

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO PARA UN SISTEMA DE  
POSICIONAMIENTO VEHICULAR UTILIZANDO UHF



GIOVANNY GONZALEZ OSORIO  
JAIME ANDRES MUÑOZ PELAEZ

Monografía para optar al título de  
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

Director  
LUIS ALFREDO GUERRERO  
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
POPAYÁN  
2006

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1. MARCO TEÓRICO</b> .....	3
1.1. MÉTODOS DE LOCALIZACIÓN.....	3
1.1.1. Identificación Celular( <i>Cell – ID</i> ) .....	3
1.1.2. Triangulación.....	6
1.1.2.1 Angulo De Llegada(AOA).....	6
1.1.2.2 Tiempo De Llegada(TOA).....	8
1.1.3. GPS.....	9
1.1.4. Otros .....	17
1.1.4.1. <i>Bluetooth</i> .....	17
1.1.4.2. <i>Wi-Fi</i> .....	18
1.2. Modulaciones.....	19
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO</b> .....	24
2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	24
2.2. ESTACIÓN MÓVIL.....	25
2.2.1. Módulo de localización.....	29
2.2.2. Módulo de Control .....	38
2.2.3. Módulo de Modulación .....	43
2.2.4. Módulo de Transmisión .....	47
2.3. Estación Base.....	54
2.3.4. Módulo de Recepción.....	55
2.3.5. Módulo de Demodulación.....	56
2.3.6. Módulo de Despliegue.....	61
<b>3. Resultados, Recomendaciones y Conclusiones</b> .....	65
3.2. RESULTADOS.....	65
3.3. RECOMENDACIONES .....	66
3.4. CONCLUSIONES.....	68
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	70
<b>GLOSARIO</b> .....	74

## Lista de Figuras

Figura 1	Identificación Celular	3
Figura 2	Sistema de Localización por Angulo de Llegada	7
Figura 3	Sistema de Localización TDOA	9
Figura 4	Componentes del Sistema GPS	10
Figura 5	Representación Grafica del Sistema de Satélites NAVSTAR	11
Figura 6	Esquema de la Medición de Tiempo de Viaje de la Señal	13
Figura 7	Error de Rutas Múltiples o <i>multipath</i>	15
Figura 8	Corrección Diferencial	16
Figura 9	Tipos de Modulaciones Posibles	19
Figura 10	Modulación ASK	20
Figura 11	Modulación FSK	21
Figura 12	Modulación PSK	22
Figura 13	Estructura General del Prototipo	25
Figura 14	Diagrama de Bloques de la Estación Móvil	26
Figura 15	Diagrama de Flujo del Funcionamiento de la Estación Móvil	28
Figura 16	Diagrama de Bloques del Modulo de Localización	29
Figura 17	Antena Wise Wave AGA G501	30
Figura 18	Tayco A1029B	30
Figura 19	Diagrama de Pines del GPS Tayco A1029B	32
Figura 20	Diagrama de Acondicionamiento	34
Figura 21	Diagrama Esquemático del Acondicionamiento	35
Figura 22	Descripción del Modulo de Control	38
Figura 23	Diagrama Circuitual del Submodulo de Adaptador	39
Figura 24	Diagrama Circuitual del Submodulo de PTT	39
Figura 25	Diagrama Circuitual del Submodulo de Interruptor	40
Figura 26	Diagrama de Flujo del Funcionamiento del Microcontrolador	43

Figura 27	Diagrama Circuital para el Modulador FSK	45
Figura 28	Radio Móvil PRO3100 de Motorota	48
Figura 29	Programador de Radios Serie PRO vía RS232	49
Figura 30	Configuración de la Frecuencia de Transmisión	50
Figura 31	Información del Radio	50
Figura 32	Configuración del PTT en Activo Bajo	51
Figura 33	Configuración de la Potencia de Transmisión	51
Figura 34	Pines Usados en el Conector de Accesorios para Transmisión	54
Figura 35	Diagrama de Bloques de la Estación Base	55
Figura 36	Pines Usados en el Conector de Accesorios para Recepción	56
Figura 37	Diagrama Circuital del Demodulador FSK	60
Figura 38	Filtro Detector de Enganche	60
Figura 39	Diagrama de Clases del Modulo de Despliegue	62
Figura 40	Interfaz Grafica	64

## Lista de Tablas

Tabla 1.	Características Generales del Receptor GPS	31
Tabla 2.	Características Eléctricas del GPS A1029-B	32
Tabla 3.	Descripción de Pines del GPS A1029-B	33
Tabla 4.	Palabra NMEA \$GPGGA	37
Tabla 5.	Características Generales del PIC 16F877A	41
Tabla 6.	Componentes Para el Modulador FSK	47
Tabla 7.	Características Técnicas de Radio Móvil PRO3100	49
Tabla 8.	listado de pines del puerto de Accesorios de Radio PRO3100	53
Tabla 9.	Componentes del Demodulador FSK	61
Tabla 10.	Descripción de Clases	63

## INTRODUCCIÓN

En el contexto socio-económico en el que nos desenvolvemos, el sector del transporte público (en este caso de los taxis), es uno de los que más ha sufrido el azote de la delincuencia común y organizada.

Es por esto que se hace necesario que el servicio prestado por las agremiaciones de taxistas sea seguro y confiable. Para ello necesitan un sistema de seguridad que se acomode a sus posibilidades económicas, permitiéndoles saber de, manera constante, la ubicación de sus vehículos. Sumado a que en nuestro país, las pocas empresas que ofrecen soluciones de localización vehicular, lo hacen a muy alto costo.

Planteamos en este proyecto, la construcción de un prototipo de un sistema de posicionamiento vehicular utilizando la banda UHF en la cual operan los radioteléfonos instalados en los taxis, como medio para la transmisión de datos. El radioteléfono es aprovechado como equipo transmisor de radiofrecuencia, ahorrando así esfuerzo y dinero en el diseño e implantación de un nuevo transmisor, ya que no se tiene que hacer la solicitud al Ministerio de Comunicaciones de la asignación de una frecuencia de trabajo, pues las empresas de radiotaxis tienen cada una su respectiva frecuencia ya asignada. De esta manera se reducen costos. La única inversión que hacen las empresas de taxis, es la adquisición del equipo de localización y acondicionamiento de los datos a transmitir.

Nos encontramos frente a una solución que podría aportar a la reducción de los índices de pérdidas por robo que las empresas de taxis y los propietarios de los vehículos deben afrontar, así como sería posible salvar vidas que de otro modo se perderían a mano de la violencia.

Una empresa de taxi que cuente con este sistema ganaría confiabilidad y preferencia por parte tanto de los usuarios como de los conductores con respecto a otras empresas que no posean el sistema, debido a que los pasajeros del móvil se sentirán más seguros, protegidos y tranquilos a la hora de abordar el vehículo de la empresa.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. MÉTODOS DE LOCALIZACIÓN

Diversas circunstancias han impulsado el desarrollo de los sistemas de posicionamiento, tales como actos legislativos, competitividad en el mercado, ampliación en el portafolio de servicio, seguridad entre otros. Dentro de las técnicas relacionadas con la localización se tienen las siguientes:

#### 1.1.1. Identificación Celular(*Cell – ID*)

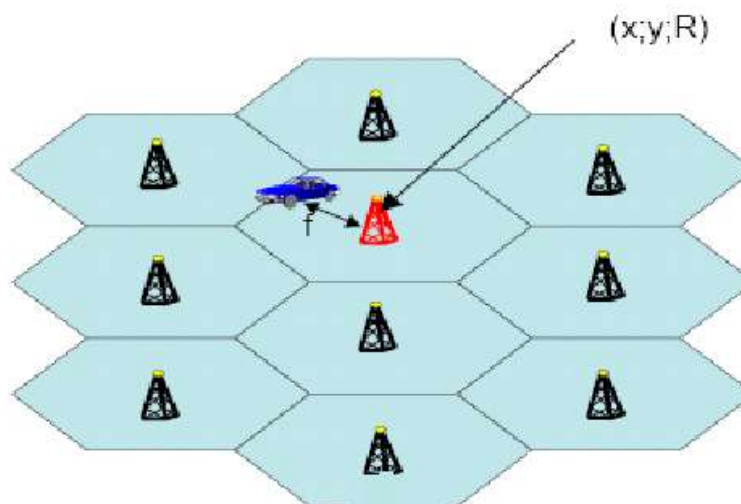


Figura 1. Identificación Celular



La red de telefonía móvil o celular consiste en un sistema telefónico en el que mediante la combinación de una red de estaciones transmisoras-receptoras de radio (estaciones base) y una serie de centrales telefónicas de conmutación, se posibilita la comunicación entre terminales telefónicos celulares (teléfonos móviles) o entre terminales celulares y teléfonos de la red fija tradicional.

El empleo de la palabra celular referido a la telefonía móvil, deriva del hecho de que las estaciones base, que enlazan vía radio los teléfonos móviles con los controladores de estaciones base, están dispuestas en forma de una malla, formando células o celdas como se puede observar en la figura 1. Así, cada estación base está situada en un nudo de estas células y tiene asignado un grupo de frecuencias de transmisión y recepción propio, Las mismas frecuencias o canales de una celda se pueden utilizar en otra que esté a suficiente distancia de la primera. Sin embargo, las celdas colindantes usan siempre distinto conjunto de canales o frecuencias para evitar las interferencias. De esta manera se consigue una reutilización eficiente de las frecuencias disponibles.

El método *Cell ID* identifica la célula que está suministrando cobertura al equipo del usuario-objetivo. Dado que un terminal esta conectado a una estación base, se supone que el terminal móvil se encuentra geográficamente en la zona donde la está estación base sea la más idónea para atender, el sistema conoce la celda en la que se encuentra el teléfono móvil y por tanto puede estimar su posición.

En el caso de EEUU estas tecnologías cobraron especial interés a raíz de un mandato legislativo promulgado por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC). La FCC decidió que las operadoras de telefonía tendrían que ser capaces de localizar automáticamente a cualquier persona que efectuara una llamada de emergencia con una precisión de 50 a 100 metros.

Los operadores de telefonía móvil han introducido servicios basados en el posicionamiento con ánimo de diferenciarse de sus competidores, reducir costos e incrementar sus ingresos.

La posibilidad de localización de un terminal móvil ya ha dado lugar a numerosos servicios de información, rastreo, selección de rutas y gestión de recursos. Básicamente existen cuatro tipos de servicios de localización móvil [1]:

- *Servicios por activación automática (Trigger Services)*: se inician cuando el usuario entra en un área determinada. Son adecuados para aplicaciones publicitarias o de facturación.

- *Servicios de información basados en la posición (Location-based Information Services)*: el usuario del servicio demanda información de algún tipo, que varía según su posición. Esta clase de servicios son los que ofertan actualmente las operadoras de telefonía móvil. Muchos de ellos permiten encontrar establecimientos cercanos al demandante de información.

- *Servicios de seguimiento por terceros (Third Part Tracking Services)*: contemplan tanto aplicaciones corporativas como de consumidor, donde la información de la localización es requerida por un tercero. Se pueden utilizar para gestión de flotas, búsqueda de personas, información bursátil, asesoramiento rápido.

- *Servicios de asistencia al usuario final (End User Assistance Services)*: están diseñados para proveer al usuario de unas condiciones de red segura si éste se encuentra en dificultades. Servicios de asistencia en carretera u otros servicios de emergencia están dentro de este grupo [1].

El proceso de localización ha de llevarse a cabo independientemente de que el terminal móvil esté al aire libre o se encuentre en el interior. Las técnicas que se

emplean son diferentes y dependen en gran medida de la precisión con que se deba encontrar al usuario, tanto unas como otras son capaces de encontrar un terminal móvil si la infraestructura es la adecuada, aunque la precisión con que lo harán variará sensiblemente dependiendo del entorno.

Esta técnica de localización está disponible sin realizar ninguna inversión ni modificación en red o terminal, pues la posición se obtiene mediante la identidad de la celda en la que se encuentra el terminal móvil. Sirve para ubicar todo tipo de dispositivos móviles en redes GSM, GPRS, UMTS y CDMA. Además, la técnica se puede mejorar agregando sistemas de triangulación y ubicación por satélite [2].

La precisión de este método depende del radio de la celda que puede variar de 200 metros en áreas urbanas de mucha concentración de usuarios a 30-40km en áreas rurales. Éste es el sistema de localización más utilizado por los operadores, pues es suficiente para ofrecer al usuario cierto tipo de servicios en entornos urbanos.

### 1.1.2. Triangulación

Las técnicas basadas en la red requieren modificaciones en los equipos de red existentes y la introducción de nuevos nodos, pero permiten obtener mayor precisión sin tener que alterar los terminales de usuario [2].

#### 1.1.2.1 Angulo De Llegada(AOA)

Este método utiliza arreglos de antenas situadas en la estación base para determinar el ángulo de la señal incidente como se puede observar en la figura 2.

Si un terminal que transmite una señal está en la línea de vista directa (LOS), la antena puede determinar de qué dirección viene la señal. Para conocer la posición del terminal es necesaria al menos una segunda estimación procedente de otra estación base con la misma tecnología que la primera. La segunda estación base localizará al terminal y comparará sus datos con los de la primera estación para después calcular la posición del usuario mediante trigonometría. En principio sólo son necesarias dos estaciones base para estimar la posición del terminal móvil, por este motivo AOA resulta efectiva en entornos rurales, donde es complicado disponer de visión de tres estaciones base al mismo tiempo. Pero en condiciones adversas (entornos urbanos) suele ser imprescindible emplear más estaciones con el fin de obtener mayor precisión.

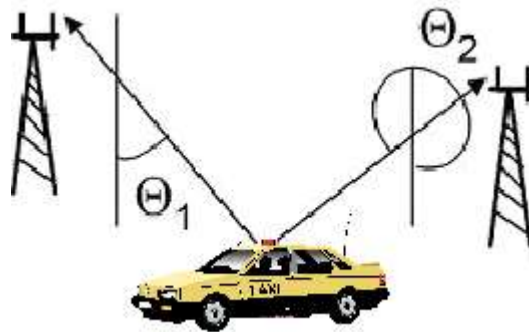


Figura 2 Sistema de localización por ángulo de llegada

Los sistemas AOA deben diseñarse para tener en cuenta señales multitrayecto, aquéllas que son consecuencia de una reflexión y que por tanto llegan a la antena con un ángulo erróneo. Por otra parte, la instalación y alineación de las antenas en las estaciones base es un proceso complicado y caro. Además, si las antenas sufren una leve modificación en su orientación debido al viento o las tormentas se pueden producir errores considerables en la estimación, ya que ésta se realiza en base a ángulos absolutos respecto de la antena [2].

### 1.1.2.2 Tiempo De Llegada(TOA)

Esta técnica se basa en la medición del tiempo de llegada de una señal transmitida por un terminal móvil a diferentes estaciones base. Para efectuar el cálculo una posibilidad es medir el tiempo de ida y vuelta de la señal. De esta manera la distancia recorrida por la señal se calcula como producto del tiempo empleado en llegar a la estación base (BTS) y la velocidad de la luz.

En TOA para obtener una precisión aceptable en el cálculo de la posición de un terminal es necesario efectuar medidas al menos respecto a tres estaciones base. Del esquema de la figura 3 deducimos que las medidas permiten trazar circunferencias con centro en cada una de las BTS, dando su intersección como resultado el punto donde se encuentra el terminal que se desea localizar. Posteriormente se transmiten al servidor de localización, que realiza los cálculos y corrige los errores utilizando métodos matemáticos. Estos errores pueden deberse al tiempo de procesado en el terminal, el cual depende del fabricante y también de la situación de carga del dispositivo en un momento determinado. Otra desventaja que presenta esta técnica es que la ausencia de visión directa entre el terminal y la estación base puede causar un error que desemboque en una falsa estimación. Este método se complementa con Diferencia en el tiempo de llegada (TDOA)

TDOA emplea la diferencia entre los tiempos de llegada de la señal procedente del terminal móvil a distintos pares de estaciones base para calcular la posición. Puesto que la curva cuyos puntos satisfacen la condición de que su distancia a dos referencias (en este caso un par de estaciones base) sea una constante es una hipérbola, si se calcula esta correlación para varios pares de estaciones base la intersección de las hipérbolas resultantes muestra el punto donde se encuentra el terminal móvil.

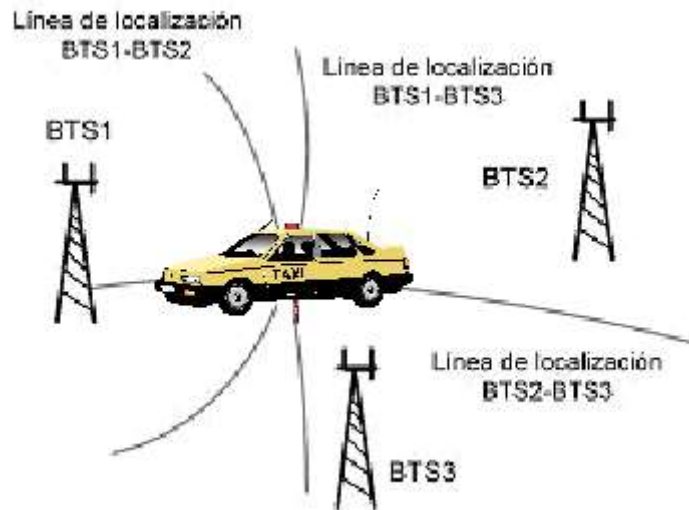


Figura 3 Sistema de localización TDOA

Al igual que en TOA, la sincronización entre estaciones base es muy importante, pues la falta de sincronía se traduce en errores de precisión [2].

