



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**GEOLOCALIZACIÓN USANDO TECNOLOGÍA WIFI
(WIRELESS FIDELITY)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN COMPUTACIÓN

PRESENTA:

OFIR DAVID DURÁN ROBLES

DIRECTOR: ING. ROMÁN VICTORIANO OSORIO COMPARAN



NOVIEMBRE 2009

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

**A MIS PADRES,
EDUARDO R. DURÁN SUÁREZ Y JOSEFINA ROBLES HERNÁNDEZ:**

“Por haberme brindado todo el apoyo durante mi formación académica así como también en mi desarrollo personal, para así de esta forma poder concluir mis estudios profesionales. Por enseñarme a fijarme metas y cumplirlas sin importar los obstáculos a los que se tenga que enfrentar para llegar al objetivo final. Y finalmente por haber confiado siempre en mí, y ser la fuente de mi inspiración.”

**A MIS HERMANOS,
HÉCTOR I. DURÁN ROBLES Y ERIKA J. DURÁN ROBLES:**

“Por haber sido un ejemplo para mí durante mis estudios, de igual forma por todo el apoyo brindado durante mi formación profesional y personal. Por todos los consejos que recibí de parte de ustedes. Por haberme ayudado a sobrellevar los momentos difíciles y por haber confiado en mí en todo momento.”

*“Solo me resta darles las gracias a mi familia por todo el apoyo y confianza que depositaron en mí. De igual forma al profesor **Román V. Osorio Comparan** por haber confiado en mí y por su apoyo durante la realización de este trabajo, así como también a los profesores que hicieron el favor de revisarlo y evaluarlo. A mis amigos que siempre estuvieron conmigo en cada momento y por haberme brindado su amistad. Finalmente a la **UNAM** por haberme proporcionado una formación profesional.”*

INDICE

INTRODUCCIÓN.

I. CONCEPTOS BÁSICOS.

1.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	4
1.1.1 Ondas de Radiofrecuencia.....	4
1.1.2 Microondas.....	4
1.1.3 Infrarrojo.....	5
1.1.4 Luz Visible.....	6
1.1.5 Luz Ultravioleta.....	8
1.1.6 Rayos X.....	8
1.1.7 Rayos Gama.....	8
1.2 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO EN LAS REDES INALÁMBRICAS.....	10
1.2.1 Bandas de frecuencia.....	11
1.2.2 Interferencia y Atenuación.....	12
1.2.3 Agregar datos a las ondas de radio.....	12
1.2.4 Solapamiento de señales.....	13
1.3 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS.....	13
1.4 REDES INALÁMBRICAS WLAN.....	14
1.4.1 Arquitectura de una red inalámbrica.....	15
1.4.2 Topologías.....	16
1.4.3 Especificaciones.....	17
1.4.4 Estándar 802.11b WiFi.....	18
1.5 DISPOSITIVOS MÓVILES.....	18
1.5.1 Teléfono Celular.....	18
1.5.2 Handheld Computers Asistentes personales digitales o PDA's.....	19
1.5.3 Pager.....	20
1.5.4 Computadoras portátiles (LapTop's).....	21

CAPITULO II. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.

2.1 INTRODUCCIÓN.....	23
2.2 REDES INALÁMBRICAS DE DATOS.....	23
2.2.1 Tipos de redes inalámbricas.....	24
2.3 REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA PERSONAL – WPAN.....	25
2.3.1 Bluetooth.....	26
2.3.2 ZigBee.....	27
2.3.3 DECT.....	28
2.3.4 Infrarrojo.....	28
2.4 REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL – WLAN.....	29
2.5 REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA METROPOLITANA – WMAN.....	30
2.6 REDES CELULARES.....	31

CAPITULO III. ESTADO DEL ARTE DEL WIFI.

3.1 INTRODUCCIÓN.....	33
3.2 ANTECEDENTES.....	33
3.3 ¿QUÉ ES EL ESTADO DEL ARTE DEL WIFI?.....	34
3.3.1 Telecomunicaciones.....	34
3.3.2 Redes de computadoras.....	35
3.3.3 Redes inalámbricas.....	37
3.3.4 WiFi.....	38
3.3.5 Presente y futuro de la tecnología WiFi.....	38

CAPITULO IV. SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO Y GEOLOCALIZACIÓN INALÁMBRICA.

4.1 POSICIÓN.....	40
4.2 COORDENADAS.....	40
4.3 LATITUD GEOGRÁFICA.....	40
4.4 LONGITUD GEOGRÁFICA.....	41
4.5 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO.....	41
4.6 GEOLOCALIZACIÓN.....	41
4.7 GEOLOCALIZACIÓN INALÁMBRICA.....	42
4.7.1 Arquitectura de un sistema de geolocalización inalámbrica.....	43
4.8 FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE GEOLOCALIZACIÓN.....	44
4.9 MÉTODOS DE GEOLOCALIZACIÓN.....	45
4.9.1 Técnica basada en dirección (AOA).....	47
4.10 TÉCNICA BASADA EN DISTANCIAS.....	48
4.10.1 Métodos de tiempo de arribo (TOA).....	49
4.10.2 Tiempo de diferencia de arribo (TDOA).....	49
4.10.3 Multilateración.....	49
4.11 MÉTODO DE INTENSIDAD DE LA SEÑAL.....	50
4.12 TIPOS DE SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO.....	52
4.12.1 GPS (Global Position System).....	52
4.12.2 GSM (Global System for Mobile Communications).....	53
4.13 Comparación de las técnicas de geolocalización.....	56

CAPITULO V. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO POR WIFI.

5.1 INTRODUCCIÓN.....	58
5.2 FUNCIONAMIENTO.....	58
5.3 ALTERNATIVAS PARA LA LOCALIZACIÓN POR MEDIO DE WIFI.....	59
5.3.1 Potencia y Vector Poynting.....	59
5.3.2 Vector Potencia.....	59
5.3.4 Triangulación.....	60
5.3.5 Heurísticas.....	63
5.3.6 Campos Potenciales.....	65
5.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MÉTODOS.....	68

CAPITULO VI. APLICACIÓN BASADA EN POSICIONAMIENTO POR WiFi.

6.1 ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO.....	69
6.2 JUSTIFICACIÓN DEL USO DE LA TECNOLOGÍA WIFI.....	62
6.3 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.....	71
6.3.1 Arquitectura.....	71
6.3.2 Diagrama de clases.....	72
6.3.3 Diagrama de flujo.....	73
6.3.4 Diseño.....	74
6.4 PRUEBAS.....	79
6.5 RESULTADOS.....	81
CONCLUSIONES.....	93
ANEXOS.....	96
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	115

INTRODUCCIÓN

Objetivos

El objetivo de este proyecto de tesis es comprender y verificar el funcionamiento de un sistema de posicionamiento por medio de *WiFi (Wireless Fidelity)* haciendo uso de la red inalámbrica universitaria “*RIU*”, encontrando en él aplicaciones que se pueden desarrollar bajo esta tecnología y sean de gran utilidad a la comunidad universitaria.

Como siguiente objetivo se pretende tener una alternativa de geolocalización dentro del campus universitario para el desarrollo de aplicaciones móviles, realizando la comparación de los beneficios y ventajas entre los diversos sistemas de localización existentes hoy en día.

Finalmente como último objetivo se pretende hacer uso de la infraestructura universitaria como lo es, la red inalámbrica para el desarrollo de una aplicación que nos permita dar una localización de un lugar en específico dentro del campus universitario realizando pruebas al sistema y evaluar los resultados obteniendo las conclusiones pertinentes.

Metodología

La metodología aplicada a este proyecto de tesis se basa en la investigación acerca de los diversos métodos de posicionamiento o geolocalización así como también a las técnicas empleadas para su funcionamiento.

Comprender ampliamente el funcionamiento de los distintos sistemas de posicionamiento existentes actualmente para identificar las ventajas y desventajas de un sistema de posicionamiento basado en WiFi.

El conocimiento de la infraestructura con la que se cuenta para realizar las pruebas y la comprensión de su arquitectura.

Marco Teórico

El impacto que han tenido las redes inalámbricas en los últimos años, han propiciado el incremento en el desarrollo de aplicaciones móviles para su mejor aprovechamiento y demanda de servicios por parte de los usuarios, es por esto que cada vez se incrementa el número de redes inalámbricas dentro de una región, por ejemplo en sitios públicos como restaurantes y cafeterías, aeropuertos, edificios e instituciones gubernamentales, hospitales, universidades y en casas particulares.

Las aplicaciones y servicios existentes están evolucionando y mejorando sus características para una mejor presentación ante los usuarios. Tal es el caso de los sistemas de posicionamiento por medio de WiFi, este sistema es una representación del GPS (Global Position System), haciendo una similitud se le ha decidido llamar WPS (Wireless Position System).

Este sistema se trata de un software que contiene en sus bases de datos la posición de cualquier red WiFi que hayan detectado (esto se hizo recorriendo las ciudades, calle por calle, localizando y anotándose las redes que encontraban).

El desarrollo de este sistema tiene grandes ventajas sobre todo cuando se aplica a regiones cerradas como las mencionadas anteriormente, además de presentar un costo menor al que se tiene utilizando otros sistemas como el GPS.

Los sistemas de localización como el GPS prestan muchos servicios a los usuarios en entornos exteriores, pero en interiores, estos sistemas no funcionan bien, debido a los obstáculos que se presentan en el ambiente y tienen mucho error en las estimaciones dentro de áreas cerradas.

Los sistemas actuales de posicionamiento no permiten la localización con precisión de dispositivos en interiores, y requieren un equipamiento más costoso y con un hardware específico.

