menos accesibles ha propiciado que nuestra conciencia de "estar conectados" aumente; así como conectado con un teléfono móvil y poseer un ordenador personal con conexión a Internet no sea extraño a comienzos del siglo XXI.

El papel de las compañías operadoras de telefonía ha sido muy importante en esta expansión de las comunicaciones, sin duda, y han tratado y tratan de satisfacer sus inversiones mediante la oferta de diferentes servicios que inciten al usuario a hacer uso de estas comunicaciones.

Uno de los servicios ofertados por estas operadoras en los teléfonos celulares de tecnología GSM es el envío y recepción de mensajes cortos, los conocidos SMS.

El servicio de mensajes cortos, SMS, está teniendo un gran incremento en nuestros días, y está siendo mucho más utilizado de lo que inicialmente se evaluó. En este trabajo se describe el servicio SMS desde un punto de vista práctico, haciendo empeño en cómo es posible realizar aplicaciones que utilicen este servicio.

La estructura del trabajo es la siguiente:

En el apartado 1 se describe los detalles principales de un Sistema de Control, con la finalidad de entender como los procesos de control pueden ser realizados sin la intervención de un operario (ser humano). Lo que implica un mejoramiento en la causa, la disminución de los costos y la seguridad para los equipos involucrados en el sistema. Para lograr esto es necesario que el control se realice a la mayor velocidad posible y que las variables a controlar o supervisar estén dentro de los valores seguros. Además muchas veces las condiciones del espacio donde se lleva a cabo la tarea no son las más adecuadas para el desempeño del ser humano.



Frente a este panorama, surgen los sistemas de control como una solución que va a permitir en éste caso una intervención inmediata ante cualquier anomalía.

Seguidamente en el apartado 2 se hace una descripción teórica breve de la red GSM en general y del servicio SMS en particular para familiarizarse con la terminología y tener una idea básica de lo que está pasando por debajo. Para analizar la posibilidad de emplear la red de telefonía móvil, que cuenta con una tecnología adecuada para transmisión de datos conocida como GSM, en aplicaciones de control. Además, una plataforma GSM se puede implementar más rápidamente, ya que no requiere licencia, torres, repetidores o permisos de paso en terrenos. De igual modo, el GSM presenta tres ventajas adicionales que han resultado claves para su extensión, como lo son una cobertura universal con antenas de tamaño reducido, módems GSM a precios competitivos y un bajo consumo energético. También se detalla uno de sus servicios, el SMS, así como su arquitectura de red y los protocolos utilizados, concentrándose en el protocolo SM-TP, que es el que utiliza el nivel de aplicación para enviar y recibir mensajes cortos.

El apartado 3 describe la forma de cómo se puede acceder al servicio SMS, es decir explica la interfaz entre la aplicación del control y el servicio SMS, utilizándose los terminales móviles (teléfono celular y módem) para tener acceso a ellas, los comandos AT y AT+ que permiten operar al módem mediante códigos ASCII. Además se incluye una parte dedicada al microcontrolador Basic Stamp II, un circuito integrado que gobierna a todo el sistema de control; pero para ello debe ser previamente programado para realizar el proceso deseado, valiéndose de una herramienta de alto nivel y fácil aprendizaje como lo es el Editor PBASIC.

En el apartado 4 se describe la aplicación, el diseño del control a distancia sobre el transmisor de Radio Centro FM, en el cual se involucran todas las entidades descritas anteriormente. Adicionalmente se conocerá las características más sobresalientes del transmisor de Radio Centro FM. Al final del mismo se presenta

el costo total que representaría la implementación del control a distancia basado en la tecnología GSM.

El apartado 5 se refiere a las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó al término de la investigación.

Por último en la parte final se muestran los anexos, que proporcionan información adicional, como: aplicaciones diversas haciendo uso de la tecnología GSM, una lista amplia de los comandos Hayes y de las instrucciones del Editor PBASIC, características adicionales del Basic Stamp II y del transmisor de Radio Centro FM.

En todo caso, esta posibilidad resulta suficiente, aprovechada de forma adecuada, al tener uno de los lados de la comunicación gobernado por un sistema de control que se encargue de responder a las peticiones recibidas desde múltiples teléfonos celulares. La automatización de la recepción de los mensajes SMS, su procesamiento y posterior respuesta son lo que conforman la funcionalidad de una pasarela SMS.

Existen muchas especificaciones de formato de mensaje para los servicios prestados a través de SMS que les dotan de gran potencia y complejidad. Pero es en el uso básico con un sistema de enlace sencillo donde se están obteniendo los mejores resultados, tanto de cantidad de mensajes enviados como de servicios que se están utilizando.

## CAPÍTULO I

### SISTEMA DE CONTROL

#### 1.1 INTRODUCCIÓN HISTÓRICA A LA TECNOLOGÍA DE CONTROL

La rápida secuencia de resultados en teoría de control automático durante los últimos años dificulta la realización de un análisis imparcial de un área de conocimiento que se halla en continuo desarrollo; pese a ello, mirando retrospectivamente el progreso de la teoría de control, pueden distinguirse algunas tendencias principales y apuntar diversos avances claves. Los progresos más remarcables relacionados con el perfeccionamiento del control han sido:

- a. La preocupación de los pueblos griego y árabe por poseer una medida precisa del paso del tiempo. Este período va desde el 300 aC hasta el 1200 dC, aproximadamente. Hacia el 270 aC, el griego Ktesibios inventó un regulador de flotación para un reloj de agua.

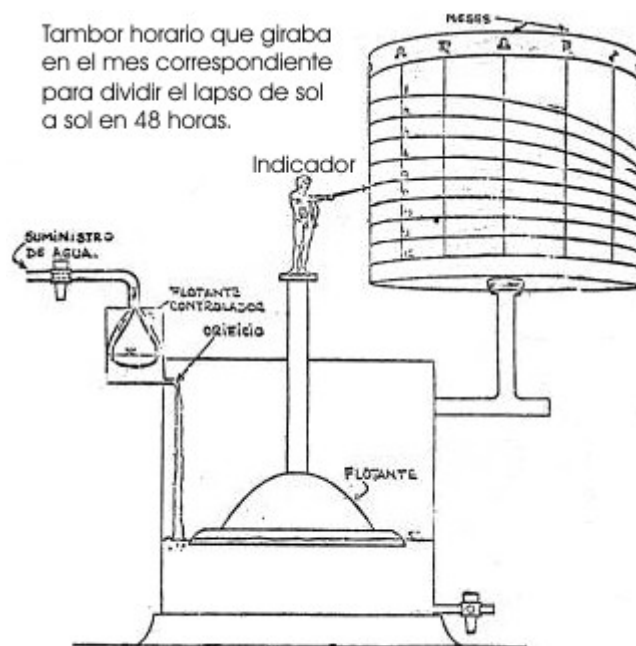


Figura 1.1 Reloj de agua de Ktesibios-Clepsydra

- b. La Revolución Industrial en Europa, desde el siglo XVII hasta finales del siglo XVIII.
- c. El inicio de las telecomunicaciones y las dos grandes guerras mundiales, que representan el período de 1910 a 1945.
- d. El inicio de la era espacial y de los computadores a finales de los años cincuenta e inicio de los sesenta del siglo XX.

Así, el período anterior a 1868 bien podría definirse como la *prehistoria* del control automático, mientras que el período de 1868 a 1900 se referiría como el período *primitivo*. De forma general, la etapa histórica de 1900 a 1960 se denomina período *clásico* – teoría de control clásica – y, desde 1960 hasta nuestros días, período *moderno* – teoría de control moderna.

## **1.2 DEFINICIONES**

1.2.1 SISTEMA: Es un ordenamiento, conjunto o colección de componentes físicos conectados o relacionados de manera que constituyan un todo y que puedan actuar como tal.

1.2.2 CONTROL: Acción ejercida con el fin de poder mantener una variable dentro de un rango de valores predeterminados.

1.2.3 SISTEMA DE CONTROL: Conjunto de equipos y componentes, que van a permitir llevar a cabo las operaciones de control. Un sistema de control es un ordenamiento de componentes físicos conectados de tal manera que el mismo pueda comandar, dirigir o regularse a sí mismo o a otro sistema.

1.2.4 OPERACIONES DE CONTROL: Conjunto de acciones que buscan mantener una variable dentro de patrones de funcionamiento deseados.

1.2.5 CONTROL AUTOMÁTICO: Es el desarrollo de la acción de control, sin la participación directa de un ser humano (operario).

## 1.3 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL

### 1.3.1 Control Dependiente

De acuerdo al tipo de proceso y la función de control requerida, los sistemas de control van desde los más simples como mantener el nivel de agua o de temperatura en un tanque, hasta los más complicados en los cuales se hace uso de equipos sofisticados.

Los elementos de un sistema de control son:

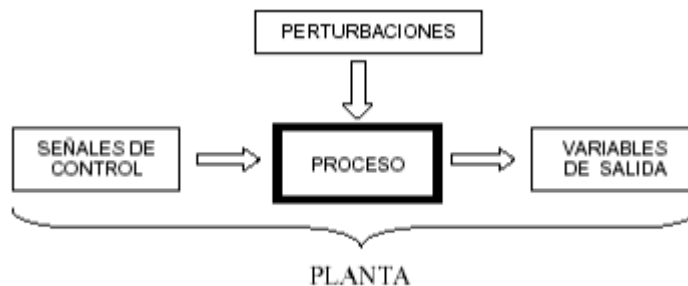


Figura 1.2 Elementos de un sistema de control

1.3.1.1 Planta: Es el ambiente donde se encuentran los equipos y donde se lleva a cabo el proceso. Se puede decir que es el conjunto de objetos físicos, en los cuales es necesario desarrollar acciones especialmente organizadas con el fin de lograr los resultados de funcionamiento y performance deseados.

1.3.1.2 Señales de control: Son aquellas acciones elaboradas por el sistema de control, o dadas por un operario, a través de las variables manipuladas (por ejemplo sí se desea mantener un tanque a una temperatura constante, se deberá manipular el nivel de voltaje que recibe la resistencia que brinda calor al tanque).

1.3.1.3 Perturbaciones: Son aquellas acciones que no dependen del sistema de control ni del operario, pero intervienen positiva o negativamente en el proceso (por ejemplo sí se desea mantener una temperatura constante en un tanque, la temperatura ambiental actuará e interferirá con el calor del tanque).

1.3.1.4 Variables de salida: Son aquellas que caracterizan el estado de los procesos dentro de la planta, estas variables son guiadas por variables controladas (por ejemplo al tener un recipiente de agua en el cual la variable de salida será el nivel, entonces la variable controlada será el flujo de líquido que ingresa al recipiente).

1.3.1.5 Proceso: Es la sucesión de cambios graduales (en el tiempo) de materia y energía, todo proceso implica una transformación; generalizando se puede decir que es todo fenómeno físico que se puede medir y controlar.

### 1.3.2 Control Independiente

Adicionalmente a los componentes anteriores, se encuentran aquellos que le van a dar la particularidad de ser automático, es decir, el sistema de control va a actuar independiente del operario. Para ello se contará con una referencia cuyo valor es fijo, conocido como *setpoint*, este valor es el que se desea alcanzar y mantener.

Los elementos son:

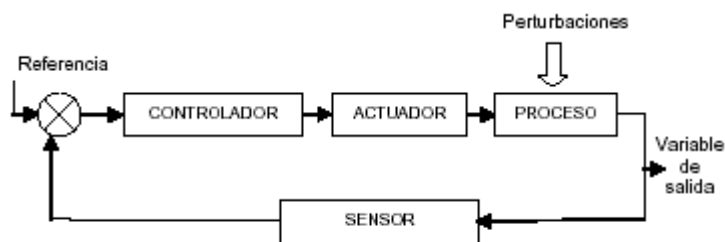


Figura 1.3 Elementos de un sistema de control automático

1.3.2.1 CONTROLADOR: Es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta comparación calcula un error (diferencia entre valor medido y deseado), para luego actuar a fin de corregir este error. Los controladores pueden ser de tipo manual, neumático, electrónico (PLC, PIC).

1.3.2.2 ACTUADOR: Es aquel equipo que sirve para regular la variable de control y ejecutar la acción de control, es conocido como elemento final de control, estos pueden ser de 3 tipos:

- ✓ Actuadores eléctricos: son usados para posicionar dispositivos de movimientos lineales o rotacionales. Ej. motor, relé, switch, electroválvulas.
- ✓ Actuadores neumáticos.
- ✓ Actuadores hidráulicos.

1.3.2.3 PROCESO: Esta referido al equipo que va a ser automatizado, por ejemplo puede ser una bomba, tanque, molino, horno, secador, etc.

Características dinámicas de las variables de proceso:

- ✓ Inercia: propiedad de los cuerpos que les permite no variar su estado estacionario sin la intervención de una fuerza extraña.
- ✓ Resistencia y Capacidad: se denomina resistencia a aquellas partes con cualidades de resistir la transferencia de energía o masa, y se denomina capacidad a aquellas partes del proceso con tendencia a almacenar masa o energía.
- ✓ Atraso de transporte: es el movimiento de masas entre dos puntos que ocasiona un tiempo muerto.

1.3.2.4 SENSOR: Es un elemento de medición de parámetros o variables del proceso. Los sensores pueden ser usados también como indicadores, para transformar la señal medida en señal eléctrica. Los sensores más comunes son los

de nivel, temperatura, presencia, proximidad, flujo, presión, entre otros. Pueden ser de varios tipos:

- ✓ Sensores de contacto: son aquellos que realizan la medida en contacto directo, real y físico con el producto o materia. Ej. sensores de boya, termocupla para medir temperatura, etc.
- ✓ Sensores de no contacto: se basan en propiedades físicas de los materiales, son más exactos, pero propensos a interferencias del medio ambiente. Ej. sensores ultrasónicos, sensores ópticos, etc.
- ✓ Sensores digitales: trabajan con señales digitales, en código binario, pueden representar la codificación de una señal analógica, o también la representación de dos estados on/off. Ej. sensor tipo switch.
- ✓ Sensores analógicos: proporcionan medidas continuas, los rangos típicos son de 0 a 20mA, 4 a 20mA, 0 a 5v, 1 a 5v, entre otros. Ej. sensores capacitivos, sensores piezoresistivos, etc.
- ✓ Sensores mecánicos: son aquellos que traducen la acción física del elemento medido, en un comportamiento mecánico, típicamente de movimiento y/o calor. Ej. barómetro.
- ✓ Sensores electro-mecánicos: este tipo de sensor emplea un elemento mecánico elástico combinado con un transductor eléctrico. Ej. sensores resistivos, sensores magnéticos, etc.

#### **1.4 TIPOS DE VARIABLES DEL SISTEMA**

Se define como variables a todo aquel parámetro físico cuyo valor puede ser medido. Puede ser:

- 1.4.1 Variable Controlada: Es aquella que se busca mantener constante o con cambios mínimos. Su valor debe seguir al *set-point*.
- 1.4.2 Variable Manipulada: A través de esta se debe corregir el efecto de las perturbaciones. Sobre esta se colocará el actuador.



- 1.4.3 Variable Perturbadora: Esta dado por los cambios repentinos que sufre el sistema y que provocan inestabilidad.
- 1.4.4 Variable Medida: Es toda variable adicional, cuyo valor es necesario registrar y monitorear, pero que no es necesario controlar.

## **1.5 SEÑALES DE COMUNICACIÓN**

Como se puede observar el flujo de información entre los elementos se da a través de señales. Las señales son un conjunto de datos que fluyen en diversos sentidos. Entre las más importantes tenemos:

- 1.5.1 Señales Eléctricas: Utilizan el flujo de electrones sobre un conductor, pueden ser:
  - Señales analógicas: Son señales en tiempo continuo, la información esta dada por la amplitud de la señal.
  - Señales digitales: Son señales en tiempo discreto, la información esta dada en código binario.
- 1.5.2 Señales Electromagnéticas: La información viaja sobre una onda de radio, microondas, o satélite, empaquetada dentro de una señal portadora, recorriendo grandes distancias.
- 1.5.3 Señales Ópticas: Se hace uso de las fibras ópticas, y son empleadas para transmitir grandes volúmenes de información.

## **1.6 TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL**

En base a su principio de funcionamiento los sistemas de control pueden emplear o no, información acerca de la planta, a fin de elaborar o no, estrategias de supervisión y control, se cuenta con dos tipos de sistemas de control: de lazo abierto y de lazo cerrado.

### 1.6.1 Sistemas de Control de Lazo Abierto (Open loop)

Un sistema de control de lazo abierto es aquel en el cual no existe realimentación, del proceso al controlador. Algunos ejemplos de este tipo de control están dados en los hornos, lavadoras, batidoras, etc. Se representa a través del siguiente diagrama de bloques:

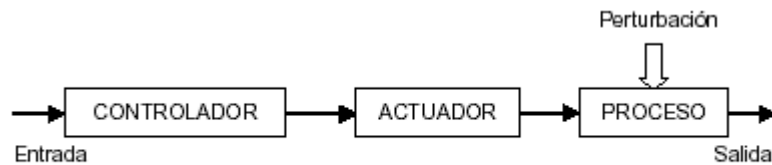


Figura 1.4 Sistema de control de lazo abierto

Su principal ventaja consiste en su facilidad para implementar, además son económicos, simples, y de fácil mantenimiento. Sus desventajas consisten en que no son exactos, no corrigen los errores que se presentan, su desempeño depende de la calibración inicial.

### 1.6.2 Sistemas de Control de Lazo Cerrado (Feedback)

Un sistema de control de lazo cerrado, es aquel en donde la señal de salida o parte de la señal de salida es realimentada y tomada como una señal de entrada al controlador. Existen dos tipos:

1.6.2.1 *Realimentación Positiva*: Es aquella en donde la señal realimentada se suma a la señal entrada. Se conoce también como regenerativa, no se aplica en el campo de control de procesos industriales. Un ejemplo es el caso de los osciladores. Se representa a través del siguiente diagrama de bloques:

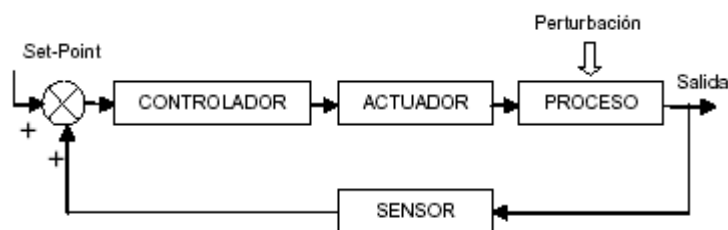


Figura 1.5 Realimentación positiva

1.6.2.2 *Realimentación Negativa*: Es aquella en donde la señal realimentada, se resta de la señal de entrada, generando un error, el cual debe ser corregido. Este es el caso común utilizado en el campo del control de procesos industriales. Se representa a través del siguiente diagrama de bloques:

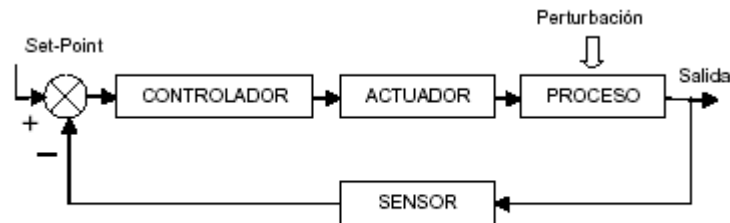


Figura 1.6 Realimentación negativa

## 1.7 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control pueden ser clasificados, basándose en varios criterios, así pues, podemos tener las siguientes clasificaciones:

### 1.7.1 Según su dimensión:

- ✓ *Sistemas de parámetros concentrados*: Son aquellos que pueden ser descritos por ecuaciones diferenciales ordinarias.
- ✓ *Sistemas de parámetros distribuidos*: Son aquellos que requieren ecuaciones en diferencia (ecuaciones diferenciales con derivadas parciales).

### 1.7.2 Según el conocimiento de sus parámetros:

- ✓ *Sistemas determinísticos*: En estos sistemas se conocen exactamente el valor que corresponde a los parámetros.
- ✓ *Sistemas estocásticos*: En este caso, la forma de conocer algunos o todos los valores de los parámetros, es por medio de métodos probabilísticas.

### **1.7.3 Según el carácter de transmisión en el tiempo:**

- ✓ *Sistemas continuos:* Son aquellos descritos mediante ecuaciones diferenciales, donde las variables poseen un valor para todo tiempo posible dentro de un intervalo de tiempo finito.
- ✓ *Sistemas discretos:* Son aquellos descritos mediante ecuaciones en diferencia, y solo poseen valores para determinados instantes de tiempo, separados por intervalos dados por un período constante.

### **1.7.4 Según la presencia de linealidad:**

- ✓ *Sistemas lineales:* Son aquellos cuyo comportamiento está definido por medio de ecuaciones diferenciales lineales y deben cumplir con el principio de superposición.
- ✓ *Sistemas no lineales:* En caso de que una o más de las ecuaciones diferenciales no sea lineal, todo el sistema será no lineal.

### **1.7.5 Según el comportamiento en el tiempo:**

- ✓ *Sistemas invariantes en el tiempo:* Ocurre cuando todos sus parámetros son constantes, y por tanto se mantiene en un estado estacionario permanentemente.
- ✓ *Sistemas variantes en el tiempo:* Ocurre cuando uno o más de sus parámetros varía en el tiempo, y por lo tanto no se mantiene en estado estacionario.

## **1.8 CARACTERÍSTICAS DEL CONTROL**

El análisis de un sistema que se desea controlar, significa analizar su comportamiento dinámico en el tiempo, partiendo de sus características matemáticas se puede llegar a conclusiones respecto al funcionamiento del

sistema. Para conocer dicho funcionamiento se debe llegar a conclusiones puntuales respecto a las siguientes características:

1.8.1 ESTABILIDAD: Un sistema es estable cuando después de transcurrido un tiempo  $t$  (tiempo de establecimiento), su valor de respuesta permanece constante (valor en estado estable), el cual puede ser un valor oscilante dentro de un margen porcentual mínimo. Un sistema se considera inestable cuando su respuesta luego de transcurrido un tiempo  $t$  se mantiene oscilando. El siguiente gráfico muestra dos curvas, logradas luego de aplicar una entrada escalón unitario.

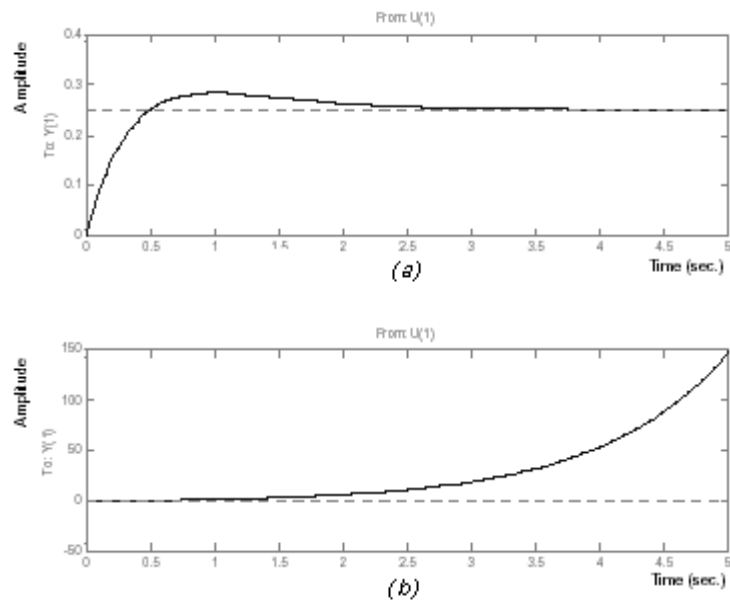


Figura 1.7 (a) Sistema estable (b) Sistema inestable

1.8.2 EXACTITUD: La exactitud se mide en base a la desviación existente entre el valor deseado y el valor en estado estable, a esta diferencia se le denomina error en estado estable.

1.8.3 ALCANZABILIDAD: Mediante un controlador se puede llevar este sistema desde un estado inicial hasta otro estado cualquiera, en un tiempo finito

1.8.4 CONTROLABILIDAD: Es posible llevar al sistema a una posición de equilibrio, al aplicar una entrada y transcurrido un período de tiempo finito.

1.8.5 OBSERVABILIDAD: Mediante la observación de la salida  $y$  es posible determinar cualquier estado  $x(t)$ , en un tiempo finito.

1.8.6 VELOCIDAD DE RESPUESTA: Indica que tan rápidamente es capaz de llegar el sistema, a su valor en estado estable o estacionario. La gráfica muestra los tipos de respuesta que se puede obtener en función de la velocidad de respuesta.

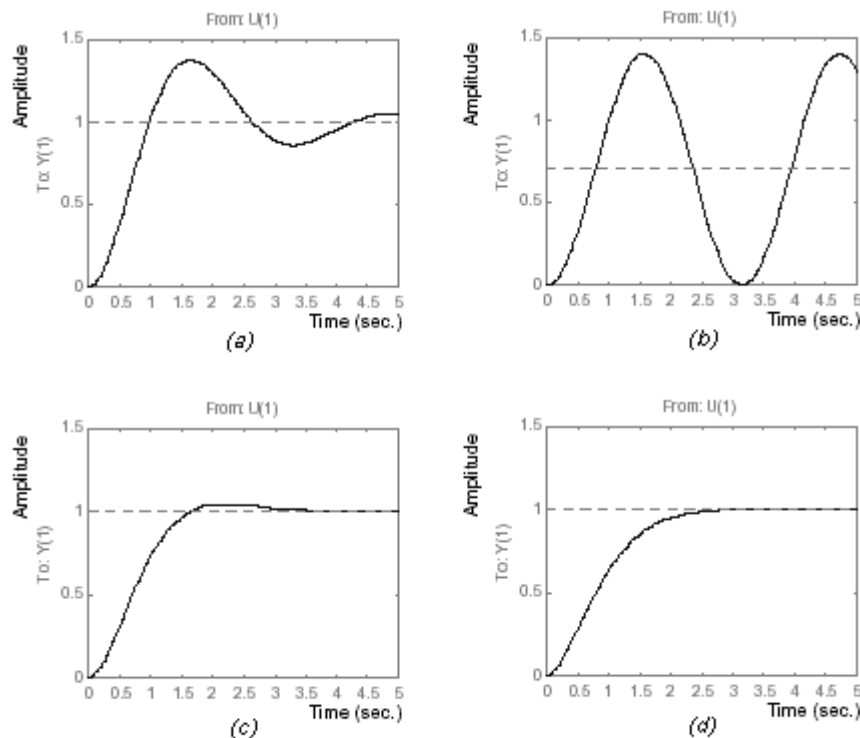


Figura 1.8 (a)Respuesta subamortiguada (b)Respuesta oscilatoria (c)Respuesta críticamente amortiguada (d)Respuesta sobre amortiguada

1.8.7 SENSIBILIDAD: Este concepto explica la dependencia de unas variables con respecto a otras, puesto que en un sistema habrá algunas variables manipuladas, otras controladas, y otras perturbadoras, es inevitable que la acción de una repercuta sobre las otras.

## 1.9 MÉTODOS DE CONTROL

Hay varios métodos dentro de los sistemas de control, atendiendo a su naturaleza son analógicos, digitales o mixtos; atendiendo a su estructura puede ser control clásico o control moderno; atendiendo a su diseño pueden ser por lógica difusa, redes neuronales.