### 1.1.3. GPS

Este sistema fue desarrollado durante los años 70 y 80, con fines militares, dentro del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, con el objetivo de proveer a la navegación de una ayuda precisa, universal y disponible durante las 24 horas del día. En la década de los 80 se aprobó su uso para fines civiles, lo que dio lugar al nacimiento de una importante industria y a un número creciente de aplicaciones [3].

Este sistema se compone de tres segmentos: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento de usuario, esto lo podemos apreciar en la figura 4.

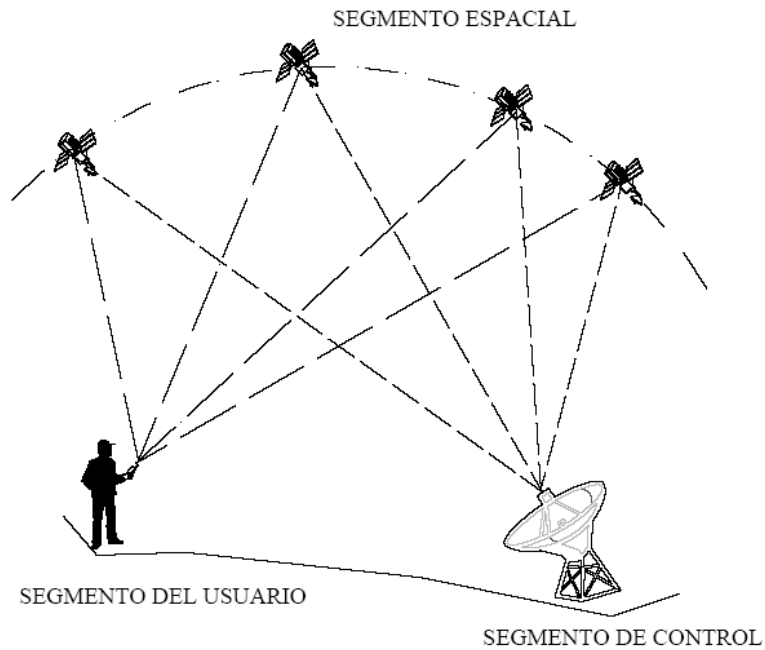


Figura 4 Componentes del sistema GPS

- *Segmento espacial*: Se trata de la constelación de satélites o sistema NAVSTAR (*Navigation Satellite Timing And Ranging*), formado por 28 satélites, colocados en 6 planos inclinados  $55^\circ$  respecto al ecuador, a una altura de 20.180 km y completando un giro alrededor de la Tierra cada 11 horas y 58. minutos. Una pequeña representación de esto se puede ver en la figura 5. Esta constelación permite que desde cualquier lugar de la Tierra entre 5 y 8 satélites sean visibles simultáneamente. Estos satélites utilizan celdas solares para alimentarse. Cada satélite lleva hasta 4 relojes atómicos. Estos son los relojes conocidos más precisos, ya que pierden 1 segundo por cada 30.000 a 1.000.000 de años.

Cada uno de los satélites de la constelación NAVSTAR transmite dos señales de radio, L1 con una frecuencia de 1.545,72 Mhz y L2 1.227,6 Mhz. La señal L1 se modula con dos códigos de ruido pseudoaleatorios (*Pseudo Random Noise, PRN*) denominados códigos de posicionamiento preciso (PPS) o códigos P o protegidos

y el código de adquisición grueso (*C/A Coarse/Adquisition*) conocido como el servicio estándar de adquisición [4].

La frecuencia empleada para aplicaciones civiles es L1 1.545,72 MHz, y la potencia emitida oscila entre los 20 y los 50 mVatios, Como consecuencia de estas bajas potencias de emisión, la señal transmitida no es muy potente. Si tenemos en cuenta que la señal se atenúa a medida que se propaga en su largo viaje de 20.000 Km, la señal recibida es muy débil, por lo que le será difícil atravesar obstáculos como paredes, árboles, montañas. Esta es la razón de que se precise una línea de visión directa entre el receptor y los satélites [4].

Dado que la señal es extremadamente débil, obliga a que los receptores GPS tengan una alta sensibilidad Por otra parte, la señal L1 está modulada por dos códigos pseudoaleatorios. De ellos, el que se utiliza en aplicaciones civiles es el *C/A (Coarse/Adquisition)*. Se trata de un código de 1.023 bits, de forma que cada satélite tiene un código diferente y, por tanto, existen 28 códigos diferentes [4].

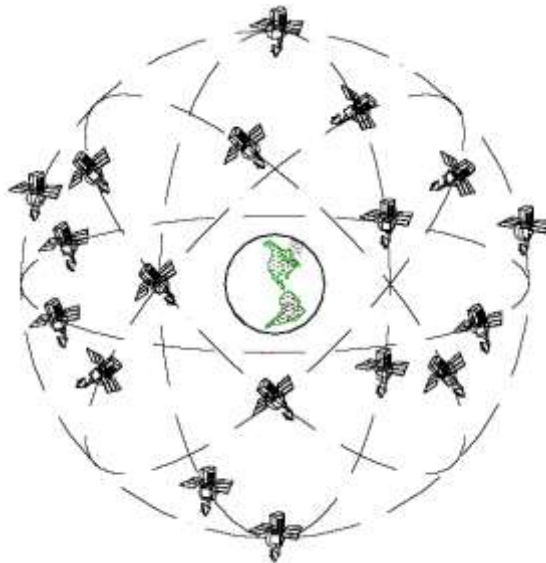


Figura 5 Representación grafica del sistema de satélites NAVSTAR



- *Segmento de control:* Este segmento se compone de 5 estaciones terrestres repartidas por todo el planeta. Dichas estaciones se encargan de monitorear a los satélites para detectar posibles anomalías, así como de proporcionarles correcciones en sus órbitas y relojes, de forma que el sistema se mantenga estable y operativo. De las cinco estaciones cuatro son para la alimentación de datos ubicadas en *Hawaii*, *Ascensión*, *Diego Garcia* y *Kwajalein*, y hay una estación para control maestro ubicada en *Springs Colorado*, la cual se encarga de calcular, con los datos de las estaciones de seguimiento de datos, la posición de los satélites en las orbitas, los coeficientes para las correcciones de los tiempo y transmite esta información a los satélites [4].

- *Segmento de usuario:* Se trata del receptor GPS y su antena. Independientemente de su ubicación y/o utilización, los receptores varían en su precisión, tamaño, peso y cantidad de almacenamiento de datos.

*Los componentes básicos de un GPS son:*

- antena con pre-amplificador para recibir la señal.
- sección de radiofrecuencia.
- microprocesador para la reducción, almacenamiento y procesamiento de datos.
- Oscilación de precisión para generación de los códigos pseudoaleatorios utilizados en la medición del tiempo de viaje de la señal.
- Fuente de energía eléctrica.
- Dispositivo de almacenamiento de datos o memoria de almacenamiento.

Su funcionamiento es sencillo. Los satélites en orbita alrededor de la tierra envían señales de radio que son recogidas en la tierra por receptores GPS los cuales son capaces de convertir las señales de radio en posición, velocidad y tiempo, Al conocer la distancia de por lo menos 3 satélites a un punto sobre la tierra es

posible determinar la posición de ese punto por trilateración, esto visto de manera general, ahora se tratará de dar a conocer más a fondo su funcionamiento [4].

Lo primero que necesita conocer el receptor GPS es la distancia que le separa de los satélites. El procedimiento que utiliza para ello es sencillo. La distancia recorrida por la señal que emite el satélite es el producto de la velocidad de las ondas de radio (300.000 km/s) por el tiempo de llegada, la respuesta está en el código pseudoaleatorio (C/A) que emite el satélite. El receptor GPS determina qué código está recibiendo (de entre los 28 posibles) y lo compara con el código recibido. Los códigos son iguales, pero ligeramente desplazados en el tiempo.

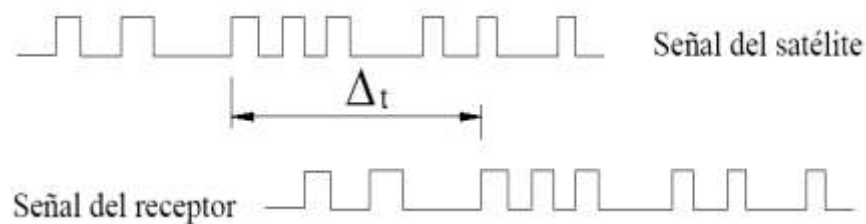


Figura 6 Esquema de la medición de tiempo de viaje de la señal

Este desplazamiento es el que nos proporciona el tiempo de llegada su representación grafica la podemos ver en la figura 6. El tiempo de llegada se multiplica por la velocidad de las ondas de radio, y se obtiene la distancia. Sin embargo, la distancia medida es en realidad una pseudodistancia. La razón se debe a que un receptor GPS no dispone de un reloj atómico en su interior lo suficientemente preciso para que nos permita medir tiempos tan pequeños con la exactitud necesaria. Por ello, la distancia incluye un error que es necesario corregir, este error se corrige aplicando ecuaciones y relaciones trigonométricas con los cálculos de un cuarto satélite [4].

Se necesita la información de mínimo tres satélites para poder calcular la posición. Hay que tener en cuenta que un error de un microsegundo equivale a un error de 300 m en la determinación de la posición.

#### *Parámetros de los dispositivos GPS:*

- *Tiempo de adquisición:* Se trata del tiempo que necesita el receptor para calcular y ofrecernos la posición.
- *Almanaque:* La información de las órbitas de los satélites.
- *Efemérides:* Se trata de la información que nos define con precisión la posición de los satélites, teniendo en cuenta las correcciones y ajustes que se realizan. Las efemérides varían muy rápidamente y, al cabo de unas dos horas, esta información queda obsoleta.
- *Precisión:* dada una posición determinada cual es el error en ella, este parámetro varía dependiendo de la necesidad de la aplicación y del costo dispuesto a pagar.

#### *Errores inherentes al sistema GPS*

Las condiciones atmosféricas son variables y pueden afectar al cálculo de las pseudodistancias. Por otra parte, los relojes de los satélites, aun siendo muy precisos, tienen ligeras derivas propias del instrumento y a la acción de los efectos relativistas que originan una diferencia del tiempo entre el sistema de los satélites y el sistema de tiempo de los GPS. Aunque estos errores son pequeños son el Departamento de Defensa de los Estados Unidos se encarga de ajustarlos [4].

- *Errores debido a la situación del receptor:* Puesto que el receptor necesita la señal de los satélites, la existencia de obstáculos en el camino de la señal, tales

como edificios o montañas, puede bloquear la señal, por lo que se pueden producir errores, e incluso la imposibilidad de obtener la posición. Otro efecto que puede ocurrir es que dichos obstáculos provoquen rebotes de las ondas. Esto provoca que la señal recibida quede falseada y se produzcan errores, ya que el receptor no sabe que dicha señal procede de un rebote, y por tanto su tiempo de llegada no es correcto, esto lo podemos ver gráficamente en la figura 7.

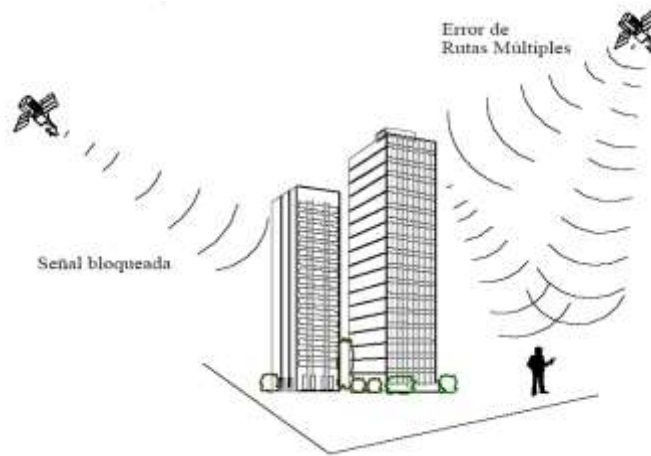


Figura 7 Error de rutas múltiples o *multipath*

Para minimizar los efectos de este error se han desarrollado técnicas de procesamiento de señales así como antenas para filtrar las señales que llegan de diferentes direcciones.

- *Errores intencionados*: El Departamento de Defensa de Estados Unidos tiene la potestad de introducir un error, conocido como Disponibilidad Selectiva (SA, de *Selective Availability*). Se trata de un error que se introduce en la señal civil, de forma que la precisión de la posición obtenida es de unos 100 m. La razón es que en tiempos de conflicto, como durante la Guerra del Golfo de 1993, un supuesto enemigo no pueda utilizar el sistema GPS para, por ejemplo, guiar misiles. El SA se desactivó en mayo de 2000 por ley.

Para compensar el error introducido en la medición de la posición se crea el GPS Diferencial, o DGPS.

En sistemas DGPS, en la figura 8 se observa la utilización de una estación existente en un lugar conocido, en donde se coloca un receptor GPS. Dicho receptor GPS obtiene su posición tal y como la envían los satélites, compara dicha posición con su posición verdadera, puesto que al estar fijo, es cierta. La diferencia es conocida como corrección diferencial. Este valor es transmitido a sus cercanías (normalmente mediante FM o radio-faros de navegación) [5] a una estación base de referencia.

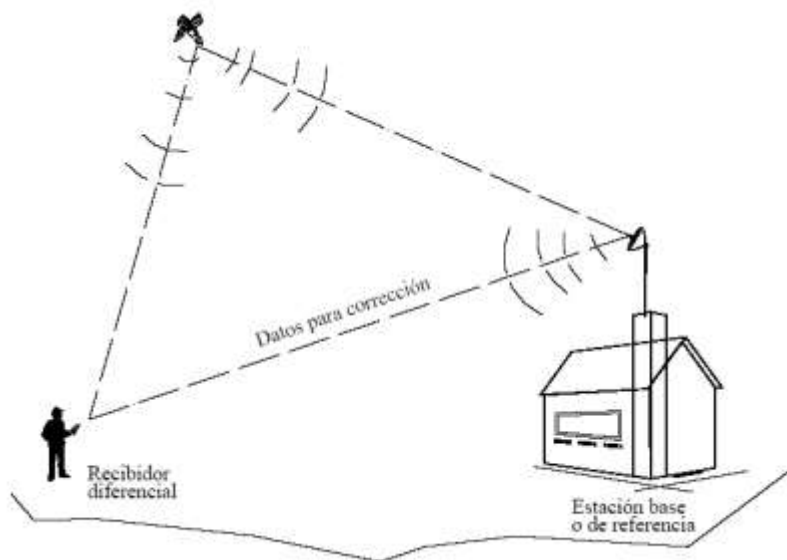


Figura 8 Corrección diferencial

La precisión obtenida con equipos GPS puede variar entre un rango de milímetros y metros dependiendo de diferentes factores:

- equipo receptor
- procedimiento de recolección de datos
- tiempo de medición
- programas utilizados para el procesamiento de datos

El *datum* representa un modelo referencial de la superficie de la tierra.

Los GPS toman las coordenadas geográficas (latitud y longitud) y las proyectan al sistema local de coordenadas con base en el datum seleccionado

Cuando la gente piensa en el GPS, normalmente lo relacionan con la localización de un automóvil en algún lugar de la carretera, pero existen otro tipo de aplicaciones como son:

- la medición del diámetro de nuestro planeta con un margen de error de unos milímetros.
- En el campo de ingeniería civil se ha convertido en una herramienta indispensable en la determinación de posiciones y realización de levantamientos topográficos con rapidez y precisión.
- Los geólogos, geógrafos e ingenieros forestales utilizan los GPS en combinación con los sistemas de información geográfica para la elaboración de mapas temáticos.
- En cuanto a la planificación del transporte urbano se puede hacer un levantamiento de la red de transporte de una forma rápida y confiable [6].

#### 1.1.4. Otros

##### 1.1.4.1. *Bluetooth*

Es una tecnología diseñada para ofrecer conectividad a redes personales mediante un dispositivo móvil de forma económica. Permite conectar múltiples aparatos *Bluetooth*: ordenadores portátiles, PDAs, teléfonos móviles, etc., y ofrece conexión a una LAN o WAN a través de un punto de acceso. *Bluetooth* consigue un canal de comunicación de 721 kbps en un radio de acción de 10 metros, ampliable hasta 100 metros por medio de repetidores. La frecuencia que utiliza

está entre 2,4 y 2,48 GHz, cuya gran ventaja es que es un rango de frecuencias abierto. Además, y debido a su concepción de tecnología móvil y económica, tiene un consumo de energía bajo. Para transmitir a una distancia de 10 metros emplea 1mW de potencia, mientras que para llegar a los 100 utiliza 100mW [7].

Existe un sistema de localización mediante *Bluetooth* para aplicaciones como comercio móvil y museos electrónicos, ambas de gran relevancia. Básicamente, la idea es la implementación de servicios que requieren el conocimiento de la posición del usuario en tiempo real, para enviar información relativa del contexto al destinatario final.

El sistema, denominado Red de Localización *Bluetooth* (BLN), transmite información de la posición del terminal móvil a los servidores, sin la participación del usuario. No es objeto de restricciones debido a la pérdida de línea de vista y funciona con dispositivos comerciales ya existentes (dispositivos con *Bluetooth* o terminales móviles de datos que admitan una tarjeta de expansión). El BLN está compuesto por pequeños nodos *Bluetooth* que establecen una topología de red espontánea con la inicialización del sistema. Puede coexistir con dispositivos *Bluetooth* que no son parte del sistema de localización, como impresoras y auriculares [7].