Por todo lo anterior es importante el estudio de esta nueva tecnología para poder desarrollar aplicaciones móviles, eficientes y de gran utilidad para los usuarios que disponen de un dispositivo móvil, así como también para las diversas organizaciones que se puedan beneficiar de estos servicios ya sea en oferta o demanda de los mismos.

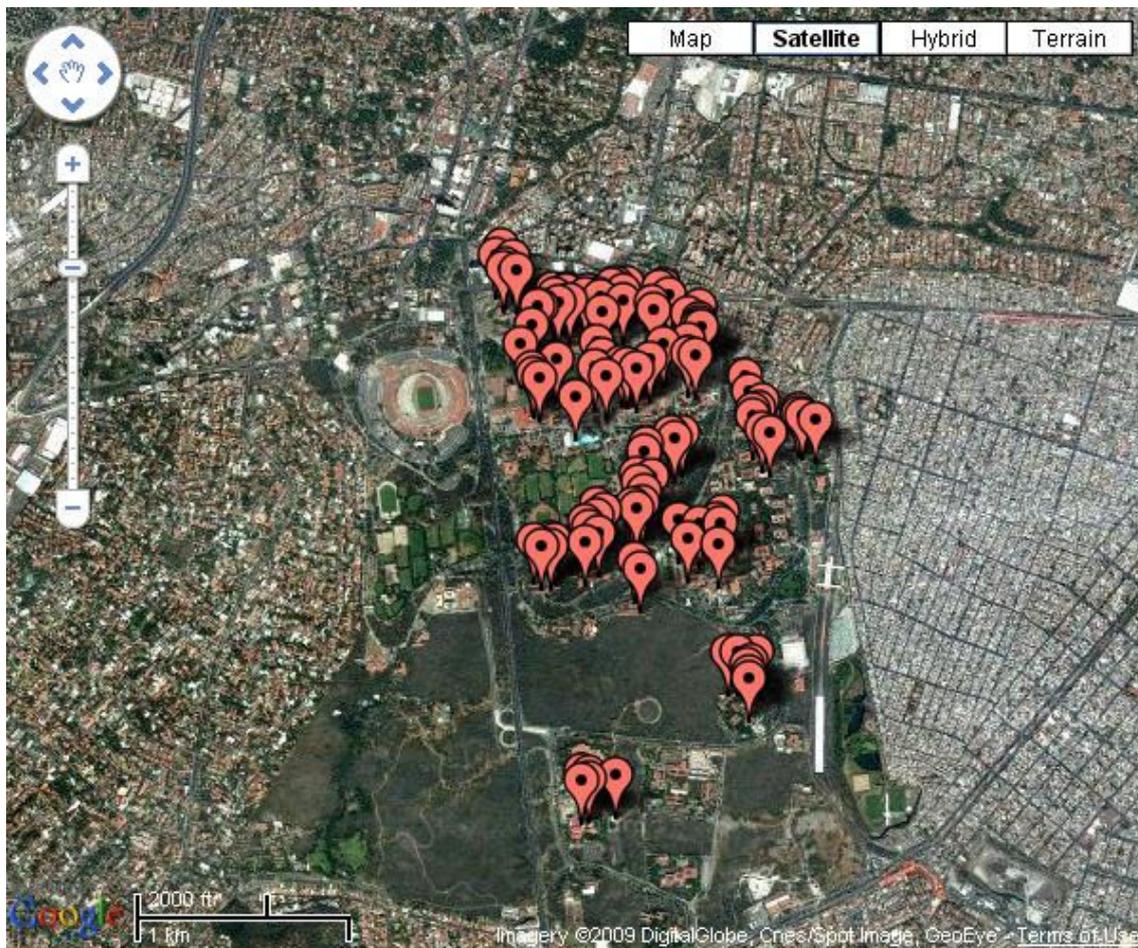
Caso de estudio

Mediante la infraestructura de Ciudad Universitaria, la red inalámbrica universitaria RIU, se pretende crear una aplicación por la cuál será posible localizar puntos de interés común para la comunidad universitaria como lo son, facultades, edificios, bibliotecas, etc. Debido a que frecuentemente las personas dentro de las instalaciones de Ciudad Universitaria no saben como llegar, o en su defecto requieren de una ruta que sea la más óptima para su traslado.

Otro aspecto importante es la localización de usuarios o equipos de cómputo móvil, laptops, dentro de las instalaciones de Ciudad Universitaria, ya sea por mantener un control o para casos de búsqueda de los mismos.

El sistema de transporte universitario "Pumabus" es un ejemplo de monitoreo y rastreo que un sistema de geolocalización por WiFi dentro del campus universitario puede ser de gran utilidad.

El siguiente mapa presenta la localización de los puntos de acceso de la Red Inalámbrica Universitaria dentro del campus.



Mapa de la Red Inalámbrica Universitaria.

CAPÍTULO 1 CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

El espectro electromagnético es un conjunto de ondas electromagnéticas que cubren una amplia gama de frecuencias o de longitudes de onda que se propagan a una velocidad constante la cuál se refiere a la velocidad de la luz (3×10^8 [m/s]), y pueden clasificarse según su principal fuente. La clasificación habitual del espectro electromagnético es la siguiente: ^[L.1]

- Ondas de radiofrecuencia.
- Microondas.
- Infrarrojo.
- Luz visible.
- Ultravioleta.
- Rayos X.
- Rayos Gama.

1.1.1 Ondas de Radiofrecuencia.

Estas ondas se utilizan en sistemas de radio y televisión, son generadas por medio de dispositivos electrónicos, principalmente circuitos oscilantes. ^[L.1]

1.1.2 MICROONDAS.

Estas ondas se usan en el radar y otros sistemas de comunicaciones, así como también en el análisis de detalles muy finos de la estructura atómica y molecular; se generan también con dispositivos electrónicos. La región de las microondas se suele denominar **UHF** (Ultra High Frequency). ^[L.1]

^[L.1] Ver referencia al libro en la bibliografía.

NOMBRE	ABREVIATURA	BANDA	FRECUENCIAS	LONGITUD DE ONDA
Extrabaja frecuencia (Extremely low frequency)	ELF	1	3-30 [Hz]	100 [Km] - 10 [Km]
Superbaja frecuencia (Super low frequency)	SLF	2	30-300 [Hz]	10 [Km] - 1000 [Km]
Ultra baja frecuencia (Ultra low frequency)	ULF	3	300-3000 [Hz]	1000 [km] - 100 [km]
Muy baja frecuencia (Very low frequency)	VLF	4	3-30 [KHz]	100 [km] - 10 [km]
Baja frecuencia (Low frequency)	LF	5	30-300 [kHz]	10 [km] - 1 [km]
Media frecuencia (Medium frequency)	MF	6	300-3000 [kHz]	1 [km] - 100 [m]
Alta frecuencia (High frequency)	HF	7	3-30 [MHz]	100 [m] - 10 [m]
Muy alta frecuencia (Very high frequency)	VHF	8	30-300 [MHz]	10 [m] - 1 [m]
Ultraalta frecuencia (Ultra high frequency)	UHF	9	300-3000 [MHz]	1 [m] - 100 [mm]
Superalta frecuencia (Super high frequency)	SHF	10	3-30 [GHz]	100 [mm] - 10 [mm]
Extraalta frecuencia (Extremely high frequency)	EHF	11	30-300 [GHz]	10 [mm] - 1 [mm]

Tabla 1. Frecuencias/Bandas. ^[L.3]

1.1.3 INFRARROJO.

Las ondas infrarrojas están entre el rango de 0,7 a 100 micrómetros. La radiación infrarroja se asocia generalmente con el calor, estas ondas son producidas por cuerpos calientes. Las señales infrarrojas son usadas para algunos sistemas especiales de comunicaciones, como en astronomía para detectar estrellas y otros cuerpos y para guías en armas, en los que se usan detectores de calor para descubrir cuerpos móviles en la oscuridad, también se usan en los controles remotos de los televisores, en los que un transmisor de estas ondas envía una señal codificada al receptor de infrarrojos del televisor. ^[L.1]

^[L.3] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

En últimas fechas se ha estado implementando conexiones de área local LAN por medio de dispositivos que trabajan con infrarrojos, pero debido a los nuevos estándares de comunicación estas conexiones han perdido su versatilidad.

INFRARROJO	FRECUENCIAS	LONGITUD DE ONDA
Lejano	> 300 [GH]	1 [mm] – 3×10^{-5} [m]
Medio	> 6 [THz]	3×10^{-5} [m] – 3×10^{-6} [m]
Cercano	> 120 [THz]	7.8×10^{-7} [m]

Tabla 2. Frecuencias/Infrarrojo. ^[L.1]

1.1.4 LUZ VISIBLE.

Es una banda angosta formada por las longitudes de onda a las cuales nuestra retina es sensible. La luz es producida por átomos y moléculas como resultado del ajuste interno del movimiento de sus componentes, principalmente los electrones. La luz puede usarse para diferentes tipos de comunicaciones. Las ondas de luz pueden modularse y transmitirse a través de fibras ópticas, lo cual representa una ventaja pues con su alta frecuencia es capaz de llevar más información. ^[L.1]

Las diferentes sensaciones que la luz produce en el ojo, que se denominan colores dependen de la frecuencia (o de la longitud de onda) de la onda electromagnética y corresponden a los siguientes intervalos:

COLOR	FRECUENCIA	LONGITUD DE ONDA
Violeta	7.69×10^{-14} - 6.59×10^{-14} [MHz]	3.90×10^{-7} - 4.55×10^{-7} [m]
Azul	6.59×10^{-14} - 6.10×10^{-14} [MHz]	4.55×10^{-7} - 4.92×10^{-7} [m]
Verde	6.10×10^{-14} - 5.20×10^{-14} [MHz]	4.92×10^{-7} - 5.77×10^{-7} [m]
Amarillo	5.20×10^{-14} - 5.03×10^{-14} [MHz]	5.77×10^{-7} - 5.97×10^{-7} [m]
Naranja	5.03×10^{-14} - 4.82×10^{-14} [MHz]	5.97×10^{-7} - 6.22×10^{-7} [m]
Rojo	4.82×10^{-14} - 3.84×10^{-14} [MHz]	6.22×10^{-7} - 7.80×10^{-7} [m]

Tabla 3. Frecuencias/Luz visible. ^[L.1]

ESPECTRO VISIBLE.