### 1.9.1 Métodos de Control Clásico

Los métodos de control clásico son aquellos que esperan a que se produzca un error para luego realizar una acción correctiva. Este error está presente en todo momento, y la finalidad es minimizarlo. Los métodos de control clásico pueden ser:

1.9.1.1 CONTROL ON-OFF: Es el más básico de los sistemas de control. Estos envían una señal de activación ("Sí" o "1") cuando la entrada de señal es menor que un nivel de referencia definido previamente y desactiva la señal de salida ("No" o "0") cuando la señal de entrada es mayor que la señal de referencia, por ejemplo, en el alumbrado público.

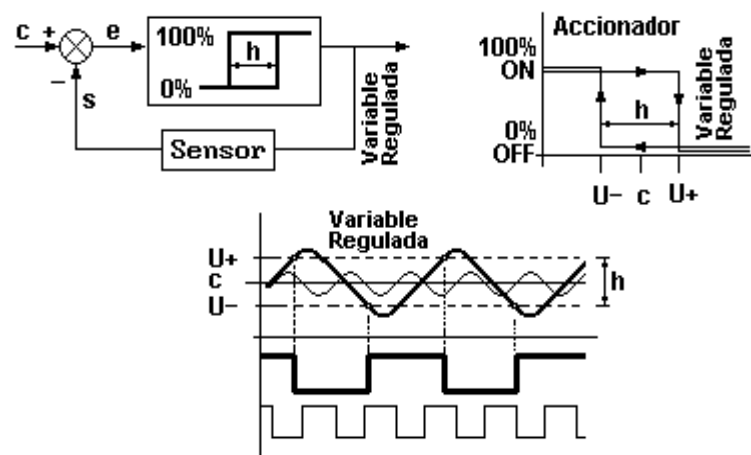


Figura 1.9 Control on/off

1.9.1.2 CONTROL PROPORCIONAL (P): En este sistema la amplitud de la señal de entrada al sistema afecta directamente la salida, ya no es solamente un nivel pre-destinado sino toda la gama de niveles de entrada. No corrige ni elimina perturbaciones, puede atenuar o aumentar la señal de error. Se representa a través

del parámetro  $K_p$  y define la fuerza o potencia con que el controlador reacciona frente a un error. Algunos sistemas automáticos de iluminación utilizan un sistema P para determinar con que intensidad encender lámparas dependiendo directamente de la luminosidad ambiental.

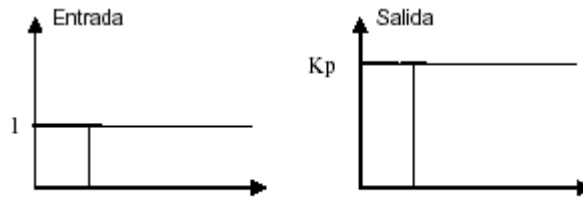


Figura 1.10 Control proporcional

1.9.1.3 CONTROL INTEGRAL (I): Conocido como *reset*. Este tipo de controlador anula errores y corrige perturbaciones, mediante la búsqueda de la señal de referencia, necesita de un tiempo  $T_i$  para localizar dicha señal. Se representa mediante el término  $K_i$  que es el coeficiente de acción integral y es igual a  $1/T_i$ .

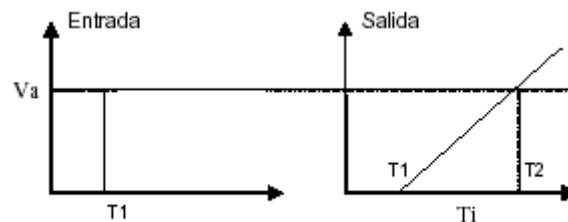


Figura 1.11 Control integral

1.9.1.4 CONTROL DERIVATIVO (D): Conocido como *rate*. Este controlador por sí solo no es utilizado, necesita estar junto al proporcional y al integral. Sirve para darle rapidez o aceleración a la acción de control. Necesita de una diferencial de tiempo  $T_d$  para alcanzar la señal de referencia, se representa mediante el término  $K_d$  que es el coeficiente de acción derivativa y es igual a  $1/T_d$ .



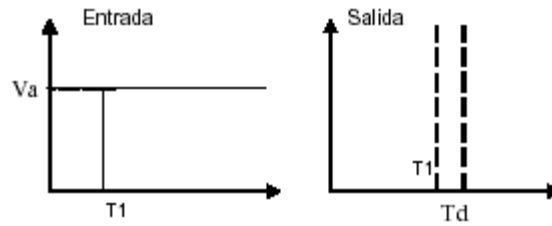


Figura1.12 Control derivativo

1.9.1.5 CONTROL PROPORCIONAL-INTEGRAL (PI): Actúa en forma rápida, tiene una ganancia y corrige el error, no experimenta un *offset* en estado estacionario. La aplicación típica es en el control de temperatura.

$$Kp + \frac{1}{sTi}$$

Figura 1.13 Control PI su función de transferencia

1.9.1.6 CONTROL PROPORCIONAL-DERIVATIVO (PD): Es estable, y reduce los retardos, es decir es más rápido. En este sistema, la velocidad de cambio de la señal de entrada se utiliza para determinar el factor de amplificación, calculando la derivada de la señal. Es usado típicamente para el control de flujo de minerales.

$$Kp + sTd$$

Figura 1.14 Control PD su función de transferencia

1.9.1.7 CONTROLADOR PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO (PID): Este controlador es el más completo y complejo, tiene una respuesta más rápida y estable siempre que este bien sintonizado. Resumiendo se puede decir que:

- ✓ El control proporcional actúa sobre el tamaño del error.
- ✓ El control integral rige el tiempo para corregir el error
- ✓ El control derivativo le brinda la rapidez a la actuación.

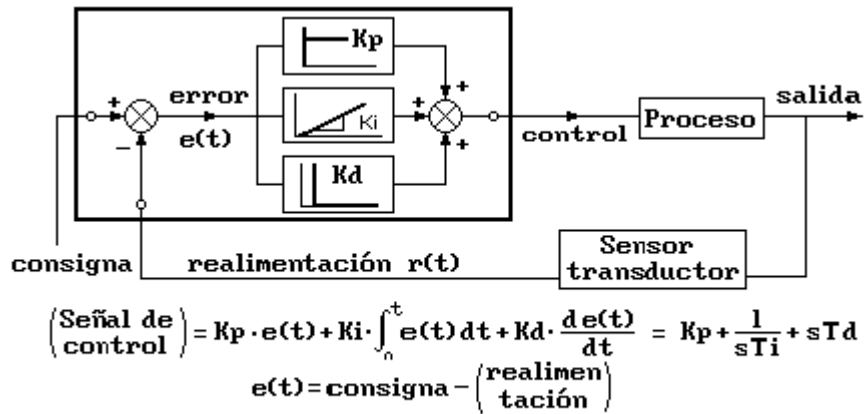


Figura 1.15 Control PID su función de transferencia

## 1.9.2 Métodos de Control Moderno

Los métodos de control moderno brindan nuevas técnicas que permiten ya sea compensar el error y/o eliminarlo. Los métodos más comunes de control moderno pueden ser:

1.9.2.1 CONTROL ANTICIPATORIO (*Feedforward*): Permite al controlador analizar los datos de entrada y de salida y mediante algoritmos matemáticos calculará la próxima salida probable, de modo tal que auto ajusta sus parámetros con la finalidad de adecuarse al cambio, y minimizar la diferencia de medidas.

1.9.2.2 COMPENSADORES ADELANTO ATRASO: Permite realizar un control en el dominio de la frecuencia, en el cual se busca compensar la fase del sistema, agregando (adelanto) o quitando (atraso) fase, para lo cual se agrega nuevos componentes o nuevas funciones matemáticas al sistema.

1.9.2.3 REALIMENTACIÓN DE ESTADOS: Permite ejercer una acción de control mediante el sensado de cada uno de los estados (del modelo en espacio estado del sistema), atribuyéndole una ganancia a cada uno de los valores leídos, de este modo el lazo de control es cerrado por medio del compensador o controlador de estados y no por el sensor.

### **1.9.3 Métodos de Control por su Diseño**

Además atendiendo a su diseño también se puede tener:

1.9.3.1 REDES NEURONALES: Este sistema modela el proceso de aprendizaje del cerebro humano para aprender a controlar la señal de salida.

1.9.3.2 CONTROL DIFUSO: Otro tipo de control que está ganando adeptos es el control por lógica difusa (*fuzzy control*). Se trata de un control que se basa en la experiencia adquirida y actuar como lo haría una persona, es decir, con reglas empíricas. Este tipo de control no lineal está dando muy buenos resultados en procesos no lineales y de difícil modelización.

### **1.10 VENTAJAS DEL SISTEMA DE CONTROL**

Algunas de la muchas ventajas de un sistema control, ya muy difundido, son las siguientes:

- ✓ Aumento en la cantidad o número de productos.
- ✓ Mejora de la calidad de los productos.
- ✓ Economía de materiales.
- ✓ Economía de energía o potencia.
- ✓ Economía de equipos industriales.
- ✓ Reducción de inversión de mano de obra en tareas no especializadas.

## **CAPÍTULO II**

### **SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MÓVILES**

#### **2.1 INICIOS**

Los primeros trabajos con GSM los inició en 1982 un grupo dentro del Instituto Europeo de Normas de Comunicaciones (ETSI, European Telecommunications Standards Institute). Originalmente, este organismo se llamaba Groupe Sociale Mobile, lo que dio pie al acrónimo GSM.

El objetivo de este proyecto era poner fin a la incompatibilidad de sistemas en el área de las comunicaciones móviles y crear una estructura de sistemas de comunicaciones a nivel europeo.

GSM se diseñó para incluir una amplia variedad de servicios que incluyen transmisiones de voz y servicios de manejo de mensajes entre unidades móviles o cualquier otra unidad portátil.

GSM (Global System for Mobile Communication) es un sistema de comunicaciones móviles que ofrece los siguientes servicios:

- ✓ Transmisión/recepción de voz.
- ✓ Transmisión/recepción de datos.
- ✓ Envío/recepción de mensajes cortos (Short Message Service, SMS).

#### **2.2 TECNOLOGÍA GSM**

GSM es una tecnología digital inalámbrica de segunda generación (2G) que presta servicios de voz de alta calidad, así como servicios de datos conmutados por circuitos en una amplia gama de bandas de espectro, entre las cuales se encuentran las de 450, 850, 900, 1800 y 1900 MHz.

La tecnología GSM para el envío de datos inalámbricos desde cualquier lugar y en cualquier momento presenta las características siguientes:

- ✓ Velocidad de transferencia de datos: Máximo 9,6 Kbps.
- ✓ Tiempo de establecimiento de conexión: De 15 a 30 segundos
- ✓ Modelo tarifario: Pago por tiempo de conexión
- ✓ GSM tiene como característica principal el uso de un Chip Inteligente (o SIM Card) que contiene toda la información telefónica personal (agenda, directorios, mensajes) y del equipo (número telefónico, operador y región celular) lo que permite la posibilidad de cambiar de equipo fácilmente ya sea por necesidad o por gusto, dado que al cambiar el Chip Inteligente de un teléfono a otro, se transfiere la información que éste contiene.

### **2.3 VENTAJAS GSM**

GSM es el sistema global para comunicaciones móviles que ofrece las siguientes ventajas:

- ✓ Cobertura a nivel Mundial.
- ✓ Servicios Innovadores.
- ✓ Portabilidad de los datos en una SIM Card.
- ✓ Amplia cantidad de dispositivos.
- ✓ Nitidez y claridad de Voz.
- ✓ Seguridad.

## 2.4 COMPONENTES DE GSM

Los componentes principales GSM son:

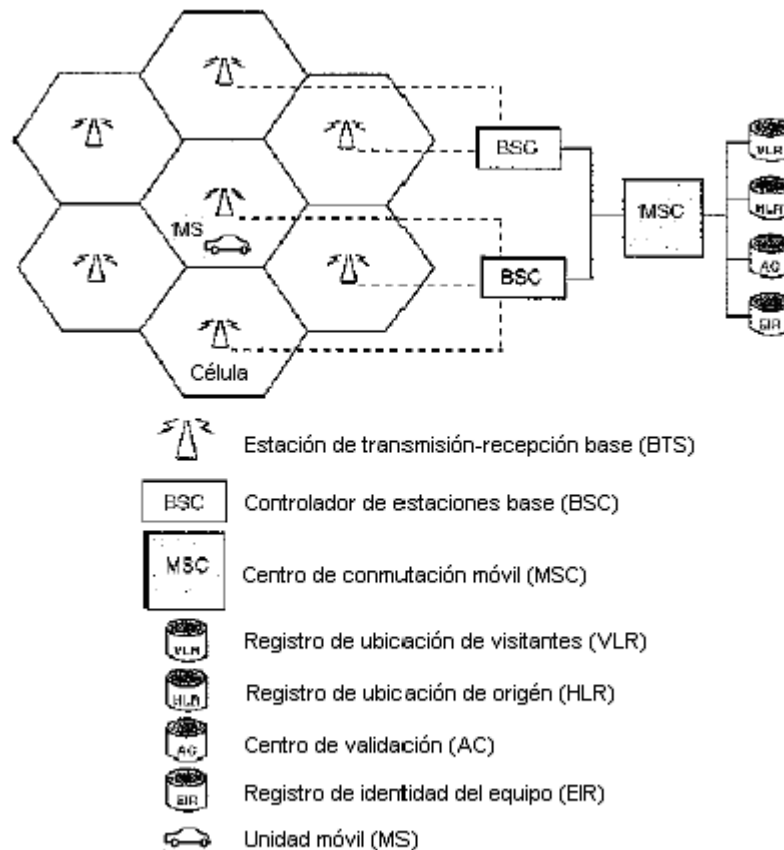


Figura 2.1 Esquema de componentes GSM

2.4.1 *El centro de conmutación móvil (MSC, Mobile Switching Center), es el corazón de todo sistema GSM y se encarga de establecer, gestionar y despejar conexiones, así como de enrutar las llamadas a la célula correcta. El MSC proporciona la interfaz con el sistema telefónico y presta servicios de determinación de cargos y contabilidad.*

2.4.2 *La célula, cuyo tamaño es de aproximadamente 35 Km*

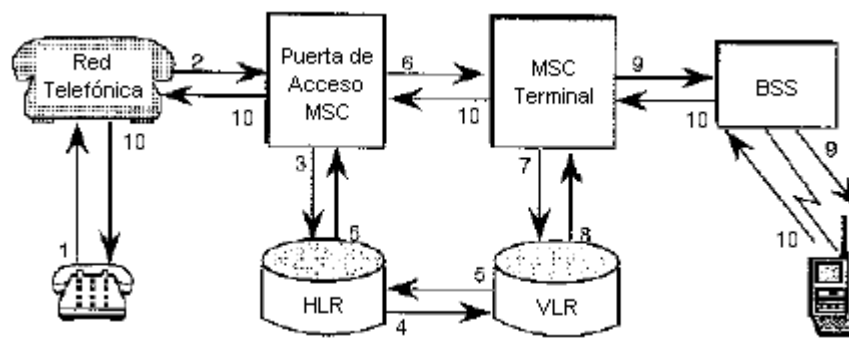
2.4.3 *La unidad móvil (MS, Mobile Station), es el dispositivo para el usuario final (teléfono celular), la cual soporta el uso de comunicaciones de voz y datos, así como servicios de mensajes cortos.*

- 2.4.4 *El controlador de estaciones base (BSC, Base Station Controller)*, es un elemento nuevo introducido por GSM. Se encarga de las operaciones de transferencia de control de las llamadas y también de controlar las señales de potencia entre las BTS y las MS, con lo cual releva al centro de conmutación de varias tareas.
- 2.4.5 *La estación de transmisión-recepción base (BTS, Base Transceiver Station)*, establece la interfaz a la unidad móvil. Está bajo el control del BSC.
- 2.4.6 *El registro de ubicación de origen (HLR, Home Location Register)*, es una base de datos que proporciona información sobre el usuario, su base de suscripción de origen y los servicios suplementarios que se le proveen.
- 2.4.7 *El registro de ubicación de visitante (VLR, Visitor Location Register)*, es también una base de datos que contiene información sobre la situación de encendido/apagado de las estaciones móviles y si se han activado o desactivado cualesquiera de los servicios suplementarios.
- 2.4.8 *El centro de validación (AC o AUC, Authentication Center)*, que sirve para proteger a cada suscriptor contra un acceso no autorizado o contra el uso de un número de suscripción por personas no autorizadas; opera en relación estrecha con el HLR.
- 2.4.9 *El registro de identidad del equipo (EIR, Equipment Identity Register)*, que sirve para registrar el tipo de equipo que existe en la estación móvil y también puede desempeñar funciones de seguridad como bloqueo de llamadas que se ha determinado que emanan de estaciones móviles robadas, así como evitar que ciertas estaciones que no han sido aprobadas por el proveedor de la red usen ésta.

## **2.5 ENRUTAMIENTO DE LLAMADAS**

En la figura 2.2 se muestra un ejemplo de enrutamiento de llamadas GSM. En el paso 1, un usuario de teléfono llama a la unidad móvil a través de la red telefónica

pública. La llamada se enruta a un MSC de puerta (paso 2), el cual examina los dígitos marcados y determina que no puede enrutar la llamada más lejos; por tanto, en el paso 3, interroga el registro de ubicación de origen (HLR) del usuario llamado a través del SS7 TCAP (transation capabilities application part). El HLR interroga el registro de ubicación de visitante (VLR) que actualmente está dando servicio al usuario (paso 4). En el paso 5, el VLR devuelve un número de enrutamiento al HLR, que lo devuelve al MSC de puerta. Con base en este número de enrutamiento, el MSC de puerta enruta la llamada al MSC terminal (paso 6). El MSC terminal consulta entonces el VLR para comparar la llamada entrante con la identidad del suscriptor receptor (pasos 7 y 8). En el paso 9, la BSS recibe una solicitud de notificación del MSC terminal y envía una señal de notificación. Cuando la señal de usuario regresa, la llamada se completa (paso 10).



- 1 = Se hace una llamada a la unidad móvil
- 2 = La red telefónica reconoce el número y se lo da a la puerta de acceso MSC
- 3 = El MSC no puede enrutar más lejos; interroga al HLR del usuario
- 4 = Interroga al VLR que sirve actualmente al usuario (solicitud de número de "roaming")
- 5 = Número de enrutamiento devuelto al HLR y luego a la puerta de acceso MSC
- 6 = Llamada enrutada al MSC terminal
- 7 = El MSC pide al VLR correlacionar la llamada con el suscriptor
- 8 = El VLR hace lo que se le pide
- 9 = Se envía señal a la unidad móvil
- 10 = La unidad móvil responde; los MSC transportan la información de vuelta al teléfono

Figura 2.2 Enrutamiento de llamadas GSM

## 2.6 ACTUALIZACIÓN DE UBICACIÓN

La figura 2.3 muestra un ejemplo de cómo un suscriptor puede vagar de una célula a otra y de cómo el sistema sigue la posta de dicho suscriptor. Cuando una estación móvil cruza una frontera de una célula, la unidad móvil envía



automáticamente su solicitud de actualización de ubicación (que también contiene su identificación) a la BSS. El mensaje se enruta al MSC de la nueva célula, que examina su VLR (VLR nueva en la figura 2.3). Si la VLR nueva no tiene información acerca de la identidad del mensaje para este usuario (porque el usuario llegó hace poco a esta área), envía un mensaje de solicitud de actualización de ubicación al registro de ubicación de origen del usuario (suceso 2). Este mensaje incluya la identidad del usuario así como la identidad del VLR que está enviando el mensaje. En el suceso 3, el HLR almacena la nueva ubicación que está enviando el mensaje. En el suceso 3, el HLR almacena la nueva ubicación del suscriptor como VLR nuevo y luego carga línea abajo la base de datos de suscripción del usuario en el nuevo VLR. Al recibir esta información, el nuevo VLR envía el acuse de recibo de la actualización de ubicación a través del nuevo MSC a la BSS y de vuelta al usuario móvil originador (suceso 4). Por último, en el suceso 5, el HLR envía un mensaje de cancelación de ubicación al VLR viejo para borrar los datos del suscriptor de su base de datos.

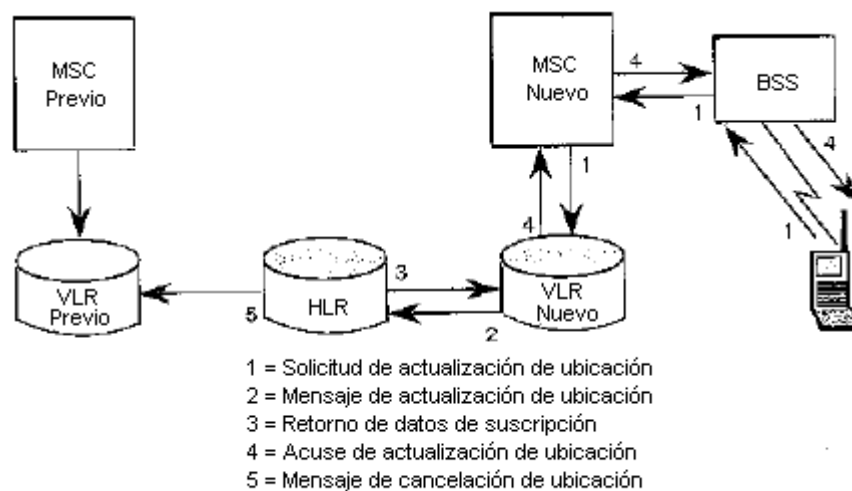


Figura 2.3 Actualización de ubicación

Importante, sólo un VLR a la vez debe conocer al suscriptor móvil. Cuando el suscriptor se ha movido, es necesario actualizar el VLR.

## 2.7 ARQUITECTURA DE RED GSM

La arquitectura de la red GSM es compleja y dispone de más elementos que los presentados en la siguiente figura. El objetivo es describir el servicio SMS a nivel de aplicación, sin entrar en demasiados detalles de la red subyacente.

La arquitectura GSM está constituida por tres partes:

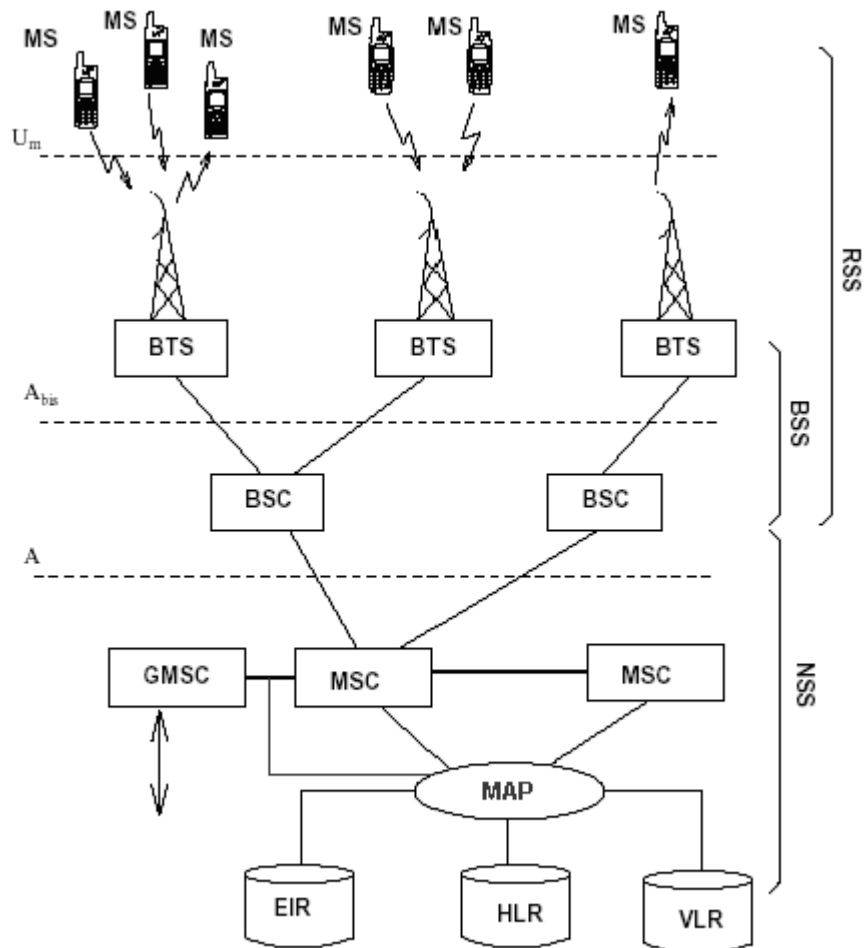


Figura 2.4 Arquitectura de red GSM

2.7.1 SUBSISTEMA RADIO (RSS): Cubre la comunicación entre las estaciones móviles (MS) y las estaciones base (BS). La interfaz de radio entre ellas se denomina  $U_m$ . La interfaz de radio  $U_m$ , por su trascendental importancia se la describe posteriormente.

2.7.2 SUBSISTEMA DE ESTACIONES BASE (BSS): Incluido dentro de la parte de radio, está constituido por los siguientes elementos:

- a. *BTS*: emisor, receptor y antena. Procesa los canales de radio (Interfaz *Um*).
- b. *BSC*: handover, control de las *BTS*, mapeo de canales radio sobre los canales terrestres. Por un lado se comunica con las *BTS* a través de una interfaz con canales de 16kbps/s (***Abis***) y por otro lado se comunica con los *MSC* a través de la interfaz ***A***, con canales de 64kbps/s.

La segunda interfaz llamada ***Abis***, definen las operaciones entre el *BSC* y la *BTS*. Este subsistema hace de interfaz entre la parte radio y la de red.

2.7.3 SUBSISTEMA DE RED Y CONMUTACIÓN (NSS): Conmutación, gestión de la movilidad, interconexión con otras redes y control del sistema. La interfaz de aplicación móvil, ***MAP*** (Mobile Application Part) define las operaciones entre el *MSC* y la red telefónica, así como el *MSC*, el *HLR*, el *VLR* y el *EIR*. *MAP* se implementa encima de *SS7*. La interfaz ***A***, un lado se ocupa de las operaciones de *MSC*, *HLR* y *VLR*, y el otro lado de ella se encarga de las operaciones de *BSC* y de radio. Esta es la parte más compleja, siendo sus elementos fundamentales los siguientes:

- a. *MSC*, centro de conmutación entre otras muchas funciones.
- b. *GMSC* (*Gateway Mobile Services Switching Center*), conexión con otras redes.
- c. *Bases de datos*: *HLR*, *VLR*, *EIR* y *AC*.

## 2.8 INTERFAZ DE RADIO (*Um*)

Para la transmisión de “bits” entre la estación base y una estación móvil se utilizan canales físicos, caracterizados por un número de slot y una portadora. Dentro de cada portadora se multiplexan en el tiempo 8 ranuras, formando una trama TDMA.

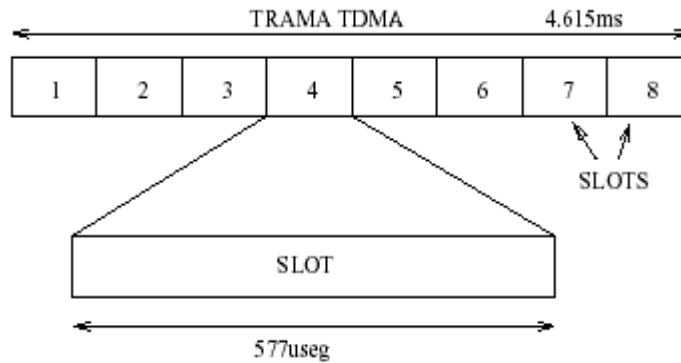


Figura 2.5 Tramas TDMA y slots

A un nivel superior, los canales físicos se dividen en:

- ✓ Canales de tráfico: Llevan la voz y/o los datos.
- ✓ Canales de Control: señalización y señales de control.