#### 1.1.4.2. Wi-Fi

Hoy en día las tecnologías para red de área local (LAN) inalámbrica están experimentando una alta penetración en el mercado. Numerosos proveedores de redes *wireless* están instalando sus sistemas en hoteles, cafés, aeropuertos y otros edificios en los que se considera rentable una oferta de acceso a Internet de alta velocidad. Estas nuevas infraestructuras también soportan localización de

dispositivos móviles, por lo que las aplicaciones basadas en la posición para entornos de área local resultan viables [7].

## 1.2. Modulaciones

Para tener una visión mas clara de las posibilidades de modulación que se tienen dependiendo del tipo de señales (señal portadora y señal moduladora) a procesar se tiene el siguiente cuadro explicativo de la figura 9.

		MODULADORA		
		Analógica	Digital	
PORTADORA	Analógicas	Parámetro a modificar		
		<i>Amplitud</i>	AM	ASK
		<i>Frecuencia</i>	FM	FSK
	<i>Fase</i>	PM	PSK	
	Digitales	<i>Amplitud</i>	PAM	PCM
		<i>Posición</i>	PPM	
<i>Duración</i>		PDM		

Figura 9. Tipos de Modulaciones Posibles

Debido a que la señal de información a tratar es un tren de pulsos provenientes de un receptor GPS y requiere convertirse a señales de audio para su transmisión vía



radio frecuencia, se centra la atención en las modulaciones que resultan de tener una portadora analógica y una señal moduladora digital (modulación digital).

Entonces de la figura 11 se observa que las posibles modulaciones a utilizar son ASK, FSK, PSK.

### ASK (AMPLITUD SHIFT KEYING)

En la modulación binaria de amplitud ASK, la amplitud de la portadora sinusoidal se conmuta entre dos valores en respuesta al dígito binario de entrada. Por ejemplo, el estado “0” se puede transmitir como una amplitud de 0 voltios, mientras que el estado “1” se transmite como una señal sinusoidal de amplitud fija A voltios. La señal ASK resultante consiste en impulsos modulados, llamados “Marcas”, que representan el estado “1”, y “Espacios” que representan el estado “0”, como se muestra en la Figura 10 para la secuencia binaria dada. Este tipo de modulación se conoce también con el nombre de “modulación OOK (On-Off Keying)” [8].

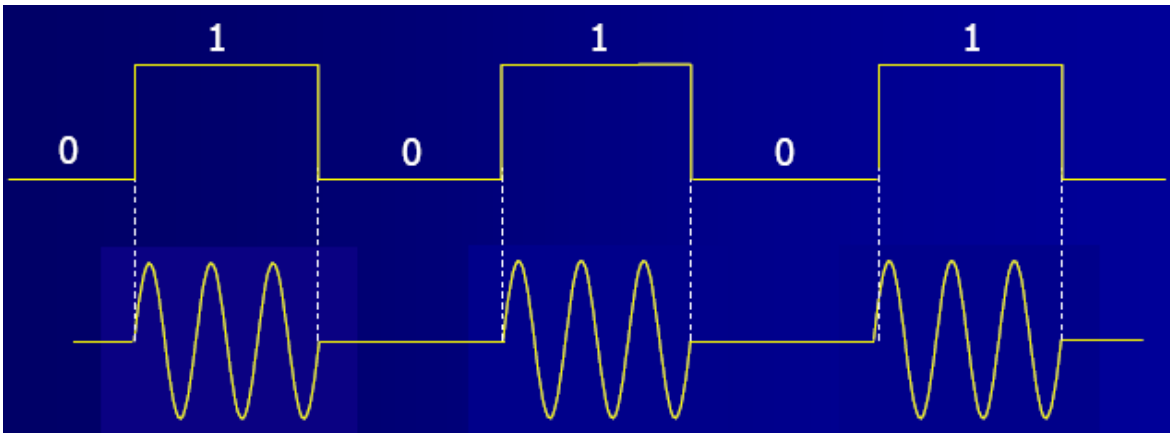


Figura 10. Modulación ASK

ASK es susceptible a ruido y picos de tensión, y por ello no se utiliza mucho con líneas de transmisión. Sin embargo, la modulación ASK se utiliza sobre todo para

transmitir datos digitales sobre fibra óptica, ya que en este caso la magnitud portadora es la luz, insensible a picos de tensión eléctrica. Un "1" consiste en un pulso de luz emitida por un led, y un "0" es ausencia de luz [8].

### *FSK (FREQUENCY SHIFT KEYING)*

En la modulación binaria FSK la frecuencia instantánea de la portadora se conmuta entre dos valores en respuesta al dígito binario de entrada. En la Figura 11 se muestra la forma de una señal FSK.

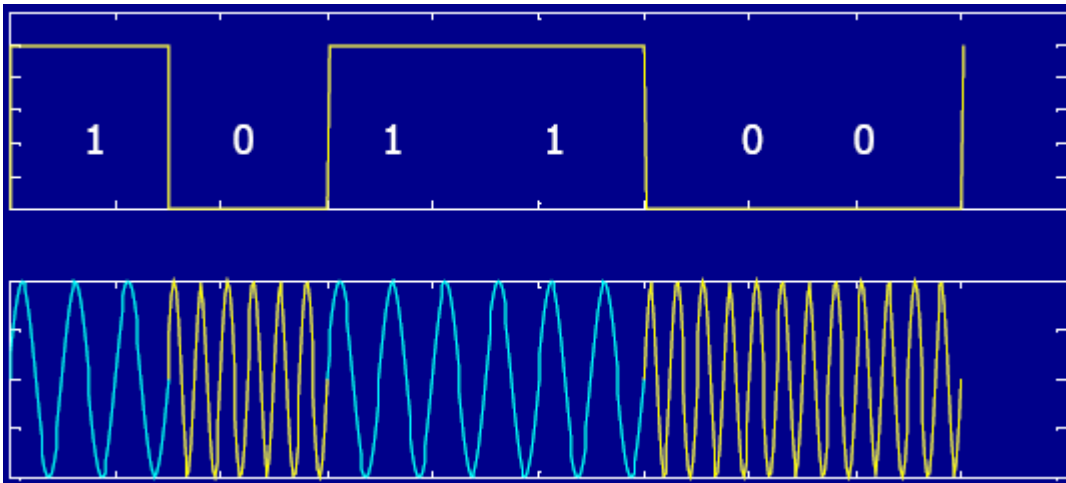


Figura 11. Modulación FSK

El sistema de modulación binaria FSK se basó originalmente en el simple concepto de utilizar una señal telegráfica para modular la frecuencia de una portadora sinusoidal a fin de aumentar la relación S/N en el sistema. El sistema FSK más sencillo es aquel con modulación rectangular de frecuencia, amplitud constante y fase continua ("fase continua" significa que en la señal modulada no se producen discontinuidades cuando cambia la frecuencia) [8].

### *PHASE SHIFT KEYING (PSK)*

En este tipo de modulación la fase de la portadora se desplaza para representar datos como lo podemos ver en la figura No 12. La forma más simple de modulación PSK se denomina BPSK o PSK binaria. En este tipo de modulación la señal toma un desfase de cero grados para el nivel lógico “uno” y un desfase de 180 grados para el nivel lógico “cero”.

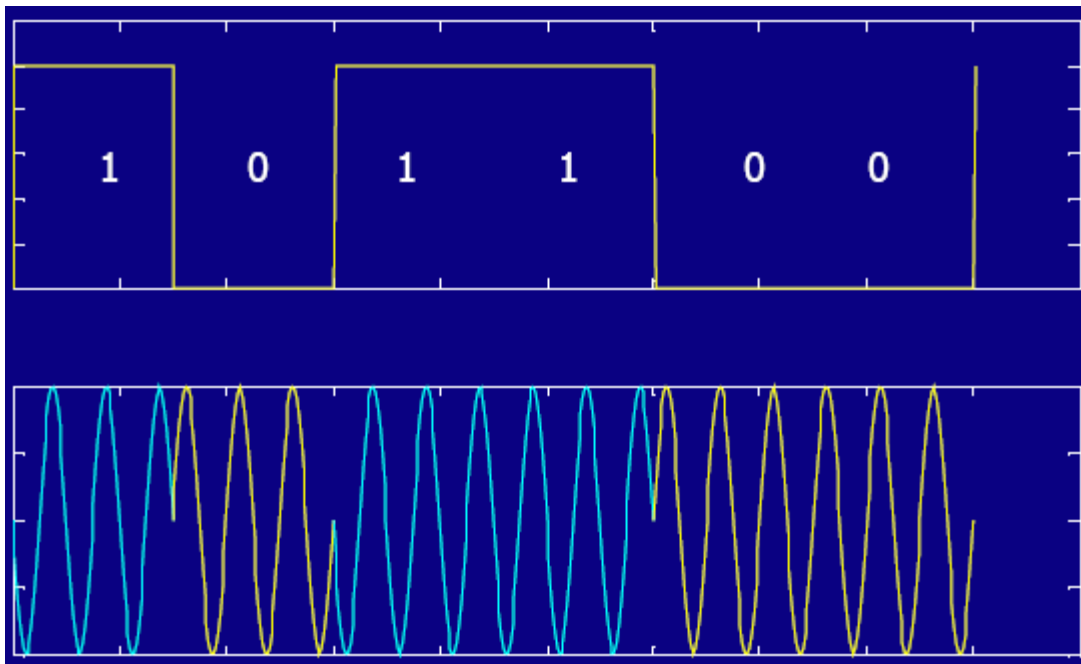


Figura 12. Modulación PSK

Existen dos tipos principales de modulación binaria de fase que dependen de si la demodulación es o no coherente. El primer tipo es la modulación binaria de fase propiamente dicha (PSK), mientras que el segundo tipo es la “Modulación Binaria Diferencial de Fase (DPSK)”. Nótese que cuando se dice que la demodulación DPSK no es coherente, esto no quiere decir que la demodulación pueda efectuarse con detección de envolvente, pues el detector de envolvente elimina

toda la información de fase, que en DPSK es justamente el soporte de la información [8].

Otros nombres que se le da a BPSK son: PRK (Transmisión Inversa de Fase) y Modulación Bifásica. BPSK es una forma de modulación de onda cuadrada de portadora suprimida de una señal de onda continua. La modulación BPSK es la más utilizada (solo se envían dos símbolos) y pueden enviar más símbolos en el mismo ancho de banda pero con menor probabilidad de error por símbolo.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

### 2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Se ha implementado un sistema de localización vehicular diseñado específicamente para flotillas que se encuentren adscritas a una estación base, la cual debe contar con un servicio de comunicación por radioteléfono, la cobertura depende del lugar de desplazamiento de dicha flotilla y el alcance que tiene el servicio de radioteléfono, en este caso se presta cobertura en el sector urbano de la ciudad de Popayán y alrededores.

Como se puede observar en la figura 13, el interior del vehículo se encuentra equipado con un radioteléfono y un dispositivo compuesto por un GPS, un Modulador y un Modulo de Control, los cuales en el momento de ser activados envían las coordenadas geográficas transmitidas por el GPS al radioteléfono, para luego ser enviadas hacia la estación base en la banda de UHF.

En la estación base se reciben los datos que han sido enviados por la unidad móvil vía radioteléfono, para luego ser procesados por un computador y así mostrar al operador la información de la ubicación del móvil en una forma entendible y clara para él (calles y carreras).

En la misma figura 13, se muestra un móvil y la estación base, dentro de un mapa de la ciudad indicando la cobertura, las dos estaciones se encuentran equipadas con el sistema de localización y el sistema de radiocomunicación.

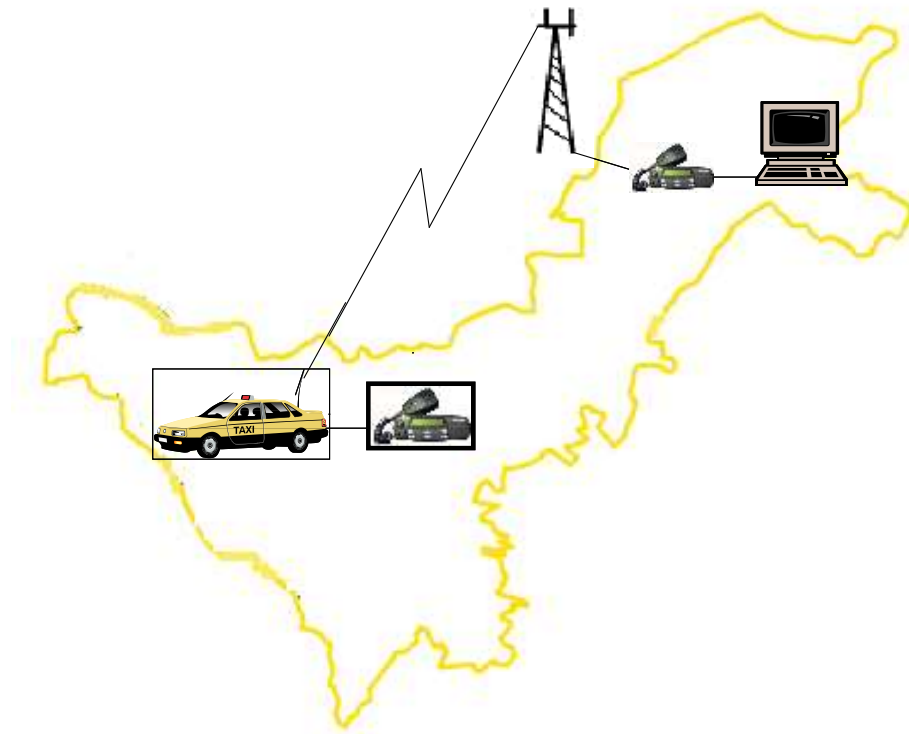


Figura 13 Estructura General del Prototipo

## 2.2. ESTACIÓN MÓVIL

La estación móvil está ubicada exclusivamente en el vehículo, el cual lleva en su interior un sistema con los componentes necesarios para realizar la localización, modulación y transmisión de la información de posición.

Los componentes de la Estación Móvil son los siguientes:

- Módulo de Localización
- Módulo de Control
- Módulo de Modulación
- Módulo de transmisión

En la figura 14 se ve el diagrama de bloques de la estación móvil

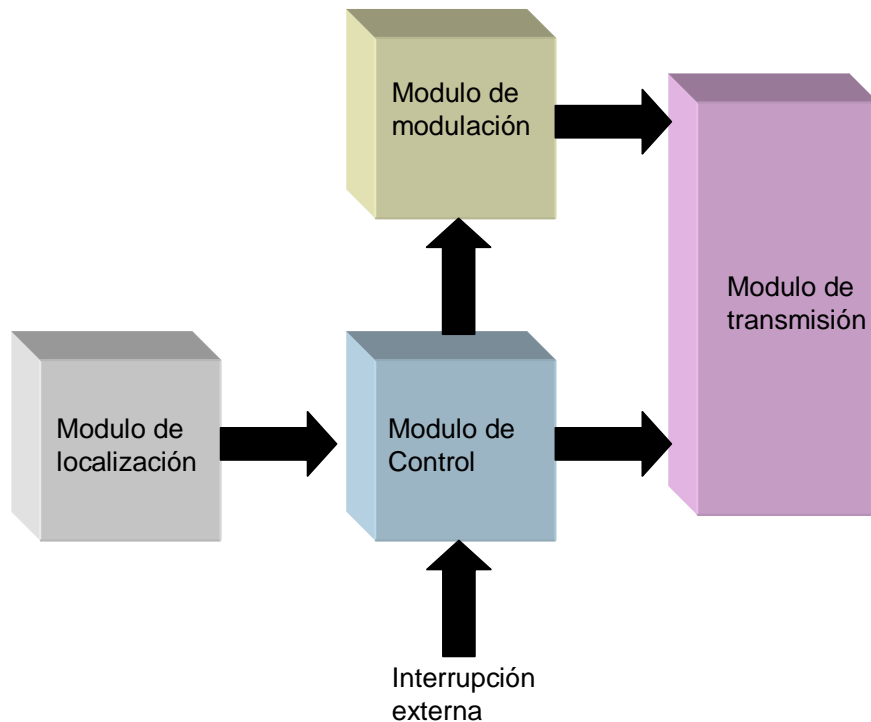


Figura No 14 Diagrama de Bloques de la Estación Móvil

Como se puede observar en la figura 14, allí se encuentran todos los bloques que hacen parte de la estación y sus respectivas señales de intercomunicación entre los bloques.

El funcionamiento de la estación móvil es la siguiente:

El operador del móvil envía la alerta de emergencia con la acción de una señal externa generada por un interruptor, esta señal de alerta la captura el módulo de control, el cual, al ver la situación, toma los datos de ubicación que le entrega el módulo de localización y envía al módulo de transmisión una señal informándole

que se va a transmitir, y a su vez toma la trama de datos y la adapta a la velocidad necesaria para que lo pueda recibir el módulo de modulación, el módulo de modulación acondiciona la señal de tal manera que quede apta para enviarla al módulo de transmisión , el cual a su vez la pone en el espacio con una señal de radiofrecuencia trabajando en la banda de UHF.