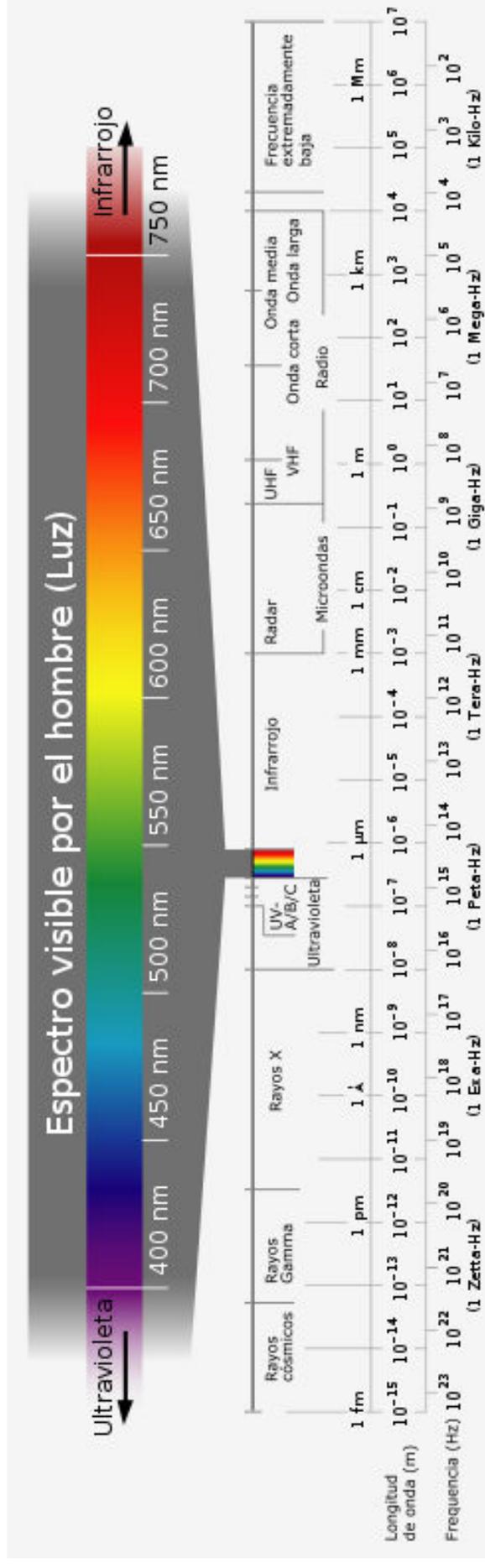


Figura 1. Espectro visible. [1:5]

[1:5] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

1.1.5 LUZ ULTRAVIOLETA.

Estas ondas son producidas por átomos y moléculas en descargas eléctricas. Su energía es del orden de magnitud de la energía involucrada en muchas reacciones químicas, lo que explica mucho de sus efectos químicos. El sol es una fuente muy poderosa de radiación ultravioleta, siendo este factor el principal responsable del bronceado de la piel. ^[L.1]

Este tipo de onda no se usa en las telecomunicaciones, sus aplicaciones son más en el campo de la medicina.

Su longitud de onda cubre desde $3.8 \times 10^{-7} - 6 \times 10^{-10}$ [m] y su rango de frecuencias abarca frecuencias desde $8 \times 10^{14} - 3 \times 10^{17}$ [MHz].

1.1.6 RAYOS X.

Los rayos X son producidos por los electrones atómicos más fuertemente ligado, otra fuente de rayos X es el *bremstrahlung* o radiación de frenado; un haz de electrones acelerado por un potencial de varios miles de volts incide sobre un blanco metálico llamado anticátodo. Los rayos X se usan en el diagnostico médico porque su mayor absorción por parte de los huesos en comparación con otros tejidos permite una fotografía nítida. ^[L.1]

Su longitud de onda se encuentra entre $1 \times 10^{-9} - 6 \times 10^{-12}$ [m] aproximadamente y sus frecuencias van desde $3 \times 10^{17} - 5 \times 10^{19}$ [Hz].

1.1.7 RAYOS GAMA.

Estas ondas electromagnéticas son de origen nuclear y se superponen al límite superior del espectro de rayos X. estos rayo son producidos por muchas sustancias radioactivas y están presentes en grandes cantidades en los reactores nucleares. ^[L.1]

Debido a las altas energías que poseen, los rayos gamma constituyen un tipo de radiación ionizante capaz de penetrar en la materia más profundamente que la radiación alfa o beta. Dada su alta energía pueden causar grave daño al núcleo de las células, por lo que son usados para esterilizar equipos médicos y alimentos.

Su longitud de onda va desde $1 \times 10^{-10} - 1 \times 10^{-14}$ [m] y sus frecuencias desde $3 \times 10^{18} - 3 \times 10^{22}$ [Hz].

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

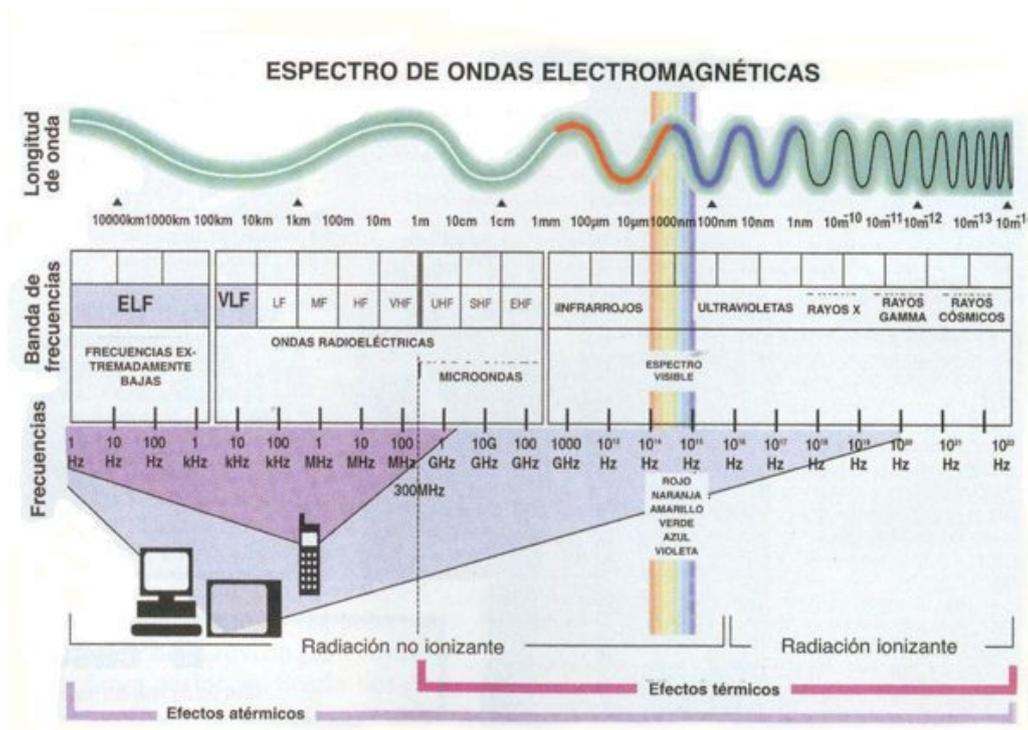


Figura 2. Espectro electromagnético. [1.6]

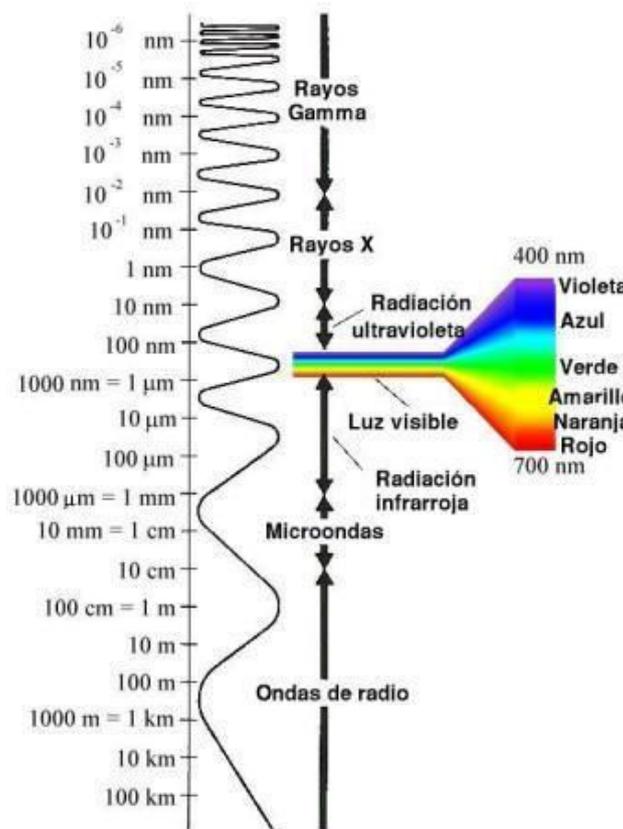


Figura 3. Espectro de ondas. [1.7]

[1.6] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

[1.7] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

1.2 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO EN LAS REDES INALÁMBRICAS.