Los canales de tráfico pueden ser de 2.4, 4.8 ó 9.6Kb/s. Para el servicio SMS se utilizan canales de control.

Un canal de radio es un medio extraordinariamente hostil para establecer y mantener comunicaciones fiables.

### 2.8.1 Acceso a Sistemas Truncados

Si el número de canales disponibles para todos los usuarios de un sistema de radio es menor que el número de posibles usuarios, entonces a ese sistema se le llama sistema de radio truncado. El truncamiento es el proceso por el cual los usuarios participan de un determinado número de canales de forma ordenada. El acceso se garantiza dividiendo el sistema en uno o más de sus dominios: frecuencia, tiempo, espacio o codificación.

2.8.1.1 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN FRECUENCIA, FDMA: (Frequency Division Multiple Access) con FDMA, se asigna a los usuarios un canal de un conjunto limitado de canales ordenados en el dominio de la frecuencia. Cuando hay más usuarios que el suministro de canales de frecuencia

puede soportar, se bloquea el acceso de los usuarios al sistema. Una característica importante de los sistemas FDMA es que una vez que se asigna una frecuencia a un usuario, ésta es usada exclusivamente por ese usuario hasta que éste no necesite el recurso.

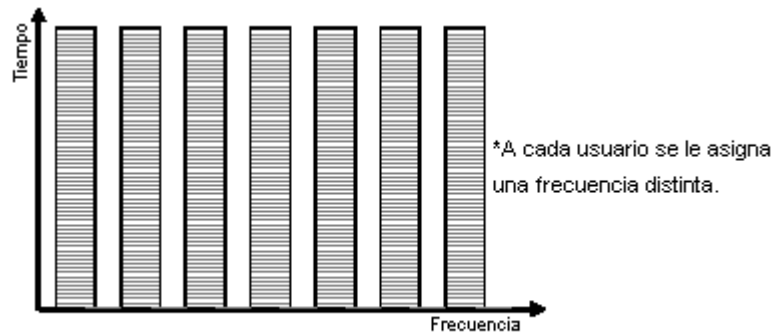


Figura 2.6 Acceso múltiple por división de frecuencia

2.8.1.2 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN TIEMPO, TDMA: (Time Division Multiple Access) es común en los sistemas de telefonía fija. Aunque no hay ningún requerimiento técnico para ello, los sistemas celulares, que emplean técnicas TDMA, siempre usan TDMA sobre una estructura FDMA. Un sistema puro TDMA tendría sólo una frecuencia de operación, y no sería un sistema útil. En los sistemas modernos celulares y digitales, TDMA implica el uso de técnicas de compresión de voz digitales, que permite a múltiples usuarios compartir un canal común utilizando un orden temporal. Los usuarios comparten un canal físico, donde están asignados unos slots de tiempo, que se repite dentro de un grupo de slots que se llama trama. Un slot GSM es de  $577 \mu\text{s}$  y cada usuario tiene uso del canal (mediante su slot) cada  $4.615 \text{ ms}$  ( $577 \mu\text{s} * 8 = 4.615 \text{ ms}$ ).

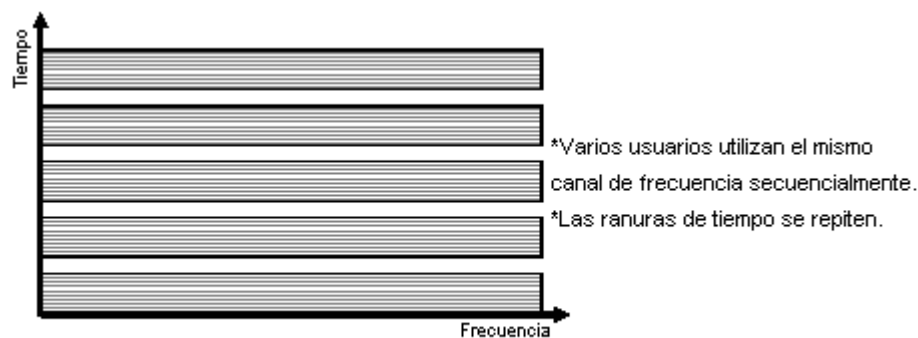


Figura 2.7 Acceso múltiple por división de tiempo

2.8.1.3 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DEL ESPACIO, SDMA: (Space Division Multiple Access) se usa en todos los sistemas celulares, analógicos o digitales. Por tanto, los sistemas celulares se diferencian de otros sistemas de radio truncados solamente porque emplean SDMA. Los sistemas de radio celulares, permiten el acceso a un canal de radio, siendo éste reutilizado en otras celdas dentro del sistema.

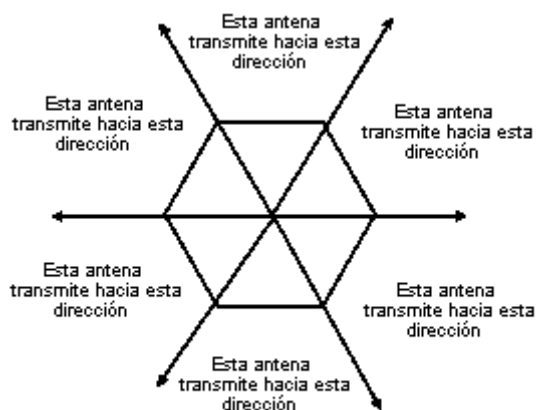


Figura 2.8 Acceso múltiple por división de espacio

2.8.1.4 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO, CDMA: (Code Division Multiple Access) usa un solo espectro de ancho de banda (no rebanadas de ancho de banda) para todos los usuarios de la célula. CDMA transmite las señales de todos los usuarios por el canal al mismo tiempo, lo que permite a las señales de los usuarios “interferir” unas con otras. Al igual que en TDMA, la conversación analógica se codifica en señales digitales, pero, a diferencia de TDMA, a cada conversación se le asigna un código único. La señal codificada puede extraerse en el receptor empleando un código complementario.

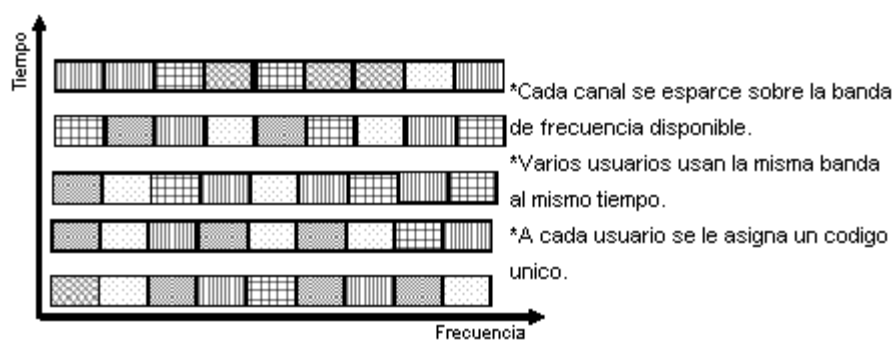


Figura 2.9 Acceso múltiple por división de código

2.8.1.5 ACCESO MÚLTIPLE POR SALTOS DE FRECUENCIA, FHMA: (Frequency Hop Multiple Access) es un sistema de acceso múltiple digital, en el cual, las frecuencias de las portadoras de los usuarios individuales se varían de forma pseudoaleatoria dentro de un canal de banda ancha. Los datos digitales se dividen en ráfagas de tamaño uniforme que se transmiten sobre diferentes portadoras.

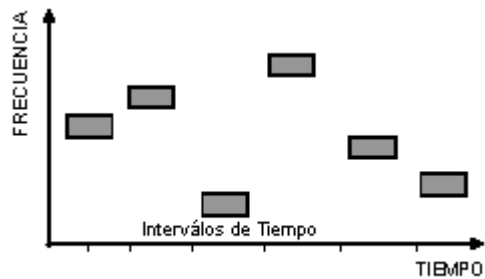


Figura 2.10 Salto de frecuencias

2.8.1.6 OPERACIONES DÚPLEX: Excepto en situaciones especiales, la información vía radio se mueve en modo dúplex, que significa que para cada transmisión en una dirección, se espera una respuesta, y entonces se responde en la otra dirección. Hay dos formas principales de establecer canales de comunicaciones dúplex:

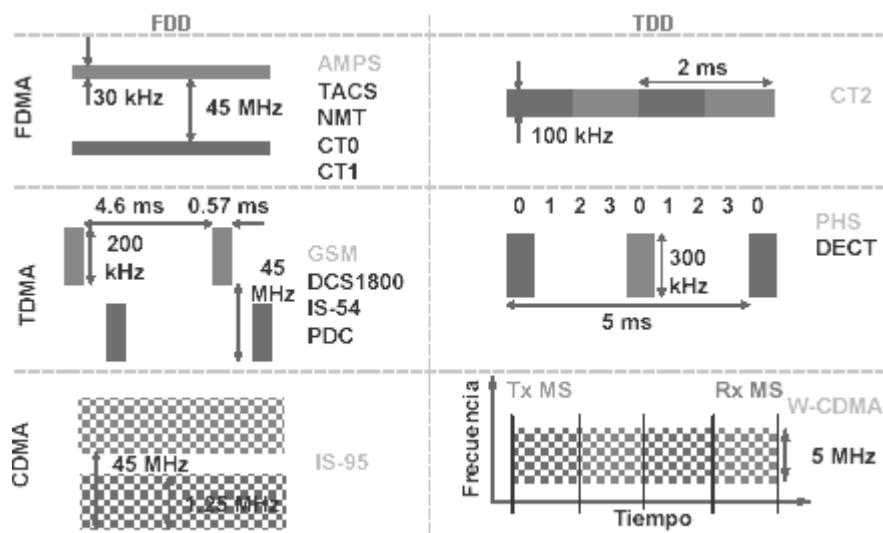


Figura 2.11 Acceso múltiple y duplexión

2.8.1.6.1 *Dúplex por división en Frecuencia (FDD)*: Debido a que es difícil y muy caro construir un sistema de radio que pueda transmitir y

recibir señales al mismo tiempo y por la misma frecuencia, es común definir un canal de frecuencia con dos frecuencias de operación separadas, una para el transmisor y otra para el receptor. Todo lo que se necesita es añadir filtros en los caminos del transmisor y del receptor que mantengan la energía del transmisor fuera de la entrada del receptor. Los sistemas de filtrado se llaman duplexores y nos permiten usar el canal (par de frecuencias) en el modo full-duplex; es decir, el usuario puede hablar y escuchar al mismo tiempo.

2.8.1.6.2 *Dúplex por División en el Tiempo (TDD)*: Muchos sistemas de radio móviles, como los sistemas de seguridad públicos, no requieren la operación full-dúplex. En estos sistemas se puede transmitir y recibir en la misma frecuencia pero no en el mismo tiempo. Esta clase de dúplex se llama half-dúplex, y es necesario que un usuario de una indicación de que ha terminado de hablar, y está preparado para recibir respuesta de otro usuario.

## **2.8.2 Frecuencias y Canales Lógicos**

GSM utiliza dos bandas de 25 MHz para transmitir y para recibir (FDD). La banda de 890 - 915 MHz se usa para las transmisiones desde la MS hasta el BTS ("uplink") y la banda de 935 - 960 MHz se usa para las transmisiones entre el BTS y la MS ("downlink"). GSM usa FDD y una combinación de TDMA y FHMA para proporcionar a las estaciones base y a los usuarios un acceso múltiple.

Las bandas de frecuencias superiores e inferiores se dividen en canales de 200 KHz llamados ARFCN ("Absolute Radio Frequency Channel Number" ó Números de Canales de Radio Frecuencia Absolutos). El ARFCN denota un par de canales "uplink" y "downlink" separados por 45 MHz y cada canal es compartido en el tiempo por hasta 8 usuarios usando TDMA.



Cada canal físico en un sistema GSM se puede proyectar en diferentes canales lógicos en diferentes tiempos. Es decir, cada slot de tiempo específico o trama debe estar dedicado a manipular el tráfico de datos (voz, teletexto), o a señalar datos (desde el MSC, la estación base o la MS). Las especificaciones GSM definen una gran variedad de canales lógicos que pueden ser usados para enlazar la capa física con la capa de datos dentro de las capas de la red GSM. Estos canales lógicos transmiten eficientemente los datos de usuario, a parte de proporcionar el control de la red en cada ARFCN. Los canales lógicos se pueden separar en dos categorías principalmente:

2.8.2.1 *Los Canales de Tráfico (TCH)*: Los TCHs llevan voz codificada digitalmente o datos y tienen funciones idénticas y formatos tanto para el "downlink" como para el "uplink". Se definen en GSM dos formas generales de canales de tráfico:

2.8.2.1.1 Canal de Tráfico a Velocidad Completa (TCH/F). Este canal transporta información a una velocidad de 22.8 kbps.

2.8.2.1.2 Canal de Tráfico a Velocidad Mitad (TCH/H). Este canal transporta información a una velocidad de 11.4 kbps.

2.8.2.2 *Los Canales de Control*: Los canales de control llevan comandos de señalización y control entre la estación base y la estación móvil. Se definen ciertos tipos de canales de control exclusivos para el uplink o para el downlink. Se definen tres categorías de canales de control:

2.8.2.2.1 Difusión ("broadcast" ó BCH). El BCH sirve como un canal guía para cualquier móvil cercano que lo identifique y se enganche a él.

2.8.2.2.2 Comunes (CCCH). Los CCCHs son los más comunes dentro de los canales de control y se usan para buscar a los abonados, asignar canales de señalización a los usuarios, y recibir contestaciones de los móviles para el servicio.

2.8.2.2.3 Dedicados (DCCH): Los DCCH se usan para proporcionar servicios de señalización requeridos por los usuarios.

## 2.9 SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS)

El Short Message Service (SMS) es la capacidad de enviar y recibir mensajes de texto a/y desde teléfonos móviles. El texto se puede componer de letras, o números o una combinación de ellos. Los SMS se crearon cuando se incorporaron al estándar GSM. El primer mensaje corto se envió en Diciembre de 1992 desde un Personal Computer (PC) a un teléfono móvil de Vodafone GSM del Reino Unido.

El servicio SMS permite transferir un mensaje de texto entre una estación móvil (MS) y otra entidad (SME) a través de un centro de servicio (SC). El texto puede estar compuesto de palabras, números o una combinación alfanumérica. Cada mensaje puede tener hasta 160 caracteres cuando se usa el alfabeto latino, y 70 caracteres al usar otro alfabeto como el árabe o el chino.

El servicio final ofrecido es una comunicación extremo-extremo entre la estación móvil (MS) y la entidad (SME). La entidad puede ser otra estación móvil o puede estar situado en una red fija.

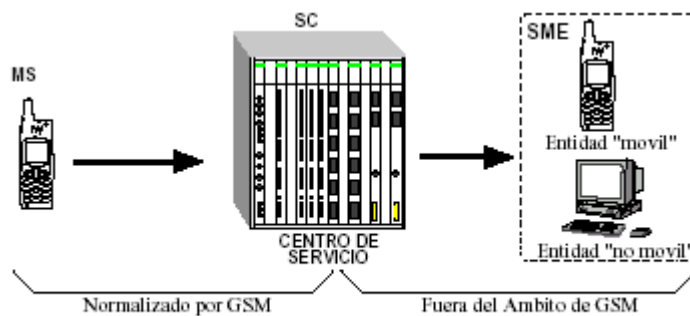


Figura 2.12 Servicio SMS

En la norma GSM sólo se especifica la parte de comunicaciones entre las estaciones móviles (MS) y el Centro de servicio. La comunicación entre el Centro de Servicio y las entidades fijas, queda fuera del ámbito de esta norma.

### 2.9.1 Características

Los mensajes cortos no se envían directamente del remitente al receptor, sino que se envían a través de un centro de SMS (uno o más por cada red telefonía móvil). El servicio de mensajes cortos se caracteriza por la confirmación de mensaje de salida, esto significa que el usuario que envía el mensaje, recibe posteriormente otro mensaje notificándole si su mensaje ha sido enviado o no. Los mensajes cortos se pueden enviar y recibir simultáneamente a la voz, datos y llamadas del fax, gracias a que mientras estos asumen el control de un canal de radio dedicado durante la llamada, los mensajes cortos viajan sobre un canal dedicado de señalización independiente de los de tráfico.

## 2.9.2 Servicio SMS

El servicio SMS se divide en dos servicios básicos:

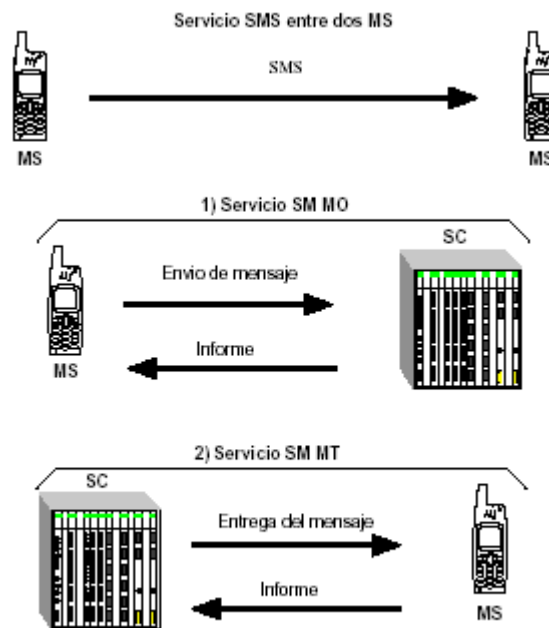


Figura 2.13 Servicios básicos SM MT y SM MO

- a. *SM MT (Short Message Mobile Terminated Point-to-Point)*. Servicio de entrega de un mensaje desde el SC hasta una MS, obteniéndose un informe sobre lo ocurrido.

- b. *SM MO (ShortMessageMobile Originated Point-to-Point)*. Servicio de envío de un mensaje desde una MS hasta un SC, obteniéndose un informe sobre lo ocurrido.

### 2.9.3 Elementos de Red y Arquitectura

La estructura básica de la red para el servicio SMS tiene las siguientes entidades involucradas:

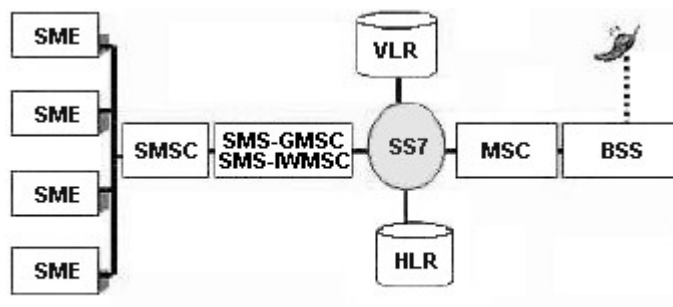


Figura 2.14 Arquitectura de la red SMS

- ✓ SME (Short Messaging Entity): Entidad que puede enviar o recibir mensajes cortos, pudiendo estar localizada en la red fija, una estación móvil, u otro centro de servicio.
- ✓ SMSC (Short Message Service Center): Es el responsable de la transmisión y almacenamiento del un mensaje corto, entre el SME y una estación móvil.
- ✓ SMS-GMSC, SMS-IWMSC (SMS-Gateway/Interworking MSC): Es un MSC capaz de recibir un mensaje corto de un SMSC, interrogando al HLR sobre la información de encaminamiento y enviando el mensaje corto al MSC visitado de la estación móvil receptora. El "SMS-Gateway/Interworking MSC" es un MSC capaz de recibir un mensaje corto de la red móvil y enviarlo hacia el SMSC apropiado. El SMS-GMSC/SMS-IWMSC está normalmente integrado en el SMSC.
- ✓ HLR: Es una base de datos usada para el almacenamiento permanente y gestión de los usuarios y el perfil del servicio. Sobre la interrogación del SMSC, el HLR le proporciona la información de encaminamiento para el

usuario indicado. El HLR, también informa al SMSC, el cual previamente inició un intento de envío de SMS fallido a una estación móvil específica, que ahora la estación móvil es reconocida por la red y es accesible.

- ✓ MSC: Lleva a cabo funciones de conmutación del sistema y el control de llamadas a y desde otro teléfono y sistema de datos.
- ✓ VLR: Es una base de datos que contiene información temporal de los usuarios. Esta información, la necesita el MSC para dar servicio a los usuarios de paso (que están de visita).
- ✓ BSS: Formada por el BSC y por BTS, su principal responsabilidad es transmitir el tráfico de voz y datos entre las estaciones móviles.
- ✓ MS: Terminal sin hilos (wireless) capaz de recibir y originar tanto mensajes cortos como llamadas de voz. La infraestructura de la red sin hilos está basada en SS7 (signaling system 7). El SMS hace uso del MAP, el cual define los métodos y mecanismos de comunicación en las redes sin hilos, y usa el servicio del SS7 TCAP (transation capabilities application part). Una capa del servicio SMS hace uso del MAP y permite la transferencia de mensajes cortos entre el par de entidades.

#### 2.9.4 Modelo de Capas

Para la descripción detallada de la arquitectura, se utiliza un modelo de capas, en el que cada capa o nivel proporciona un servicio a la capa superior, y este servicio se implementa mediante el protocolo correspondiente. La arquitectura se divide en 4 capas:

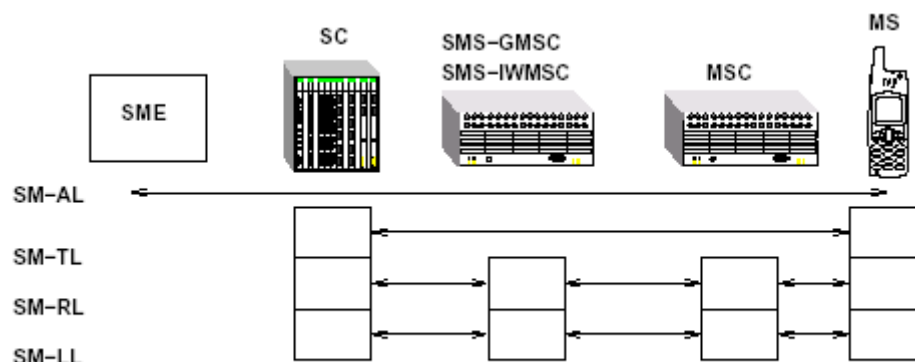


Figura 2.15 Modelo de capas y servicios para el envío de SMS

- ✓ *SM-AL (Short Message Application Layer)*: Nivel de aplicación.
- ✓ *SM-TL (Short Message Transfer Layer)*: Nivel de transferencia. Servicio de transferencia de un mensaje corto entre una MS y un SC (en ambos sentidos) y obtención de los correspondientes informes sobre el resultado de la transmisión. Este servicio hace abstracción de los detalles internos de la red, permitiendo que el nivel de aplicación pueda intercambiar mensajes.
- ✓ *SM-RL (Short Message Relay Layer)*: Nivel de repetición. Proporciona un servicio al nivel de transferencia que le permite enviar TPDU (Transfer Protocol Data Units) a su entidad gemela.
- ✓ *SM-LL (Short Message Lower Layers)*: Niveles inferiores.

#### **2.9.5 Nivel SM-TL y protocolo SM-TP**

Cada capa proporciona los servicios a la capa superior utilizando un protocolo. Se definen los protocolos SM-TP y SM-RP, que corresponden con las capas SM-RL y SM-TL. El nivel de interés es el SM-TL, que es el que se usará para enviar y recibir SMS. El servicio proporcionado por la capa SM-TL permite al nivel de aplicación enviar mensajes a su entidad gemela, recibir mensajes de ella así como obtener informes sobre el estado de transmisiones anteriores. Se utilizan las siguientes 6 PDUs:

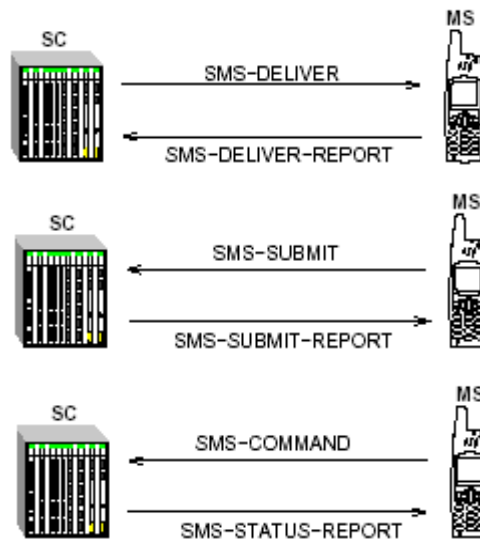


Figura 2.16 Las 6 PDUs del SM-TP

- ✓ SMS-DELIVER: Transmitir un mensaje desde el SC al MS.
- ✓ SMS-DELIVER-REPORT: Error en la entrega (si lo ha habido).
- ✓ SMS-SUBMIT: Transmitir un mensaje corto desde el MS al SC.
- ✓ SMS-SUBMIT-REPORT: Error en la transmisión (Si lo ha habido).
- ✓ SMS-STATUS-REPORT: Transmitir un informe de estado desde el SC al MS.
- ✓ SMS-COMMAND: Transmitir un comando desde el MS al SC

### 2.9.6 SMS-SUBMIT

La estructura de la PDU SMS-SUBMIT la componen los siguientes campos:

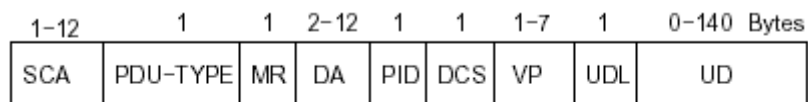


Figura 2.17 Trama SMS-SUBMIT

SCA: Número de teléfono del Centro de Servicio (SC). La estructura detallada consta de los siguientes campos:

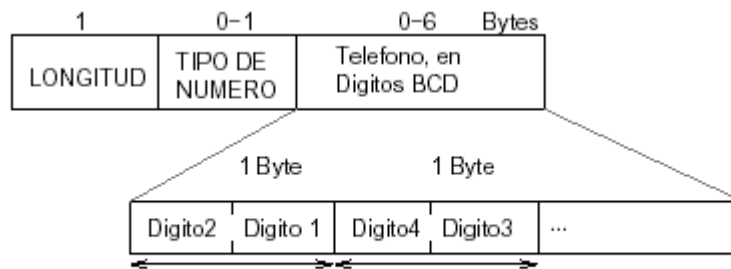


Figura 2.18 Detalle del campo SCA

- ✓ Longitud: Número de dígitos del teléfono del SC.
- ✓ Tipo de número: Indica si se trata de un número nacional o internacional:
  - 81h: Nacional
  - 91h: Internacional
- ✓ Dígitos BCD: Número de teléfono del SC, en dígitos BCD.