En la figura 15 se presenta el diagrama de flujos de la estación móvil en donde se consignan las rutinas y eventos que comprenden el desarrollo del módulo en el prototipo



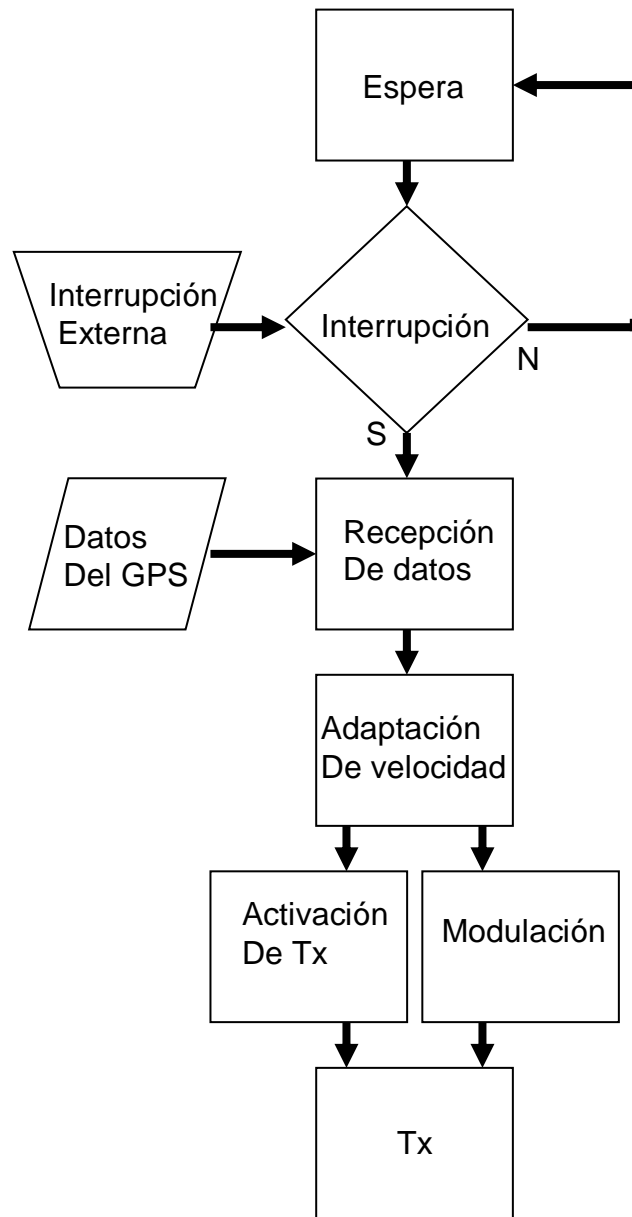


Figura 15. Diagrama de Flujo del Funcionamiento de la Estación Móvil

### 2.2.1. Módulo de localización

Este módulo es el encargado de obtener la posición en coordenadas geográficas en todo momento, además puede obtener datos adicionales como son la hora, fecha, altitud y la velocidad. Estos datos son deshabilitados, ya que no son de interés en la aplicación.

Este módulo se compone de tres submodulos internos:

- Antena
- GPS
- Circuito de acondicionamiento.

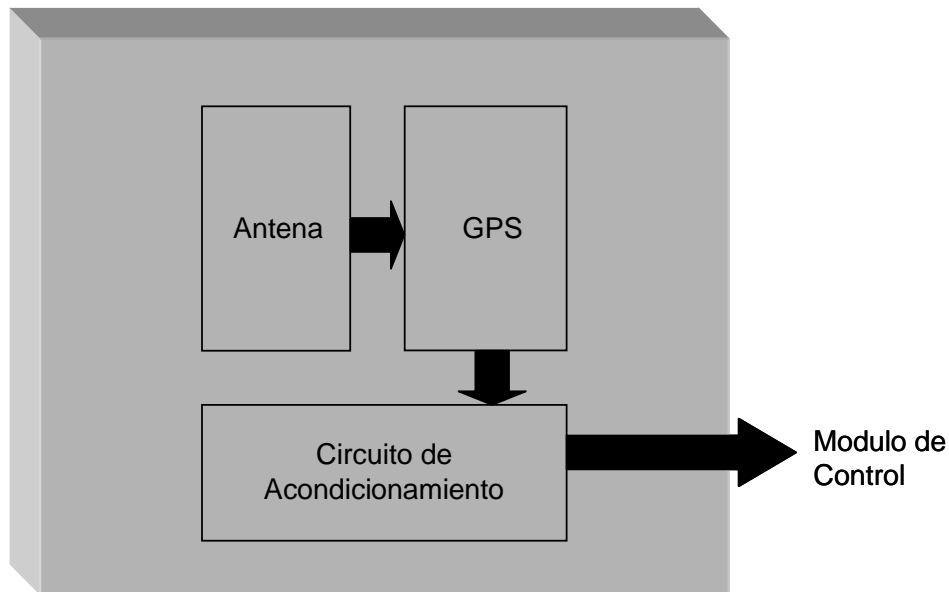


Figura 16. Diagrama de Bloques del Modulo de Localización

En la figura 16 se muestran los bloques que conforman el módulo de localización y como fluyen las señales entre ellos.

### *Antena*

Se recomienda usar una antena activa para GPS con alimentación de voltaje de 3 a 5 VDC. Y un flujo de corriente máximo de 50mA. La calidad de la antena escogida es de suma importancia para la sensibilidad de sistema GPS. Una antena activa debe tener una ganancia mínima de 20dB y una figura de ruido máxima de 1.5dB, lo cual cubre más del 95% de las antenas disponibles en el mercado.

Para el prototipo se utilizó la antena que se muestra en la figura 17 de referencia *Wise Wave AGA G501* [9] por recomendación del proveedor del GPS *Richarsons Electronics Colombia SA* [10].



Figura 17. Antena Wise Wave AGA G501

### *GPS*

Para el desarrollo del prototipo se utilizó el GPS A1029B de la empresa Tayco Electronics el cual se muestra en la figura 18



Figura 18. GPS Tayco A1029B

Como criterios de selección de este dispositivo se tomaron las siguientes pautas:

- fácil adquisición
- precio
- fácil implementación dado a experiencias anteriores

Es un módulo capaz de recibir señales de más de 12 satélites y transferir información de posición y tiempo [11].

Este módulo GPS combina factores importantes para desarrollos de aplicaciones empotradas como son tamaño pequeño y alta funcionalidad con un bajo consumo de potencia.

Numero máximo de satélites visibles		12
Frecuencia		L1=1575 MHz
Precisión de posición	Stand alone	3m CEP (SA off
	Diferencial	< 2m CEP
Tiempo para la primera entrega de posición	Restablecimiento de la señal	1 s
	En caliente	<32 s
	Autónomo	< 60s
Protocolo de comunicación		Serial NMEA
Voltaje de operación		3.3V/ 50 mA

Tabla 1 Características Generales del Receptor GPS

Además de lo visto en la tabla 3 tenemos

- Pin sensor de antena con rango de corriente definida (para detección de antena o detección de antena en corto circuito)

- Pin de selección de ganancia del LNA (para ajuste a distintas condiciones de señal RF)

A continuación mostraremos el diagrama de pines del receptor GPS en la figura 19 y en la tabla 4 describiremos la funcionalidad de los pines y sus símbolos asociados [12]:

En la tabla No 5 se muestran las características eléctricas del dispositivo GPS [12]. Si se desea una mayor explicación de los pines del GPS consultar el anexo A

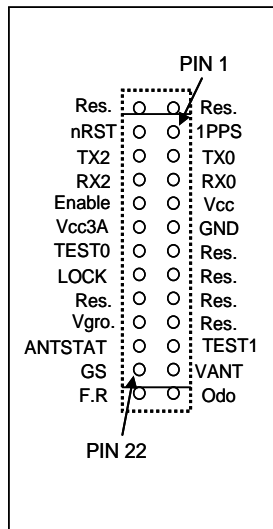


Figura 19. Diagrama de Pines del GPS Tayco A1029B

PIN	DESCRIPCION	MINIMO	TIPICO	MAXIMO
9	Vcc	3.0V	3.3V	3.6V
23	VANT (fuente de voltaje antena activa) Corriente de antena	Vcc -0.5V		5.2 V 50 mA
	Pines de salida VOH VOL	Vcc -0.8V		0.4V
	Pines de entrada VIH VIL	0.7Vcc		0.3Vcc

Tabla 2 Características Eléctricas del GPS A1029-B

Pin	Símbolo	Descripción
1	1PPS	Salida de un pulso por segundo
2	nRST	Entrada de reinicio
3	TX0	Salida serial 0, salida de NMEA
4	TX2	Salida serial 2
5	RX0	Entrada serial 0, entrada de NMEA
6	RX2	Entrada serial 2 – entrada RTCM
7	Vcc	+3.3V (fuente de voltaje)
8	ENABLE	Pin de habilitación
9	GND	Tierra (con la fuente de voltaje)
10	Vcc3A	Para funcionar como GPS estándar conectar a Vcc
11	Res	Reservado – no conectar
12	TEST0	Reservado para propósitos de prueba
13	Res	Reservado – no conectar
14	LOCK	Activado en alto (para posición fija)
15	Res	Reservado – no conectar
16	Res	Reservado – no conectar
17	Res	Reservado – no conectar
18	Vgyro	Para funcionar como GPS estándar dejarlo abierto
19	TEST1	Reservado para propósitos de prueba
20	ANTSTAT	Salida del sensor de antena
21	VANT	Alimentación de la antena
22	F/R	Selector de ganancia del LNA– dejarlo abierto

Tabla 3 Descripción de pines del GPS A1029-B

### *Circuito de acondicionamiento*

El circuito de acondicionamiento es un conjunto de elementos eléctricos y electrónicos organizados de tal manera que el dispositivo pueda funcionar de una manera estable y que a su vez pueda comunicar el GPS con cualquier dispositivo que cuente con un puerto de comunicación serial [13].

Dentro de sus elementos más importantes tenemos:

- Max 232 que convierte las señales del GPS al estándar RS 232.
- Regulador de voltaje Fan 1616AD suministra el voltaje que el GPS requiere 3.3 V
- Un conector MA11-2M encargado de conectar los pines del GPS al circuito de acondicionamiento.
- DB9 como conector universal serial

- Una serie de Leds los cuales indican de manera visual el funcionamiento del GPS, las señales que muestran son las siguientes:
  - TX indica la transmisión del GPS al PC
  - RX indica la recepción por parte del GPS del PC
  - Vo indica la alimentación de 3.3V del GPS
  - Vcc indica la alimentación de 12V circuito de acondicionamiento
  - AN indica la conexión de la antena
  - Lock indica que se ha recibido posición valida (enganche con mínimo 3 satélites)
  - PPS indica la señal de Pulso por segundo para sincronización de transmisión

Esto se puede ver claramente en la figura 20

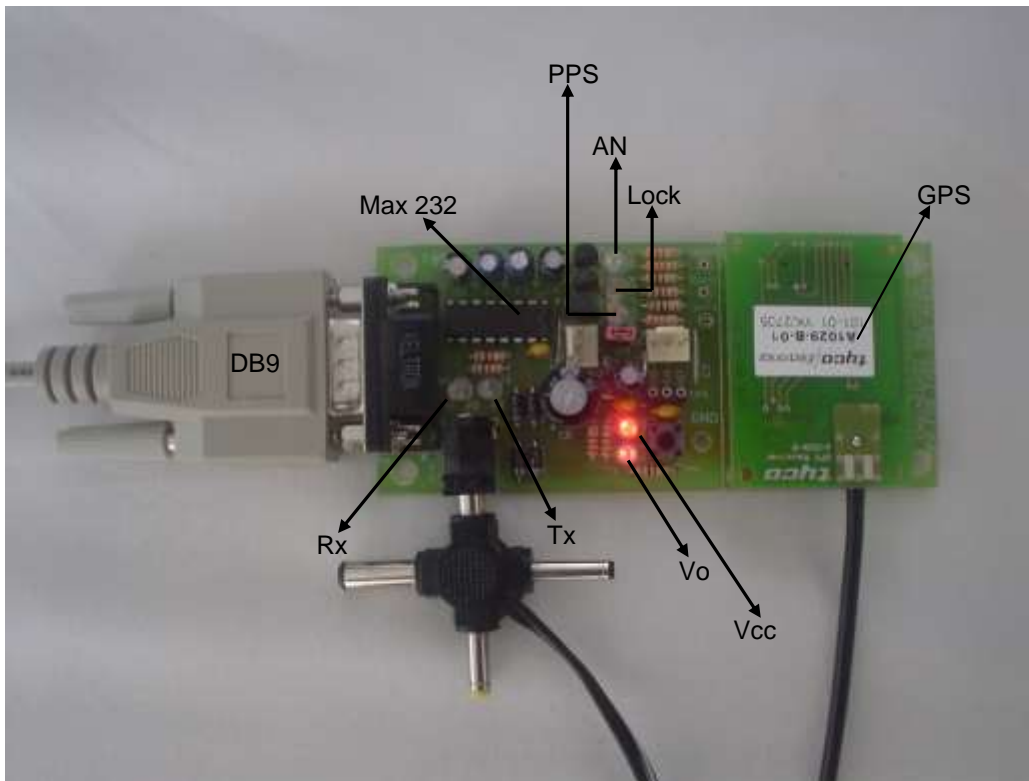


Figura 20. Diagrama de Acondicionamiento

Y en la figura 21 podemos ver el diagrama circuital de la interfaz de comunicación serial.

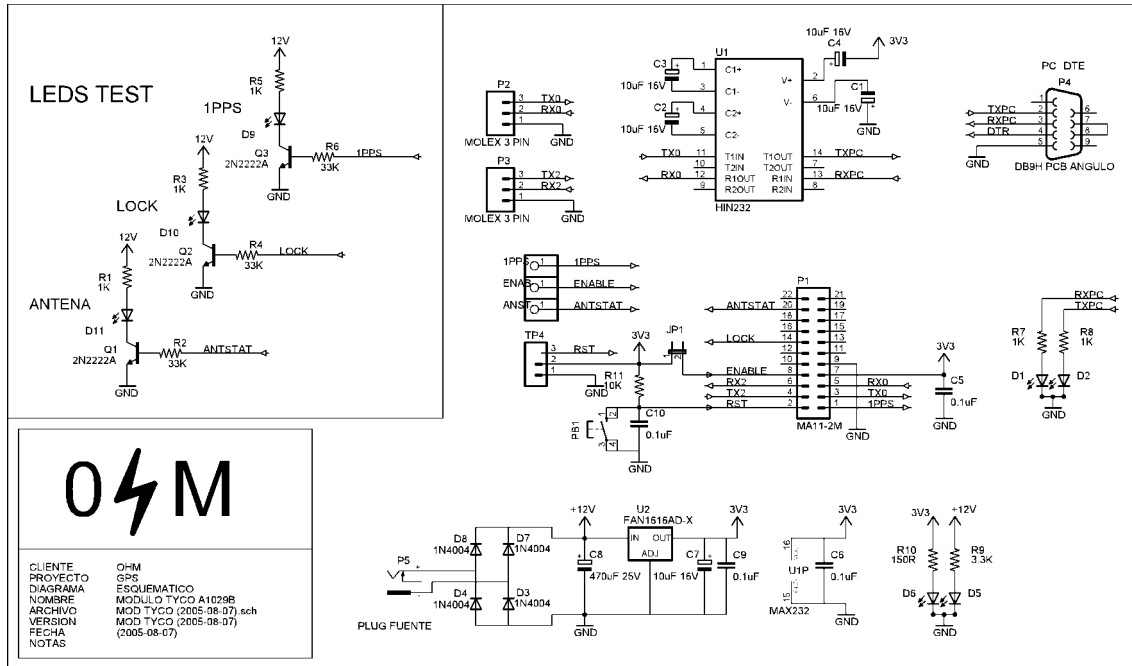


Figura 21. Diagrama Esquemático del Acondicionamiento

Inicialmente se conecta el modulo de localización a un computador y se configura, esto lo podemos hacer con el *Hyperterminal* de *Windows XP* ya que la función de este es conectar cualquier dispositivo con el puerto serie.

El procedimiento que se utilizo fue el siguiente [14]:

- Se ejecuta y configura el *Hyperterminal*, los datos de configuración para este son: puerto serial COM 1, velocidad de transmisión 4800 Baudios (velocidad por defecto del dispositivo), 8 Bits de datos, no paridad, 1 Bit de parada, sin control de flujo [14]



- Al momento de conectarse el GPS empieza transmitiendo la versión del *Firmware* del fabricante el cual tiene la siguiente forma:

```
$PTYCVER,TYCO Electronics - 100-01 (12:00:00 Sep 01 2004)  
$PSTMVER,GPS Version 4.11.2 ARM (13:31:23 Jul 29 2004)  
$PSTMVER,Bootloader Version 2.00 [14]
```

- Para salvar cualquier cambio de configuración se debe introducir la palabra \$PTYSUPWR después del cambio, y así después de reiniciar el GPS los cambios tendrán efecto

- Se configura la velocidad de trabajo con la palabra \$PTYCBRATE,nn, donde las velocidades en que puede trabajar son las siguientes: 4800, 9600,19200 y 38400, como se necesitaba trabajar con la velocidad mas baja debido a que la velocidad la velocidad a trabajar es de 1200 Baudios se deja en la de 4800 Baudios [14].