Cuando los electrones se mueven crean ondas electromagnéticas que se pueden propagar en el espacio libre, aun en el vacío. ^[1.8]

Al conectarse una antena apropiada a un circuito eléctrico, las ondas electromagnéticas se pueden difundir de manera eficiente y captarse por un receptor a cierta distancia. Toda la comunicación inalámbrica se basa en este principio.

En el vacío todas las ondas electromagnéticas viajan a la misma velocidad, sin importar su frecuencia. Esta velocidad, usualmente llamada velocidad de la luz, c , es aproximadamente 3×10^8 m/seg.

Para transportar la información de un punto a otro de la red sin necesidad de un medio físico, se utilizan ondas de radio. Al hablar de ondas de radio, nos referimos normalmente a ondas portadoras de radio sobre las que se transporta la información (trasladando la energía a un receptor remoto).

Las porciones de radio, microondas, infrarrojo y luz visible del espectro pueden servir para transmitir información modulando la amplitud, la frecuencia o la fase de las ondas.

Ondas Portadoras.

“Una onda portadora es una forma de onda que es modulada por una señal que se quiere transmitir (señal moduladora). Esta onda portadora es de una frecuencia mucho más alta (del espectro electromagnético), que la de la señal moduladora. De esta manera, se logra transmitir más fácilmente la señal, y el alcance que se consigue es superior.” ^[1.8]

La transmisión de datos entre dos computadoras se realiza por medio de un proceso conocido como **modulación de la portadora**. El aparato transmisor agrega datos a una onda de radio (**onda portadora**). Esta onda, al llegar al receptor, es analizada por éste, el cual separa los datos útiles de los inútiles.

Una **frecuencia de radio** es la parte del espectro electromagnético donde se generan ondas electromagnéticas mediante la aplicación de corriente alterna a una antena. Si las ondas son transmitidas a distintas **frecuencias de radio**, varias ondas portadoras pueden existir en igual tiempo y espacio sin interferir entre sí, siempre que posean una frecuencia distinta. Para extraer los datos, el receptor debe situarse en una determinada frecuencia (**frecuencia portadora**) e ignorar el resto.

^[1.8] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

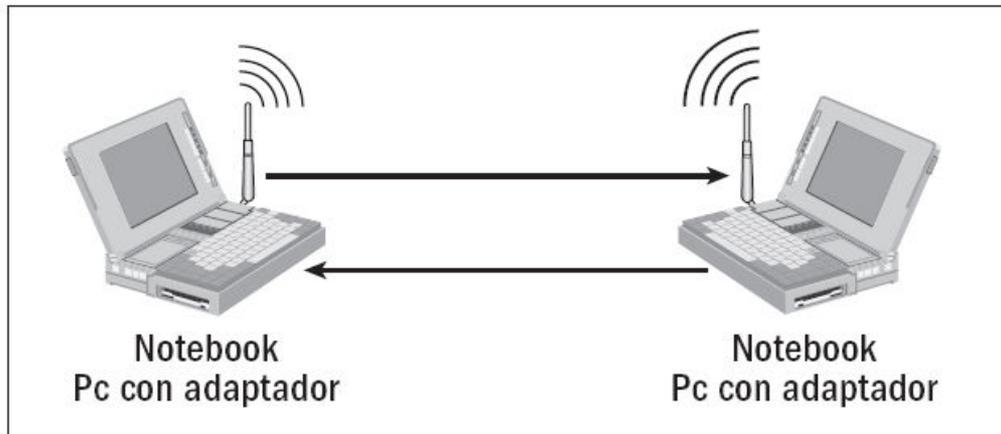


Figura 4. Ondas portadoras en comunicación P2P. [1.8]

1.2.1 BANDAS DE FRECUENCIA.

Las bandas de frecuencia son el resultado de la división del espectro electromagnético, con el objeto de delimitar el acceso de usuarios a determinadas bandas. [1.8]

“Las redes inalámbricas prevalecen en gran medida ante el problema de la línea de visión, ya que pasan a una frecuencia más alta que otros aparatos en el espectro electromagnético. Estas redes funcionan a unos 2,4 GHz y, en algunos casos, a mayor frecuencia. Aun así, se encuentran muy por debajo del espectro de luz visible. Gracias al uso de esa frecuencia, la longitud de la onda es tan imperceptible que logra traspasar objetos sólidos”.

Es por esto que las redes inalámbricas funcionan perfectamente sobre distancias cortas en espacios interiores, aunque en ocasiones algunos obstáculos pueden interferir en la transmisión.

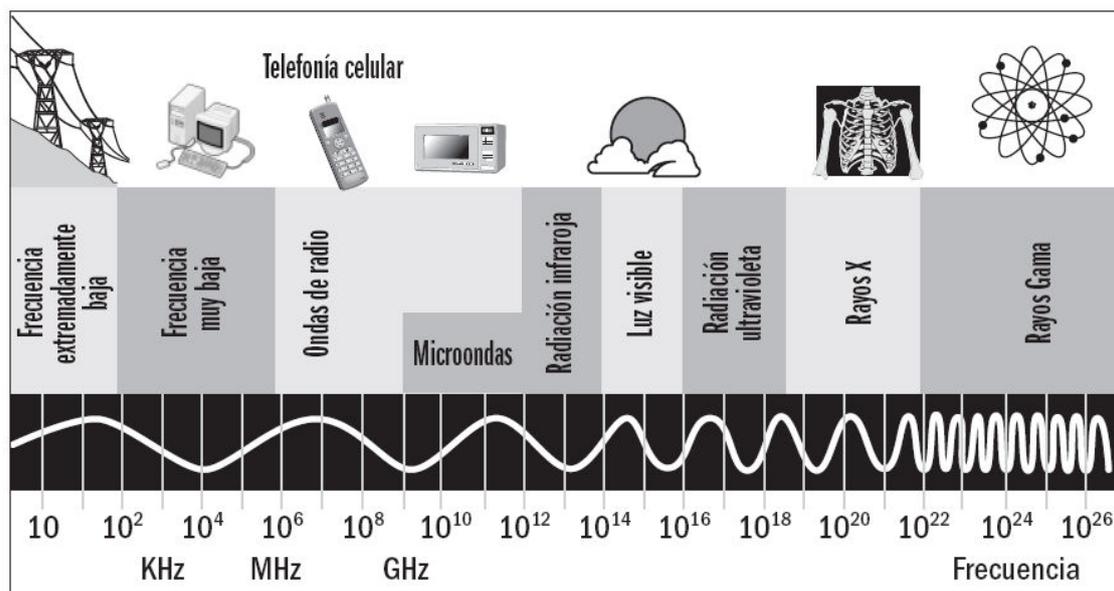


Figura 5. Bandas de Frecuencia. [1.8]

1.2.2 INTERFERENCIA Y ATENUACIÓN.

Debido a la naturaleza de la tecnología de radio, las señales de radio frecuencia pueden **desvanecerse o bloquearse** por la acción de materiales ambientales. La inspección en el lugar nos ayudará a identificar los elementos que afecten en forma negativa a la señal. ^[1.8]

Debido a que las redes inalámbricas operan en un espectro de frecuencias utilizado comúnmente por otras tecnologías, pueden encontrarse **interferencias** que influyen negativamente en el rendimiento de nuestra red.

Ejemplos de tecnologías que pueden sufrir alteraciones en su comunicación debido a interferencias son:

- Bluetooth
- Hornos microondas
- Algunos teléfonos inalámbricos (los que operan en 2,4 GHz o más)
- Otras redes WLAN

1.2.3 AGREGAR DATOS A LAS ONDAS DE RADIO.

“El hecho de utilizar una parte del espectro electromagnético que puede traspasar objetos sólidos fue un descubrimiento importante, pero no el más significativo en la creación de las redes inalámbricas. Otro de los aspectos importantes consistió en saber de qué manera se transmiten los datos a través de las ondas de radio y cómo son clasificadas por el receptor”. ^[1.8]

Para enviar datos a través de ondas de radio se utiliza un **estándar de comunicación**.

Esto consiste en un conjunto de normas establecidas por instituciones reguladoras-certificadoras de telecomunicaciones a fin de que los dispositivos se comuniquen correctamente. En cuanto a esto, el usuario, es decir nosotros, no tiene poder de elección, ya que la transferencia de datos a través de medios inalámbricos puede usar distintos tipos de estándares de comunicación. Todos estos tipos los comentaremos más adelante.

1.2.4 SOLAPAMIENTO DE SEÑALES.

La forma en que ordenan las señales de datos que se solapan es algo que tienen en común los diversos estándares de comunicación. En lugares de una densidad de población alta, podemos llegar a encontrar un gran número de aparatos inalámbricos que están enviando señales al mismo tiempo utilizando un grupo similar de frecuencias. ^[L.6]

Los dispositivos inalámbricos usan dos tipos diferentes de estrategias para resolver este solapamiento de señales:

FH o FHSS (*espectro extendido con salto de frecuencias*): en este estándar, las frecuencias cambian alrededor de 1.600 veces por segundo. Este tipo de estándar posee un gran número de patrones de salto para que las redes que utilicen este espectro y se encuentren en un lugar cercano unas a otras, no tengan posibilidad de usar la misma frecuencia en forma simultánea.

DS o DSSS (*espectro extendido de frecuencia directa*): este espectro divide una franja del ancho de banda en canales separados y no transmite durante un largo tiempo en una misma frecuencia del canal. Debido a que utiliza canales distintos en una misma zona, hay redes que pueden llegar a solaparse sin que las señales de unas y otras se interfieran.

Estas dos formas de transmisión de espectro extendido resisten las interferencias, ya que no hay una sola frecuencia en uso constante.

1.3 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS.

Las comunicaciones inalámbricas son un tipo de comunicación en la que; como su nombre lo indica, no es necesario el uso de medios físicos para su interconexión. Su comunicación es por medio de modulación de ondas electromagnéticas, una de sus mayores aplicaciones es en las redes inalámbricas.