*PDU-TYPE*: Contiene información sobre el tipo de PDU. La estructura detallada consta de los siguientes campos:

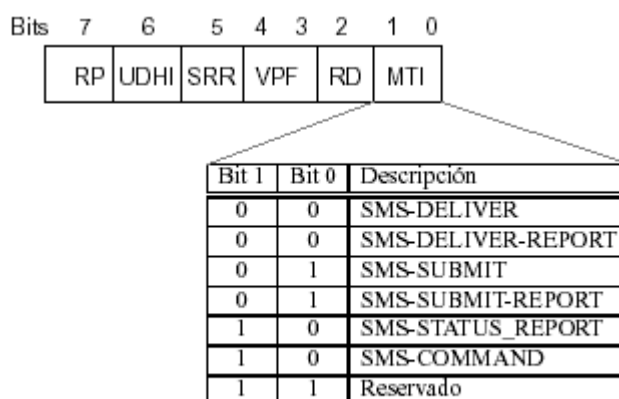


Figura 2.19 Detalle del campo PDU-TYPE

- ✓ RP: Existe camino de respuesta. RP=0 en tramas de tipo SMS-SUBMIT.
- ✓ UDHI: Indica si el campo UD contiene sólo el mensaje corto (UDHI=0) o si existe una cabecera antes del mensaje corto (UDHI=1).
- ✓ SRR: Informe de estado no solicitado (SRR=0) o sí solicitado (SRR=1).
- ✓ VPF: Indica si el campo VP está o no presente.
- ✓ RD: Rechazar o no duplicados.
- ✓ MTI: Tipo de mensaje.



*MR*: Parámetro para identificar el mensaje.

*DA*: Dirección del SME destino (número de teléfono).

*PID*: Identificación del protocolo de la capa superior.

*DCS*: Identificación del tipo de codificación dentro de los datos de usuario.

*VP*: Periodo de validez del mensaje.

*UDL*: Longitud del campo UD.

*UD*: Datos de usuario.

### 2.9.7 SMS-DELIVER

Esta trama, transmitida desde el SC hasta el MS, tiene una estructura similar a SMS-SUBMIT. Los nuevos campos que aparecen son los siguientes:

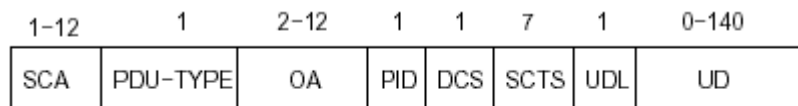


Figura 2.20 Trama SMS-DELIVER

*OA*: Dirección del SME que envía el mensaje.

*SCTS*: Marca de tiempo de cuando el centro de servicio recibió el mensaje.

### 2.9.8 Pasos para el Envío

- El mensaje corto es enviado del SME al SMSC.
- Después de completar su proceso interno, el SMSC pregunta al HLR y recibe del mismo información de encaminamiento del usuario móvil.
- El SMSC envía el mensaje corto hacia el MSC.
- El MSC extrae la información del usuario del VLR. Esta operación puede incluir un procedimiento de autenticación.
- El MSC transfiere el mensaje corto al MS.
- El MSC devuelve al SMSC el resultado de la operación que se está llevando a cabo.

- g. Si lo solicita el SME, el SMSC retorna un informe indicando la salida del mensaje corto.

### **2.9.9 Pasos para la Recepción**

- a. La MS transfiere el mensaje corto al MSC.
- b. El MSC interroga al VLR para verificar que el mensaje transferido no viola los servicios suplementarios o las restricciones impuestas.
- c. El MSC envía el mensaje corto al SMSC usando el mecanismo ForwardShortMessage.
- d. El SMSC entrega el mensaje corto al SME.
- e. El SMSC reconoce al MSC el éxito del envío.
- f. El MSC devuelve a la MS el resultado de la operación de envío.

### **2.9.10 Clases de Mensajes Cortos**

Esta clasificación de SMSs, se hace en base al comportamiento del mensaje al ser recibido en el teléfono destino. De acuerdo con la recomendación GSM 03.38, puede tomar cuatro valores:

- ✓ Clase 0 ó FlashSMS: El texto del mensaje se presenta automáticamente en la pantalla del teléfono que lo recibe y no se almacena en memoria.
- ✓ Clase 1: El mensaje se almacena en la memoria del teléfono que lo recibe y el usuario debe buscar alguna opción del tipo "Leer Mensaje" para leerlo.
- ✓ Clase 2: El mensaje se almacena en la memoria de la tarjeta SIM del teléfono que lo recibe y el usuario debe buscar alguna opción del tipo "Leer Mensaje" para leerlo.
- ✓ Clase 3: El mensaje se almacena en la memoria de la tarjeta SIM del teléfono que lo recibe y en una aplicación externa que se ejecute sobre un ordenador conectado a este teléfono.

## **CAPÍTULO III**

### **ACCESO A LOS SERVICIOS SMS**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Los terminales inalámbricos constituyen uno de los segmentos más innovadores en el mercado de las comunicaciones móviles. Fue la empresa Siemens la que en el año 1995 abrió el camino a las comunicaciones inalámbricas máquina a máquina sacando al mercado el M1, el primer módulo para comunicaciones industriales basado en el estándar de telefonía móvil GSM (Siemens, 2002). El impacto de la tecnología GSM ha originado, aparte de la comunicación habitual, otro tipo diferente de aplicaciones.

GSM, es un sistema de telefonía celular digital de segunda generación estandarizado en Europa pero cuyo uso se ha extendido a otras zonas del planeta.

Utiliza un ancho de banda angosto y TDMA. Ofrece la integración de servicios como mail de voz, datos de alta velocidad, fax, radio localizador y mensajes cortos, así como comunicación segura. Ofrece la mejor calidad de voz de cualquier estándar digital inalámbrica actual.

Es conocida por todos la gran importancia que tiene actualmente el campo de las telecomunicaciones y el protagonismo que están adquiriendo los sistemas electrónicos de comunicación a distancia, ya sea a nivel de usuario particular o en el ámbito de aplicaciones industriales. Especialmente espectaculares son los avances que se están llevando a cabo en el terreno de la telefonía móvil con la aparición de nuevos sistemas de transmisión de datos a altas velocidades y multitud de nuevos servicios de comunicación multimedia.

Esta parte aporta una solución al problema del control a distancia, creando un sistema autónomo y compacto, para controlar un determinado proceso, que pueda ser fácilmente reprogramado. Para ello se establece la posibilidad de modificar los parámetros de control mediante un sencillo mensaje SMS enviado a través de un teléfono móvil, a la vez que permite al usuario recibir en su propio móvil una verificación sobre el estado del proceso que se está ejecutando.

Hoy en día, las redes inalámbricas de sensores constituyen un área de investigación en auge, en el que se están produciendo una rápida sucesión de cambios, tanto en los sistemas hardware como en los sistemas software encargados de su implementación.

### **3.2 SITUACIÓN ACTUAL EN DISPOSITIVOS MÓVILES GSM**

Dependiendo del tipo de aplicación, es posible hacer una distinción entre módulos y terminales. Mientras que los denominados ‘módulos’ permiten integrarse completamente en una determinada solución, los ‘terminales’ constituyen

unidades independientes que es posible añadir al sistema mediante unos conectores e interfaces estandarizados.

Los terminales GSM están subdivididos en cinco clases basándose en la máxima potencia con la que pueden transmitir sobre el canal radio, que varía desde un máximo de 20W a un mínimo de 0.8W. La siguiente tabla resume las características de estas cinco clases:

Clase	Potencia Máxima(W)	Tipo
1	20	Móvil y transportable
2	8	Vehículo y transportable
3	5	Portátil
4	2	Portátil
5	0.8	Portátil

Figura 3.1 Clasificación de los terminales móviles

Dejando a un lado esta clasificación se pueden dividir los tipos de terminales en función del uso para el cuál han sido diseñados. Según esto se podría diferenciar entre:

- ✓ Teléfonos móviles.
- ✓ Módems.

Ambos dispositivos comparten características. La función principal de un teléfono móvil es la transmisión de voz, aunque también existe la posibilidad de utilizarlos como transmisor/receptor de datos. Ofrece una interfaz amigable al usuario, tal como micrófono, altavoz, pantalla y teclado. Tales características hacen del teléfono móvil un instrumento ideal de uso personal.

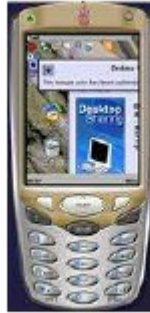


Figura 3.2 Teléfono móvil

Los módems vienen a ser equipos terminales de aplicación industrial, en los que están potenciadas las funciones de comunicación y control, para la transmisión y recepción de datos. No obstante también permiten la transmisión de voz, para su uso como teléfono, aunque esta característica no viene a ser importante. No suelen disponer de teclado ni pantalla. A cambio, su control se realiza gracias a que poseen una interfase de comunicaciones destinada a la conexión con otros equipos terminales (suele ser una comunicación serie), cualidad que los hace idóneos para la conexión con multitud de dispositivos electrónicos como por ejemplo ordenadores, microcontroladores o PLCs.



Figura 3.3 Modem externo inalámbrico

Una gran multitud de modelos de teléfonos GSM y módems GSM se encuentran disponibles actualmente, ofrecidos por fabricantes importantes como Motorola, Nokia, Siemens y Sony Ericsson.

### **3.3 MÓDEM GSM**

Para poder ofrecer estos servicios es necesario diseñar software y hardware que puedan acceder a los servicios SMS. Esto se puede conseguir de varias maneras:

- a. Algunos teléfonos se pueden conectar directamente a un PC y mediante un software propietario se puede acceder a los datos de móvil (agenda, tarjeta SIM), así como enviar y recibir mensajes SMS. El principal problema de esta solución es que no es abierta, y los fabricantes no proporcionan suficiente información como para poder realizar aplicaciones con ellos. Es necesario realizar ingeniería inversa.
- b. Utilización de un módem GSM, mediante un módem GSM podemos conectar cualquier sistema digital a la red GSM, no sólo para enviar mensajes SMS sino también para transmitir datos.

Existen dos tipos de módems, según la aplicación que se quiera realizar:

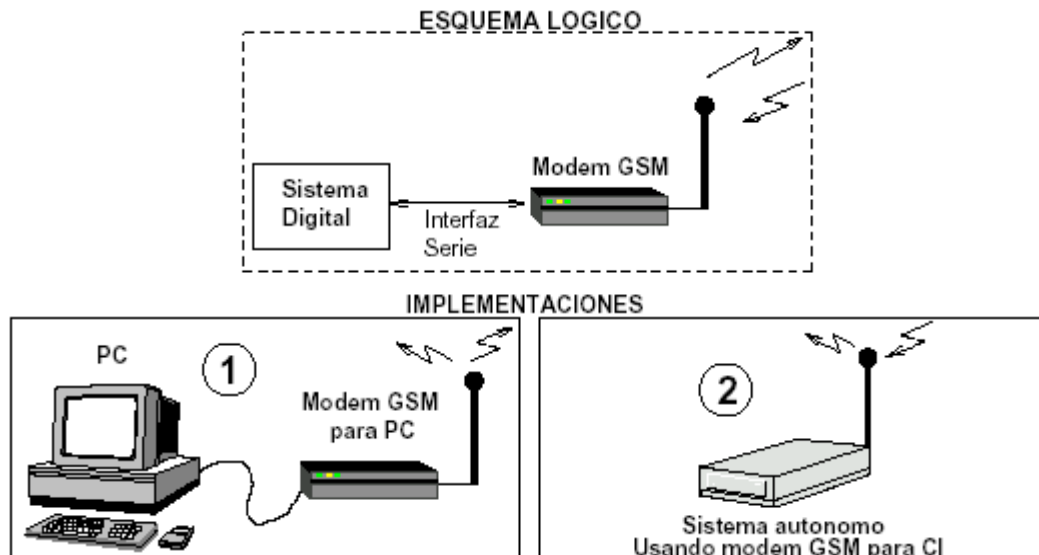


Figura 3.4 Tipos de módems GSM

3.3.1 *Módems para circuito impreso*: Son módems de reducido tamaño y perfectamente apantallados que están preparados para ser incorporados dentro de un circuito impreso y que permiten desarrollar un hardware específico y que no depende de un PC.

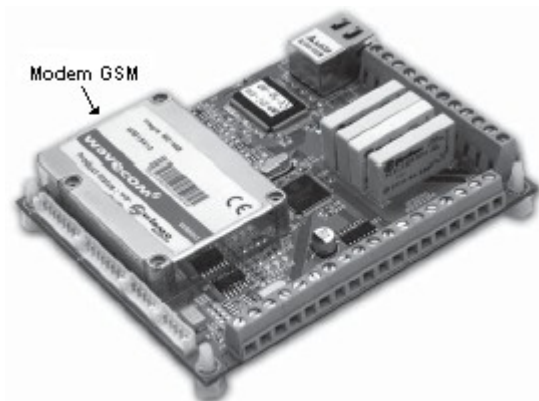


Figura 3.5 Modem para circuito impreso

3.3.2 *Módems para PC.* Tienen un tamaño también bastante reducido, y disponen de un conector DB9 hembra para conectarse al PC a través de un cable serie estándar. Son muy útiles para permitir que desde cualquier ordenador de una intranet se puedan enviar mensajes SMS.



Figura 3.6 Modem GSM para PC

Centrándonos en los módem las características más importantes a tener en cuenta a la hora de la selección de un modelo son las siguientes:

- ✓ Banda de transmisión: EGSM900, GSM1800.
- ✓ Potencia.
- ✓ Tipos de servicios que permite: Voz, datos, SMS, etc.
- ✓ Velocidad de transmisión.
- ✓ Facilidad de integración.
- ✓ Tipo de interfases de comunicaciones y conexiones.
- ✓ Sistema de control.
- ✓ Alimentación: tensión, consumo.
- ✓ Dimensiones.
- ✓ Peso.



✓ Precio

Por último hay que mencionar que debido a la complejidad de configuración, muchos de los parámetros del módem se dejan con los valores que vienen por defecto de fábrica y están guardados en la ROM interna. El usuario puede ajustar los parámetros necesarios y guardar la nueva configuración en una de las zonas RAM no volátil de usuario para utilizarla posteriormente, con la ayuda de los Comandos Hayes. Es conveniente ajustar los parámetros uno a uno para reconocer fácilmente los posibles errores.

### 3.4 VELOCIDAD EN BAUDIOS Y BITS POR SEGUNDO

Cuando se comienza a establecer una comunicación por módem, los dispositivos hacen una negociación entre ellos. Un módem empieza enviando información tan rápido como puede. Si el receptor no puede mantener la rapidez, interrumpe al módem que envía y ambos deben negociar una velocidad más baja antes de empezar nuevamente.

La velocidad a la cual los módems se comunican por lo general se llama Velocidad en Baudios, aunque técnicamente es más adecuado decir bits por segundo o bps.

3.4.1 *Baudios*. Es la medida del número de veces que una señal cambia en un segundo o pasa de un estado a otro en un canal de comunicaciones. Un baudio es sencillamente un cambio de estado (con estados me refiero a frecuencias, niveles de voltaje o fases de ángulos).

3.4.2 *Bits por segundo (BPS)*. Son la medida del número de bits (0's y 1's) transmitidos durante cada segundo en un canal de comunicaciones. También se lo conoce como *bit rate*. Los caracteres individuales (letras, números), también llamados bytes, están compuestos de varios bits, en nuestro caso, concretamente de 8.

Dependiendo de la técnica de modulación empleada, un módem puede transmitir 1 bit o más en cada baudio o cambio de estado. El número de bits que un módem transmite en un segundo está estrechamente relacionado con el número de baudios, pero no son necesariamente el mismo.

### 3.5 COMANDOS HAYES PARA MÓDEMS

Los módems actuales incluyen muchas funciones adicionales como marcado automático, métodos de compresión y corrección de los datos, distintos protocolos de intercambio de datos con el DTE, etc. Por ello, los módems son configurables por software a través de comandos especiales aunque salen de fábrica con una configuración por defecto.

Hay diferentes series de comandos estándar, o más bien, aceptados por la mayoría de fabricantes, como es el caso de los llamados comandos Hayes o comandos AT.

Un comando Hayes es una cadena ASCII que se envía al módem para que este realice alguna acción o configure alguno de sus parámetros. Esta comienza con los caracteres 'AT', seguida de nombres de comando y sus respectivos parámetros, y que concluye con un carácter de retorno de carro. No debe sobrepasar 256 caracteres, y puede incluir espacios para separar comandos y parámetros, hacer su contenido más legible:

*AT <com 1> <par 1> <com 2> <par 2> ··· <com n> <par n> <CR>*

Todos los comandos Hayes empiezan con la secuencia AT. La excepción es el comando A/. Tecleando A/ se repite el último comando introducido. El código AT consigue la atención del módem y determina la velocidad y formato de datos.

Para poder configurar un módem mediante comandos a través del mismo interfase con el DTE que se utiliza para los datos, el primero utiliza dos modos de funcionamiento:

- a. *Modo comando.* Permite enviar comandos al módem, así como obtener las respuestas o mensajes que el módem genera.

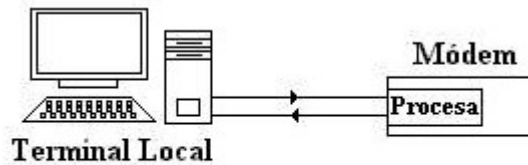


Figura 3.7 Modo comando

- b. *Modo en línea.* Intercambio de información con el módem, bien sean los datos a enviar o los datos recibidos.

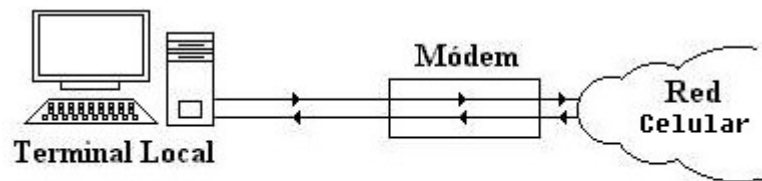


Figura 3.8 Modo en línea

Para salir del modo en línea y pasar de nuevo al modo comando se envía al módem +++(petición de atención) precedidos por un segundo de inactividad.

### 3.5.1 Presentación de los Comandos AT

Puede introducir comandos únicamente cuando el módem está en el modo comando. No puede entrar comandos cuando el módem está en el modo en línea, es decir, enviando o recibiendo datos mediante las líneas de transmisión. Si el módem se encuentra en el modo en línea, regresa al modo comando bajo estas circunstancias:

- ✓ Un punto y coma (;) ocurre al fin de la secuencia de marcado.

- ✓ El módem recibe una secuencia de escape definida o una señal de interrupción mientras está en el modo en línea.
- ✓ Se desconecta un enlace.
- ✓ No puede completar un enlace satisfactoriamente o el portador de datos del módem remoto se desconecta.

Si ocurre un error durante la ejecución de una línea de comando, el procesamiento se detiene y todo aquello que sigue al comando incorrecto se ignora.

El software de comunicaciones se comunica con el módem en un idioma de comando especial que a menudo se conoce como el juego de comandos AT. A pesar de que usted no puede ver este idioma, es el único que el módem comprende.

Por lo general, el software de comunicación le permite controlar el módem sin esfuerzo y de manera conveniente. Puede apenas seleccionar las opciones y operaciones requeridas desde menús en el programa de software de comunicaciones y el programa de comunicaciones transmite estas selecciones al módem en el formato de comando requerido. De inmediato, el módem procesa los comandos y realiza la tarea en particular.

No obstante, es posible que los usuarios más avanzados necesiten controlar sus módems de manera directa, usando el juego de comandos AT. El uso de un programa de comunicaciones tal como Windows HyperTerminal, puede emitir comandos directamente desde el modo terminal del programa de comunicaciones.

### **3.5.2 Comandos Hayes más Comunes**

Hayes es el nombre de una empresa que en los orígenes de la comunicación por módem (cuando 2.400 bps podían parecer una enormidad) definió una serie de comandos u órdenes para que el software de comunicaciones pudiera comunicarse con el módem. Estos comandos tuvieron tanto éxito que se convirtieron en el

virtual estándar de comunicaciones, y los módems que los comprenden (el 99,99% de los módems modernos) se denominan compatibles Hayes. Los comandos Hayes más comunes son:

ATDP xxx	Marcado del número por pulsos.
ATDT xxx	Marcado del numero por tonos.
ATH	Colgar el modem.Paso a off-line.
ATO	Conexión del modem a la línea.Paso a on-line.
ATA	Respuesta manual a una llamada.
ATSx = y	Introduce el valor y en el registro x.
ATSO = 1	Pone el modem en respuesta automática. El segundo numero indica el numero de rings antes de descolgar.
ATZ1	Resetea el modem y carga la configuración del banco 1.
AT&F	Restaura la configuración de fábrica.
AT&W1	Escribe la configuración actual en el banco 1.
ATE0	Eco en pantalla desactivado.
ATE1	Eco en pantalla activado.
ATLx	Volumen del altavoz (L0,L1,L2,L3).
ATM0	Altavoz desconectado siempre.
ATM1	Altavoz desconectado hasta detección de portadora.
ATM2	Altavoz conectado siempre.
ATM3	Altavoz conectado excepto en marcación y detección de portadora
ATQ0	Presentación de códigos de resultado.
ATQ1	No presentación de códigos de resultado.
ATV0	Resultado de operación de tipo numérico.
ATV1	Resultado de operación con mensajes.
ATX0	Presenta códigos básicos.
ATX1	Códigos X0 más CONNECT XXXX.
ATX2	Códigos X1 más detección del tono de llamada.
ATX3	Códigos X1 más detección de tono de ocupado.
ATX4	Códigos X3 más detección de tono de marcar.
ATIO	Test y características del modem conectado.
ATI1	Visualiza el checksum de la ROM del modem.
ATI2	Comprobación de la memoria interna.

Figura 3.9 Comandos Hayes más usados

### 3.5.3 Códigos de Resultados

Tras la realización de un mandato, el módem compatible Hayes nos informará del éxito o fracaso de la operación que se le indicó con el último mandato. Este código de resultado puede ser un número o un mensaje:

0	OK	Ultimo comando efectuado con éxito.
1	CONNECT	Conexión establecida.
2	RING	Se esta recibiendo una llamada.
3	NO CARRIER	Se ha perdido la portadora o no se ha detectado
4	ERROR	Comando no reconocido.
6	NO DIAL TONE	No se ha detectado el tono de marcar.
7	BUSY	El numero marcado esta comunicando.
8	NO ANSWER	No hay respuesta.
10-17	CONNECT XXXX	Conexión a la velocidad XXXX.

Figura 3.10 Códigos de resultado

### 3.5.4 Registros

Los parámetros programables del módem compatible Hayes se almacenan en registros, a los que se tiene acceso mediante el lenguaje de control. Cada uno de los registros controla un parámetro determinado, y se puede cambiar siempre que se quiera, excepto en el caso de que sea un registro de solo de lectura. Del mismo modo que ocurría con los comandos de control, algunos módems incorporan sus propios registros, por lo que a continuación se presentan los principales:

S0	Número de RING's antes de que el modem conteste a una llamada. Si tiene un valor de 0 se desactiva la respuesta automática.
S1	Contador que se incrementa cada vez que se oye un Ring. Al contestar se pone a 0.
S2	Código ASCII del carácter Esc.
S3	Código ASCII del Retorno de Carro.
S4	Código ASCII del carácter Alimentación de Página.
S5	Código ASCII del carácter de Retroceso.
S6	Tiempo en segundos que se espera el tono de llamada antes de marcar.
S7	Tiempo que esperará para recibir la portadora del otro modem antes de mostrar el NO CARRIER.
S8	Tiempo en segundos que tarda la pausa generada por la coma.
S9	Tiempo que tiene que estar la portadora del otro modem activa para que reconozca conexión.
S10	Determina el tiempo que el modem debe esperar después de una pérdida de conexión.
S11	Determina el tiempo de los tonos al marcar.
S12	Tiempo de espera, antes y después, de la secuencia de escape +++.
S30	Tiempo de espera desde que no se detecta actividad hasta que se cuelga automáticamente.

Figura 3.11 Registros más comunes

## 3.6 MICROCONTROLADOR BASIC STAMP 2 (BS2)

### 3.6.1 Microcontrolador - Microprocesador

El microcontrolador es un circuito integrado programable que acepta un listado de instrucciones y contiene todos los componentes de un computador. Se utilizan para realizar determinadas tareas o para gobernar dispositivos, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo que gobierna.

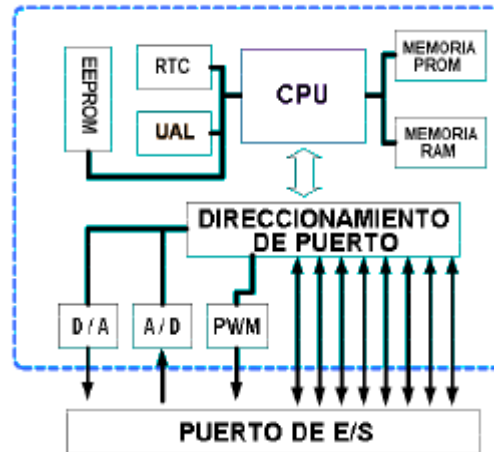


Figura 3.12 Diagrama de bloque de un microcontrolador

Evidentemente, el corazón del microcontrolador es un microprocesador, cabe recordar que el microcontrolador es para una aplicación concreta y no es universal como el microprocesador.

La diferencia fundamental entre un Microprocesador y un Microcontrolador: es que el Microprocesador es un sistema abierto con el que se puede construirse un computador con las características que se desee, acoplándole los módulos necesarios. Un Microcontrolador es un sistema cerrado que contiene un computador completo y de presentaciones limitadas que no se pueden modificar.

### 3.6.2 Basic Stamp II

El Microcontrolador Basic Stamp II es un pequeño computador que ejecuta programas en lenguaje PBASIC. El BS2-IC tiene 16 pines de (entrada / salida) I/O que pueden ser conectados directamente a dispositivos digitales o de niveles lógicos, tales como botones, diodos LEDs, altavoces, potenciómetros, y registros de desplazamiento. Además, con unos pocos componentes extras, estos pines de I/O pueden ser conectados a dispositivos tales como solenoides, relés, servomotores, motores de paso a paso, y otros dispositivos de alta corriente o tensión.

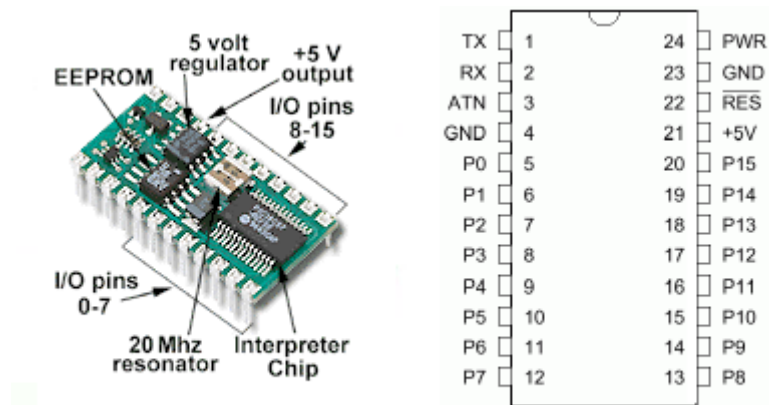


Figura 3.13 Basic Stamp 2 (a)Circuito integrado (b)Ubicación de cada pin

El funcionamiento interno del BS2 consiste en un regulador de +5 voltios, un oscilador de 20 MHz, una memoria EEPROM de 2K, un detector de bajo voltaje y chip intérprete PBASIC. Un programa compilado en PBASIC es almacenado en la EEPROM, desde donde el chip intérprete grabado en el microcontrolador lee y escribe las instrucciones.