- Como el dispositivo por defecto envía varios tipos de palabras NMEA y por efectos de la aplicación solo se necesita uno de los concernientes con la ubicación, se deshabilitaron los otros, dejando el \$GPGGA. Para lograrlo, primero se deshabilitaron todas las salidas NMEA con el comando \$PTYCNMEA OFF, el cual inhabilita todas las salidas NMEA y luego se habilitó la salida GGA con la instrucción \$PTYCGGA, 1. En la tabla 6 se muestra la conformación de esta palabra y para conocer las demás palabras NMEA y su información consultar el anexo A. [14]

Ejemplo. \$GPGGA,152145.000,4805.8193,N,01132.2317,E,1,04,2.5,607.75,M,47.6,M,,*67		
(1)	\$GPGGA	Encabezado e identificador de mensaje
(2)	152145.000	Universal time coordinated (15h 21m 45.000s)
(3)	4805.8193	Latitud (48deg 05.8193min)
(4)	N	Norte (o S para sur)
(5)	01132.2317	Longitud (011deg 32.2317min)
(6)	E	Este (or W Oeste)
(7)	1	Calidad de Posición: Posición GPS valida (o 0 para posición no disponible, 2 para posición diferencial, también cuando datos SBAS son usados)
(8)	04	Cuatro satélites en vista (min 00, max 12)
(9)	2.5	Dilución horizontal de precisión
(10)	0607.75	Altitud de la antena por encima / o por debajo del nivel del mar (geoid)
(11)	M	Unidad de altura de antena: metros
(12)	47.6	Separación Geodésica
(13)	M	Unidad de separación Geodésica: metros
(14)	<vacío>	Periodo de los datos GPS diferencial, campo nulo cuando DGPS no es usado
(15)	<vacío>	ID de la estación Diferencial de referencia, campo nulo cuando DGPS no es usado
(16)	*67	Suma de verificación

Tabla 4 Palabra NMEA \$GPGGA

- El intervalo por defecto de las palabras NMEA es de 1 segundo. Si se requiere, este intervalo se puede incrementar a más de 30 segundos por medio del comando \$PTYCNMEAI,nn, donde nn es el intervalo requerido en segundos. Por conveniencia y no siendo crítico para la aplicación se usó un intervalo de 5 segundos, para esto se emite el comando "\$PTYCNMEAI, 5".

Y por último se salvaron todos los cambios con el comando \$PTYSUPWR [14]

Así queda configurado el GPS listo para ser utilizado en la aplicación. Como se mencionó antes no es necesario volver a configurar ya que estos cambios quedan guardados en la memoria no volátil del dispositivo.

### 2.2.2. Módulo de Control

El módulo de control es el encargado de dar inicio al sistema cuando el usuario lo active, se compone de cuatro sub-bloques:

- Adaptador
- Controlador
- PTT
- Interruptor

Estos se representan en la figura 22, en donde se describe el modulo de control.

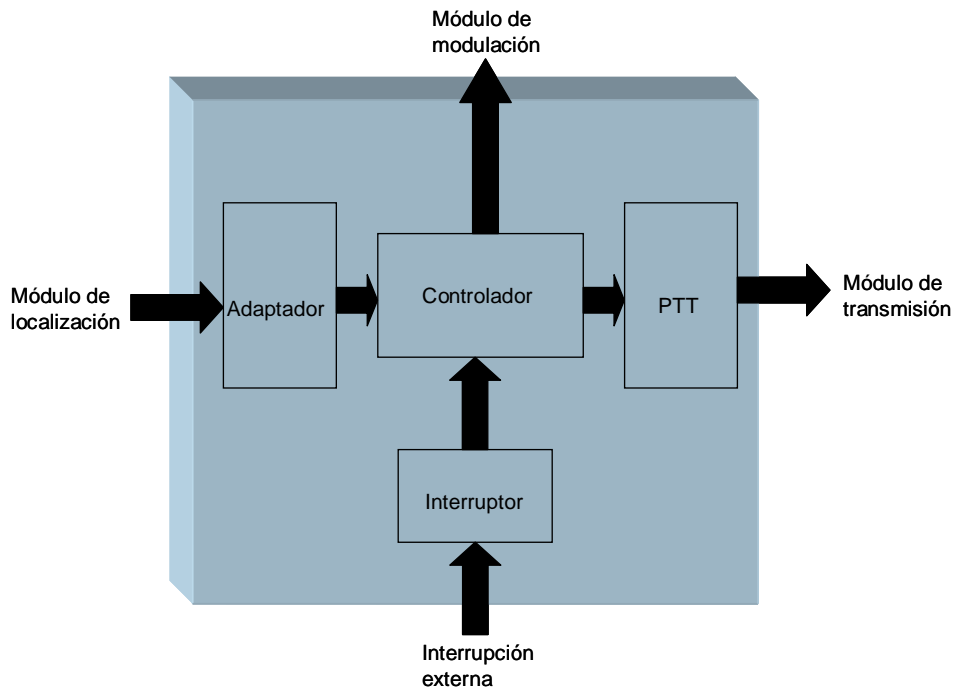


Figura 22 Descripción del Módulo de Control

### Adaptador

Los datos provenientes del Módulo de localización vienen bajo el estándar RS 232 (12 a – 12 Voltios). Para hacerle un tratamiento a la señal con el microcontrolador es necesario bajar la señal a niveles TTL para ello se utilizó un Max 232 en su configuración básica como se puede apreciar en la figura 23 [15].

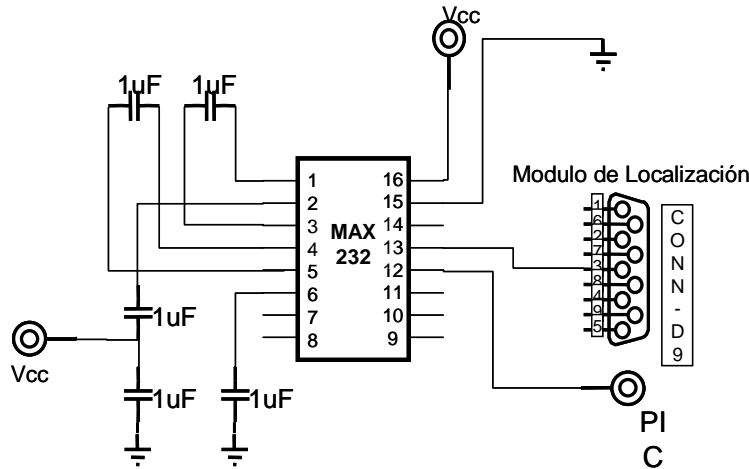


Figura 23. Diagrama Circuital del Submódulo de Adaptador

### PTT

El submódulo de PTT cumple la función de enviar la petición de transmisión al radio, es un circuito muy sencillo dado en al figura 24 [16].

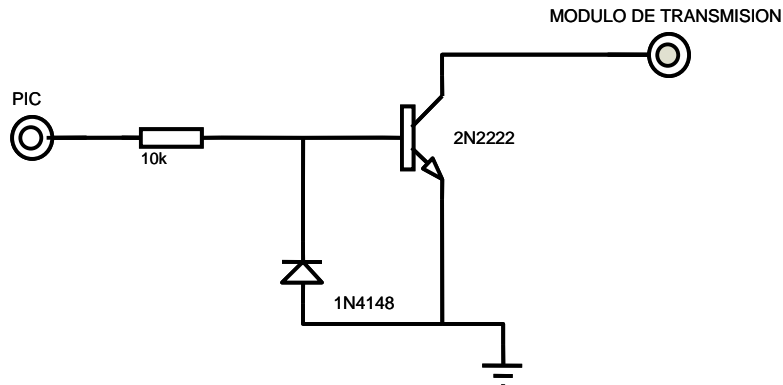


Figura 24. Diagrama circuital del submódulo de PTT

### *Interruptor*

Para el submódulo del interruptor se implementó un interruptor, el cual al ser oprimido, le envía una señal de 5V al PIC, reemplazando los 0V que constantemente esta recibiendo (ver figura 25).

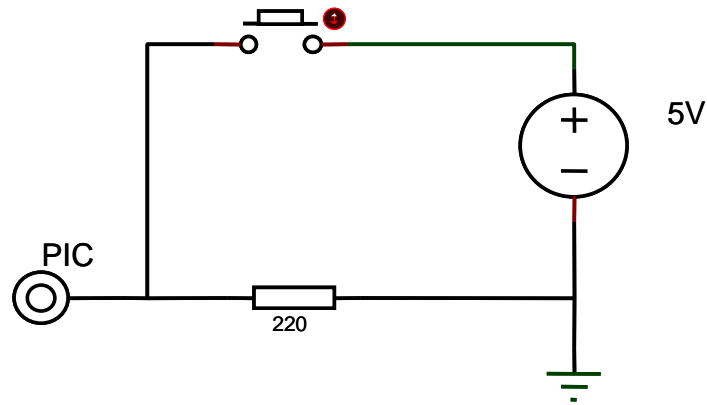


Figura 25. Diagrama circuital del submódulo de Interruptor

### *Controlador*

Para este sub-módulo se utilizó un microcontrolador 16F877A de la empresa microchip [17].

Para la elección del microcontrolador se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Memoria no volátil
- Protocolos de comunicación
- Herramientas de desarrollo y simulación
- Precio
- Facilidad de adquisición

Estos factores se tomaron en cuenta dada las necesidades del proyecto y las limitaciones en cuanto a recursos se refiere.

La necesidad de contar con una memoria no volátil se debe a que en ella se almacena el Id (identificador) del usuario móvil para ser transmitido en el momento que se necesita. En cuanto a protocolos de comunicación era implementarlos para lograr la comunicación con el puerto serial dado que el recibe los datos del GPS que vienen bajo el estándar RS232

Dentro de las características más generales del microcontrolador 16F877A se tiene las que aparecen en la tabla 5:

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
Numero de pines	40
Puertos de entrada /salida	3 de 8, 1 de 5 y 1 de 3 con un total de 33
Memoria no volátil	EEPROM 256 bytes
Comunicación	MMSP, USART
Memoria de programación	8000 instrucciones
Memoria de datos	368 bytes Ram
Voltaje de polarización	De 2 a 5.5 V

Tabla 5. Características Generales del PIC 16F877A

Las tareas que debe desempeñar el microcontrolador son:

- Recibir los datos provenientes del modulo de localización y almacenarlas.
- Como los datos del modulo de localización vienen a 4800 baudios y el modulador fue diseñado para trabajar a 1200 baudios, se debe hacer un adecuado tratamiento de las señales para así realizar el cambio de velocidad.
- Activar la señal al PTT a la hora de transmitir.
- Detectar la interrupción externa y dar inicio al sistema

- Almacenar el Id (numero identificador) del móvil para luego transmitirlo
- Transmitir los datos almacenados.

El funcionamiento del microcontrolador es el siguiente:

Se configuran los datos iniciales de funcionamiento, posterior a eso entra en un ciclo infinito hasta que detecta una interrupción externa prosiguiendo a configurar el módulo de recepción a una velocidad de 4800 baudios y recibe la información que le llega por el puerto de comunicación almacenándola simultáneamente. Completada esta información deshabilita el modulo de recepción y entra a configurar el módulo de transmisión a una velocidad de 1200 baudios, cumplida la configuración, dispara una señal de transmisión la cual va para el sub-módulo de PTT y empieza a trasmitir, primero el número de identificación que se encuentra almacenado en su interior y después la información que había almacenado. Cuando termina de transmitir deshabilita la transmisión y vuelve a configurar la recepción quedando en espera hasta que recibe el nuevo dato.

Para mayor entendimiento del funcionamiento general del microcontrolador se utiliza el siguiente diagrama de flujo de la Figura 26.

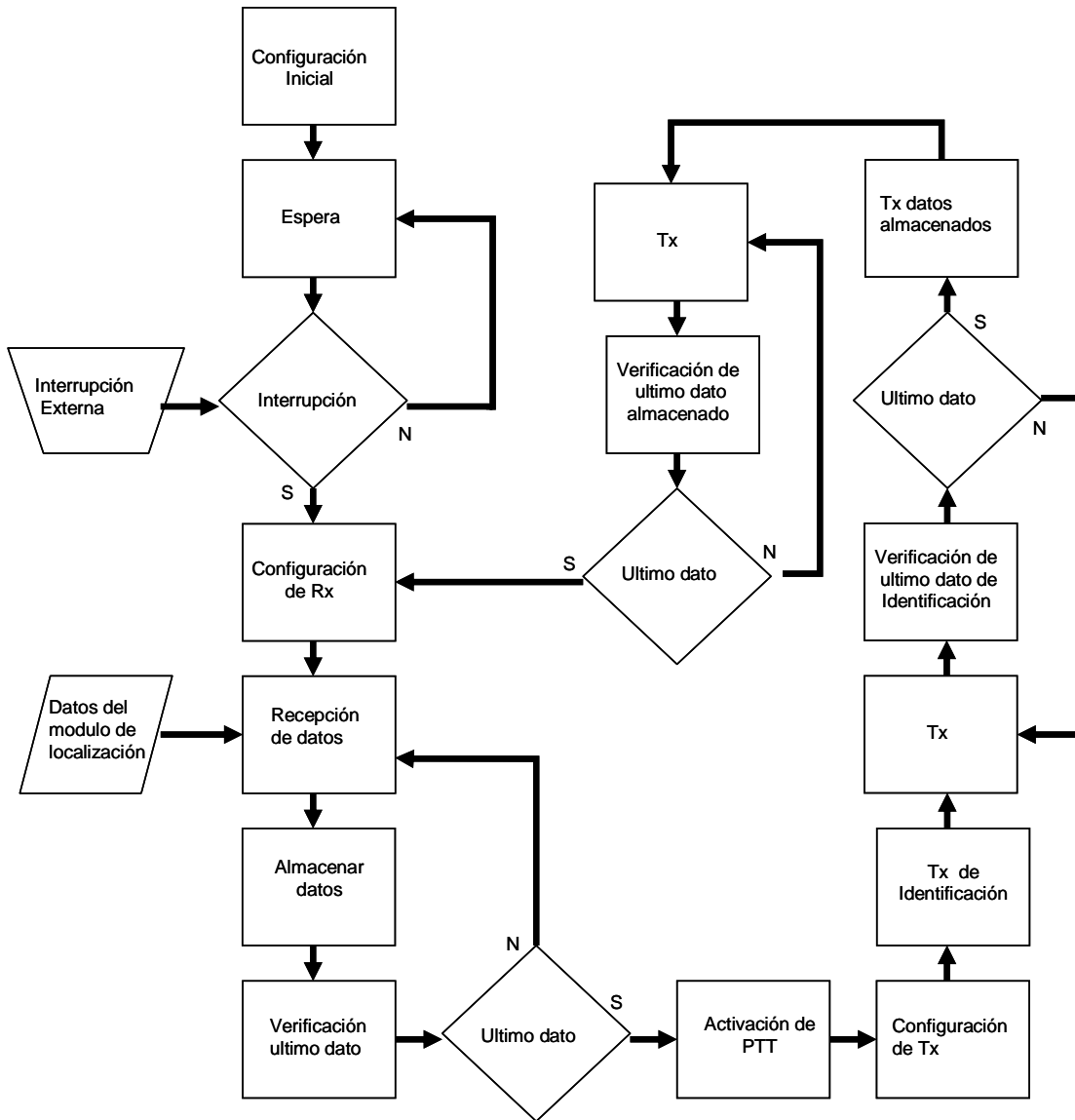


Figura 26. Diagrama de Flujo del Funcionamiento del Microcontrolador

### 2.2.3. Módulo de Modulación

El módulo de modulación tiene como objetivo, como su nombre lo indica, modular una señal digital con una portadora analógica; es decir, hacer una modulación digital para adaptar la señal de información a una forma adecuada para ser



transmitida vía radio frecuencia. La señal a transmitir es una señal de audio y la técnica empleada para obtenerla es la modulación FSK dado que como se mencionó anteriormente ASK es afectada por el ruido en gran medida y PSK es más compleja en su implementación

Los circuitos integrados XR2206 y XR2211 de la marca EXAR, son un par de dispositivos versátiles para la construcción de un MODEM. La ventaja de ellos es que se pueden ajustar a cualquier tono de marca y espacio que se quiera, creando un desplazamiento de tono deseado [18].

Para implementar el modulador FSK se ha utilizado el circuito integrado XR-2206, el cual también se utiliza en otras aplicaciones para generar señales sinusoidales, cuadradas o triangulares de alta calidad, especificando la amplitud y la frecuencia de la misma mediante potenciómetros que facilitan el ajuste de la señal. El circuito integrado soporta frecuencias desde 0,01Hz hasta 1MHz, por lo tanto esta dentro de la frecuencia de trabajo [19].

Teniendo en cuenta que la frecuencia de bit de los datos a modular es de 1200 bps y que el ancho de banda del canal a utilizar es de 12.5 KHz., se escogió la frecuencia portadora de los “unos” en 1200 Hz y la frecuencia portadora de los “ceros” en 2.200 Hz, para así obtener un corrimiento de 1,000 Hertz y una interferencia entre canales aceptable para un buen desempeño del modulador.

Siendo los circuitos integrados XR no controlados por un cristal, los tonos pueden desviarse del tiempo ajustado. Para reducir la desviación de tiempo, es conveniente usar componentes de alta estabilidad en la temporización, el filtro de detección y circuitos de comparación.

*Funcionamiento*

El diagrama circuital del circuito integrado XR-2206 se muestra en la figura 27, donde la amplitud de la señal de salida viene dada por el potenciómetro  $R_{X3}$  conectado al pin 3, y las dos frecuencias de oscilación se deben a las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  conectadas a los pines 7 y 8 respectivamente, y al condensador  $C$  conectado entre los pines 5 y 6 [19].