^[L.6] Ver referencia al libro en la bibliografía.

1.4 REDES INALÁMBRICAS WLAN.

Las redes inalámbricas son un sistema flexible de comunicaciones implementado como una extensión o alternativa de las redes de área local LAN's. Este sistema de comunicaciones transmite y recibe información por vía aérea basándose en tecnologías de radio frecuencias (RF) y de ondas infrarrojas electromagnéticas (IR), minimizando así la necesidad de las conexiones mediante cables, proporcionando mayor movilidad al usuario aunque por otro lado este tipo de redes son más susceptibles a ataques dadas las vulnerabilidades del Internet. ^[L.2]

La arquitectura de este tipo de redes es básicamente un transmisor llamado Punto de Acceso (Access Point "AP"), el cuál esta conectado a un cable de red por medio de Ethernet hacia otra red, este punto de red es fijo es proveído de servicios de telecomunicaciones por cualquier compañía dedicada a eso. Los usuarios para conectarse a las redes inalámbricas simplemente cuentan con un adaptado o tarjeta de red inalámbrica la cuál les facilita la conexión. Si se tiene un número mayor de Puntos de Acceso se puede extender el rango de alcance de la red inalámbrica. Haciendo una similitud los teléfonos celulares es como se comunican por medio de células divididas en una región geográfica.

Wireless Fidelity WiFi.

El término WiFi se refiere a una tecnología de comunicación inalámbrica mediante ondas, también se le conoce como WLAN (Wireless LAN) o estándar IEEE 802.11. WiFi es una marca de Wi-Fi Alliance; anteriormente conocida como WECA "Wireless Ethernet Compatibility Alliance". ^[L.5]

Esta nueva tecnología surgió por la necesidad de establecer un mecanismo de conexión inalámbrica que fuera compatible entre los distintos dispositivos móviles.

En concreto, esta tecnología permite a los usuarios establecer conexiones a Internet sin ningún tipo de cables y puede encontrarse en cualquier lugar que se haya establecido un "punto de acceso" o hotspot WiFi.

Actualmente existen 4 tipos de conexiones comúnmente empleadas:

- 802.11b, que emite a 11 Mbps,
- 802.11g, más rápida, a 54 Mbps,
- 802.11a, conocida como WiFi 5, por operar en la banda de 5 [GHz], a una velocidad de 54 Mbps.
- 802.11n, opera simultáneamente en las bandas de 2.4 [GHz] y 5 [GHz] a una velocidad de 300Mbps.

^[L.2] Ver referencia al libro en la bibliografía.

“El nombre de WiFi propiamente no se refiere a “Wireless Fidelity” como equivalente a Hi-Fi, “High Fidelity”, sino que se solo te trata de un nombre comercial que pudierá recordarse fácilmente”.



Figura 6. Logotipo oficial de la marca WiFi, de la Wi-Fi Alliance. [1.9]

1.4.1 ARQUITECTURA DE UNA RED INALÁMBRICA.

La arquitectura de esta red se basa en la división de celdas llamadas *BBS* (Basic Service Set), las cuales son zonas de cobertura que cuentan con una estación base o punto de acceso. La comunicación de los dispositivos de los BBS se lleva a cabo mediante la conexión al sistema troncal de distribución de los puntos de acceso. Estos se ordenan en segmentos de forma jerárquica formando así los *ESS* (Extended Service Set). [L.5]

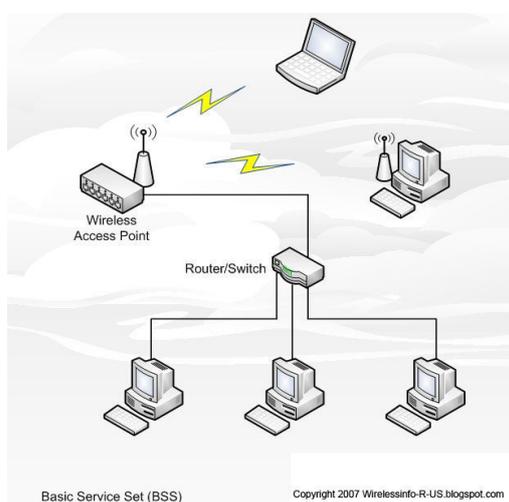


Figura 7. Representa los BSS. [1.10]

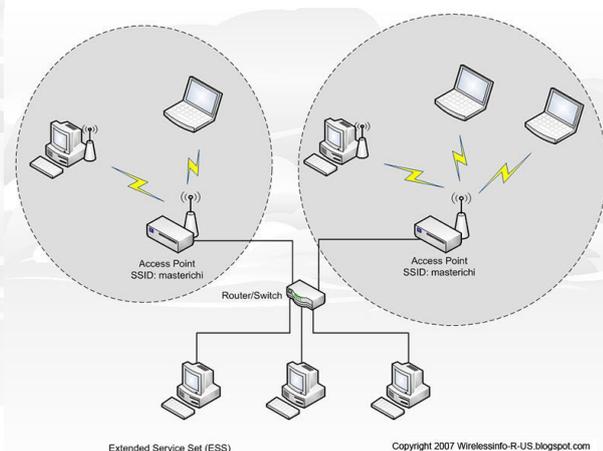


Figura 8. Representa los ESS. [1.10]

[L.9] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

[L.5] Ver referencia al libro en la bibliografía.

[L.10] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

1.4.2 TOPOLOGÍAS.

Se tienen dos configuraciones diferentes, en función de que se utilicen puntos de acceso o no. ^[L.2-L.5]

La primera configuración es la más sencilla denominada red de tipo *Ad hoc* o mejor conocida como *P2P (Peer to Peer)*, en la que las terminales móviles se comunican directamente empleando para ello una tarjeta adaptadora para comunicaciones inalámbricas, la desventaja es que los dispositivos que se comunican se encuentran dentro de sus áreas respectivas de cobertura. Esto significa que no existe un nodo central sino que todas las terminales están en las mismas condiciones de transmitir y recibir información.

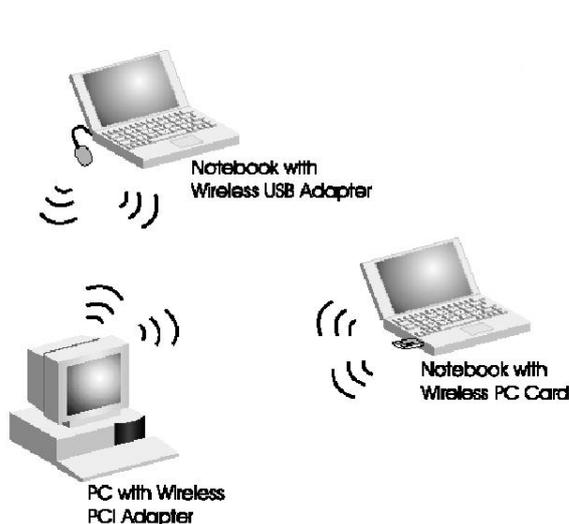


Figura 9. Ad-Hoc. ^[1.10]

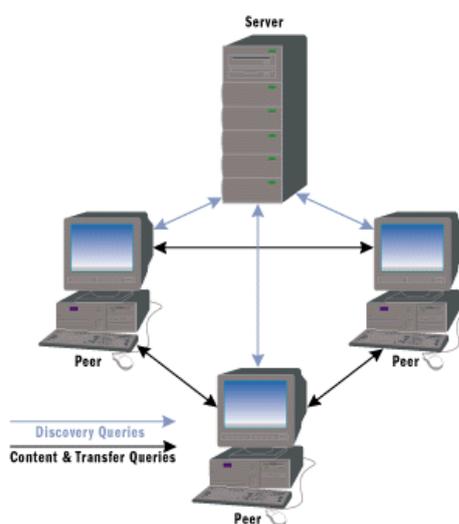


Figura 10. Peer-to-peer. ^[1.11]

La segunda configuración, es la derivación del concepto de *cobertura celular* muy común en las redes de telefonía celular. Esta configuración, la estación base recibe el nombre de punto de acceso y funciona como repetidor inalámbrico. Este tipo de red es más complejo y requiere de una planificación más cuidadosa ya que los puntos de acceso deben distribuirse estratégicamente para evitar que algunas zonas se queden sin cobertura, se deben evitar obstáculos y asegurar un ancho de banda mínimo para cada usuario, etc. Un solo punto de acceso puede soportar un pequeño grupo de usuarios y, en función de las condiciones de propagación, alcanzar un rango comprendido entre los 30 [m] y varios cientos de metros.

^[1.11] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

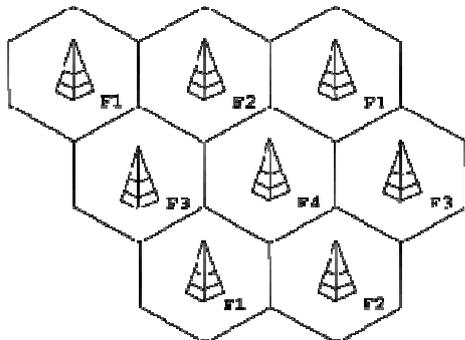


Figura 11. Red Celular.^[1.12]

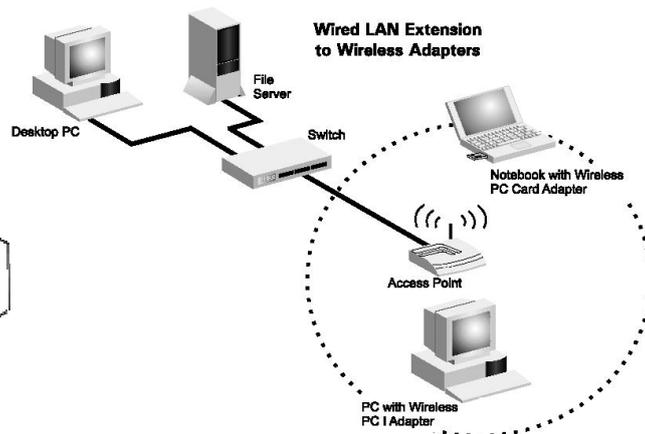


Figura 12. Identificador de BSS.^[1.10]

A pesar de ser redes complejas ofrecen múltiples ventajas, de las cuales la más importante es la movilidad, por ejemplo un usuario conectado a un punto de acceso puede trasladarse libremente por toda la zona de cobertura de la red de tal forma que si abandona en algún momento el punto de acceso hacia otra zona de cobertura con un punto de acceso diferente, éste mantendría la comunicación, a esto se le conoce como roaming.