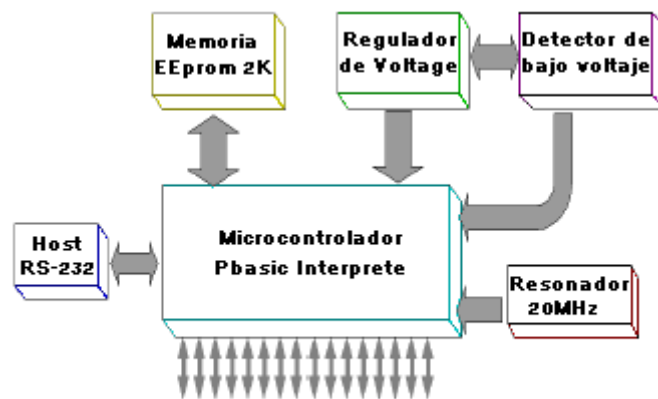


Figura 3.14 Diagrama en bloque del BS2

Este chip intérprete ejecuta una instrucción cada vez, realizando la operación apropiada en los pines de I/O o en la estructura interna del chip intérprete. Debido a que el programa PBASIC es almacenado en una EEPROM, puede ser reprogramado una cantidad cercana a 10 millones de veces.

El Basic Stamp II es capaz de almacenar entre 500 y 600 instrucciones de alto nivel (PBASIC) y ejecuta un promedio de 4000 instrucciones / segundo. Para programar el BS2-IC, simplemente conéctele un cable serial preparado entre el



BS2 y un PC, y ejecute el software editor para crear y descargar su programa, a través del cable serial.

La gran ventaja de los BS2 respecto a otros microcontroladores es sin duda que incorporan un chip interprete de PBASIC, permitiendo ahorrar muchísimo tiempo en el desarrollo de aplicaciones dada su sencillez. El BASIC es un lenguaje de programación basado en un BASIC estructurado orientado a entrada y salida de señales. La utilización de sencillas instrucciones de alto nivel, permite programar los Basic Stamps para controlar cualquier aplicación llevada a cabo por un microcontrolador.

### **3.7 PROGRAMA DE CÓDIGO DE INSTRUCCIONES SIMBÓLICAS MULTI-PROPÓSITO PARA PRINCIPIANTES (PBASIC)**

La gente a menudo piensa en las computadoras y los microcontroladores como dispositivos “inteligentes” cuando en realidad, no realizan ninguna tarea sin un juego específico de instrucciones. Este juego de instrucciones se llama programa. Escribirlo es nuestro trabajo. Los programas del Stamp se escriben en un lenguaje de programación llamado PBASIC, una versión específica del lenguaje de programación BASIC (Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code= Código de Instrucciones Simbólicas Multi-propósito para Principiantes) desarrollada por Parallax. El BASIC es muy popular debido a su simplicidad.

La escritura de programas para el BASIC Stamp se realiza con la versión especial del lenguaje BASIC (se llama PBASIC). La mayoría de los otros microcontroladores requieren alguna forma de programación que puede ser muy difícil de aprender. Con el BASIC Stamp, usted puede crear circuitos simples y programas en minutos. Sin embargo, no debe pensar erróneamente que todo lo que el BASIC Stamp puede hacer son cosas simples. Muchos productos comerciales sofisticados han sido creados y vendidos usando un BASIC Stamp como “cerebro”.

El PBASIC es un lenguaje muy flexible. Sus reglas son simples y fáciles de aprender. El PBASIC no es sensible al formato del programa, uso de espacios en blanco (espacios, tabulaciones, líneas en blanco, etc.) y no detecta diferencias entre mayúsculas y minúsculas; esto quiere decir que *dirs*, *Dirs* y *DIRS* significan lo mismo en PBASIC así que podremos elegir la opción que más nos guste para trabajar.

Los programadores experimentados tienden a adoptar o desarrollar un estilo (de formato) de programación consistente. Ya sea que elija adoptar un estilo o desarrollar uno propio, el hecho de mantener la coherencia con el mismo simplificará la solución de problemas y las revisiones futuras. Esto es especialmente cierto cuando quiere modificar un programa en el que no ha trabajado por mucho tiempo.

### **3.7.1 Plantilla**

La estructura de todos los programas es similar. Ésta puede dividirse en seis secciones:

- a. Encabezado: esta sección contiene el nombre del archivo y una corta descripción de su funcionamiento. También se registran en este sector las revisiones y actualizaciones que se realizan a la versión original. Adicionalmente hemos agregado la directiva del compilador que indica el modelo de BASIC Stamp que estamos usando.
- b. Declaraciones: esta sección contiene la declaración de los alias para los pines de E/S, valores constantes y variables. Las variables PBASIC siempre tendrán nombres significativos. Los únicos nombres internos que se usarán serán *Outs* y *Dirs* y siempre en la sección de inicialización y no en el código principal.

- c. Instrucciones *DATA*: algunos programas almacenan información adicional en la EEPROM del BASIC Stamp con instrucciones *DATA*. Esta sección provee el espacio para dicho almacenamiento.
- d. Inicialización: esta sección es usada para inicializar el estado de los pines de E/S, variables del programa y cuando sea necesario, el hardware externo.
- e. Código: es donde reside la parte principal del código del programa.
- f. Subrutinas: las subrutinas están separadas del cuerpo principal del código debido a que pueden ser llamadas desde cualquier parte del programa. La separación entre subrutinas también facilita la portabilidad del código, posibilitando usar la herramienta de edición “*cut and paste*” (cortar y pegar) para reutilizar las subrutinas en otros programas.

```

' =====
' Programa: PL2_1R0.bsp
' { Descripción }
' {$STAMP BS2P}
' =====
' { Pines de E/S }
' { Constantes }
' { Variables }
' -----
' { Instrucciones DATA }
' -----
' { Inicialización }
' -----
' { Código }
Principal:
  DEBUG "HOLA A TODOS, ESTE ES MI PRIMER PROGRAMA... "
  END
' -----
' { Subrutinas }

```

Figura 3.15 Estructura de un programa

### 3.7.2 Stamp Editor

Un programa de computadora no es nada más que una lista de instrucciones que una computadora ejecuta (o en nuestro caso un microcontrolador). Creamos un programa para el microcontrolador escribiéndolo en una PC utilizando el teclado y el monitor, luego descargamos este “código” a través del cable de programación, al microcontrolador. Este programa (o lista de instrucciones), entonces se “ejecuta” dentro del BASIC Stamp.

El programa del BASIC Stamp funciona en DOS y Windows 95/98/NT4.0. Asumiendo que se está usando una computadora con Windows. Después de instalado el programa Stamp Editor, al hacer doble click con el ratón sobre el icono del BASIC Stamp. Usted ahora deberá estar corriendo un programa llamado "Stamp Editor". Este es un programa que fue creado para ayudarlo a escribir y descargar programas al microcontrolador BASIC Stamp. La pantalla se verá como se indica en la figura siguiente:

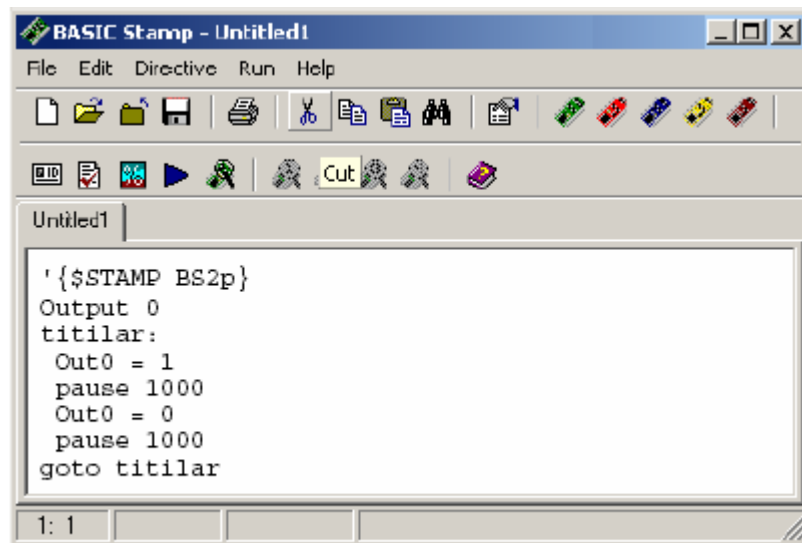


Figura 3.16 Software del Basic Stamp

La pantalla, excepto por unas pocas palabras en el título, está en blanco inicialmente. Ahora recuerde, vamos a escribir nuestro programa usando un equipo de "comunicación humano" (monitor, teclado, ratón, etc.), que es parte de su PC. El programa que escribiremos, no correrá en su PC, sino que será descargado o enviado al microcontrolador. Una vez que el programa ha sido recibido en el microcontrolador, el BASIC Stamp ejecutará las instrucciones exactamente como nosotros las hemos creado.

Ahora, mientras tiene apretada la tecla "ALT" presione "R" (de "run" correr), y luego presione "ENTER" cuando el menú muestre el comando *RUN*. Si todo está correcto, el *LED* que está conectado a P0, debería titilar. Si usted obtiene un mensaje que dice "Hardware not found", (no se encuentra el circuito), revise las

conexiones del cable entre la PC y asegúrese que la fuente de alimentación está conectada. Si aún no funciona, revise bajo el menú *EDIT* la opción *PREFERENCES* y *EDITOR OPERATION*. El ajuste del puerto *COM* por defecto, debería estar en *AUTO* (automático).

Trate de descargar el programa nuevamente (tenga presionada la tecla *ALT* y presione “*r*”). Si aún no funciona, usted debe tener un error (*bug*). Revise nuevamente su programa para asegurarse que lo haya escrito correctamente. Si después de tratar esto, usted aún tiene problemas, revise el manual de ayuda.

PBASIC para el BASIC Stamp, tiene muchos comandos de donde elegir, 36 para ser exactos. En PBASIC, los nombres de las variables pueden tener una longitud de hasta 32 caracteres. La longitud del nombre de la variable no tiene ninguna influencia en la velocidad de ejecución del programa. Usted deberá siempre declarar sus variables del tamaño más pequeño posible, pero que al mismo tiempo, sea el más apropiado para los datos que contendrá. El Stamp tiene un límite de 208 bits para almacenar variables, éstos bits están agrupados en trece (13) palabras (Words) de dieciséis (16) bits cada una. Los bits, pueden ser utilizados en cualquier combinación o agrupación de tamaños. Por ejemplo: el programa puede contener 10 variables tipo palabras de 16 bits (160 bits), 10 variables tipo nibbles (40 bits) y ocho variables tipo bits (8 bits) para un total de 208 bits. Puede que use otra combinación de tipos de variable, lo importante es recordar que nunca se puede exceder de 208 bits.

### **3.7.3 Conexión Serial RS232**

El Término RS232 se refiere a las especificaciones eléctricas que deben cumplir las señales para ser usadas como puerto de comunicación serial en un PC. Los niveles lógicos de un puerto RS232 son igualmente un cero (0) y un uno (1), sin embargo, los voltajes de trabajo en éstos niveles son totalmente diferentes a los que hemos estado acostumbrados a utilizar hasta el momento. Para el RS232, un Cero (0) lógico equivale a +12 Vdc, mientras que un uno (1) lógico equivale a -12

Vdc. Muchos circuitos que trabajan con RS232 utilizan un convertidor de niveles llamado "Line driver/ receiver", el cual, hacen dos conversiones: convierten los voltajes de +- 12 Vdc a niveles TTL compatibles ( 0 a 5 ) Vdc, invierten los valores lógicos para el voltaje, 0 Volts será un cero (0) lógico y 5 Volts será un uno (1) lógico. Todos los microcontroladores BASIC Stamp, tienen incluido un "Line driver/ receiver" y por ésta razón se pueden conectar directamente al puerto RS232 serial de la PC. A continuación vemos un circuito típico de conexión serial RS232 de nueve pines denominado DB-9. Se puede apreciar que el BASIC Stamp sólo necesita la colocación de un resistor de 22 KOhm en serie al BASIC Stamp y el Pin No. 3 del conector DB-9. Este resistor limita la corriente del PIN de salida del BASIC Stamp, y en caso de una mala conexión, mantiene la corriente y al voltaje en valores seguros que no afectarán el funcionamiento del BASIC Stamp. En la figura anexa, las conexiones entre pines del DB-9 con doble línea son opcionales. Si se colocan no se habilitará el "Handshaking" de (DTR-DSR-DCD) y (RTS-CTS).

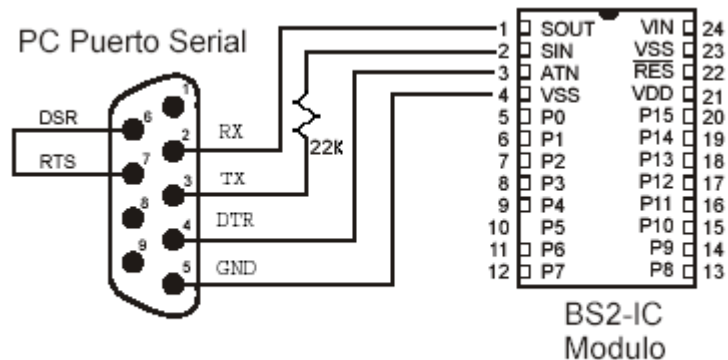


Figura 3.17 Conexión entre un puerto serial DB-9 y BS2

## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO DEL CONTROL A DISTANCIA**

#### **4.1 INTRODUCCIÓN**

Radio Centro, inicia sus labores hace 39 años cuando el radiodifusor Luis Alberto Gamboa Tello y su esposa Doña Guadalupe Orozco, se instalan en esta ciudad de Ambato para generar un nuevo estilo de radiodifusión revolucionario en su formato, contexto y programación.

Para ello adquieren las instalaciones de la entonces Radio Montalvo, propiedad de Guido Proaño y de inmediato ponen en marcha un novedoso sistema de recreación musical, programación de orientación, información y opinión que impactan en la provincia de Tungurahua y, a través de la onda corta sale de los límites patrios, proyectándose al mundo entero, conforme los reportajes de sintonía enviados desde remotos rincones del mundo.

El crecimiento de la empresa radial, lleva a la necesidad de conformar la Compañía Gamboa Comunicación Total Cía. Ltda. con sus estaciones: Radio Centro AM/FM y Bonita FM a nivel nacional; de las que forman parte sus hijos: María Elena, Carmen Elizabeth y Luis Alberto, luego del doloroso fallecimiento de su señora madre, Doña Lupita, como cariñosamente es recordada por la sociedad ambateña, quien fuera el pilar moral, ético y espiritual de la empresa, cuyo robustecimiento se debe a la incansable dinamia de Don Luis Alberto Gamboa Tello.

La estación Radio Centro en frecuencia modulada hoy en día brinda sus servicios a la zona central del país como son: la provincia de Tungurahua, la provincia de Cotopaxi y una parte de las provincias de Bolívar y Chimborazo, con la ilusión de

ampliar muy pronto la cobertura al resto de provincias. La antena de transmisión esta ubicada en el cerro Pilishurco, punto intermedio de la zona central de nuestro país.

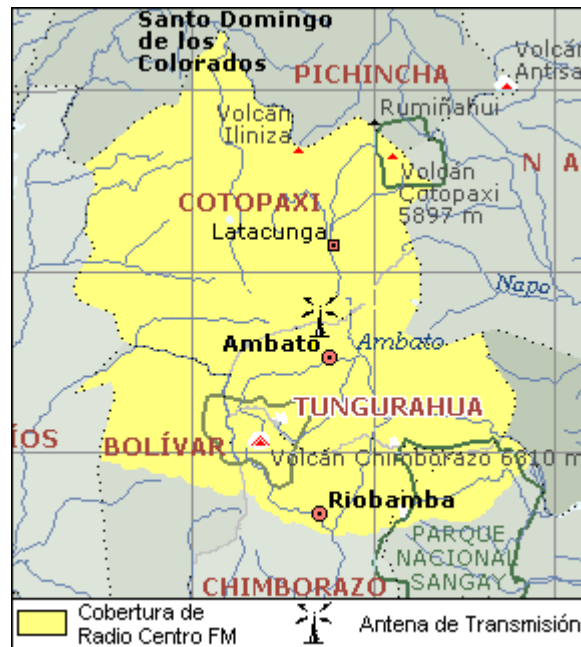


Figura 4.1 Alcance de Radio Centro FM

Ahora nos enorgullecemos en volver al mundo, para dar un servicio inmediato en audio real, a través de la señal por el Internet, a nuestros coterráneos en todo el mundo, con los detalles más importante del convivir ambateño, como tungurahuese y del país.

#### 4.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

La aplicación presentada tiene como finalidad controlar y supervisar las alarmas de una unidad de RF VJ1000 perteneciente a Radio Centro FM, desde cualquier punto remoto mediante un teléfono móvil, utilizando un módem GSM conectado a un microcontrolador.

El sistema es capaz de realizar el control de la unidad de RF mediante el envío y la recepción de mensajes cortos de texto, concretamente mensajes SMS (Short



Message Service). Estos mensajes, prefijados o incorporando variables de estado, pueden considerarse como alarmas si los genera automáticamente el microcontrolador, o como respuestas a demandas de información desde el operador.

El control a distancia propuesto esta conformado por varios elementos como se muestra a continuación:

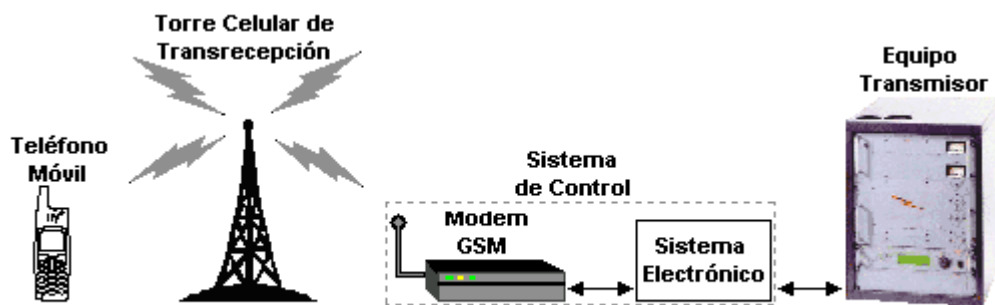


Figura 4.2 Esquema general

- ✓ En primer lugar por un teléfono celular, a través del cual se enviarían las ordenes al sistema de control por medio del servicio de mensajes cortos, dicho equipo debe estar previamente registrado en el sistema.
- ✓ La señal transmitida por el móvil es recibida por la central celular la misma que le da el tratamiento correspondiente y transfiere la información desde una torre de transrepción hasta el equipo terminal (módem GSM).
- ✓ El módem captura la señal de información procedente de la torre celular, y la pone a disposición del sistema electrónico.
- ✓ Por su parte el sistema electrónico se encarga de extraer la información del módem, para comprobar que la señal tomada este debidamente autorizada y permita de esta manera ejecutar las ordenes recibidas sobre el equipo transmisor de radiodifusión, así como monitorear el correcto funcionamiento del equipo a través de sus alarmas..

La tarea de transferir la información desde el teléfono móvil hasta antes del módem es un recurso con el que ya se cuenta, proporcionado por la red celular GSM, lo que se aprovechara a nuestra conveniencia, motivo por el cual nos

concentraremos en el desarrollo del Sistema de Control y el acoplamiento de las señales de entrada y salida del sistema al equipo transmisor de radiodifusión.

#### **4.3 TRANSMISOR DE RADIO CENTRO FM**

El transmisor de Radio Centro FM esta conformado principalmente por un Amplificador de RF tipo tubo VJ1000 y es el elemento sobre el cual se actuará, éste es un tubo amplificador con puesta a tierra, que permite un ancho de banda de entrada desde 87.5MHz hasta los 108MHz.

Este amplificador es capaz de generar una potencia de salida encima del 1KW, a partir de una potencia de entrada aproximada que va desde los 20 hasta los 25W.

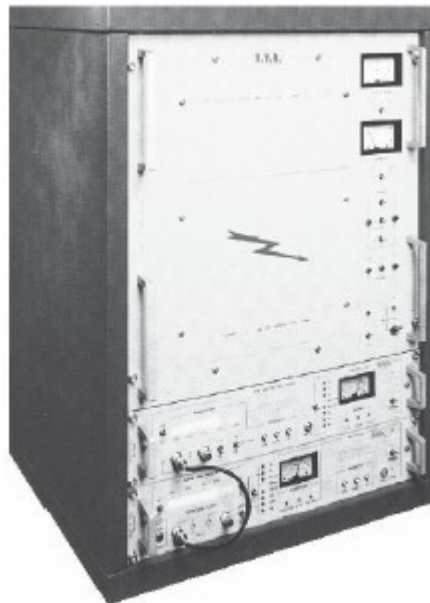


Figura 4.3 Amplificador de RF tipo tubo VJ1000

El VJ1000 posee protección contra: exceso de VSWR, exceso en la corriente grid, abrir el panel con la unidad encendida y la ventilación insuficiente.

Todos los controles e interruptores están situados en la cara frontal junto con dos medidores analógicos. Uno de los medidores se encarga de registrar la potencia

directa de salida y la potencia reflejada de salida, mientras el otro se encarga de las corrientes (grid y plate).

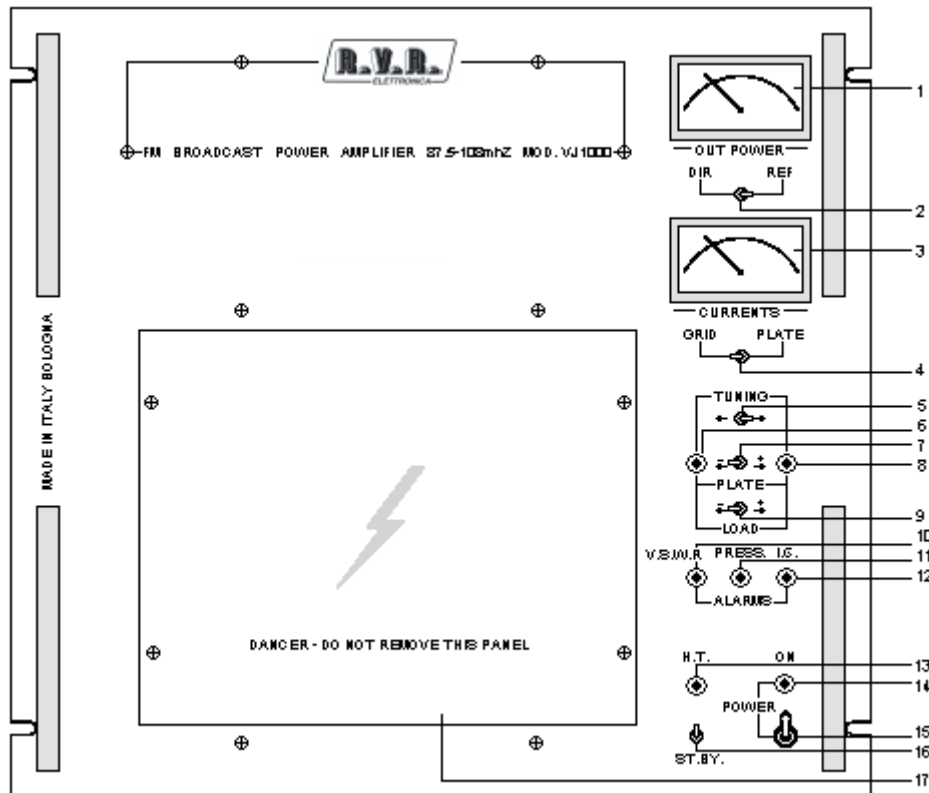


Figura 4.4 Panel frontal del VJ1000

La descripción del panel frontal es la siguiente:

- |    |                       |  |
|----|-----------------------|--|
| 1  | <i>OUTPUT POWER</i>   | <i>Medidor análogo para mediciones de la potencia de salida directa y reflejada.</i> |
| 2  | <i>DIR / REF</i>      | <i>Interruptor de selección para medir las potencias directa y reflejada.</i>        |
| 3  | <i>CURRENTS</i>       | <i>Medidor análogo para mediciones de las corrientes de ánodo o grid.</i>            |
| 4  | <i>GRID / PLATE</i>   | <i>Interruptor de selección para medir las corrientes de ánodo y grid.</i>           |
| 5  | <i>TUNING</i>         | <i>Interruptor del comando motor de sintonía.</i>                                    |
| 6  | <i>LED “-“ (87.5)</i> | <i>Indicador de sintonía al alcance del rango de 87.5 MHz.</i>                       |
| 7  | <i>PLATE</i>          | <i>Interruptor de sintonía del ánodo.</i>  |
| 8  | <i>LED “+” (108)</i>  | <i>Indicador de sintonía al alcance del rango de 108 MHz.</i>                        |
| 9  | <i>LOAD</i>           | <i>Control de partida de carga.</i>  |
| 10 | <i>V.S.W.R.</i>       | <i>Indicador de alarma por exceso de V.S.W.R.</i>                                    |
| 11 | <i>PRESS</i>          | <i>Indicador de alarma por presión insuficiente</i>                                  |

12	I.G.	del ventilador. Indicador de alarma por exceso de la corriente grid.
13	H.T.	Indicador por presencia de alto voltaje.
14	ON	Indicador de presencia de energía.
15	POWER	Interruptor de on/off de energía.
16	ST.BY.	Interruptor de espera.
17	HT PANEL	Acceso interno a la cámara de RF.

A continuación se presentan las especificaciones eléctricas de la unidad:

Suministro de Energía	Fase simple: 220 - 240V, 50 - 60Hz
Rango de Frecuencia	87.5 - 108MHz
Potencia de Salida	850 - 1000W
Impedancia de Salida RF	50 $\Omega$
Conector de Salida	Conector LC", 7/8" o 7/16"
Impedancia de Entrada RF	50 $\Omega$
Conector de Entrada	Conector tipo "N"
Potencia de Entrada RF	Normal 18W, Máximo 25W
Tubo	EIMAC 3CX800 A7
Sistema de Enfriamiento	Ventilación forzada

Entre las especificaciones mecánicas tenemos:

Dimensiones del rack	540mm Ancho 540mm Profundidad 698.3mm Alto
Dimensiones del panel	483mm Ancho 443mm Alto
Peso	60Kg
Rango de temperatura de operación	[-10, +45] °C
Humedad máxima	máx 90% no condensada

La unidad VJ1000 tiene como valores típicos de operación los siguientes:

Alimentación	Tensión nominal $\pm 5\%$ max, $\cos-\phi$ ( $\approx 0.9$ )
Potencia de salida	1 KW
Potencia de entrada	18 - 20 W
Corriente ánodo	0.45 A
Corriente grid	$\leq 20$ mA
SWR de entrada	2 W máximo

#### 4.4 CONFIGURACIÓN DEL MODEM GSM

El sistema dispondrá de una unidad de telefonía móvil para la comunicación GSM, este será un módem serial GSM/GPRS de banda dual (GSM 850/1900MHz). El módem podrá enviar y recibir datos por GPRS, SMS y fax.