Las frecuencias vienen dadas por:

$$f1 = \frac{1}{R_1 \cdot C} = \text{frecuencia de marca} \quad \text{y} \quad f2 = \frac{1}{R_2 \cdot C} = \text{frecuencia de espacio}$$

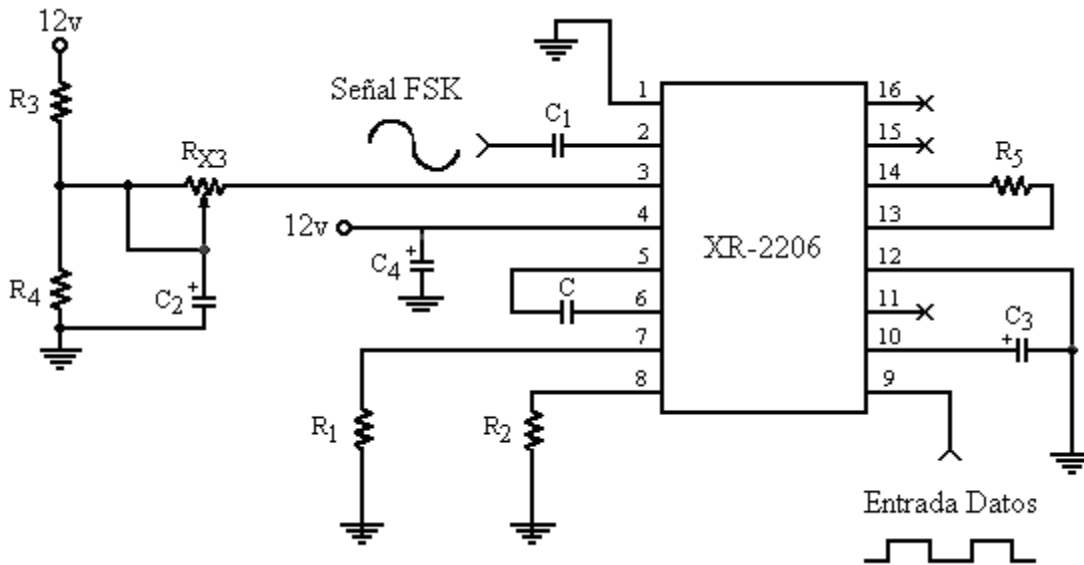


Figura 27. Diagrama Circuital para el Modulador FSK

*Cálculos y Consideraciones de Diseño*

Para el cálculo de las frecuencias de “0” y “1” se fijó el valor del condensador  $C = 22nf$  y posteriormente se calculó el valor de las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  mencionadas anteriormente.

Dado que  $f = 1/(R*C)$  se tiene que  $R = 1/(f*C)$ . Se obtienen los siguientes valores para las resistencias de temporización:  $R_1 = 37,878 K\Omega$  y  $R_2 = 20,661 K\Omega$

### *Sintonización del modulador*

Debido a que los valores de  $R_1$  y  $R_2$  no son comerciales, se procede de la siguiente manera para el ajuste del MODEM

En el pin 7 se conecta una resistencia  $R_1$  de  $33 K\Omega$  en serie con un potenciómetro  $R_{X1}$  de  $10 K\Omega$ .

En el pin 8 se conecta una resistencia  $R_2$  de  $12 K\Omega$  en serie con un potenciómetro  $R_{X2}$  de  $10 K\Omega$ .

Ahora se procede a sintonizar los tonos. Conectando un frecuencímetro en la salida (pin 2) para poder leer la frecuencia de la onda de salida. El pin 9 se deja en circuito abierto o conectado a un voltaje mayor o igual a 2V, entonces solamente se activa  $R_1$ . Luego se ajustó el potenciómetro  $R_{X1}$  conectado en el pin 7 hasta leer en el frecuencímetro una frecuencia de 1200 Hertz. Similarmente, el pin 9 se conectó a tierra (0 voltios), solamente se activa  $R_2$  y con el potenciómetro  $R_{X2}$  conectado en el pin 8 se ajustó la frecuencia de la onda de salida, hasta leer en el frecuencímetro 2200 Hertz.

Una vez sintonizado el modulador, sólo queda ajustar la amplitud de la onda de salida a un valor conveniente, por medio del potenciómetro  $R_{X3}$  conectado al pin 3. Para esto, con un osciloscopio conectado en la salida (pin 2), se ajusta el

potenciómetro RX3 hasta leer en el osciloscopio una amplitud de un poco más de 425 mVpp, valor mínimo requerido por el radioteléfono para la transmisión.

A continuación se listan los elementos en la Tabla 6.

Elemento	Valor	Elemento	Valor
Integrado	XR-2206	R <sub>1</sub>	33KΩ
C	22nf	R <sub>2</sub>	12KΩ
C <sub>1</sub>	0,1μf	R <sub>3</sub>	5,1KΩ
C <sub>2</sub>	10μf	R <sub>4</sub>	5,1KΩ
C <sub>3</sub>	1μf	R <sub>5</sub>	220Ω
C <sub>4</sub>	1μf	R <sub>X3</sub>	10KΩ
R <sub>X1</sub>	10KΩ	R <sub>X3</sub>	50KΩ

Tabla 6. Componentes para el Modulador FSK

#### 2.2.4. Módulo de Transmisión

Este módulo tiene como función recibir la señal de audio entregada por el modulo de modulación y transmitirla vía radiofrecuencia.

El dispositivo escogido para llevar a cabo esta función, es el radio móvil PRO3100 de Motorola (Figura 28), debido a que es un radio que actualmente usan la mayoría de empresas que requieren este recurso [20].

El radio PRO3100 hace uso del programa de audio X-Pand™ de Motorola, el cual hace un tratamiento de calidad a las señales de audio para recuperarlas con alta fidelidad, asegurando un sonido claro y nítido aun en sitios de alto ruido.



Figura 28. Radio Móvil PRO3100 de Motorola

Las características principales de funcionamiento de este radio son:

- 4 Canales
- PTT-ID (envío)
- Inhibición Selectiva del Radio (recepción)
- Monitoreo
- Rastreo con Prioridad
- Bloqueo de Canal Ocupado
- Limitador de tiempo de transmisión
- Eliminación de Canal no Deseado
- Botones Intercambiables
- Puerto para Tarjetas Opcionales

Las principales características técnicas se describen en la tabla 7 [21]

CARACTERISTICA	BAJA POTENCIA	ALTA POTENCIA
RANGO DE FRECUENCIA	VHF 136-174MHz	VHF 136-74MHz
	UHF 403-470MHz	UHF 403-470 MHz
	UHF 450-527 MHz	UHF 450-520 MHz
POTENCIA DE SALIDA RF	1-25 W	25-40 W(UHF)
		25-45 W (VHF)
ESPACIAMIENTO DE CANAL	12.5 /20 / 25 kHz	
VOLTAJE DE ALIMENTACION	12 V	

Tabla 7. Características técnicas de radio móvil PRO3100

Este radio es programable vía una interfaz serial (Figura 29) a un computador, el cual despliega ventanas más amigables en el sistema operativo Windows (en lugar de los radios programables en ventanas DOS) [22].



Figura 29. Programador de Radios Serie PRO vía RS232

Como se puede ver en la figura 30 se tiene una ventana de fácil manipulación en donde podemos configurar de una manera sencilla la frecuencia de transmisión y recepción [23].

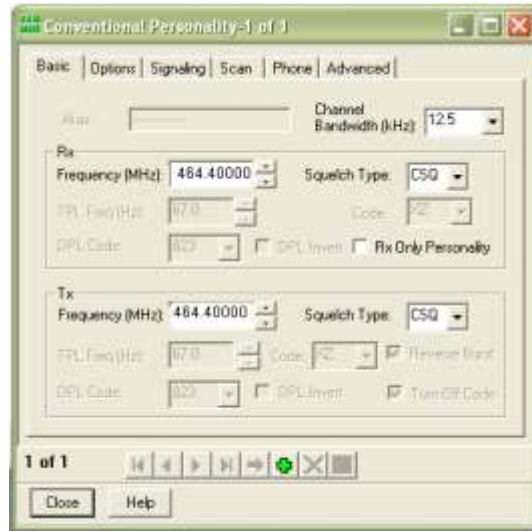


Figura 30. Configuración de la Frecuencia de Transmisión

Similarmente este software de programación nos ofrece alternativas como ver la información del radio (figura 31), configuración de cada uno de los pines del puerto de accesorios (figura 32), así como también la potencia a la que se desea transmitir entre muchas mas posibilidades de programación (figura 33)

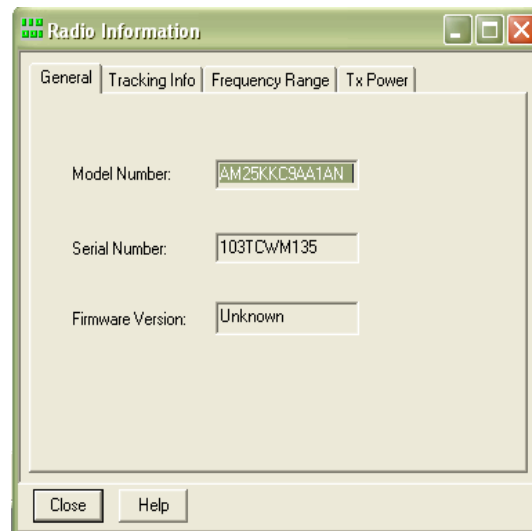
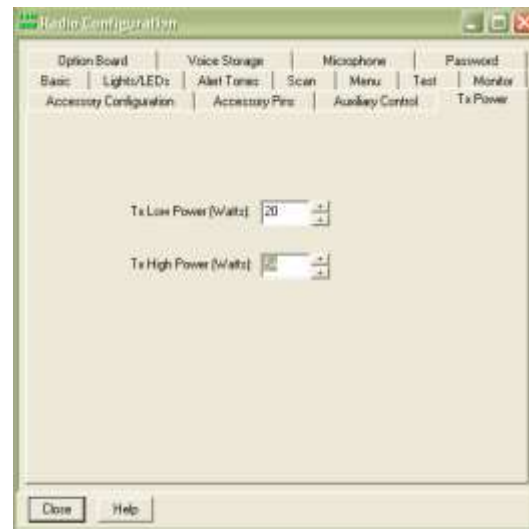


Figura 31. Información del radio



Figura 32 Configuración del PTT en activo bajo



Figuran 33 Configuración de la Potencia de Transmisión

La configuración utilizada para el radio en este prototipo es la siguiente:

Rango de frecuencia: UHF 403-470 MHz

Potencia de salida RF: 1-25 W

Espaciamiento de canal: 12.5 KHz.

PTT: Activo Bajo.



Para la inyección de la señal a ser transmitida por el radio, se hace uso del puerto de accesorios que el radio posee. La salida del modulador (pin 7), que es una señal de audio, se lleva al pin 11 del puerto de accesorios del radio. La tierra del módulo de modulación debe estar en conexión directa con la tierra del radio que corresponde al pin 7 del puerto de accesorios para un correcto funcionamiento del sistema (ver figura 34).

Cuando el módulo de modulación envía la señal de audio, en el módulo de control, el controlador cambia el pin 27 a estado alto (5 V) para que entre en funcionamiento el circuito PTT. Así se conecta el pin 3 (normalmente en colector abierto por configuración) del puerto de accesorios del radio a tierra para habilitar la transmisión vía radio.

A continuación se listan en la tabla 8 los pines del puerto de accesorios y algunas de sus características [22].

PIN	DESCRIPCIÓN	DIRECCION	COMENTARIOS
1	Parlante (-)		No prograable
2	Audio del micrófono externo		Parcialmente programable
3	Entrada digital 1	Entrada solamente	Completamente programable
4	Salida digital 2	Salida solamente	Completamente programable
5	<i>Fla t</i> - Tx - audio (salida de datos)		Parcialmente programable
6	Entrada digital 3	Entrada solamente	Completamente programable
7	Tierra		No programable
8	Entrada / Salida digital 3	Entrada / salida (seleccionable)	Completamente programable
9	Entrada digital 5	Entrada especial	Completamente programable
10	Detección de ignición	Entrada especial	No programable
11	<i>Fla t</i> - Rx - audio (entrada de datos)		Parcialmente programable
12	Entrada / Salida digital 7	Entrada / salida (seleccionable)	Completamente programable
13	Batería conmutada		No programable
14	Entrada / Salida digital 8	Entrada / salida (seleccionable)	Completamente programable
15	Entrada de potencia de la señal de radio		No programable
16	Parlante (+)		No programable
17	BUS		No programable
18	Control de arranque		No programable
19	No usado		No programable
20	No usado		No programable

Tabla 8. Listado de Pines del Puerto de Accesorios de Radio PRO3100

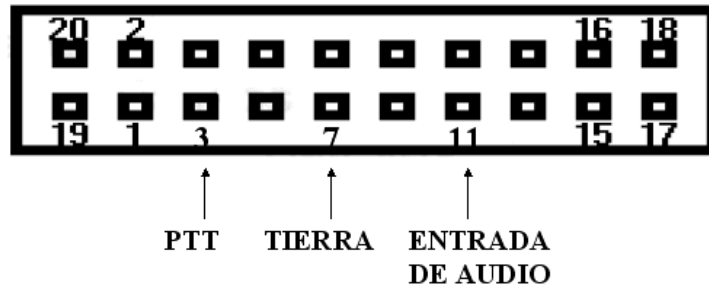


Figura 34. Pines Usados en el Conector de Accesorios para Transmisión

### 2.3. Estación Base.

La estación base está definida por el lugar donde la empresa prestadora del servicio de radiocomunicación tiene sus instalaciones, en donde se debe contar con un computador, un dispositivo de demodulación y todos los equipos pertinentes del servicio como son radios, antenas y dispositivos de protección.

La estación base está conformada por tres módulos los cuales son los siguientes:

- Módulo de Recepción
- Módulo de Demodulación
- Módulo de Despliegue

A continuación se ve el diagrama de bloques en la figura 35

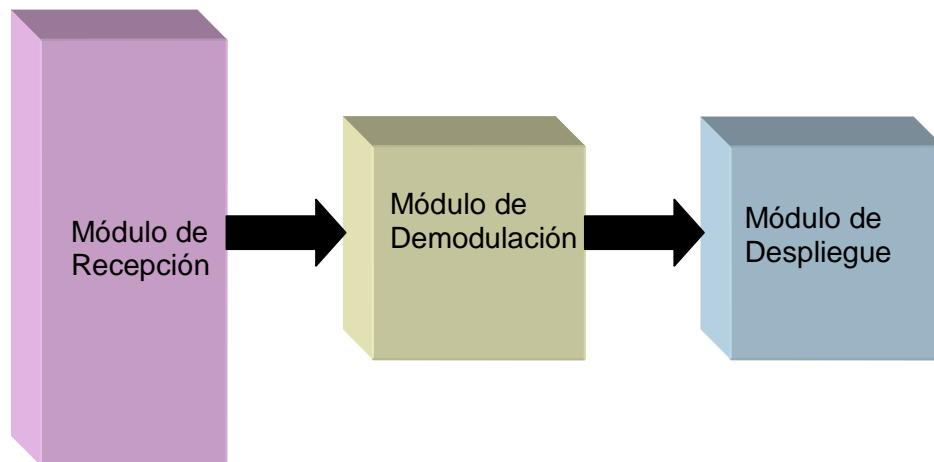


Figura 35. Diagrama de bloques de la estación base

Su funcionamiento es secuencial, primero llega la onda RF al módulo de recepción el cual le quita la portadora dejando solo la señal modulada en FSK. Posteriormente, esta pasa por el demodulador quedando la trama digital y se introduce al computador por el puerto serie. En el computador debe estar corriendo la aplicación que recibe los datos del puerto y los compara con una tabla prediseñada para así indicar el ID del carro y la posición referenciada de él, es decir su ubicación dada en calles y carreras

#### 2.3.4. Módulo de Recepción

Este módulo tiene como objeto recibir la señal emitida por el módulo de transmisión y recuperarla en forma fiel.

El dispositivo empleado para realizar este trabajo es, como en el módulo de transmisión, un radio móvil PRO3100 de Motorola. Configurado con las mismas características del radio transmisor, obviamente tienen que trabajar en la misma frecuencia para que puedan interactuar entre sí.

Los pines del conector de accesorios (ver figura 36) utilizados en el proceso de recepción son:

El pin 7 que es la tierra del radio, el cual debe estar conectado con la tierra del modulo de demodulación para un funcionamiento adecuado del sistema.

Y el pin 5 que corresponde a la salida de audio del radio. Esta señal recibida se transmite directamente hacia el módulo de demodulación, el circuito integrado XR2211 mediante el pin de entrada 2, la recibe para su debida conversión a señal digital.

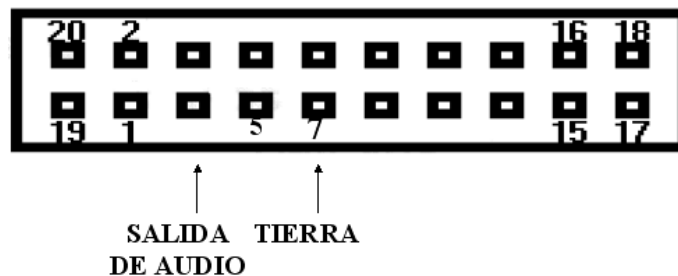


Figura 36. Pines Usados en el Conector de Accesorios Para Recepción

### 2.3.5. Módulo de Demodulación

Este bloque realiza el proceso inverso del modulador. La señal de FSK recibida por el radioteléfono se convierte a un tren de pulsos correspondiente a la información enviada.