1.4.3 ESPECIFICACIONES.

El estándar 802.11, es un conjunto de especificaciones que abarcan todos los aspectos de una red WLAN que se encuentran divididas en los siguientes rubros: [L.5]

Estándares que definen el nivel físico: 802.11a, 802.11b y 802.11g. Estos estándares engloban las especificaciones de las técnicas de modulación y el procesamiento de la señal a bajo nivel.

Estándares que definen la calidad del servicio (QoS) es tratada por: 802.11e y 802i. Aquí se describen mecanismos robustos de seguridad.

Y finalmente el estándar 802.11X define la autenticación de usuarios.

^[1.12] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

1.4.4 ESTÁNDAR 802.11B WIFI.

Nació como una versión del 802.11 original para WLAN corporativas. Ofrece velocidades normalizadas de 11 Mbps, 5.5 Mbps, 2Mbps y 1 Mbps y tiene un alcance de 100 [m], comparable con el de tecnologías como Bluetooth o Home RF. Trabaja en la banda libre de 2.4 Ghz, utiliza una modulación lineal compleja (DSSS). El estándar 802.11g trabaja a velocidades de 22Mbps sobre la misma banda de 2.4 Ghz, es compatible con el estándar 802.11b. ^[N.1]

1.5 DISPOSITIVOS MÓVILES.

Los dispositivos móviles son dispositivos pequeños similares en funcionamiento a una computadora ya que éstos cuentan con una unidad de procesamiento, unidad de almacenamiento y una memoria además de integrar dos tipos de conexión ya sea alámbrica o inalámbrica para transmisión de datos. Este tipo de conexiones pueden ser: Cable Serial/USB, Bluetooth, infrarrojo y WiFi. ^[N.1]

Los dispositivos móviles se clasifican de acuerdo a sus capacidades:

- Web-enabled smartphones.
- Low-end smartphones.
- Palm Sized PDA's
- Palm Sized PDA's con wireless integrado.
- High-end smartphones.
- Handheld PC's
- Tablet PC's/Laptops

De una forma más general entre los dispositivos se tienen:

- Teléfono celular
- Asistentes personales digitales o PDA's
- Pager
- Computadora portátil o laptop

1.5.1 TELÉFONO CELULAR.

Este dispositivo puede ser analógico o digital, su comunicación es a través de una red celular conformada por radiobases. ^[N.1]

Una celda o célula esta definida como un área geográfica dentro de una región conteniendo una radiobase.

^[N.1] Ver referencia a la nota en la bibliografía.

Telefonía celular.

La telefonía celular ha ido evolucionando de acuerdo a las necesidades del mercado así como también al cambio de los sistemas analógicos a digitales.

Primera Generación.

Contemplaba sistemas analógicos, se transmitía solo voz y era deficiente debido al protocolo de multiplexaje FDMA.

Segunda Generación.

Contemplaba a sistemas analógicos y digitales y se transmitían voz y datos. Se presentaba un método de encriptación de datos, su protocolo de multiplexaje se basaba en TDMA el cual derivó en GSM y CDMA. Posteriormente su derivación fue en los sistemas GPRS.

Tercera Generación.

Contiene mayor ancho de banda, su eficiencia es mayor, se transmiten voz y datos, y los protocolos que utiliza son CDMA 1X - EV-DO. Se cuentan con servicios como: Internet inalámbrico, email y servicios de Paging.

Cuarta Generación.

Tiene mayor eficiencia es más rápida debido a su mayor ancho de banda. Es escalable para redes móviles. Los servicios que ofrece son del tipo multimedia.

1.5.2 HANDHELD COMPUTERS / ASISTENTES PERSONALES DIGITALES O PDA'S.

Son sistemas móviles con sistemas de reconocimiento de escritura, cuentan con pantallas sensibles al tacto, módems inalámbricos integrados, procesadores más veloces. Una de las funciones principales es la sincronización con las computadoras personales además de almacenar información.^[N.1]

1.5.3 PAGER.

Es un dispositivo de radiobúsqueda o radiomensajería. Recibe mensajes de texto cortos. Se tienen dos tipos de Pager, One-Way Pager el cuál recibe mensajes numéricos generalmente números telefónicos en los cuales se espera que el usuario regrese la llamada atendiendo a éste mensaje. También puede recibir mensajes alfanuméricos de menor longitud. Por otra parte se tienen los Two-Way Pagers los cuáles reciben y envían mensajes un poco más largos de tipo alfanuméricos. ^[N.1]

Telefonía Celular



Figura 13. Primera Gen.



Figura 14. Segunda Gen



Figura 15. Tercera Gen.



Figura 16. Cuarta Gen.

Handhelds

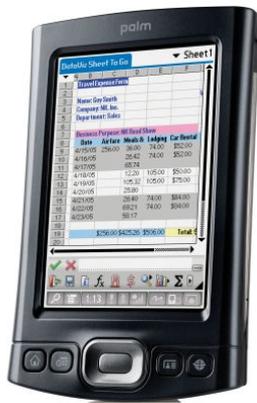


Figura 17. Palm

Pager



Figura 18. PocketPC



Figura 19. Pager.

1.5.4 COMPUTADORAS PORTÁTILES (LAPTOP'S).

Se llama computadora portátil aquella computadora que puede ser trasladada fácilmente de un lugar a otro. Son capaces de realizar la mayor parte de las tareas que realizan las computadoras de escritorio (PC's). ^[N.1]

Sus características son las siguientes:

- Funcionan empleando una batería o un adaptador AC/DC que permite tanto cargar la batería como dar suministro de energía.
- Su peso es normalmente entre 1 y 3 [Kg].
- Adapta un panel táctil, conocido como *touchpad*, para manejar el puntero en lugar del Mouse.
- En general poseen los mismos elementos que las computadoras convencionales de escritorio.

Su tamaño ha ido evolucionando hasta la actualidad, en donde se pueden encontrar desde tamaños normales hasta pequeños.

Computadoras Portátiles (LapTops)



Figura 20. Computadora portátil.

CAPÍTULO 2 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

2.1 INTRODUCCIÓN.

Se llama comunicación inalámbrica a aquella que se lleva a cabo sin el uso de cables de interconexión entre los participantes; por ejemplo, una comunicación con teléfono móvil es inalámbrica, mientras que una comunicación con teléfono fijo tradicional no lo es. ^[L.2]

Existen diversas soluciones o tecnologías inalámbricas entre las que se encuentran:

- GSM.
- UMTS.
- WiFi.
- Bluetooth.
- Dect.
- GPRS.
- 3G.
- WiMax.

2.2 REDES INALÁMBRICAS DE DATOS.

Una red inalámbrica de datos no es más que un conjunto de computadoras, o de cualquier dispositivo informático, comunicados entre sí mediante soluciones inalámbricas. ^[L.2]

Para disponer de una red inalámbrica, solo es necesario contar con una tarjeta de red inalámbrica instalada en la computadora o dispositivo, en este caso sólo se lleva a cabo la configuración de la misma y listo. Esto quiere decir que instalar una red de este tipo es un proceso mucho más simple y flexible que instalar una red cableada.

El funcionamiento de una red inalámbrica es prácticamente el mismo que el de una red cableada, por lo que este tipo de soluciones o alternativas están poco a poco ocupando un lugar más destacado dentro del panorama de las posibilidades que tienen los equipos informáticos de comunicarse, además de tener un menor costo en su implementación que las redes cableadas.

Aunque las soluciones inalámbricas ofrecen muchas ventajas, también existen algunas desventajas que se deben considerar como son las siguientes:

Tienen menor ancho de banda, es decir su velocidad de transmisión es baja. El ancho de banda comúnmente utilizado se encuentra entre los 11 y 54 Mbps aunque ya existen soluciones propietarias a 100 Mbps.

En cuanto a la seguridad, son susceptibles a instalaciones no seguras, ya que en éstas redes se tienen que tener mucho cuidado al configurarlas.

2.2.1 TIPOS DE REDES INALÁMBRICAS.

Las comunicaciones inalámbricas, pueden clasificarse de distintas formas dependiendo del criterio al que se atiende, por ejemplo de acuerdo a su alcance. ^[L.2]

Alcance de una red, suele llamarse a la distancia máxima a la que pueden situarse las dos partes de la comunicación, emisor-receptor.

WPAN <i>< 10 [metros]</i>	WLAN <i>Edificio - Campus</i>	WMAN <i>Ciudad</i>	CELULAR <i>Región - Global</i>
Bluetooth	WiFi	LMDS	2.5 G
ZigBee	HomeRF	MMDS	3 G
IrDA	HiperLAN	WiMax	4 G

Tabla 4. Tipos de redes inalámbricas. ^[L.2]

- **WPAN (Wireless Personal Area Network)**
Las redes inalámbricas de área personal cubren distancias inferiores a los 10 [metros]. Se enfocan principalmente para interconectar los dispositivos de un usuario como por ejemplo la computadora a una impresora por medio de Bluetooth.
- **WLAN (Wireless Local Area Network)**
Las redes inalámbricas de área local cubren distancias de unos cientos de metros. Se enfocan principalmente para crear un entorno de red local entre computadoras o terminales situados en un mismo edificio o en conjuntos de edificios. En este caso se emplean redes del tipo WiFi. o HomeRF.