Figura 4.5 Modem GSM

Para instalar el módem, se sigue los siguientes pasos:

- a. Inserte la tarjeta SIM (Módulo de Identificación del Abonado) tal como se indica en la figura:

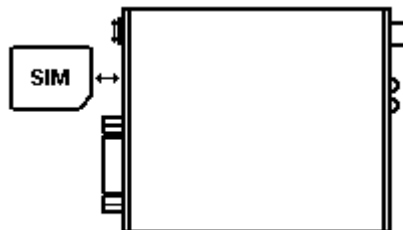


Figura 4.6 Inserción de la tarjeta SIM en el modem GSM

- b. Ubique el módem en su situación definitiva. El módem debe instalarse en un ambiente en que no esté expuesto a agua y polvo, ya que no esta sellado contra dichos elementos.
- c. Conecte los cables de alimentación, antena y puerto serie. El acceso al módem se realiza a través del puerto serie, que permite abrirlo, configurarlo adecuadamente (9600 baudios, 8 bits de datos, 1 bit de parada y sin paridad), realizar lecturas/escrituras y cerrarlo. La interfaz serie DB9 es estándar, con la configuración de pines indicada en la siguiente gráfica:

DB9	Señal	Descripción
1	DCD	Detección de portadora
2	RxD	Recepción de Datos
3	TxD	Transmisión de Datos
4	DTR	Confirmación de estado de Terminal operativo
5	GND	Común de señal
6	DSR	Confirmación de estado de módem operativo
7	RTS	Petición de envío. Señal de salida controlada por el DTE
8	CTS	Habilitación de envío. Señal de respuesta controlada por el DCE
9	RI	Indicador de recepción de llamada de línea

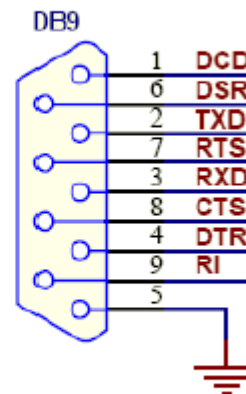


Figura 4.7 Interfaz serie DB9 estándar

- d. Alimete el módem.
- e. Al cabo de unos momentos, el LED verde debe empezar a parpadear, indicando que el módem se ha registrado en la red GSM.
- f. En caso de recibir un mensaje SMS, el LED rojo emitirá una ráfaga de tres destellos sucesivos de 20ms, hasta que el mensaje sea leído mediante comandos AT.
- g. Para apagar el módem, retirar la alimentación. Puede volver a encenderse el módem de nuevo, simplemente volviendo a alimentarlo.

Dentro de la cubierta plástica de la tarjeta SIM se encuentra la memoria, cuya capacidad oscila entre 32K y 64K. La tarjeta tiene tres áreas de memoria. La primera contiene el sistema operativo de la tarjeta SIM. La segunda funciona como sector de almacenamiento temporal, haciendo las veces de RAM de la tarjeta SIM. La tercera se denomina EEPROM (Memoria Programable de Borrado Electrónico). La EEPROM es donde se almacenan la información de la cuenta del abonado e información personal, tal como su índice telefónico y los mensajes SMS guardados.

Algunas de las principales características del equipo GSM serán las siguientes:

- ✓ Sensibilidad en la recepción del equipo móvil: 104 dB.
- ✓ Posibilidad de transmitir y recibir mensajes cortos.
- ✓ Interfaz RS-232.
- ✓ Velocidad de transmisión GSM de 9600 Kbit/s.
- ✓ Cable de antena apantallado para evitar interferencias.
- ✓ Antena externa pasiva de 850 MHz.

En cuanto al software de control o comandos del módem, la mayoría de ellos se ajustan a la norma Hayes, comandos del tipo AT+, que tienen el siguiente formato general:

***AT+Comando = Dato <CR> <LF>***

Para escritura de configuración / envío de mensajes, y

***AT+Comando? <CR> <LF>***

Para lectura de configuración / estados del módem.

A continuación se muestran algunos ejemplos de utilización de los comandos AT+. Para probarlos se ha utilizado un ordenador PC, un módem GSM conectado al puerto serie y un terminal de comunicaciones. El esquema es el mismo que el mostrado en la figura siguiente:

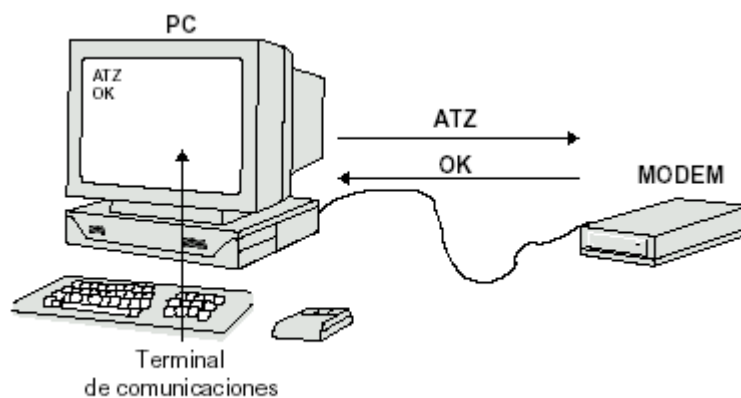


Figura 4.8 Conexión entre un módem y un PC

Lo primero es conectar el módem GSM al ordenador, a través del puerto COM1. Introducir la tarjeta SIM y alimentar el módem. El sistema operativo empleado es Windows, para hacer uso del Hyperterminal. Introducir los comandos ATZ y ATI para comprobar que la comunicación con el módem es la correcta. En la ventana del terminal debe aparecer lo siguiente:

```
atz
OK
ati
WAVECOM MODEM
DUALBAND 850E 1900
OK
```

Para poner enviar mensajes y tener acceso a toda la funcionalidad GSM hay que introducir el PIN. Para ello tecleamos el comando AT+CPIN=<pin>. Si el PIN es incorrecto el módem devolverá el mensaje “ERROR” y para averiguar si el módem GSM esta dentro del área de cobertura tecleamos AT+CREG?:

```
AT+CPIN=7855
OK
AT+CREG?
+CREG: 0,1      0 desactivado, 1 activado
```

En la figura siguiente se muestra un ejemplo del proceso de inicialización:

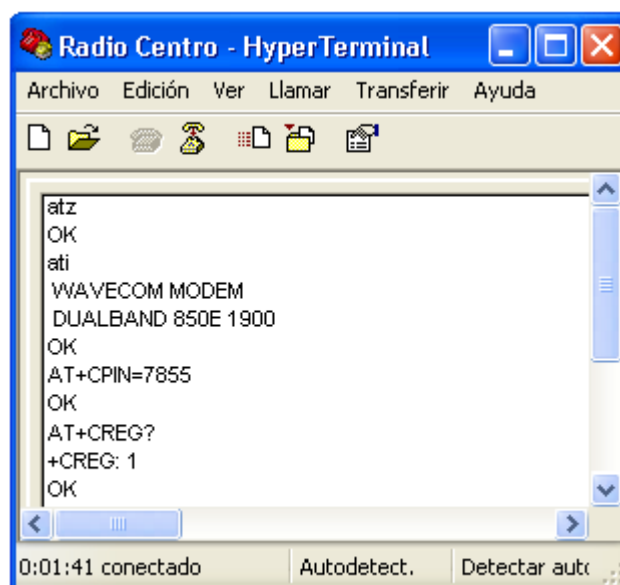


Figura 4.9 Proceso de inicialización



Para la sincronización entre el sistema electrónico y el módem es necesario interpretar correctamente el fin de cada transmisión. Para ello, al final de la mayoría de los comandos AT se debe enviar un CR (*Carry Return*) y un LF (*Line Feed*). Estos caracteres tienen su correspondiente valor decimal y hexadecimal: CR = 13d ó 0Dh; LF = 10d ó 0Ah. Para indicar el final de texto de mensaje, carácter CTRL+Z, se envía su codificación en hexadecimal, que corresponde a 1Ah.

#### 4.5 DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

El sistema electrónico está gobernado por un microcontrolador, el cual es un circuito integrado que incluye en su interior las tres unidades funcionales de un ordenador: CPU, memoria y unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado. Un microcontrolador es un microprocesador optimizado para controlar equipos electrónicos.

Los microcontroladores Basic Stamp (BS) de Parallax son circuitos basados en los microcontroladores PIC o Scenix montados en diminutas placas con componentes SMD. El BS2 está basado en el PIC16C57 que puede funcionar hasta 20 Mhz. Tiene 32 bytes de RAM, 2 KB de EEPROM, pudiendo almacenar programas de hasta 500 instrucciones.



Figura 4.10 Microcontrolador Basic Stamp 2

Los Basic Stamp se programan en un lenguaje similar al BASIC denominado PBASIC. Mediante el entorno de desarrollo (IDE) los programas se pasan a lexemas o símbolos de texto, denominados *token*, y se graban en la EEPROM. A partir de estos símbolos se generan las instrucciones para el procesador.

Para poder aprovechar todas las ventajas que se añaden con el uso de un lenguaje de programación muy sencillo, pero potente, es necesario conectar a una PC el microcontrolador BS2 para empezar con la programación, como se indica a continuación:

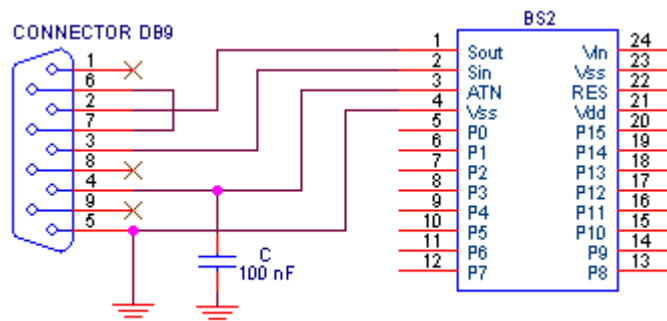


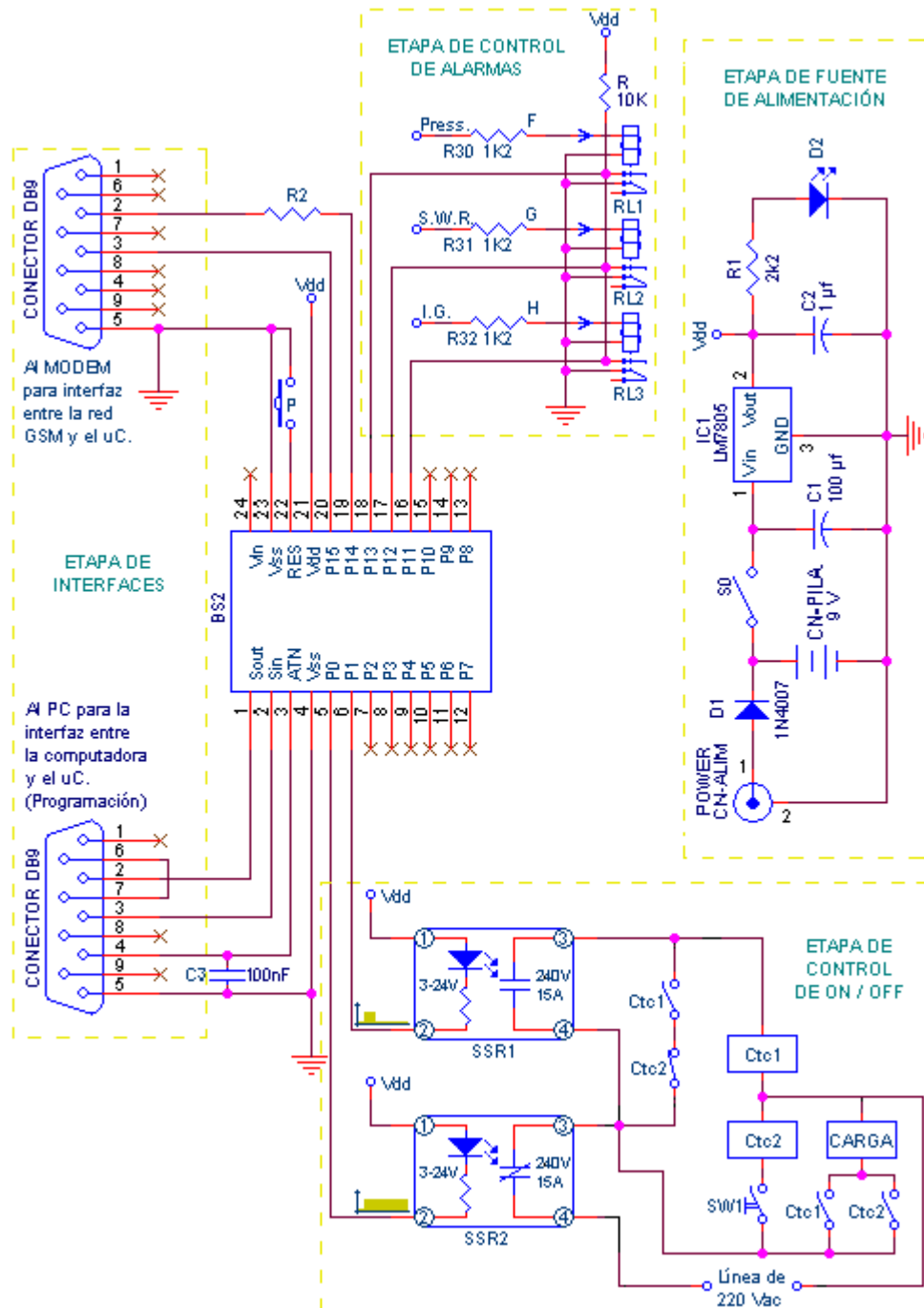
Figura 4.11 Interfaz entre el PC y el BS2

La descripción de las patillas del BS2 es la siguiente:

- ✓ *Sout, Sin, ATN*: Salida serie, entrada serie y atención. Permiten programar el dispositivo con una computadora.
- ✓ *Vss*: Masa o tierra.
- ✓ *P0-P15*: Terminales de entrada/salida.
- ✓ *Vdd*: Terminal de conexión a + 5 Vcc regulados.
- ✓ *RES*: Entrada de inicialización (reset).
- ✓ *Vin*: Terminal de conexión desde +5,5 Vcc a + 15 Vcc. Este terminal no ha de conectarse si Vdd se conecta a + 5 V.

El capacitor ubicado entre la tercera patilla del BS2 y el cuarto pin del DB9, es el encargado de filtrar toda señal proveniente del exterior, para evitar que el BS2 atienda ruidos no deseados.

El eficiente funcionamiento del Sistema de Control, depende exclusivamente del programa que se encuentre grabado en el microcontrolador, por lo que debe estar estructurado de manera lógica y con una secuencia correcta, de tal manera que realice las funciones indicadas en el diseño electrónico mostrado a continuación:



NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
C	Capacitor
R	Resistencia
CARGA	Tubo amplificador RF \VJ1000
SSR	Rele de estado sólido
Ctc	Contactador de 220V
Vdd	Voltage directo igual a +5V
BS2	Microcontrolador Basic Stamp 2
Press, SWR, IG	Alarmas de la unidad \VJ1000
RL	Rele
P	Pulsador
SW	Interruptor de la unidad \VJ1000
S	Interruptor

Figura 4.12 Diseño electrónico propuesto

En el diagrama se puede observar que esta conformado por algunas etapas las cuales se describen a continuación:

#### **4.5.1 Etapa de Interfaces**

Una interfaz como es conocido es la conexión física y funcional entre dos aparatos o sistemas independientes; en este caso en particular por un lado es la conexión entre el PC y el BS2 la cual se encarga de transferir o cargar el programa al microcontrolador, vale mencionar que para realizar esta acción no es necesario realizar ningún tipo de configuración mediante códigos de programa, ya que se tratan de pines (*Sout, Sin, ATN, Vss*) diseñados para cumplir justamente con dicha función. En el extremo correspondiente al computador encontramos un conector estándar DB9 el cual de ser ubicado en un puerto COM disponible.



Figura 4.13 Cable de datos serie DB9 a DB9

Otra conexión es la que existe entre el módem GSM y el BS2, como característica principal se puede citar que no fue necesario realizar una interfaz RS232 – TTL, debido a que se puede cubrir los requerimientos necesarios únicamente con la manera indicada en el diseño electrónico. La resistencia ( $R2$ ) nos garantiza que

durante la transmisión de datos el voltaje se mantenga en un nivel seguro. En este caso es necesario configurar los pines (*P14, P15*) a utilizarse para este fin en el BS2.

Las tareas que va a recibir y ejecutar el módem a través de los SMS y los Comandos Hayes del BS2 deben tener una codificación un tanto secreta y sencilla de recordar, como la que se recomienda a continuación:

<i>Encender el amplificador de RF VJ1000</i>	→	<i>vjon</i>
<i>Apagar el amplificador de RF VJ1000</i>	→	<i>vjoff</i>
<i>Activa la alarma de Ventilación</i>	→	<i>ppres</i>
<i>Activa la alarma de S.W.R.</i>	→	<i>pswr</i>
<i>Activa la alarma de Corriente Grid</i>	→	<i>pig</i>

#### **4.5.2 Etapa de Monitoreo y Control**

El BS2 viene a ser el cerebro del sistema de control, tiene la responsabilidad de monitorear sus entradas en todo momento y realizar el control respectivo a través de sus salidas. Primeramente se debe identificar cuales terminales van a configurarse de entradas y cuales de salidas:

<i>P0, P1, P15</i>	→	<i>Puertos de Salida</i>
<i>P11, P12, P13, P14</i>	→	<i>Puertos de Entrada</i>

Configuración de puertos con la ayuda del editor PBASIC 2.5:

```
OUTPUT 0 'Puerto 0 como salida  
OUTPUT 1 'Puerto 1 como salida  
OUTPUT 15 'Puerto 15 como salida  
INPUT 11 'Puerto 11 como entrada  
INPUT 12 'Puerto 12 como entrada  
INPUT 13 'Puerto 13 como entrada  
INPUT 14 'Puerto 14 como entrada
```

Se debe realizar asignaciones de la manera siguiente:

```
VJ0 CON 0 'Se asigna VJ0 con el puerto 0
```

*VJ1 CON 1 'Se asigna VJ1 con el puerto 1*  
*TxM CON 15 'Se asigna TxM con el puerto 15*  
*IG CON 11 'Se asigna IG con el puerto 11*  
*SWR CON 12 'Se asigna SWR con el puerto 12*  
*PRS CON 13 'Se asigna PRS con el puerto 13*  
*RxM CON 14 'Se asigna RxM con el puerto 14*

Ahora es necesario programar la función que va a desempeñar cada uno de los pines detallados anteriormente:

*P14 → Responde al BS2*  
*P15 → Interroga y ordena al módem*  
*P11 → Interroga a la alarma I. G.*  
*P12 → Interroga a la alarma S.W.R.*  
*P13 → Interroga a la alarma Press.*  
*P0 → Ordena apagar la unidad RF*  
*P1 → Ordena encender la unidad RF*

La descripción de la aplicación desarrollada cubre dos opciones representadas esquemáticamente en la siguiente figura:



Figura 4.14 Representación esquemática de la aplicación

#### 4.5.2.1 Control de la unidad de amplificación de RF

- Envío de un mensaje codificado al módem desde un teléfono móvil, ordenando cierta acción.
- Recepción en el módem, y re-envío al microcontrolador, cuyo puerto permanecía en estado de lectura (es decir, esperando la ejecución de una instrucción RXD).
- Lectura del mensaje en registros del microcontrolador, e identificación del mismo por comparación con una plantilla de órdenes predefinidas.

- d. Atención de la orden, y generación de la secuencia de respuesta a transmitir.
- e. Escritura de la secuencia en el módem, incluyendo el número del teléfono móvil al que se llamará, devolviendo un mensaje de confirmación de orden ejecutada al usuario, por ejemplo, 'ORDEN OK'.
- f. Confirmación de envío desde el móvil, y paso al estado de recepción (lectura).

#### 4.5.2.2 *Generación y envío de alarmas de la unidad de amplificación de RF*

- a. Verificación por parte del microcontrolador el estado actual de las alarmas. Si el estado de las alarmas permanece invariante continua verificado.
- b. Preparación de la secuencia a transmitir, incluyendo o no variables del sistema, tras la aparición de la alarma.
- c. Escritura del mensaje en el móvil, y confirmación de recepción por parte de éste.
- d. Paso del microcontrolador al estado de recepción, y espera de la confirmación de lectura por parte del usuario.
- e. Recepción de la confirmación de usuario en el microcontrolador, y activación de la siguiente opción(según el tipo de alarma): paso al estado de Control, en espera de nuevas indicaciones por parte del usuario.

Finalmente una vez atendida las interrupciones, ya sean del teléfono móvil del usuario o de las alarmas de la unidad de amplificación de RF, el programa regresa nuevamente a seguir consultando y verificando.

Ambos opciones se han programado de forma que tras cada escritura en el módem es necesario hacer una lectura del mismo, para comprobar que el comando ha sido correctamente atendido (respuesta 'OK').

Todos los comandos y datos enviados/recibidos por el puerto de enlace Microcontrolador-Módem lo son codificando los caracteres ASCII en serie, tal y como deben aparecer en el mensaje final.

La secuencia lógica del programa, se lo puede apreciar en el siguiente diagrama de flujo:

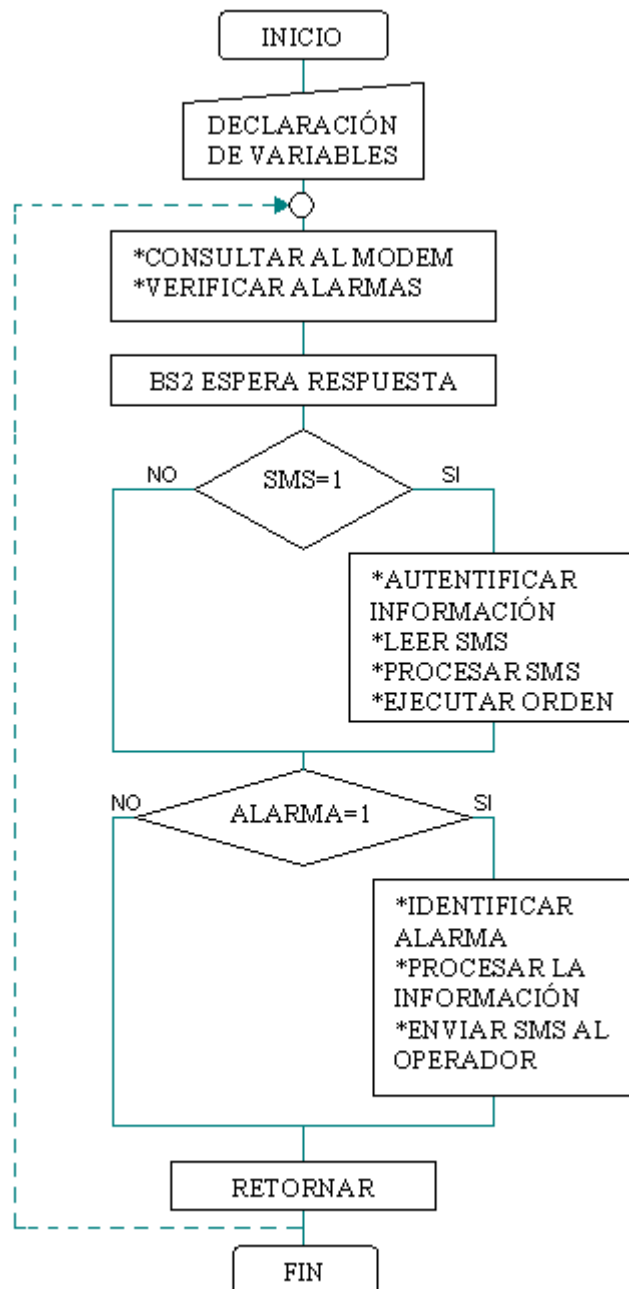


Figura 4.15 Diagrama de flujo



Esto se puede lo puede realizar mediante los Comandos Hayes y el editor PBASIC, a continuación se muestra un ejemplo de trama SMS-SUBMIT para observar su funcionamiento:

Se quiere enviar el mensaje corto “hola” al teléfono 630672901 utilizando el Centro de mensajes +341710760000.

- ✓ SCA: 0C91437101670000 (8 bytes)

Longitud	Tipo	Tlf en BCD
0C	91	43-71-01-67-00-00

- ✓ PDU-TYPE: 01h. Trama de tipo SMS-SUBMIT. Campo de usuario sin cabecera. Informe de estado no solicitado. Campo VP no presente.

7	6	5	43	2	10
RP	UDHI	SRR	VPF	RD	MTI
0	0	0	00	0	01

- ✓ MR: 00h. Número de referencia 0.
- ✓ DA: 0681366027091F (7 bytes). Teléfono destino.

Longitud	Tipo	Tlf en BCD
09	81	36-60-27-09-F1

- ✓ PID: 00h (mensaje corto)
- ✓ DCS: F6h (Codificación de 8 bits, en ASCII)
- ✓ UDL:04. Longitud de los datos de usuario.
- ✓ UD: 686F6C61 (4 bytes). Datos de usuario.

h	o	l	a
68	6F	6C	61

La trama final es la mostrada en la figura siguiente, que ocupa 24 bytes.

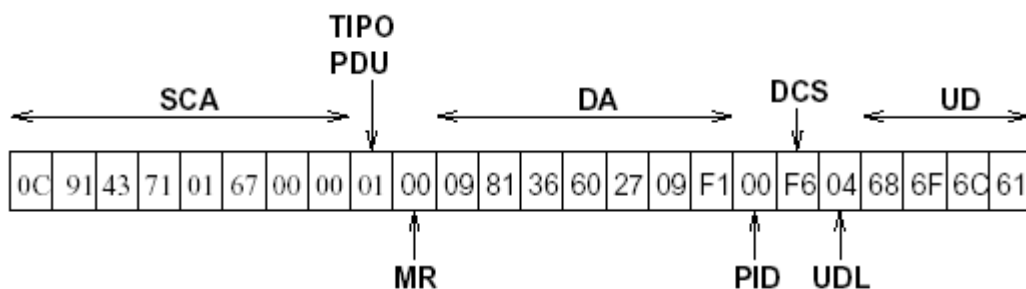


Figura 4.16 Trama SMS-SUBMIT de ejemplo

Las opciones anteriores han sido programadas en el microcontrolador, mostrándose ahora como ejemplo la secuencia programada para la emisión de una alarma del sistema, que consta de tres etapas transmisión-recepción:

#### *Etapas 1*

- a) Introducción del código PIN en la tarjeta SIM que está dentro del módem, mediante el envío del comando *AT+CPIN*.
- b) Espera la respuesta 'OK' de confirmación de que el módem ha procesado correctamente la orden o comando de identificación de tarjeta. La confirmación puede hacerse por lectura y comprobación de los caracteres 'OK'.

#### *Etapas 2*

- a) Envío del comando *AT+CMGS*, por ejemplo, *AT+CMGS=699799314*, número de llamada del módem.
- b) Tras la confirmación de recepción, se espera recibir en el microcontrolador el carácter ">", que significa que el módem está esperando el texto del mensaje a retransmitir.

#### *Etapas 3*

- a) Generación y/o preparación de la secuencia a transmitir, con o sin variables de estado.
- b) Envío del texto de alarma. Esta etapa, la que manda el mensaje, se podría considerar como la segunda fase del comando *AT+CMGS*.
- c) Comprobación de envío correcto. Para ello, se espera recibir desde el módem la secuencia:

+ CMGS: n° de mensaje  
OK

Los comandos AT+ restantes funcionan de manera similar al ejemplo mostrado, lo que hay que tener claro es que parámetro maneja cada uno de los comandos.