Para implementar el demodulador se utiliza el circuito integrado XR-2211 de la marca EXAR. Se trata de un sistema basado en un PLL (*Phase Locked Loop*) diseñado para comunicaciones con modems. Este integrado dispone de un ancho de banda elevado (0,01kHz - 300kHz) así como de un rango de alimentación adecuado para la aplicación (4,5 - 20V) que permitirá trabajar con niveles TTL [35].

### *Funcionamiento*

El demodulador está conformado por un pre-amplificador de entrada, un multiplicador analógico utilizado como detector de fase y un Oscilador Controlado por Voltaje (VCO - *Voltage Controlled Oscillator*). El pre-amplificador (pin 2) se utiliza como limitador tal que las señales de entrada se amplifican a un nivel de señal constante. El multiplicador actúa como una compuerta OR exclusiva (X-OR). Su salida produce la suma y diferencia entre las frecuencias de entrada y salida del VCO. Agregando un condensador a la salida del detector de fase, la componente de dos veces la frecuencia de entrada se reduce, dejando un voltaje DC que representa la diferencia de fase entre las dos frecuencias. Esto cierra el lazo y permite al VCO rastrear la frecuencia de entrada.

El comparador FSK se utiliza para determinar si la frecuencia del VCO se encuentra por encima o por debajo de la frecuencia central. Esto genera dos señales de salida activas alta y baja, lo cual sirve para determinar cuando el PLL se encuentra enganchado.

### Cálculos y Consideraciones de Diseño

Haciendo referencia al diagrama circuital del demodulador FSK de la Figura 37, las funciones de los componentes externos son las siguientes:  $R_0$  y  $C_0$  se encargan de fijar la frecuencia central del PLL,  $R_1$  fija el ancho de banda del sistema,  $C_1$  fija la constante de tiempo del filtro del lazo y el factor de ruido del lazo.  $C_F$  y  $R_F$  forman un filtro de post-detección para la salida de datos FSK. La resistencia  $R_B$  introduce la realimentación positiva del comparador FSK para facilitar una transición rápida entre los estados lógicos de la señal de salida [18].

Para configurar el integrado al diseño deseado, el fabricante proporciona unas ecuaciones de diseño. A continuación se describe el proceso:

Calculo de la frecuencia central ( $f_0$ ) del PLL:

$$f_0 = \sqrt{f_1 \cdot f_2}, \text{ donde } f_1 = 1200 \text{ Hz y } f_2 = 2200 \text{ Hz y obtenemos } f_0 = 1624.8 \text{ Hz}$$

Calculo de  $R_0$ :

Si seleccionamos  $C_0 = 22 \text{ nf}$  tenemos que:

$$f_0 = \frac{1}{R_0 \cdot C_0} \Rightarrow R_0 = \frac{1}{C_0 \cdot f_0}$$

$$R_0 = 27,975 \text{ k}\Omega$$

El fabricante recomienda que su valor esté entre  $10 \text{ K}\Omega$  y  $100 \text{ K}\Omega$  para mayor estabilidad. Entonces se toma  $R_0 = 22 \text{ k}\Omega$  en serie con un potenciómetro de  $10 \text{ K}\Omega$ .

Calculo de  $R_1$ :

$$R_1 = \frac{R_0 f_0}{(f_1 - f_2)} * 2,$$

$$R_1 = 51000 \Omega$$

Calcular el valor de  $C_0$ :

$$C_0 = \frac{1}{R_0 f_0} = 0.022 \mu\text{f}$$

Calcular C1 para establecer una constante de amortiguamiento: normalmente se recomienda  $\xi=0.5$

$$C1 = \frac{1250 * C_0}{R1 * \xi^2} \quad C1 = 3.9 \text{ nf}$$

Calculo de  $R_f$ : Este valor debe ser al menos cinco veces el valor de  $R_1$ .

$$R_f = 5 * 51K\Omega = 255K\Omega$$

Calculo de  $R_B$ : Este valor debe ser al menos cinco veces el valor de  $R_f$  según los fabricantes.

$$R_B = 5 * 255K\Omega = 1,275M\Omega$$

Calculo de  $R_{SUM}$ :

$$R_{SUM} = \frac{(R_f + R_1) \cdot R_B}{(R_f + R_1 + R_B)} \quad R_{SUM} = 240K\Omega$$

Calculo de  $C_F$ :

$$C_F = \frac{0.25}{R_{SUM} \cdot \text{RataBaudios}}, \text{ donde Tasa de Baudios} = 1200$$

$$C_F = 1 \text{ nf}$$



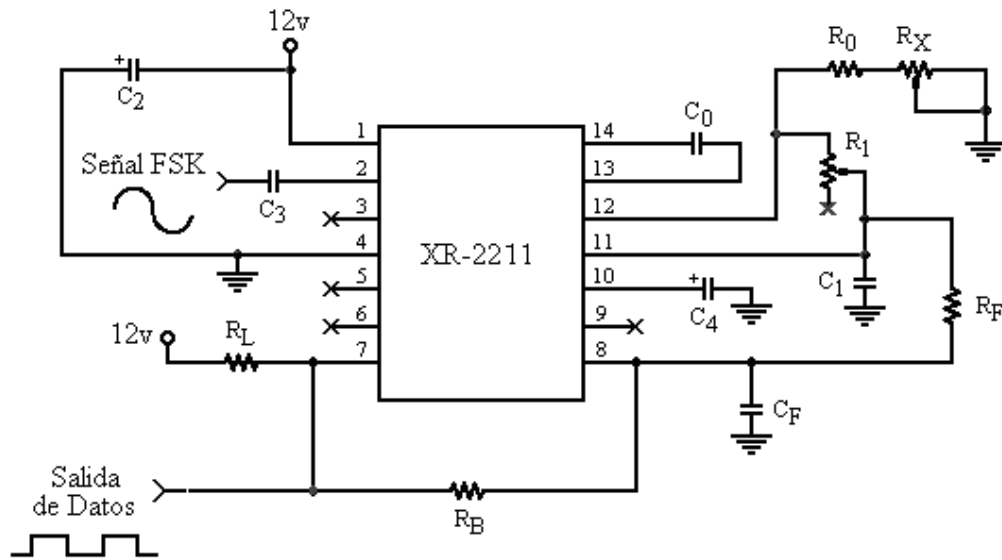


Figura 37. Diagrama Circuital del Demodulador FSK

Solo falta adicionar en el pin 3 un filtro detector de enganche compuesto por una resistencia de  $470\text{ K}\Omega$  en paralelo con un condensador de  $0.1\ \mu\text{f}$ . conectados a tierra como se puede observar en la figura 38.

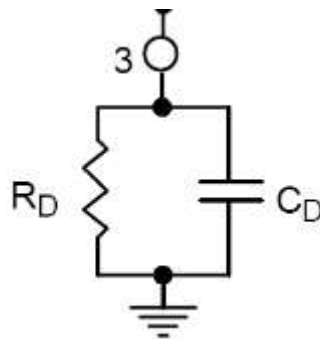


Figura No 38. Filtro Detector de Enganche

Para los elementos se selecciona el valor comercial más próximo al calculado teóricamente.

A continuación se listan los elementos en la Tabla 9.

Elemento	Valor	Elemento	Valor
Integrado	XR-2211	R <sub>0</sub>	22KΩ
C <sub>0</sub>	22nf	R <sub>1</sub>	51KΩ
C <sub>1</sub>	3,9nf	R <sub>B</sub>	1.2MΩ
C <sub>2</sub>	1μf	R <sub>F</sub>	255KΩ
C <sub>3</sub>	0,1μf	R <sub>L</sub>	10KΩ
C <sub>4</sub>	0,1μf	R <sub>X</sub>	10KΩ
C <sub>F</sub>	1nf	R <sub>D</sub>	470 KΩ
C <sub>D</sub>	0.1μf		

Tabla 9. Componentes del Demodulador FSK

### *Sintonización del demodulador*

Para el correcto funcionamiento del demodulador es necesario ajustar el VCO para que oscile en la frecuencia central de los dos tonos, que es 1624,8 Hz. Para hacer esto es necesario desconectar CD en el pin 3, y hacer un puente entre el pin 2 y el pin 10.

Se conecta un frecuencímetro en el pin 3 y se ajusta el potenciómetro conectado en el pin 12 hasta obtener una lectura en el frecuencímetro de 1624 Hz. Luego se reestablecen las conexiones y el demodulador queda sintonizado [18].

### 2.3.6. Módulo de Despliegue

Este módulo es el encargado de recibir la información que envía el demodulador en una trama serial y desplegar en la pantalla del computador la información necesaria para que el operador de la estación base sepa la ubicación del móvil en cuestión

Para cumplir con este objetivo se desarrolló un programa en java, el cual mantiene una conexión con el puerto serie y toma los datos que a este le llegan, los almacena en un *buffer*, posteriormente realiza una conexión con una base de datos en *Mysql* la cual se llena con anterioridad, dicha base de datos esta formada por una tabla con tres campos. En uno, está la posición geográfica dada en latitud, en el otro esta la posición geográfica dada en longitud y un ultimo campo compuesto por la posición entendible por el usuario (calles y carreras), hecha esta conexión el *software* realiza una comparación entre los atributos de los campos de posición geográfica con los datos almacenados en el *buffer*, devolviendo todo el registro a una interfaz grafica, por comodidad del desarrollo del prototipo el llenado de la base de datos se hará por medio de la misma interfaz.

A continuación en la figura 39 se muestra como se encuentra estructurado el software en un diagrama de clases.

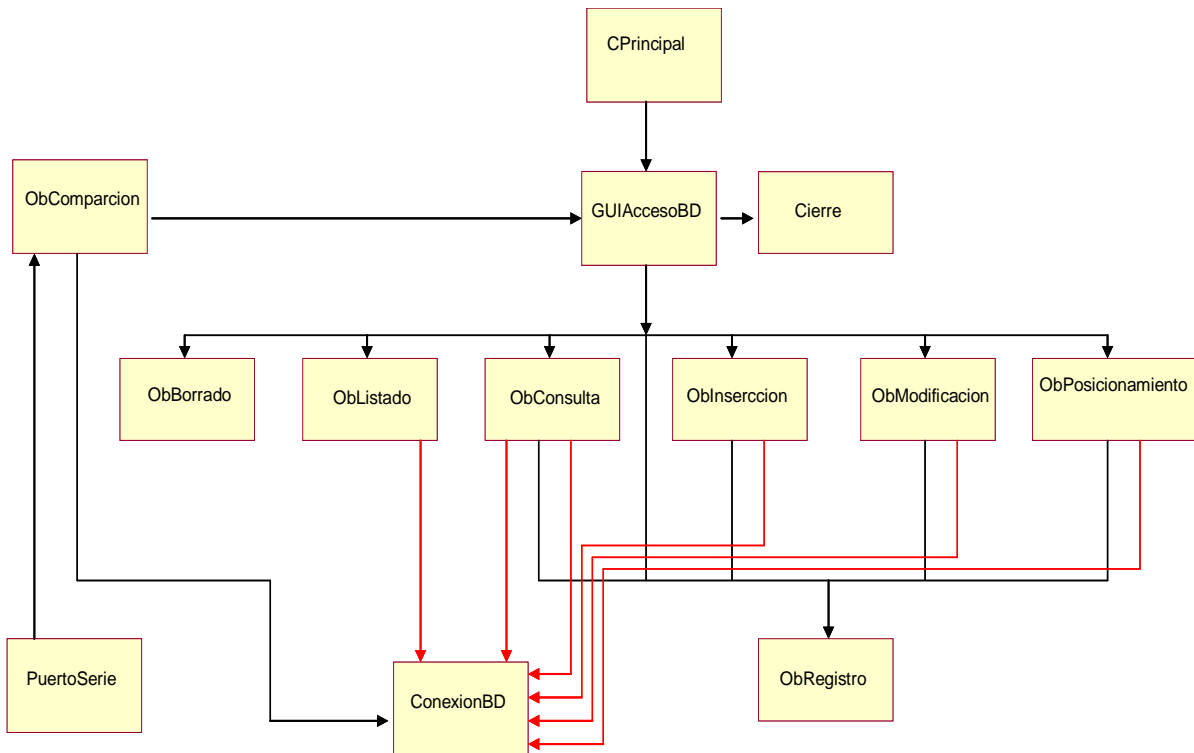


Figura 39 Diagrama de clases del módulo de despliegue

En la tabla 10 se dará una explicación de las funciones de cada clase.

Clase	Funcionalidad
CPrincipal	La clase que contiene tiene el método Main, por lo tanto es donde se comienza a ejecutar la aplicación
ObComparcion	Guarda los datos del puerto en un buffer y los compara con los registros de la base de datos para después desplegarlos en la interfaz grafica
GUIAccesoBD	Clase donde se desarrolla la interfaz grafica
Cierre	Llama un método para cerrar la ventana cuando se oprima la X
ObBorrado	Clase encargada de borrar los datos de la base de datos
ObListado	Clase donde se puede listar todos los datos que se encuentran en la base de datos dentro de la interfaz grafica
ObConsulta	Despliega la ubicación en coordenadas geográfica de un sitio determinado
ObInserccion	Introduce un nuevo registro en la base de datos
ObModificacion	Modifica un registro de la base de datos
ObPosicionamiento	Maneja la posición del puntero para la organización de la base de datos
ObRegistro	Almacena temporalmente en un buffer los datos de la base de datos para las modificaciones en ella
ConexionaBD	Tiene los métodos para realiza la conexión y desconexión con la base de datos
PuertoSerie	Habilita el puerto serie para la recepción de datos

Tabla 10 Descripción de Clases

El diseño grafico de la interfaz es sencillo pero cumple con las necesidades del proyecto (ver figura 40).

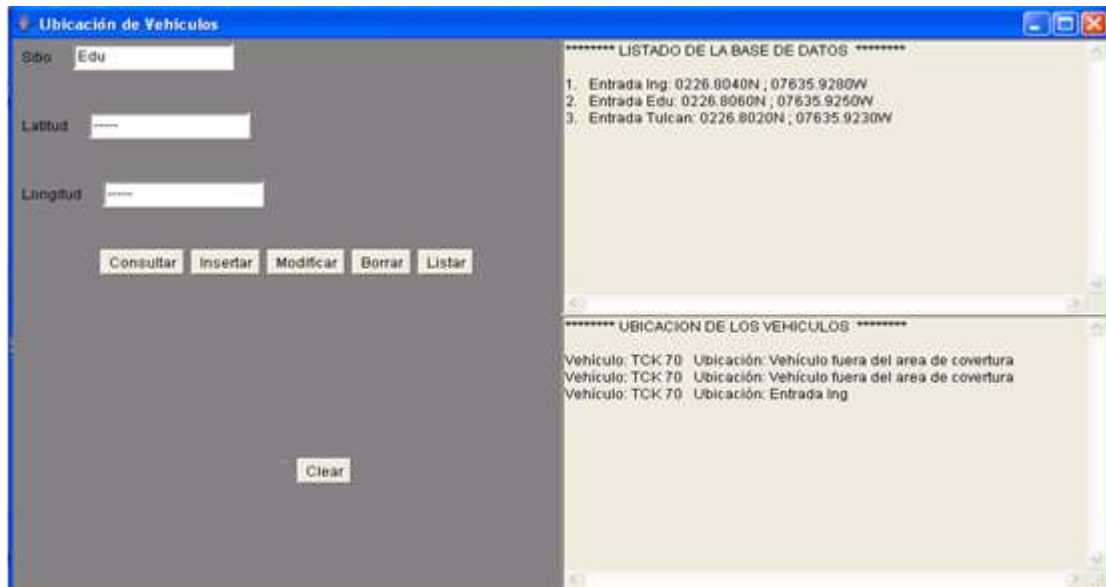


Figura 40 Interfaz Grafica

### **3. Resultados, Recomendaciones y Conclusiones**

#### **3.2. RESULTADOS**

- Se consiguió implementar un sistema de localización vehicular utilizando la tecnología GPS, haciendo uso de radios móviles para el envío de los datos obtenidos por el GPS, hacia una estación base.
- Se desarrolló una interfaz grafica de fácil manejo y entendimiento para el operador de la estación base, de tal forma que identifica sitios de la ciudad por su dirección, en cambio de tener que leer coordenadas geográficas las cuales no son entendibles o de fácil compresión para él.
- Se obtuvo un prototipo de fácil manejo para el usuario móvil, debido a que el usuario solo debe operarlo por medio de un interruptor
- El dispositivo implementado es de fácil instalación tanto en la estación base como en la parte móvil debido a su reducido tamaño.
- El sistema desarrollado, en su módulo de la estación móvil se alimenta del mismo sistema eléctrico del automóvil no requiriendo un sistema de alimentación adicional, además este dispositivo no es de alto consumo de potencia.

- Se logró la construcción de un prototipo económicamente asequible para el gremio del transporte público que hacen uso de la red de radioteléfono, debido al bajo costo de los elementos utilizados para su implementación.