- **WMAN (Wireless Metropolitan Area Network)**

Las redes inalámbricas de área metropolitana pretenden cubrir el área de una ciudad o entorno metropolitano. Los protocolos LMDS (Local Multipoint Distribution Service) “*Servicio local de distribución multipunto*”, o *WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access)* “*Interoperabilidad mundial para accesos de microondas*” ofrecen soluciones de este tipo.

- **Celular**

Las redes globales o celulares tienen la posibilidad de cubrir toda una región (país o grupo de países). Estas redes se basan en la tecnología celular como el caso de las redes 2.5 G y 3 G.

2.3 REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA PERSONAL – WPAN.

Se ha venido a llamar redes inalámbricas de área personal, a aquellas redes que tienen un área de cobertura de menos de 10 [metros] de alcance. La finalidad de estas redes es comunicar cualquier dispositivo personal: computadora, terminal móvil o PDA, etc, con sus periféricos, así como permitir una comunicación directa a corta distancia entre estos dispositivos. ^[L.2]

En la actualidad se dispone de una variedad de dispositivos personales, tradicionalmente esta comunicación de estos dispositivos con sus periféricos se ha hecho utilizando un cable. No obstante tener pequeños dispositivos repletos de cables alrededor no resulta muy cómodo, por lo que la alternativa inalámbrica da solución a este problema en cuanto a movilidad y versatilidad. Entre los dispositivos que se pueden comunicar por medio de esta solución tenemos: impresoras, modems, escaners, micrófonos, teclados, mouses, etc.

2.3.1 BLUETOOTH.

Bluetooth es una de las tecnologías de redes inalámbricas de área personal más conocidas. Al contrario que otras tecnologías como WiFi, ésta no está pensada para soportar redes de computadoras, sino para comunicar la computadora a cualquier otro dispositivo o periférico. ^[L.2-L.6]

Fue desarrollado en 1994 por la empresa sueca Ericsson con el objetivo de conseguir un sistema de comunicación de los teléfonos móviles con sus accesorios. En 1998 se creó el grupo de interés especial Bluetooth (*Bluetooth Special Interest Group, SIG*), formado por la propia Ericsson y otras empresas como: IBM, Intel, Nokia y Toshiba, con lo que se logró dar un empuje comercial a esta tecnología, para diciembre de 1999 cuatro grandes empresas se unieron a este grupo, Microsoft, Lucent, 3Com y Motorola. Actualmente este grupo está integrado por más de 6000 empresas a nivel mundial.

Las comunicaciones de Bluetooth se llevan a cabo mediante el modelo maestro/esclavo. Un nodo terminal maestro puede comunicarse con siete esclavos simultáneamente. No obstante, el maestro puede suspender las comunicaciones con un esclavo mediante una técnica conocida como *parking*, y activar la comunicación con un nuevo dispositivo esclavo, con este modelo un maestro puede establecer una comunicación con un máximo de 256 esclavos, donde sólo siete comunicaciones pueden permanecer activas al mismo tiempo. En este entorno, un dispositivo puede ser a la vez maestro de un *piconet* y esclavo de otro. Cuando esto ocurre se le conoce como *scatternet* (red dispersa)

Bluetooth utiliza la técnica FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) "Espectro expandido por salto de frecuencia", en la banda de frecuencias de 2.4 GHz. Puede establecer comunicaciones asimétricas, donde la velocidad máxima en una dirección es de 721 Kbps y 57.6 Kbps en la otra, también puede establecer comunicaciones simétricas de 432.6 Kbps en ambas direcciones, se transmiten tanto voz como datos.

Esta tecnología está descrita en la especificación IEEE 802.15.1. La primera versión de Bluetooth se publicó en julio de 1999. A esta versión le siguieron la v1.1, v1.2 y v2.0. La última versión reduce el consumo de energía a la mitad y aumenta el ancho de banda a 3 Mbps, pasando la velocidad máxima en una dirección de los 721 Kbps a 2.1 Mbps.

2.3.2 ZIGBEE.

Surgió en diciembre del 2004 y es parte de la recomendación IEEE 802.15.4, más comúnmente conocida ZigBee. La aportación fundamental de esta nueva tecnología es que ésta pensada específicamente para aplicaciones domóticas, esto se refiere a las aplicaciones que incorporan al equipamiento de viviendas y edificios de una sencilla tecnología que permita al usuario gestionar distintos aparatos e instalaciones domésticas tradicionales como por ejemplo: la calefacción, la lavadora, la iluminación, etc. Este tipo de aplicaciones proveen seguridad, confort, ahorro energético y telecomunicaciones. ^[L.2]

La velocidad de transmisión está comprendida entre los 20 y los 250 Kbps.

Otra particularidad de ZigBee, también conocida como HomeRF Lite, es que se ha pensado para que pueda operar en distintas bandas de frecuencia para las que no se necesita licencia de uso, como por ejemplo en 2.4 GHz, 868 MHz, 915 MHz.

Los principales promotores del desarrollo de esta tecnología son: Motorola, Phillips y Samsung, los cuáles conforman la ZigBee Alliance.

Comparación entre Bluetooth y ZigBee

CARACTERÍSTICA	Bluetooth	ZigBee
Técnica de modulación	FHSS	DSSS
Ocupación del protocolo	250 [Kbytes]	28 Kbytes
Duración de la batería	4 a 8 [Hrs]	2 a 3 años
Velocidad máxima	1 Mbps	250 Kbps
Alcance	1 a 100 [m]	< 70 [m]
Tiempo de activación	3 [seg]	30 [milseg]

Tabla 5. Comparativa entre Bluetooth y ZigBee. ^[L.2]

2.3.3 DECT.

El estándar DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*) “Telecomunicaciones digitales inalámbricas mejoradas”, existe desde 1992 promulgado por ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), “Instituto Europeo de normalización en telecomunicaciones”. Aunque DECT nació con la orientación del servicio telefónico, en 1999 se adoptó para servicios de transmisión de datos mediante la incorporación de las tecnologías DPRS (*DECT Packet Radio Services*) “Servicios DECT de paquetes de radio”, y DMAP (*DECT Media Access Profile*) “Perfil DECT de acceso al medio”. [L.2]

Esta tecnología trabaja en la banda de frecuencias de 1.9 GHz y utiliza la técnica TDMA (*Time Division Multiple Access*) “Acceso múltiple por división del tiempo”. La velocidad máxima actual a la que trabaja DECT es de 2 Mbps con alcances de hasta 200 metros.

Una desventaja que presenta esta tecnología es el rango de frecuencias a las que trabaja de 1880 a 1900 MHz, ya que al tratarse de una banda que no es de uso público, no está disponible en todos los países lo cual ha impedido una expansión global. Este problema se resolvió en el año 2005 con la aparición de DECT 6.0 al ampliar el espectro hasta 1930 MHz.

A pesar de esta desventaja también la ha dado la garantía de sufrir menos interferencias, ya que son frecuencias menos concurridas.

2.3.4 INFRARROJO.

La luz infrarroja es un tipo de radiación electromagnética invisible para el ojo humano. Los sistemas de comunicaciones con infrarrojo se basan en la emisión y recepción de haces de luz infrarroja. La mayoría de los mandos a distancia de los aparatos domésticos utilizan la comunicación por infrarrojo como por ejemplo la televisión, algunos teléfonos celulares y algunos asistentes digitales personales (PDA's). [L.2-L.6]

Este tipo de sistemas pueden ser clasificados en dos categorías:

- *Infrarrojo de haz directo*. Se requiere que la visibilidad sea directa, es decir que no hay obstáculos entre ambas terminales.
- *Infrarrojo de haz difuso*. En este caso el haz tiene suficiente potencia para alcanzar el destino mediante múltiples reflexiones en los obstáculos intermedios. No se requiere que la visibilidad sea directa entre las terminales.

Una de las ventajas de estos sistemas es que este tipo de comunicaciones no está regulada, son de bajo costo e inmunes a interferencias de los sistemas de radio de alta frecuencia.

Por otro lado las desventajas que se tienen son su corto alcance, el hecho de que no puedan traspasar obstáculos y que no se puedan utilizar en el exterior debido a fenómenos naturales como la lluvia o la niebla los cuales producen interferencia.

Se consideran uno de los sistemas de comunicaciones punto a punto para corta distancia más eficientes.

IrDA (infrared Data Association) es una asociación que tiene como objetivo crear y promover el uso de sistemas de comunicaciones por infrarrojo, tiene dos estándares que son IrDA-Control e IrDA-Data.

IrDA-Control: es un protocolo de baja velocidad optimizado para ser utilizado en los dispositivos de control remoto inalámbricos.

IrDA-Data: es un protocolo dedicado a crear redes de datos de corto alcance. Está diseñado para trabajar en distancias menores a un metro y a velocidades que van desde los 9.6 Kbps hasta los 16 Mbps.

2.4 REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL – WLAN.

Estas redes tienen una cobertura de cientos de metros y están pensadas para crear un entorno local entre las terminales o computadoras situados en un mismo edificio o grupo de edificios, existen diversas tecnologías como son las siguientes: ^[L.2-L.6]

WiFi: Se refiere al estándar 802.11b de la IEEE o también como Wireless-Fidelity, este sistema puede establecer comunicaciones a una velocidad de 54 Mbps alcanzando una distancia de varios cientos de metros.