### 4.5.3 Etapa de Control de On / Off

Esta sección esta encargada de ejecutar la orden de encender o apagar la unidad de RF VJ1000 y esta conformada por:

- ✓ Réles de estado sólido, los cuales permiten el acoplamiento entre el circuito de control (+5Vdc) y el circuito de potencia (220Vac). Para el encendido se ocupa un contacto normalmente abierto, el mismo que será activado con un solo pulso en bajo proveniente del puerto *P1*. Si se desea apagar entonces se activa el contacto normalmente cerrado perteneciente a *P0*, pero en este caso el pulso en bajo debe permanecer en ese estado hasta recibir un nueva orden.
- ✓ Contactores, dos para ser precisos, los mismos que por medio de sus contactos habilitan o deshabilitan el suministro de energía a la carga (VJ1000). El circuito mostrado permite el on/off desde dos lugares distintos, uno en el sitio donde se encuentra la unidad de RF esta es de forma manual (SW1) y la otra desde cualquier lugar remoto con la ayuda del SMS de forma inalámbrica (Ctc1 y Ctc2). Es importante que los contactores cumplan con las necesidades del VJ1000, es decir que trabajen a 220V y circule una corriente de 15A.



Figura 4.17 Contactor 220V, 15A

#### 4.5.4 Etapa de Control de Alarmas

Las señales de entrada en este punto son las que provienen de las alarmas del VJ1000, en caso de activarse éstas los réles empiezan a trabajar y los contactos normalmente abiertos se cierran, mandando a los pines del BS2 un cero lógico.

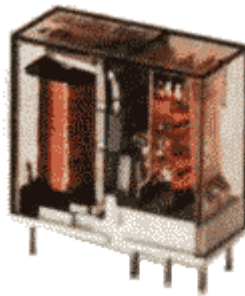


Figura 4.18 Réle de armadura

#### 4.5.5 Etapa de Fuente de Alimentación

Finalmente el BS2 necesita de una fuente de alimentación, la misma que debe estar dentro de los parámetros requeridos y seguros para el circuito. Consta de una entrada para un adaptador o una batería, seguido de las etapas de rectificación, filtración y regulación del voltaje al nivel TTL, es decir +5Vdc.



Figura 4.19 Transformador de alimentación 230V / 12V - 2A

### 4.6 COSTO DE LOS MATERIALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN

La implementación se la puede realizar con la adquisición de cada uno de los componentes que se ha descrito hasta el momento, los cuales tienen los siguientes precios:

#	COMPONENTE	CANT.	V. UNIT.	IVA	SUBTOTAL
<b>ETAPA DE INTERFACES</b>					
1	Conector DB9 hembra	2	1,28	0,15	2,87
2	Cable serie DB9 a DB9	2	7,94	0,95	17,79
3	Resistencia 470 ohms	1	0,08	0,01	0,09
4	Capacitor 100nF	1	0,1	0,01	0,11
<b>ETAPA DE MONITOREO Y CONTROL</b>					
5	Microcontrolador BS2	1	105,97	12,7164	118,69
6	Pulsador NA	1	0,21	0,03	0,24
<b>ETAPA DE CONTROL DE ON/OFF</b>					
7	Réle de estado sólido	2	33,75	4,05	75,6
8	Contactador 220V, 15A	2	87,12	10,45	195,15
<b>ETAPA DE CONTROL DE ALARMAS</b>					
9	Réle de señal 5V	3	2,86	0,34	9,61
10	Resistencia 10Kohms	1	0,08	0,01	0,09
<b>ETAPA DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN</b>					
11	Transformador 230/12V	1	15,9	1,91	17,81
12	Batería de 12V	1	3,1	0,37	3,47
13	Interruptor	1	0,45	0,05	0,5
14	Diodo	1	0,9	0,11	1,01
15	Capacitor 100uF	1	0,17	0,02	0,19
16	Regulador 7805	1	2,04	0,24	2,28
17	Capacitor 1uF	1	0,14	0,02	0,16
18	Resistencia 2,2Kohms	1	0,08	0,01	0,09
19	Led	1	0,44	0,05	0,49
20	Conector tipo CN	1	0,78	0,09	0,87
<b>OTROS</b>					
21	Módem GSM/GPRS	1	240,8	28,896	269,696
22	Elementos varios	-	-	-	50
<b>SUMATORIA</b>					<b>766,80</b>
<b>30% IMPREVISTOS</b>					<b>230,04</b>
<b>TOTAL</b>					<b>996,84</b>

Figura 4.20 Costo de los componentes del sistema de control

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

El desarrollo de la investigación propuesta ha arrojado las conclusiones descritas a continuación:

- a. La tecnología GSM es compleja, pero presta todas las facilidades para la realización del control a distancia, por tratarse de una tecnología que cubre las necesidades requeridas en la aplicación, por su gran cobertura en el país permite acceder al sistema de control desde cualquier lugar gracias al teléfono celular, por su amplia variedad en equipos que permiten acceder al servicio SMS, por la confiabilidad en la transmisión de la información lo que garantiza que los datos llegarán a su destino.
- b. La organización Gamboa Comunicación Total Cía. Ltda. en la actualidad tiene ubicado la unidad de amplificación de RF en el cerro Pilishurco, a una distancia considerable de la ciudad de Ambato, se encuentra en operación normal, pero con la carencia de un sistema de control que le permita conocer si la unidad está operando en condiciones normales y seguras, de no ser así desconectar si fuese necesario la unidad de inmediato hasta corregir el problema con el personal técnico, precautelando con ello la alta inversión que representa equipos de este tipo.
- c. GSM por tratarse de una tecnología robusta se acopla perfectamente a cualquier aplicación de control utilizando el servicio SMS, como se

comento anteriormente, pero como en el país el único recurso que se explota es el de la transmisión de voz y datos con fines de comunicación interpersonal, por ende existe una gran cantidad de equipos disponibles, contrario lo que sucede con las aplicaciones de control, ya que para realizar estas tareas obligadamente se debe recurrir a la importación de equipos (módem GSM y BS2) en otros países, donde estas tareas son de los más comunes. Otros inconvenientes que pueden presentarse, en otros entornos, son tanto por costos como por prestaciones, en donde es recomendable usar otro tipo de tecnología como GPRS, que brinda una mayor velocidad en la transferencia en los datos, conexión permanente sin mayor costo, etc. Sin embargo estas deficiencias de GSM pueden convertirse en beneficios, ya que esta tecnología puede evolucionar fácilmente a GPRS sin que esto conlleve a grandes inversiones, debido a que se puede reutilizar parte de las infraestructuras actuales de GSM.

- d. El sistema de control formado por varios componentes, mismo que permiten realizar una acción con el fin de monitorear el estado de la unidad de RF, así como ejecutar las ordenes a través del servicio SMS, permite obtener ventajas como: la intervención rápida ante cualquier eventualidad, ahorro del recurso humano y económico al evitarse el traslado al sitio donde se encuentra la unidad, alargar la vida útil de la unidad de RF por estar vigilada las 24 horas del día en condiciones seguras.
  
- e. El servicio SMS a simple vista puede resultar insuficiente para tareas donde se desea transferir una gran cantidad de datos, sin embargo para el sistema de control es precisamente lo que se necesita, ya que los datos transmitidos y receptados por la red GSM se encuentran codificados, resultando mensajes cuyos contenidos son muy cortos, lejos del límite de su capacidad. Además el usuario cuenta con una notificación indicándole si el mensaje a sido enviado exitosamente o no, la red GSM así se encuentre ocupada con trasmisiones de voz jamás desatenderá el sistema

de control, ya que los mensajes son completamente independientes a las transmisiones de voz, por viajar estos a través del canal de señalización y por poseer la característica del almacenaje y envío, que en el caso de que se realice un envío y el receptor no esté disponible, el mensaje es almacenado.

- f. Una vez que se solucione el traspase causado por la carencia del módem GSM y el BS2 en el Ecuador, la situación se tornará diferente, porque la configuración del módem no es tan compleja, para ello se debe configurar uno a uno los parámetros que se necesite modificar para la aplicación, y los que no, conservan la configuración por defecto del fabricante, el funcionamiento será familiar ya que posee servicios similares propios de un teléfono celular, la diferencia radica en que se accede a él mediante los comandos AT+, que trabajan de la misma forma que en cualquier módem, existen comandos especialmente creados para el tratamiento de los mensajes SMS.
  
- g. La persona encargada de la programación del BS2 no necesita ser un especialista en el tema, por tratarse de un programa de fácil nivel de aprendizaje, además sí a eso se le adiciona que posee un número reducido de instrucciones permitiendo familiarizarse rápidamente, entonces se puede hacer que el BS2 trabaje como se desee en una aplicación cualesquiera, como ventaja también vale la pena mencionar que se puede escribir y borrar los programas las veces que sea necesario en el BS2 ya que puede ser programado aproximadamente 10 millones de veces. El BS2 no se limita a controlar únicamente a dispositivos de baja potencia, ya que con un correcto diseño en la aplicación se lo acoplado a elementos de alta potencia.



## 5.2 RECOMENDACIONES

A continuación se presentan algunas sugerencias importantes que se pueden seguir para desarrollar correctamente la aplicación de control:

- a. Tener un conocimiento previo de los recursos a utilizarse en la aplicación, de tal forma que al momento de la implementación, no se tenga la penosa necesidad de cambiar alguno u otro recurso por no cubrir los requerimientos deseados.
- b. Recordar que antes de enviar alguna instrucción desde el BS2 al módem GSM, primero se debe enviar el comando AT+ correspondiente, que permita al módem cambiar del modo en línea al modo comando, de tal manera que se encuentre listo para recibir las instrucciones. También tener siempre presente no sobrepasar el límite de los 256 caracteres en los comandos AT+.
- c. Aprovechar la capacidad del BS2 en su totalidad, es decir que cada uno de los puertos E/S estén encargados de realizar alguna tarea específica, por ello se aconseja ocupar los pines dejados disponible en el sistema de control, puede ser con un completo Sistema de Seguridad que incluya: la detección de personas no autorizadas en el recinto de transmisión con la ayuda de un contacto magnético y un sensor infrarrojo, el aviso de incendio por medio de un detector de humo, el encendido de un generador, la colocación de un cerca eléctrica alrededor del recinto, el informar que existe ausencia de energía eléctrica en el recinto de transmisión, etc.
- d. La persona encomendada de realizar una aplicación, al inicio tendrá la idea de que es complicado utilizar la red GSM, pero la complejidad de la aplicación no depende en sí de los servicios GSM que usa, sino de la

funcionalidad que se le quiera dar. Los mecanismos de acceso al módem para enviar/recibir SMS son sencillos.

- e. El sistema de control a distancia no es más que un ejemplo de las múltiples aplicaciones posibles, por las flexibilidades que prestan los recursos presentados en la investigación, por lo que es aconsejable su implementación en muchos campos como industrial, doméstico, monitoreo, seguridad, etc.
- f. Verificar que el módem GSM que se vaya a adquirir se encuentra dentro de los rangos de operación de la red GSM, perteneciente a la empresa celular a la que se va a introducir el equipo móvil, entonces es responsabilidad del diseñador investigar todos los parámetros necesarios para realizar el pedido. No está por demás indicar que el módem debe colocarse en un lugar donde exista cobertura por parte de la red GSM.
- g. La codificación de las ordenes a utilizarse en la aplicación, debe ser fáciles de recordar y tener a la vez una estrecha relación con la acción que se le ha encomendado, para que de esta forma cualquier persona pueda entender y reprogramar el código grabado en el microcontrolador, en caso de que fuera necesario.
- h. Los mensajes recibidos por el módem van siendo almacenados en su memoria, por lo que es importante ir continuamente borrando, para dar espacio a los nuevos mensajes y con esto evitar que se sobrepongan uno al otro, lo que puede ocasionar que el sistema no pueda identificar la instrucción a procesar.

## BIBLIOGRAFÍA

- TOMASI, Wayne (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicos. Edición 4ta. Pearson Education. Juarez. México.
- R.V.R. Elettronica S.r.l.(1993). VJ1000 - USER MANUAL Versione 3.0. Bologna (Italia).
- PUMA CAIZA, Luis Alberto (2006). Sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos a través de la Telefonía Móvil para Invernaderos de Rosas. FIS-UTA. Ambato-Ecuador.
- VILLACÍS PARRA, Santiago Ricardo (2005). Sistema de Monitoreo y Control Remoto utilizando el Servicio de Mensajes de Texto de la Red GSM. FIS-UTA. Ambato-Ecuador.

### Página Web

- [http://www.victronics.cl/PDF/CATALOGO/Modulos\\_RF.pdf](http://www.victronics.cl/PDF/CATALOGO/Modulos_RF.pdf)
- [http://www.3gamericas.org/Spanish/maps/operators\\_maps/](http://www.3gamericas.org/Spanish/maps/operators_maps/)
- [http://ecam.no-ip.com/galvez/web/digital/Pcas\\_BS2.pdf](http://ecam.no-ip.com/galvez/web/digital/Pcas_BS2.pdf)
- [http://support.gfi.com/manuals/es/nsm6/nsm6manual\\_es-1-38.html](http://support.gfi.com/manuals/es/nsm6/nsm6manual_es-1-38.html)
- <http://personal.redestb.es/jorgecd/contactor.html>
- <http://www.cenet-uchile.cl/PP1.htm>
- <http://www.fortunecity.com/millennium/berkeley/85/gsm/index.htm>
- [http://www.digitel.com.ve/PortalDeDigitel/Digitel.portal?nfpb=true&pageLabel=tecnologia&archivoSeleccionado=tecnoGSM\\_evolucion.jsp&currentMenuOption=null](http://www.digitel.com.ve/PortalDeDigitel/Digitel.portal?nfpb=true&pageLabel=tecnologia&archivoSeleccionado=tecnoGSM_evolucion.jsp&currentMenuOption=null)
- [www.ute.edu.ec/walc2006/track1/CD/Libro%20de%20redes%20en%20esp/Capitulo%202.pdf](http://www.ute.edu.ec/walc2006/track1/CD/Libro%20de%20redes%20en%20esp/Capitulo%202.pdf)
- <http://www.motorola.com/pr/archivo/2002/12172002.html>
- <http://www.parallax.com/dl/docs/books/edu/BSManSpanish.pdf>

- <http://es.tldp.org/Presentaciones/200103hispalinux/seco/pdf/pasarelas-sms.pdf>
- <http://www.iearobotics.com/personal/juan/doctorado/sms/sms.html>
- <http://www.iearobotics.com/personal/juan/doctorado/sms/sms.pdf>
- [http://www.progres-spain.com/espanyol/pdfs/MANUAL\\_AVISADOR\\_GSM.PDF](http://www.progres-spain.com/espanyol/pdfs/MANUAL_AVISADOR_GSM.PDF)
- [http://www.gtc.iac.es/control/Control\\_es.asp](http://www.gtc.iac.es/control/Control_es.asp)
- [http://www.sapiensman.com/control\\_automatiko/control\\_automatiko6.htm](http://www.sapiensman.com/control_automatiko/control_automatiko6.htm)
- <http://www.elai.upm.es/spain/Asignaturas/ControlProcesos/archivos/Transparencias/Tema1.pdf>
- <http://bibliotecnica.upc.es/PFC/arxius/migrats/40117-1.pdf>
- [http://patanegra.unex.es/agila/movicuo/archivos/MOVICUO\\_articulo\\_congreso\\_SOFTWARE\\_LIBRE.pdf](http://patanegra.unex.es/agila/movicuo/archivos/MOVICUO_articulo_congreso_SOFTWARE_LIBRE.pdf)
- [http://focuslab.lfp.uba.ar/public/Electronica/Informes/Final\\_Amador-Cobelli.PDF](http://focuslab.lfp.uba.ar/public/Electronica/Informes/Final_Amador-Cobelli.PDF)
- <http://www.uc3m.es/uc3m/dpto/IN/dpin04/ISL/sensores.pdf>
- <http://www.conozcasuhardware.com/quees/modem2.htm>
- [http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECELS04\\_004.pdf](http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECELS04_004.pdf)
- <http://www.dachs.es/archivosnuevos/pdfs/Dachs/Manual%20de%20Usuario%20Modem%20Dachs%20DS-01%20v45.pdf>
- [http://www.multitech.com/DOCUMENTS/Collateral/data\\_sheets/86002042\\_ES.pdf](http://www.multitech.com/DOCUMENTS/Collateral/data_sheets/86002042_ES.pdf)
- <http://bluehack.elhacker.net/proyectos/comandosat/comandosat.html>
- [http://www.parallax.com/html\\_pages/downloads/software/software\\_basic\\_stamp.asp](http://www.parallax.com/html_pages/downloads/software/software_basic_stamp.asp)
- <http://www.todomicrostamp.com/soynuevo.php>

## ANEXOS

### ANEXO A

#### MÓDEM GSM/GPRS

Los módems GSM/GPRS permiten establecer comunicaciones utilizando la red y cobertura celular. Se pueden generar llamadas de voz, enviar SMS, enviar datos sobre el canal GPRS, conectarse a páginas web utilizando el canal de datos GPRS. Basta con insertarles una SIM card con plan o pre-pago, y el módulo quedará habilitado.

Incluyen interfaz de comunicación RS232 de 9600 a 115200bps y se controlan y configuran por medio de comandos AT. Pueden ser controlados por un computador o un microcontrolador.

El terminal móvil a ocupar debe poseer la siguiente información para el pedido:

<i>Producto</i>	<i>Descripción</i>	<i>Región</i>
MTCBA-G*	Módem GSM/GPRS	Clase 10 Regional

Las claves a tener en cuenta para el pedido son:

- F1    Módem 900/1800 MHz GSM/GPRS.
- F2    Módem 850/1900 MHz GSM/GPRS.
- U     Interfaz USB.
- B     Interfaz Bluetooth.
- EN    Interfaz Ethernet.

- GP Funcionalidad GPS.
- NAM Incluye cordón de alimentación eléctrica estilo de EUA.
- EU Incluye cordón de alimentación eléctrica estilo Euro.
- GB/IE Incluye cordón de alimentación eléctrica estilo de Reino Unido

Utilice las claves para pedido de opciones de construcción específica. Verifique con su proveedor de servicio inalámbrico local para ver qué bandas de frecuencia se requieren.

Las especificaciones se presentan en 3 formatos para distintos niveles de integración: el formato socket permite una rápida integración a su PCB, pero solo soporta datos. El formato OEM más robusto, permite integración a su PCB y soporta datos y voz. Finalmente el formato externo permite una rápida integración a cualquier sistema que disponga de un puerto serial RS232 estándar.

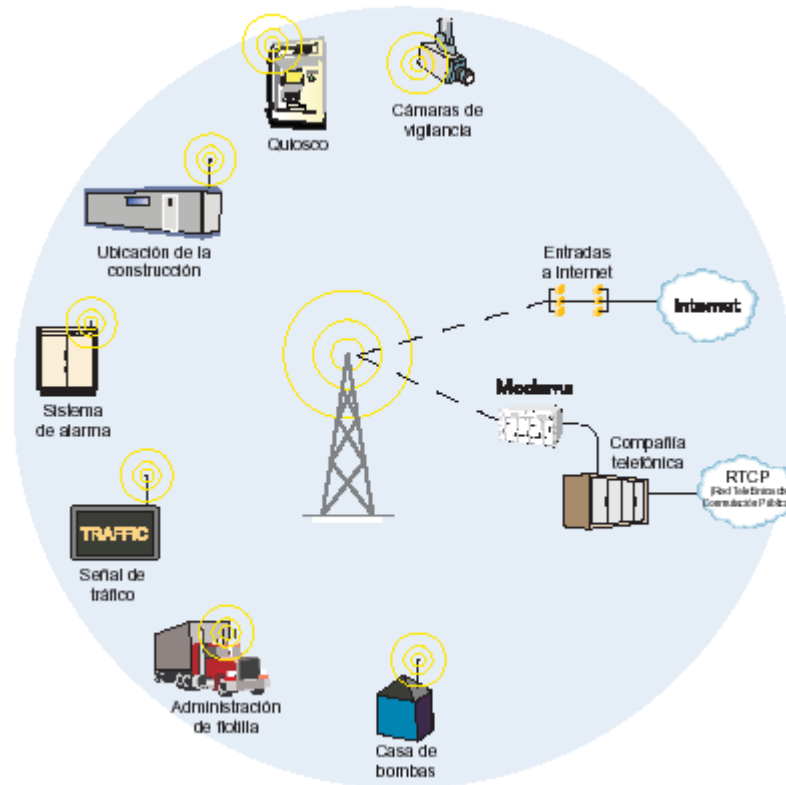
		MTSMC-G-F2-SP	MTCBA-G-F2	MTMMC-G-F2
Código		85-62001	85-62002	85-62003
Tipo módulo		Socket	Módem externo	OEM
Bandas		850/1900Mhz	850/1900Mhz	850/1900Mhz
Modos	Módem	•	•	•
	Voz		•	
	SMS	•	•	•
	GPRS	•	•	•
	FAX	•	•	•
IO	IO digitales			2 propósito general + Entrada teclado 5x5
	I análogas			1 ch, 10bits, 0-2,5V
	O análoga			
	Micrófono		•	•
	Speaker		•	•
Protocolos soportados		ARP, Dial-in PPP, DNS Resolve, FTP client, ICMP, IP, IPCP, LCP, POP 3 (receive mail), PPP, SMTP (send mail), TCP socket, Telnet client, Telnet server, UDP socket, CHAP, PAP, Text y PDU, Point-to-Point, cell broadcast		
Especificaciones Eléctricas	V entrada	5VDC	5 A 32VDC	5VDC
	Consumo	1,3Apeak a 5VDC	400mA tip. 1Apeak a 5VDC	300mA tip. 1,3Apeak a 5VDC
	Potencia Irradiada	1W, 850/1900Mhz	1W, 850/1900Mhz	1W, 850/1900Mhz
Interfase de comunicación		RS232 en headers 2mm pitch	RS232 en conector en conector HD15F	RS232 en conector 2x25 pines 1,27mm pitch
Conexiones	SIM Card	Socket incluido		
	Power	headers 2mm pitch	Power jack 2,5mm Conector HD15F	Conector 2x25 pines 1,27mm pitch
	Audio			
	IO dig/ana			
Antena	Jack MMCX	Jack SMA	Jack MMCX	
Varios	Tamaño	8,0x3,5x1,2cms	11,0x6,1x2,4cms	6,4x4,6x1,2cms
	Carcaza	Aluminio	Aluminio Resistente al agua	Aluminio
Figura		1	2	3



El módem está orientado hacia aplicaciones que periódicamente necesitan enviar o recibir información en una red inalámbrica. Es ideal para:

- Automatización de máquina a máquina (M2M).
- Seguridad pública/Servicios de emergencia.
- Tránsito público.
- Monitoreo remoto industrial, médico y del medio ambiente.
- Diagnóstico remoto.
- Sistemas de seguridad.

- Telemetría/Medición remota.
- Rastreo de vehículos.



## ANEXO B

### COMANDOS AT

El lenguaje más extendido de comandos para módems es el de los comandos Hayes o AT, ya que casi el 100% de ellos deben comenzar con el prefijo “AT” de “Attention”, que pone al módem en modo escucha.



Los comandos Hayes se los puede dividir en 4 grupos:

1. **Básicos (AT...):** estos comandos fueron los que inicialmente fueron definidos y cumplen funciones elementales.
  - ATA Responder la llamada entrante.
  - A/ Repetir el último comando (no se le antepone AT).
  - ATD Configura la forma de marcado: T (tonos), P (pulsos).
  - ATE Deshabilita el eco para la terminal.
  - ATE1 Habilita el eco.
  - ATH Cuelga la llamada.
  - ATI Pedido de información.
  - ATL Regula el volumen del sonido de salida del módem.
  - ATM Programa conexión/desconexión del altavoz
  - ATO Retorna al modo En Línea desde el modo Comando.
  - ATQ Configuración para mostrar los resultados.
  - ATQ1 Hace que el módem no arroje resultados de las operaciones.
  - ATSn? Pregunta por el valor del registro n.
  - ATSn=r Ingresa el valor r al registro n.
  - ATV El módem devuelve resultados numéricos.
  - ATV1 El módem devuelve resultados con palabras.
  - ATX Reporta los códigos básicos de conexión.
  - ATX1 Ídem al anterior y agrega la velocidad de la conexión.
  - ATX2 Ídem al anterior y además detecta tono de marcado.
  - ATX3 Ídem X1 y además es capaz de detectar tono de ocupado.
  - ATX4 El módem reporta y detecta todos los acontecimientos anteriores.
  - ATZ Se resetea la configuración del módem con los datos del perfil 0.
  - ATZ1 Se resetea la configuración del módem con los datos del perfil 1.

- ATW Envía códigos de progreso de la negociación.
  - AT+++ Carácter de escape para volver al modo comando estando en modo en línea sin colgar la comunicación ( por defecto es el carácter + pero puede configurarse otro en el registro S2). Aquí tampoco se debe anteponer el prefijo AT.
2. **De registro(ATSi=, ó ATSi?):** modifican los valores de los registros internos del módem ó solicitan sus valores. La cantidad de registros que posea un módem dependen del modelo del mismo. Solo los primeros 12 son estándar.
- S0 Número de “rings” al cabo del cual el módem debe contestar. Si el valor es 0 el módem no contesta nunca de forma automática.
  - S1 Lleva la cuenta de cuantos rings han ocurrido.
  - S2 Contiene el número en ASCII del caracter de escape. Por default: 43 (+).
  - S6 Tiempo de espera para el tono de discado.
  - S7 Tiempo de espera para la señal de “Carrier Detect” remoto.
  - S12 Tiempo de guarda para pasar al modo comando luego del “+++”.
  - S37 Negociación de la velocidad.

3. **Extendidos(AT+..):** comandos adicionales que se agregaron posteriormente a las definiciones de los comandos básicos. Generalmente cumplen funciones poco más complejas que los básicos. Estos comandos no son aceptados por la totalidad de los módems y es posible que algunos de los parámetros aquí mencionados no tengan los mismos efectos en todos los módems.

*Comandos generales*

- AT+CGMI Identificación del fabricante.
- AT+CGSB Obtener número de serie.

- AT+CIMI            Obtener el IMSI.
- AT+CPAS           Leer estado del módem.

*Comandos del servicio de red*

- AT+CSQ            Obtener calidad de la señal.
- AT+COPS           Selección de un operador.
- AT+CREG           Registrarse en una red.
- AT+WOPN          Leer nombre del operador.

*Comandos de seguridad*

- AT+CPIN           Introducir el PIN.
- AT+CPINC          Obtener el número de reintentos que quedan.
- AT+CPWD          Cambiar password.

*Comandos para la agenda de teléfonos*

- AT+CPBR          Leer todas las entradas.
- AT+CPBF          Encontrar una entrada.
- AT+CPBW          Almacenar una entrada.
- AT+CPPS          Buscar una entrada.

*Comandos para SMS*

- AT+CPMS          Seleccionar lugar de almacenamiento de los SMS.
- AT+CMGF          Seleccionar formato de los mensajes SMS.  
Modo texto.  
Modo PDU.
- AT+CMGR          Leer un mensaje SMS almacenado.
- AT+CMGL          Listar los mensajes almacenados.
- AT+CMGS          Enviar mensaje SMS.
- AT+CMGW          Almacenar mensaje en memoria.
- AT+CMSS          Enviar mensaje almacenado.
- AT+CSCA          Establecer el Centro de mensajes a usar.
- AT+ WMSC          Modificar el estado de un mensaje.