### 3.3. RECOMENDACIONES

- Antes de seleccionar y adquirir los dispositivos a usar, se debe hacer un análisis de los productos existentes en el mercado, para obtener así los que mejor se adecuen al proyecto teniendo en cuenta un equilibrio entre costo – desempeño.
- Al adquirir un dispositivo GPS es importante verificar el *firmware* con el cual opera, asegurando que cumpla con los requerimientos y la aplicación del sistema a desarrollar.
- Para que el receptor GPS logre recibir señales óptimas de los satélites, se debe encontrar, en la medida que se pueda, en un espacio abierto, es decir fuera de edificaciones.
- Es muy importante tener en cuenta en la consecución de un dispositivo que sea de importación, hacerlo con un proveedor reconocido y que pueda ofrecer un soporte técnico adecuado, cuando éste sea requerido.
- Teniendo en cuenta costos de implementación, en cuanto a *software* se refiere, se debe hacer uso de software libre para evitar el pago de licencias de uso, de esta manera tener un producto más económico y al alcance del consumidor.

- Hacer un análisis previo y general del sistema de comunicaciones en cuanto ancho de banda a utilizar y cantidad de datos de información a enviar
- Para la configuración y proceso de sintonización de los circuitos integrados XR2206 y XR2211 que corresponden al modulador y demodulador respectivamente se recomienda hacer un análisis de cual es la velocidad mas apropiada para el buen desempeño del sistema, y además se recomienda utilizar elementos de precisión los cuales le darán una mayor estabilidad

### *TRABAJOS FUTUROS*

- El sistema demodulador podría implementarse directamente en el computador utilizando la tarjeta de audio recibiendo los datos por su terminal de micrófono.
- Con el fin de mejorar la interfaz de usuario en la estación base, se podrían utilizar mapas digitales los cuales muestran no solamente la posición, sino también un desplazamiento del móvil en forma gráfica dentro de la ciudad
- Para el mejoramiento de la exactitud en la posición se deben implementar técnicas de corrección de posición, como son la utilización de un GPS multifrecuencial y la utilización de GPS diferencial.
- El desarrollo de un sistema de comunicación bidireccional con el fin de aumentar las aplicaciones del sistema.
- Con un sistema bidireccional implementado se pueden aplicar funciones de control y monitoreo del automóvil.



- Aumentar el ancho de banda de la modulación con el objetivo de hacer una transmisión de una mayor cantidad de datos para aplicaciones como el envío de video.
- Se podría implementar una aplicación telemática en la cual se despliegue la información que se presenta en la estación base en Internet e inclusive en dispositivos móviles de la red celular.
- La implementación de un software robusto, que permita almacenar las alarmas y generar estadísticas de sectores donde más se presentan éstas, como dato útil a las autoridades competentes.

### 3.4. CONCLUSIONES

- El sistema desarrollado es adaptable al uso de otros modelos de radios incluyendo radios de tipo portátiles o handies, sin importar inclusive la frecuencia o banda de trabajo a utilizar.
- El sistema GPS, no es exacto debido a muchas variables pero es bastante aceptable para determinadas aplicaciones como esta, donde no se requiere una alta precisión y se tiene un buen margen de error
- Se concluye que la modulación FSK fue una elección adecuada para el desarrollo del proyecto por la cantidad de datos a transmitir y así no incurrir en una

sobre dimensión del sistema, además de las ventajas que esta presenta como la fácil implementación y su buen desempeño ante el ruido.

- El estándar RS232 es una norma aun vigente como protocolo de interconexión de dispositivos por la facilidad de utilización e implementación.

- El puerto de comunicación serial del microcontrolador USART es bastante exacto y presenta un buen desempeño para la transmisión de datos a las diferentes velocidades estandarizadas.

- El lenguaje de programación Java ofrece un gran desempeño en aplicaciones de todo nivel, ya que ahorra tiempo de codificación al tener API's funcionales ya implementadas como son los de comunicación serial y los de gestión de bases de datos.

- Los sistemas de radio teléfonos utilizan múltiples señalizaciones como, cinco tonos, DTMF y el protocolo MDC 1200, para la implementación de varias funciones, los cuales son transparentes para la transmisión de datos.

## BIBLIOGRAFÍA

### Marco teórico

#### *Métodos de localización*

- [1] CENTRO DE DIFUSIÓN DE TECNOLOGÍAS, tecnologías de localización, <http://www.ceditec.etsit.upm.es/localizacion.php?pagina=1>
  
- [2] CENTRO DE DIFUSIÓN DE TECNOLOGÍAS, tecnologías de localización, <http://www.ceditec.etsit.upm.es/localizacion.php?pagina=2>
  
- [3] NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, acerca de los GPS, <http://gpshome.ssc.nasa.gov/content.aspx?s=gps>
  
- [4] CASANOVA MATERA, Leonardo, Universidad de los Andes, Topografía Plana, Capítulo 10, <http://www.elagrimensor.com.ar/elearning/lecturas/topplanaindice.pdf>
  
- [5] CRUCEIRO VARELA, Enrique, JÁÑEZ GONZÁLEZ, Javier, Evolución de las nuevas tecnologías en la sociedad, enero de 2003
  
- [6] Tercera conferencia de las naciones unidas sobre exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, <http://www.onu.org/documentos/conferencias/1999/unispace3/bp4.pdf>

### *Modulaciones*

- [8] BRICEÑO, José E, transmisión de datos, tercera edición, Mérida 2005, <http://produccion.serbi.ula.ve/serbiula/serbiula/libros-electronicos/Libros/trasmisiondedatos/pdf/PORTADA,%20INDICE%20Y%20PREFACIO.pdf>.

### **Descripción del Prototipo**

#### *Modulo de localización*

- [9] PLINTEC LTDA., Soluciones integrales en electrónica e informática <http://www.plintec.com.co/hnovedadesgps.asp>
- [10] RICHARSONS ELECTRONICS COLOMBIA SA, Soluciones de ingeniería, <http://www.rell.com/international/Colombia.asp>
- [11] TYCO ELECTRONICS, <http://www.tycoelectronics.com/gps/pdf/GPSA1029flyer.pdf>
- [12] GPS Receiver A1029 V3.2, <http://www.micropik.com/provisional/PDF/T.E.%20GPS%20Receiver%20A1029%20V3.2.pdf#search=%22A1029B%2Bfirmware%22>
- [13] RICHARSONS ELECTRONICS COLOMBIA SA, Kit de desarrollo para el modelo Tyco GPS A 1029-B
- [14] TYCO ELECTRONICS, GPS firmware A1029 V3.0, descripción del estándar Firmware para el modulo GPS A1029

*Modulo de control*

- [15] data shet Max 232, Catalogo,  
[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/M/A/X/2/MAX232.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/M/A/X/2/MAX232.shtml)
- [16] Bavarian Packet Radio Group,  
[http://www.baycom.org/~tom/pcf/ptt\\_circ/ptt.html#serial](http://www.baycom.org/~tom/pcf/ptt_circ/ptt.html#serial)
- [17] Data Shet Pic 16F877A,  
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf#search=%22pic16f877a%22>

*Modulo de Modulación*

- [18] Technicothica, Classic modems for amateur radio, Data sheets and specifications, <http://www.klm-tech.com/technicothica/spec.html>
- [19] Data Shet XR2206, [www.exar.com/products/XR2206v103.pdf](http://www.exar.com/products/XR2206v103.pdf)

*Modulo de transmisión*

- [20] Generalidades del radio portátil PRO 3100,  
<http://www.rmasc.com/Motorola%20-%20PRO3100.htm>
- [21] MOTOROLA, Radios Portatiles, Pro 3100,  
[http://www.motorola.com/governmentandenterprise/co/es-co/public/functions/browseproduct/productdetailpage.aspx?navigationpath=id\\_801i/id\\_1387i/id\\_1622i/id\\_1649i](http://www.motorola.com/governmentandenterprise/co/es-co/public/functions/browseproduct/productdetailpage.aspx?navigationpath=id_801i/id_1387i/id_1622i/id_1649i)

[22] Conector de Accesorios, <http://www.batlabs.com/mobilradios/pro3100>

*Modulo de Demodulación*

[23] Data Sheet XR2211,  
[http://www.jaycar.com.au/images\\_uploaded/XR2211V3.PDF](http://www.jaycar.com.au/images_uploaded/XR2211V3.PDF)

## GLOSARIO

<b>AM:</b>	Amplitud Modulada, Amplitud Modulation.
<b>AOA:</b>	Ángulo de llegada, Angle of Arrival.
<b>ASK:</b>	Modulación por corrimiento de amplitud, Amplitud shift keying
<b>BLN:</b>	Red de Localización Bluetooth, Bluetooth Location Network
<b>BW:</b>	Ancho de Banda, Band Width
<b>Cell – ID:</b>	Identificador De Celda
<b>CRT:</b>	Comisión de regulación de telecomunicaciones
<b>DAB:</b>	Radiodifusión de audio digital, Digital Audio Broadcast.
<b>EHF:</b>	Extra alta frecuencia, Extremely high frequency
<b>ELF:</b>	Extra baja frecuencia, Extremely low frequency
<b>FCC:</b>	Comisión Federal de Comunicaciones, Federal Communications Comisión
<b>FM:</b>	Frecuencia Modulada
<b>FM:</b>	Frecuencia Modulada. Frequency Modulation.
<b>FSK:</b>	Modulación por corrimiento de Frecuencia, Frequency shift keying.
<b>GPS:</b>	Sistema Global de Posicionamiento, Global Positioning System
<b>GSM:</b>	Sistema Global para las Comunicaciones Móviles, Global System for Mobile communications, formalmente conocida como Grupo Especial Móvil, Group Special Mobile
<b>HF:</b>	Alta frecuencia, High Frequency
<b>VHF:</b>	Muy Alta Frecuencia, Very High Frequency
<b>KBps:</b>	Kilobips por segundoRumbo/Adquisición, <i>Coars</i> Disponibilidad Selectiva (SA, de <i>Selective Availability e/Acquisition</i>
<b>LAN:</b>	Red de area local, Local Area Network

<b>LF:</b>	Baja frecuencia, Low frequency
<b>LNA:</b>	Amplificador de Bajo Ruido: Low Noise Amplifier.
<b>LOS:</b>	línea de vista directa, Line Of Sight
<b>LW:</b>	Onda Larga, Long Wave
<b>MW:</b>	Onda Media, Medium Wave
<b>SW:</b>	Onda Corta, Short Wave
<b>AM:</b>	Amplitud Modulada
<b>MF:</b>	Media frecuencia, Medium frequency
<b>NAVSTAR:</b>	Navigation Satellite Timing And Ranging
<b>NMEA:</b>	<i>National Marine Electronics Association.</i>
<b>NRZ:</b>	No retorno a cero, Non Return Zero.
<b>OFDM:</b>	División de frecuencia por multiplexación ortogonal, Orthogonal Frequency Division Multiplexing.
<b>OTD:</b>	Diferencia de Tiempo Observada
<b>PAM:</b>	Modulación por amplitud de pulso, Pulse Amplitud Modulation.
<b>PCM:</b>	Modulación por codificación de pulso, Pulse Code Modulation.
<b>PDAs:</b>	Asistente personal de datos, Personal Data Assistants
<b>PDM:</b>	Modulación por Duración de pulso, Pulse Duration Modulation.
<b>PM:</b>	modulación en fase, Phase Modulation.
<b>PPM:</b>	Modulación por Fase de pulso, Pulse Phase Modulation.
<b>PPS:</b>	Un pulso por segundo: Pulse Per Second.
<b>PRK:</b>	Transmisión Inversa de Fase, Phase Reverse Keying
<b>PSK:</b>	Modulación por corrimiento de Fase, Phase shift keying
<b>PTT:</b>	Interruptor para hablar, Push to Talk
<b>PTT:</b>	Presione Para Hablar, Push To Talk.
<b>RDS:</b>	Sistema de datos por radio, Radio Data System
<b>RF:</b>	Radio Frecuencia: Radio Frequency.
<b>SA:</b>	Disponibilidad Selectiva, <i>Selective Availabilit.</i>
<b>SHF:</b>	Super alta frecuencia, Super high frequency



<b>SLF:</b>	Super baja frecuencia, Super low frequency
<b>TDOA:</b>	Diferencia de tiempo de llegada, Time Difference of Arrival,
<b>TOA:</b>	Tiempo de llegada, Time of Arrival.
<b>TTL:</b>	Lógica Transistor Transistor, Transistor Transistor Logic.
<b>UHF:</b>	Frecuencia ultra alta, Ultra High Frequency.
<b>UIT:</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
<b>ULF:</b>	Ultra baja frecuencia, Ultra low frequency
<b>VCO:</b>	Oscilador Controlado por Voltaje, <i>Voltage Controlled Oscillator</i> .
<b>VLF:</b>	Muy baja frecuencia, Very low frequency
<b>WAN:</b>	Red de area metropolitana, Wide Area Network
<b>WAP:</b>	Protocolo de aplicaciones inalámbricas, Wireless Application Protocol.
<b>Wi-Fi:</b>	Estándar para redes inalámbricas basado en el protocolo IEEE 802.11.

<b>AM:</b>	Amplitud Modulada, Amplitud Modulation.
<b>AOA:</b>	Ángulo de Llegada, Angle of Arrival.
<b>ASK:</b>	Modulación por corrimiento de amplitud, Amplitud shift keying
<b>BLN:</b>	Red de Localización Bluetooth, Bluetooth Location Network
<b>BW:</b>	Ancho de Banda, Band Width
<b>Cell – ID:</b>	identificador De Celda
<b>CRT:</b>	Comisión de regulación de telecomunicaciones
<b>DAB:</b>	Radiodifusión de audio digital, Digital Audio Broadcast.
<b>EHF:</b>	Extra alta frecuencia, Extremely high frequency
<b>ELF:</b>	Extra baja frecuencia, Extremely low frequency
<b>FCC:</b>	Comisión Federal de Comunicaciones, Federal Communications Comisión
<b>FM:</b>	Frecuencia Modulada
<b>FM:</b>	Frecuencia Modulada. Frequency Modulation.
<b>FSK:</b>	Modulación por corrimiento de Frecuencia, Frequency shift keying.
<b>GPS:</b>	Sistema Global de Posicionamiento, Global Positioning System
<b>GSM:</b>	Sistema Global para las Comunicaciones Móviles, Global System for Mobile communications, formalmente conocida como Grupo Especial Móvil, Group Special Mobile
<b>HF:</b>	Alta frecuencia, High Frequency
<b>VHF:</b>	Muy Alta Frecuencia, Very High Frequency
<b>KBps:</b>	Kilobips por segundo Rumbo/Adquisición, <i>Coars</i> Disponibilidad Selectiva (SA, de <i>Selective Availability e/Acquisition</i> )
<b>LAN:</b>	Red de area local, Local Area Network
<b>LF:</b>	Baja frecuencia, Low frequency
<b>LNA:</b>	Amplificador de Bajo Ruido: Low Noise Amplifier.
<b>LOS:</b>	línea de vista directa, Line Of Sight

<b>LW:</b>	Onda Larga, Long Wave
<b>MW:</b>	Onda Media, Medium Wave
<b>SW:</b>	Onda Corta, Short Wave
<b>AM:</b>	Amplitud Modulada
<b>MF:</b>	Media frecuencia, Medium frequency
<b>NAVSTAR:</b>	Navigation Satellite Timing And Ranging
<b>NMEA:</b>	<i>National Marine Electronics Association.</i>
<b>NRZ:</b>	No retorno a cero, Non Return Zero.
<b>OFDM:</b>	División de frecuencia por multiplexación ortogonal, Orthogonal Frequency Division Multiplexing.
<b>OTD:</b>	Diferencia de Tiempo Observada
<b>PAM:</b>	Modulación por amplitud de pulso, Pulse Amplitud Modulation.
<b>PCM:</b>	Modulación por codificación de pulso, Pulse Code Modulation.
<b>PDAs:</b>	Asistente personal de datos, Personal Data Assistants
<b>PDM:</b>	Modulación por Duración de pulso, Pulse Duration Modulation.
<b>PM:</b>	modulación en fase, Phase Modulation.
<b>PPM:</b>	Modulación por Fase de pulso, Pulse Phase Modulation.
<b>PPS:</b>	Un pulso por segundo: Pulse Per Second.
<b>PRK:</b>	Transmisión Inversa de Fase, Phase Reverse Keying
<b>PSK:</b>	Modulación por corrimiento de Fase, Phase shift keying
<b>PTT:</b>	Interruptor para hablar, Push to Talk
<b>PTT:</b>	Presione Para Hablar, Push To Talk.
<b>RDS:</b>	Sistema de datos por radio, Radio Data System
<b>RF:</b>	Radio Frecuencia: Radio Frequency.
<b>SA:</b>	Disponibilidad Selectiva, <i>Selective Availabilit.</i>
<b>SHF:</b>	Super alta frecuencia, Super high frequency
<b>SLF:</b>	Super baja frecuencia, Super low frequency
<b>TDOA:</b>	Diferencia de tiempo de llegada, Time Difference of Arrival,
<b>TOA:</b>	Tiempo de llegada, Time of Arrival.
<b>TTL:</b>	Lógica Transistor Transistor, Transistor Transistor Logic.
<b>UHF:</b>	Frecuencia ultra alta, Ultra High Frequency.

<b>UIT:</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
<b>ULF:</b>	Ultra baja frecuencia, Ultra low frequency
<b>VCO:</b>	Oscilador Controlado por Voltaje, <i>Voltage Controlled Oscillator</i> .
<b>VLF:</b>	Muy baja frecuencia, Very low frequency
<b>WAN:</b>	Red de area metropolitana, Wide Area Network
<b>WAP:</b>	Protocolo de aplicaciones inalámbricas, Wireless Application Protocol.
<b>Wi-Fi:</b>	Estándar para redes inalámbricas basado en el protocolo IEEE 802.11