4. **Propietarios(AT/...):** definidos por el fabricante del equipo.

- AT%C    Deshabilita la compresión de los datos.
- AT%C1    Habilita la compresión MNP5.
- AT%C2    Habilita la V.42 bis.
- AT%C3    Habilita la MNP5 y la V.42 bis.

## **ANEXO C**

### **BASIC STAMP II**

El Basic Stamp 2 es sin duda uno de los microcontroladores que más ha contribuido a popularizar de muchas aplicaciones. Su facilidad de uso, junto con sus infinitas posibilidades, hacen que se pueda utilizar en toda clase de proyectos desde el circuito más simple, hasta los controladores industriales más avanzados. Está formado por un microprocesador PIC 16C57 a 20 Mhz y una EEPROM de 2 K con capacidad para unas 500 líneas de código, todo ello en un formato de 24 pines estándar.

El editor PBASIC utiliza símbolos para identificar los distintos sistemas numéricos. Los números hexadecimales se representan con el signo de moneda (\$), los números binarios con el símbolo de porcentaje (%), los caracteres ASCII encerrados entre comillas (") y los números decimales de forma directa. Vea el siguiente ejemplo:

- 75            'Decimal'.
- %01001      'Binario'
- \$65          'Hexadecimal'
- "A"          'ASCII'

La gran ventaja de los BS2 respecto a otros microcontroladores es sin duda que incorporan un chip intérprete de PBASIC, permitiendo ahorrar muchísimo tiempo en el desarrollo de aplicaciones dada su sencillez.

El diseño físico consiste en un regulador de 5+ voltios, un oscilador de 20 MHz, una memoria EEPROM de 2K, un detector de bajo voltaje e chip intérprete PBASIC. Un programa compilado en PBASIC es almacenado en la EEPROM, desde donde el chip intérprete grabado en el microcontrolador lee y escribe las instrucciones.

La estructura interna del microcontrolador BS2 se muestra en la siguiente gráfica donde se puede observar los componentes claramente:

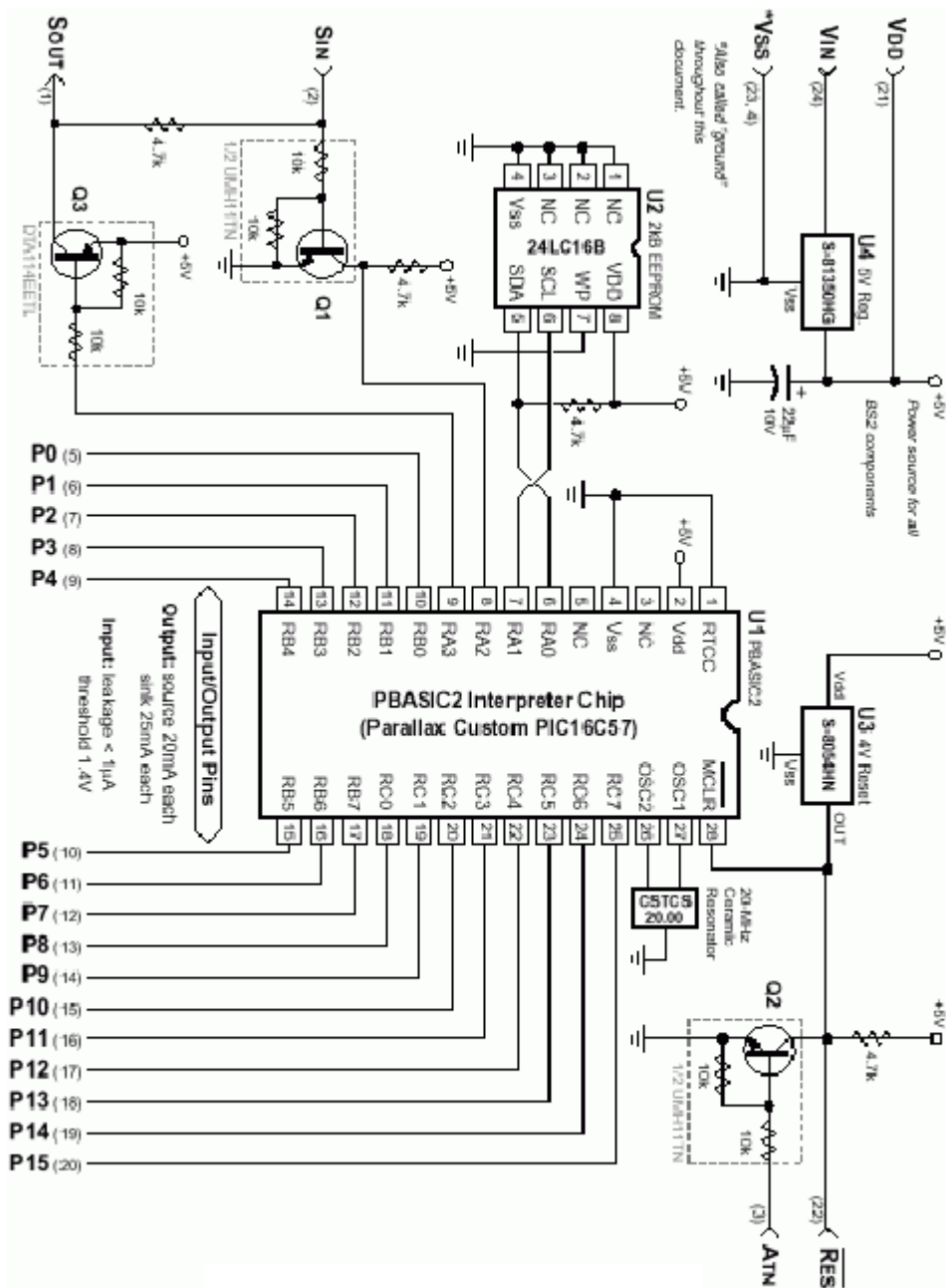


Diagrama Eléctrico del Basic Stamp 2

Existen muchas aplicaciones de los BS2, por lo que la única limitante de los microcontroladores es su imaginación. La facilidad de un puerto abierto de (entrada / salida), la capacidad de evaluación de señales para luego decidir una acción y poder controlar dispositivos externos. Hacen que el microcontrolador sea el cerebro de los equipos. Estos son algunos ejemplos de áreas de aplicaciones:

- Electrónica Industrial (Automatizaciones).
- Comunicaciones e interfase con otros equipos (RS-232).
- Interfase con otros Microcontroladores.
- Equipos de Mediciones.
- Equipos de Diagnósticos.
- Equipos de Adquisición de Datos.
- Robótica (Servo mecanismos).
- Proyectos musicales.
- Proyectos de Física.
- Proyectos donde se requiera automatizar procesos artísticos.
- Programación de otros microcontroladores.
- Interfase con otros dispositivos de lógica TTL:
  - Teclado.
  - Pantallas LCD.
  - Protocolo de comunicación X-10.
  - Sensores.
  - Memorias.
  - Real Time Clock (RTC).
  - A/D, D/A, Potenciómetros Digitales.

## **ANEXO D**

## **EDITOR PBASIC**

El PBASIC Editor es el programa donde escribimos el conjunto de instrucciones para el Basic Stamp. Es similar en apariencia a cualquier editor de texto del sistema operativo WINDOWS. El editor contiene una serie de herramientas como son identificador del Basic Stamp, Corrector ortográfico de sintaxis, Mapa de memoria y Ventana del depurador.

El editor tiene la capacidad para abrir 16 ventanas simultáneamente. La capacidad de cortar, copiar y pegar se mantiene innata. Su entorno es muy sencillo y usted se familiarizara muy pronto.

Esta guía de referencia rápida de PBASIC es una versión reducida de los comandos del BASIC Stamp II:

### *BIFURCACIÓN*

- **IF...THEN**  
IF condición THEN direcciónEtiqueta  
Evalúa la condición y, si es verdadera, se dirige al punto del programa marcado por direcciónEtiqueta.
- **BRANCH**  
BRANCH indicador, [ dirección0, dirección1, ...direcciónN]  
Se dirige a la dirección especificada por el indicador (si está en el rango).
- **GOTO**  
GOTO direcciónEtiqueta  
Se dirige al punto del programa especificado por direcciónEtiqueta.
- **GOSUB**  
GOSUB direcciónEtiqueta  
Guarda la dirección de la instrucción siguiente a GOSUB, luego se dirige al punto del programa especificado por direcciónEtiqueta.
- **RETURN**



Regresa de una subrutina. Regresa el programa a la dirección (instrucción) inmediatamente siguiente al GOSUB más reciente.

### *REPETICIÓN*

- FOR...NEXT

FOR variable = inicial to final { paso} ...NEXT

Crea un bucle repetitivo que ejecuta las líneas de programa entre FOR y NEXT, incrementando o disminuyendo el valor de la variable de acuerdo al paso, hasta que el valor de la variable iguala al valor final.

### *FUNCIONES NUMÉRICAS*

- LOOKUP

LOOKUP índice, [ valor0, valor1,... valorN], variable

Busca el valor especificado por el índice y lo guarda en la variable. Si el índice excede el máximo valor de índice de la lista, la variable no es afectada.

Un máximo de 256 valores puede ser incluido en la lista.

- LOOKDOWN

LOOKDOWN valor, { comparador, } [ valor0, valor1,... valorN], variable

Compara un valor con los de la lista en función del comparador y guarda la ubicación (índice), en la variable.

- RANDOM

RANDOM variable

Genera un número pseudo-aleatorio.

### *DIGITAL I/O (ENTRADA/SALIDA DIGITAL)*

- INPUT

INPUT pin

Convierte al pin especificado en entrada (escribe un 0 en el bit correspondiente de DIRS).

- OUTPUT

OUTPUT pin

Convierte al pin especificado en salida (escribe un 1 en el bit correspondiente de DIRS).

- REVERSE

REVERSE pin

Si el pin es de salida, lo hace de entrada. Si el pin es de entrada, lo hace de salida.

- LOW

LOW pin

Convierte al pin en salida y la pone en estado bajo (escribe un 1 en el bit correspondiente de DIRS y un 0 en el bit correspondiente de OUTS).

- HIGH

HIGH pin

Convierte al pin en salida y la pone en estado alto (escribe un 1 en el bit correspondiente de DIRS y OUTS).

- TOGGLE

TOGGLE pin

Invierte el estado de un pin.

- PULSIN

PULSIN pin, estado, variable

Mide un pulso de entrada (resolución de 2  $\mu$ s).

- PULSOUT

PULSOUT pin, período

Genera un pulso de salida (resolución de 2  $\mu$ s).

- BUTTON

BUTTON pin, presionado, retardo, velocidad, espacio trabajo, estado, etiqueta  
Elimina el rebote, realiza auto-repetir, y se dirige a la etiqueta si un botón es activado.

- SHIFTIN

SHIFTIN dpin, cpin, modo, [resultado{\ bits} { , resultado{\ bits}... }]

Convierte los bits recibidos de serie a paralelo y los almacena.

- SHIFTOUT

SHIFTOUT dpin, cpin, modo, [ datos{\ bits} { , datos{\ bits}... }]

Envía los datos en forma serial.

- COUNT

COUNT pin, período, resultado

Cuenta el número de ciclos en un pin, por un período de milisegundos, y guarda ese número en resultado.

- XOUT

XOUT mpin, zpin, [casa\ clavecomando{\ ciclos} {,casa\ clavecomando{\ ciclos}... }]

Genera códigos de control de línea X-10. Se usa con los módulos de interfase TW523 o TW513.

### *SERIAL I/O(E/S SERIAL)*

- SERIN

SERIN rpin{\ fpin}, baudmodo, { petiqueta,} { tiempospera, tetiqueta,} [ datosentrada]

Recibe datos asincrónicamente (como en RS-232).

- SEROUT

SEROUT tpin{\ fpin}, baudmodo, { pausa,} { tiempospera, tetiqueta,} [ datossalida]

Envía datos asincrónicamente (como en RS-232).

### *ANALOG I/O (E/S ANALÓGICA)*

- PWM

PWM pin, duty, ciclos

Puede ser usado para generar voltajes de salida analógicos (0-5V) usando un capacitor y un resistor. Genera una salida por modulación de ancho de pulso, y luego el pin vuelve a ser entrada.

- RCTIME

RCTIME pin, estado, variable

Mide un tiempo de carga/descarga RC. Puede ser usado para medir potenciómetros.

## *SONIDO*

- **FREQOUT**

FREQOUT pin, milisegundos, freq1 {, freq2}

Genera una o dos ondas sinusoidales de las frecuencias especificadas (0 – 32.767 Hz.).

- **DTMFOUT**

DTMFOUT pin, { tiempoencendido, tiempoapagado,}[ tono{, tono...}]

Genera pulsos telefónicos DTMF.

## *ACCESO A EEPROM*

- **DATA**

{ puntero} DATA {@ ubicación,} { WORD} { datos}{( tamaño)} {, { WORD} { datos}{( tamaño)}...}

Almacena datos en la EEPROM antes de descargar el programa PBASIC.

- **READ**

READ ubicación, variable

Lee un byte de la EEPROM y lo almacena en variable.

- **WRITE**

WRITE ubicación, datos

Escribe un byte en la EEPROM.

## *TIEMPO*

- **PAUSE**

PAUSE milisegundos

Hace una pausa en la ejecución por 0–65535 milisegundos.

## *CONTROL DE ENERGÍA*

- **NAP**

NAP período

Descansa por un corto período. El consumo de energía es reducido a 50 uA (sin cargas conectadas).

- **SLEEP**

SLEEP segundos

Duerme por 1-65535 segundos. El consumo de energía es reducido a 50 uA.

- END

END

Duerme hasta que se interrumpa y reinicie la alimentación o se conecte a la PC. El consumo de energía es reducido a 50 uA.

### DEPURACIÓN DEL PROGRAMA

- DEBUG

DEBUG datosalida{, datosalida...}

Envía variables a ser vistas en la PC.

A continuación se muestran un ejemplo de configuración:

BS2_prg01.bs2		
***** * Departamento de electrónica * D.P.E. ***** * Placa de pruebas: Stamp ECAM 1 * Descripción: Al pulsar P0 se pedirá un valor menor * a 20 y a continuación el LED2 parpadeará tantas * veces como el valor introducido. ***** ' {\$\$STAMP BS2} ' {\$\$PBASIC 2.5}		'=====Programa=====
'=====Configuración de puertos=====		main:
OUTPUT 2 'Puerto 2 como salida	INPUT 0 'Puerto 0 como entrada	'=====CONTROL DE P0=====
'=====Asignaciones=====		'Bucle de espera a pulsar S0
P0 CON 0 'Se asigna P0 con el puerto 0	LED2 CON 2 'Se asigna LED2 con el puerto 2	DO
retardo CON 2000 'Se asigna retardo con 2000		DEBUG "Pulse P0", CR
'=====Declaración de variables=====		PAUSE retardo
n VAR Byte 'Valor introducido		LOOP UNTIL IN0=1
k VAR Byte 'Contador		'Bucle para obligar a introducir un valor menor de 20
		DO
		DEBUG "Introduzca un nº entero < 20", CR
		DEBUG IN NUM n
		LOOP UNTIL n<20
		'Bucle para que el led parpadee n veces
		FOR k=1 TO n
		HIGH LED2
		PAUSE retardo
		LOW LED2
		PAUSE retardo
		NEXT
		END

Los comandos más importantes del editor son:

- F1 Muestra la ayuda en pantalla.

- Ctrl-O        Abre un archivo.
- Ctrl-S        Salva un archivo.
- Ctrl-P        Imprime el archivo actual.
- F9 o Ctrl-R   Descarga el programa en el BS2.
- F7 o Ctrl-T   Corrector de Sintaxis.
- F8 o Ctrl-M   Muestra el mapa de memoria.
- F6 o Ctrl-I   Muestra el número de versión de PBASIC.
- ESC            Cierra la ventana actual

Las palabras reservadas por el Basic Stamp 2 son las siguientes:

**BASIC STAMP II**

ABS	DTMFOUT	LOWNIB	REP
AND	END	LSBFIRST	REVERSE
ASC	FOR	LSBPOST	SBIN
BELL	FREQOUT	MSBPRES	SBIN1..SBIN16
BKSP	GOSUB	MAX	SDEC
BIN	GOTO	MIN	SDEC1..SDEC5
BIN1..BIN4	HEX	MSBFIRST	SERIN
BIT	HEX1..HEX4	MSBPOST	SEROUT
BIT0..BIT15	HIGH	MSBPRES	SHEX
BRANCH	HIGHBIT	NAP	SHEX1..SHEX4
BRIGHT	HIGHNIB	NCD	SHIFTIN
BUTTON	HOME	NEXT	SHIFTOUT
BYTE	IHEX	NIB	SIN
CLS	IHEX1..IHEX4	NIB0..NIB3	SKIP
CON	IF	NOT	SLEEP
COS	IN0..IN5	OR	STEP
COUNT	INA	OUT0..OUT15	STOP
CR	INB	OUTA	STR
DATA	INC	OUTB	SQR
DCD	IND	OUTC	TAB
DEBUG	INH	OUTD	THEN
DEC	INL	OUTH	TO
DEC1..DEC5	INPUT	OUTL	TOGGLE
DIG	INS	OUTPUT	UNITOFF
DIM	ISBIN	OUTS	UNITON
DIR0..DIR15	ISBIN1..ISBIN16	PAUSE	UNITSOFF
DIRA	ISHEX	RCTIME	VAR
DIRB	ISHEX1..ISHEX4	REV	WAIT
DIRC	LIGHTSON	PULSIN	WAITSTR
DIRD	LOOKDOWN	PULSOUT	WORD
DIRH	LOOKUP	PWM	WRITE
DIRL	LOW	RANDOM	XOR
DIRS	LOWBIT	READ	XOUT

**ANEXO E****AMPLIFICADOR DE RF TIPO TUBO VJ1000**

# VJ 1000

## Features

- 1 Input broadband
- 2 Plate tunes and load motorized able to cover the entire band 87,5 to 108 MHz
- 3 High slope low-pass filter
- 4 Output power meter of high exactly (Dir/Ref)
- 5 Simple and rugged power supply, provided easy access, overload protection fuse failure
- 6 Meets or exceeds all FCC and CCIR requirements
- 7 Rack 14 units 19" with 4 disposal units
- 8 WSWR, grid current and insufficient ventilation protections
- 9 Grounded grid power amplifier
- 10 No neutralization required
- 11 Advanced recycling overload and protection system that provides automatic re-start after about 90 seconds of stand-by in case of fault. This procedure is repeated four times and in case of persisting fault, the cycle restarts again after 15 minutes, for four more times. If fault still persists, the stop becomes permanent. If instead, during one of the re-starts the fault disappears the counting circuit system is resetted after a regular working period of 15 minutes





## Technical Specifications VJ 1000

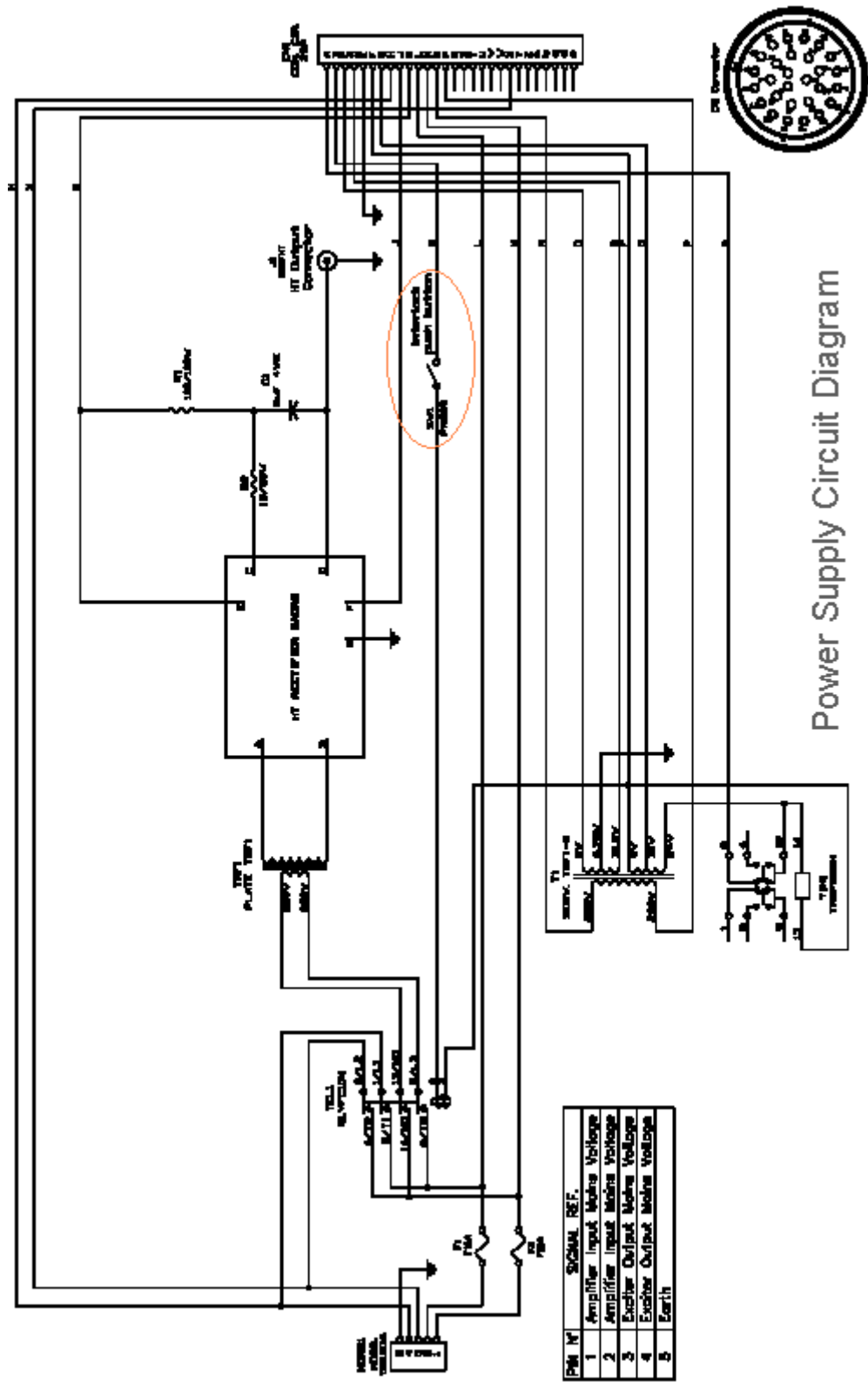
• AC Power Source:	Single Phase: 220-240 V, 50-60 Hz (others available on request)
• Frequency Range:	87.5 - 108 MHz (other frequencies on request)
• Power Output:	850 - 1000 W
• RF Input Connector:	"N" type
• RF Input Impedance:	50 Ohm
• RF Output Connector:	"LC" type, "7/16, 7/8 EIA Flange" type
• RF Output Impedance:	50 Ohm
• RF Drive Power:	18 W typical, max 25 W
• Spurious & Harmonic Suppression:	meets or exceeds all FCC and CCIR requirements
• Tube:	EIMAC 3CX800 A7 Standard Version
• Cooling:	Forced Ventilation
• Operating Temperature Range:	from - 10° to + 45° C
• Maximum Humidity:	90% non-condensing
• Cabinet Dimensions:	540 mm (21.26") W 698.3 mm (27.49") H 540 mm (21.26") D
• Panel Dimension:	483 mm (19") W 433 mm (17.44") H
• Weight:	60 Kg

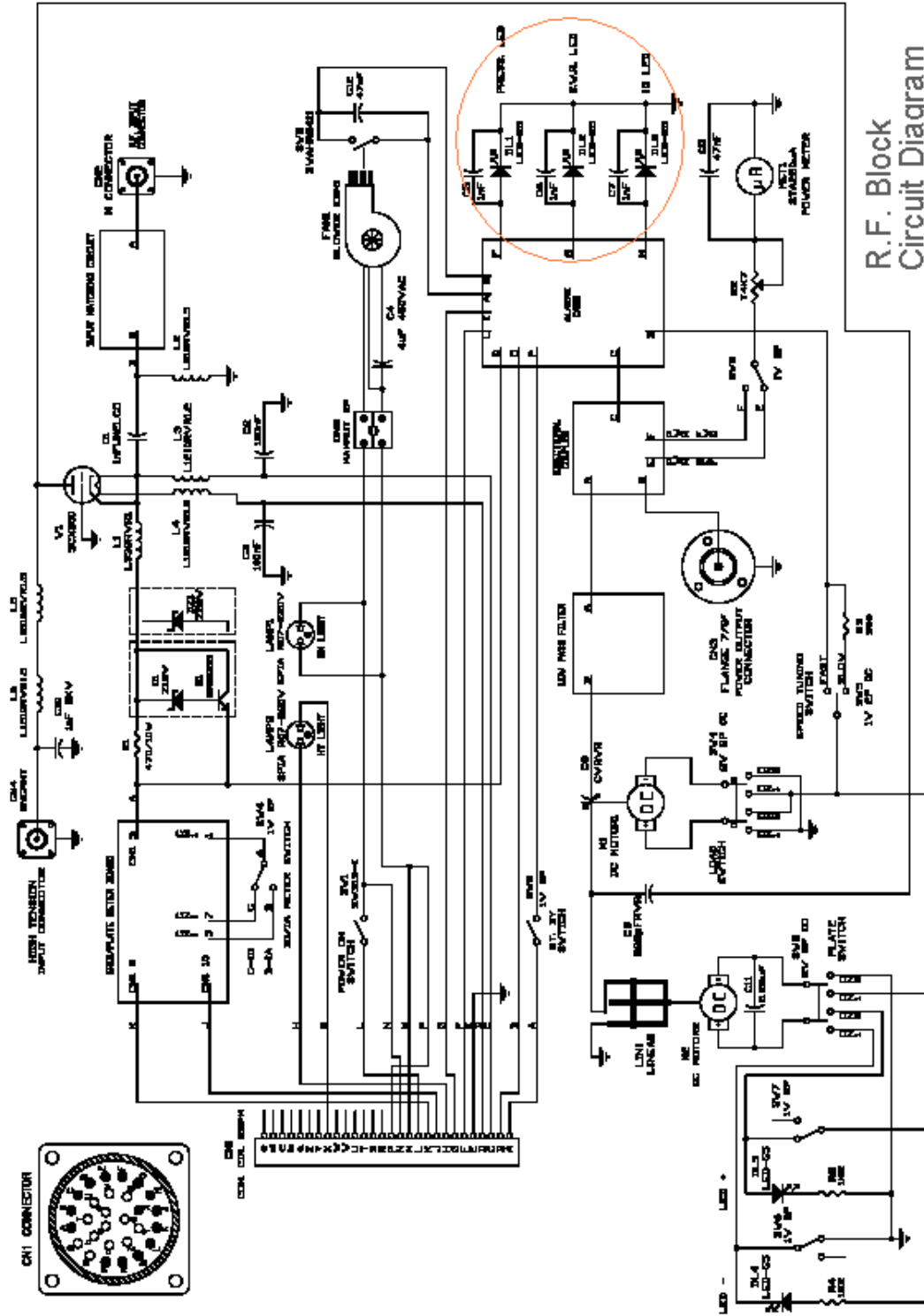


EMBED PBrush



EMBED PBrush





R.F. Block  
Circuit Diagram