HomeRF: Home Radio Frequency, “Radiofrecuencia del hogar”, su objetivo es desarrollar y promover un sistema de red inalámbrica para el hogar, la versión más reciente permite transmitir datos a 10 Mbps y tiene un alcance de más de 50 metros, utiliza un protocolo similar al IEEE 802.11 para datos y otro similar a DECT para voz.

HiperLAN: High Performance Radio Local Area Network, “Red de área local de radio de alto rendimiento”, la versión más reciente ofrece velocidades de transmisión de 54 Mbps utilizando el sistema OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), “Multiplexado ortogonal por división de frecuencia”, este sistema soporta aplicaciones en las que el tiempo de respuesta es crítico, define interfaces de redes de tercera generación, redes ATM (Asynchronous Transfer Mode).

2.5 REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA METROPOLITANA – WMAN.

Tienen cobertura que van de los cientos de metros a kilómetros, su objetivo es poder cubrir el área de una ciudad o entorno metropolitano. Se les conoce como **bucle local inalámbrico** (*WLL, Wireless Local Loop*). Se basan en el estándar 802.16. Ofrecen una velocidad total efectiva de 1 a 10 Mbps, con un alcance de 4 a 10 kilómetros. ^[L-2]

La mejor red de este tipo es WiMAX que puede alcanzar una velocidad aproximada de 70 Mbps en un radio de varios kilómetros. Esta tecnología permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio.

Otras tecnologías de este tipo de red son el Sistema de Distribución Local Multipunto o LMDS que permite una conexión vía radio inalámbrica que permite, gracias a su ancho de banda, el despliegue de servicios fijos de voz, acceso a Internet, comunicaciones de datos en redes privadas, y video bajo demanda. Está concebida de una manera celular, esto es, existen una serie de antenas fijas en cada estación base

El Servicio de Distribución Multipunto Multicanal o MMDS, se utiliza para el establecimiento de una red de banda ancha de uso general o, más comúnmente, como método alternativo de recepción de programación de televisión por cable.

REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA METROPOLITANA (WMAN)	
TIPO	CARACTERÍSTICAS
LMDS	Usa señales en la banda de microondas (28 GHz). Distancias de transmisión cortas, su distancia de enlace es de 100 m hasta 35 km Modulación QAM o QPSK. Metodología de acceso: FDD, FDMA, TDD, TDMA y FH .
MMDS	Utiliza frecuencias microondas con rangos de 2 GHz a 3 GHz en gama. El ancho de banda es compartido, lo que permite dar servicio a más usuarios que si fuese ancho de banda dedicado. Soporta tanto voz como datos. Su velocidad es de 10 Mbps. Modulación por QAM, BPSK, QPSK y DSSS.
WIMAX	Utiliza frecuencias 2.5 y 3.5 Ghz . Cubre distancias de hasta 50 kilómetros, con antenas muy direccionales y de alta ganancia. Su velocidad es hasta 70 Mbps. Es posible añadir más canales.

Tabla 6. Redes WMAN. [L.2-L.6]

2.6. REDES CELULRES

Las redes celulares están divididas en celdas, cada celda es servida por uno o más radio transceptores (transmisor/receptor). Las comunicaciones en una red celular es full duplex, donde la comunicación se logra al enviar y recibir mensajes en dos frecuencias diferentes (FDD por sus siglas en inglés - Frequency Division Duplexing). La razón para la topología celular de la red es permitir la reutilización de las frecuencias. Las celdas, separadas a una cierta distancia, pueden reutilizar las mismas frecuencias, lo cual asegura el uso eficiente de los recursos limitados de radio. [L.6-N.1]

Una red celular consiste tanto de secciones basadas en radio como en tierra. A tal red se la conoce comúnmente como red pública móvil terrestre (PLMN por sus siglas en inglés - Public Land Mobile Network).

Los elementos principales de una red celular se listan a continuación:

- Estación móvil (MS), que es un dispositivo para comunicarse dentro de la red.
- Estación transceptora base (BST), que es un transmisor/receptor usado para transmitir/recibir señales de la sección de radio de la red.

- Centro conmutador móvil (MSC), establece y mantiene las llamadas que se hacen en la red.
- Controlador de estación base (BSC), controla las comunicaciones entre un grupo de estaciones **transceptoras** y un solo centro conmutador móvil.
- Red de telefonía pública conmutada (PSTN), que es la sección terrestre de la red.

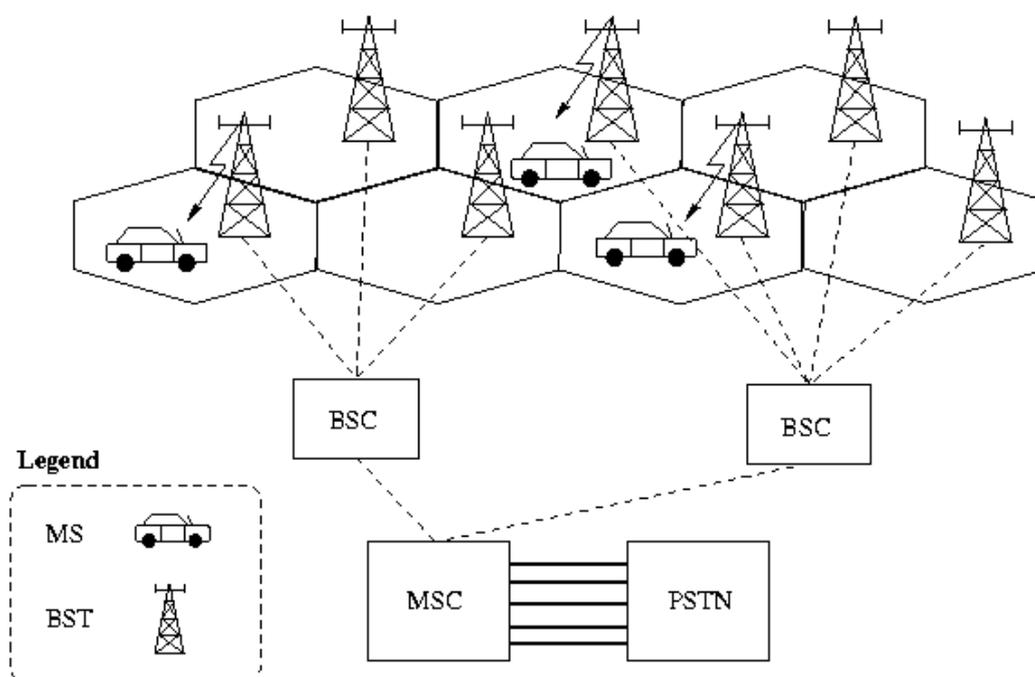


Figura 21. Red Celular. [1.14]

[1.14] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

CAPÍTULO 3 ESTADO DEL ARTE DEL WIFI

3.1 INTRODUCCIÓN.

Para comprender todos los elementos que rodean a la tecnología WiFi es preciso estudiar conceptos fundamentales como: las redes de computadoras, propiamente las redes inalámbricas, el porque de estas redes, su campo de trabajo; así como también la importancia que han ido tomando en los últimos años y por supuesto el futuro que les espera.

Algunos de los aspectos mencionados anteriormente ya fueron tratados en capítulos previos, así que no se profundizará más en ellos, sin embargo es conveniente retomar algunos aspectos fundamentales y relevantes para este capítulo.

3.2 ANTECEDENTES.

En los últimos años las redes inalámbricas han tomado un papel principal en el desarrollo de nuevas tecnologías de información, las cuales son utilizadas de forma cotidiana por la sociedad. Recientemente la tecnología WiFi se ha posicionado velozmente en sistemas corporativos, en el campo de la educación, servicios de manufactura, salubridad y más comúnmente en el hogar. Así pues, la conectividad inalámbrica se ha involucrado cada vez más en diversos aspectos de nuestra vida diaria.^[L.5-L.8]

Todo lo anterior nos lleva a formular la siguiente pregunta: *¿Por qué la tecnología WiFi ha sido tan exitosa?*, bueno para dar respuesta a esta pregunta se deben considerar los siguientes aspectos:

- El incremento en la productividad ha llevado a múltiples negocios/corporaciones a instalar redes inalámbricas como parte de su infraestructura. Gracias a su rendimiento en funcionamiento y seguridad, además claro, sus costos de operación inferiores en comparación con algún otro tipo de solución en comunicaciones.
- El crecimiento en el desarrollo de dispositivos electrónicos que agregan la conectividad inalámbrica, de la misma forma el desarrollo de aplicaciones que hacen uso de esta tecnología, conjuntando así de forma más completa el hardware y software en diferentes tipos de productos de uso elemental en la sociedad. Algunos ejemplos son: computadoras, teléfonos celulares, PDA'S o asistentes personales digitales, los cuales son hoy en día indispensables para las personas o consumidores.

^[L.8] Ver referencia al libro en la bibliografía.

Como hemos visto las nuevas posibilidades de comunicación inalámbrica han surgido con el paso del tiempo para llenar de flexibilidad y comodidad a los sistemas informáticos, incrementando su velocidad, proveerlos de seguridad y hacer más robusta la calidad de los servicios (QoS), de igual forma para satisfacer las necesidades de los consumidores que con el paso del tiempo ven como han facilitado diversas funciones en su vida diaria, no solo en el trabajo/oficina sino también en sus hogares.

Con todo este panorama y retomando la pregunta que se hizo anteriormente; *¿Por qué la tecnología WiFi ha sido tan exitosa?*, podemos concluir que el desarrollo de nuevas tecnologías de información, las necesidades de comunicación por parte de los usuarios, su rendimiento y bajos costos de infraestructura han llevado al WiFi a ser exitoso en el ámbito de las comunicaciones modernas.

3.3 ¿QUÉ ES EL ESTADO DEL ARTE DEL WiFi?.

El estado del arte del WiFi se refiere a la teoría básica sobre la cuál funciona esta tecnología de comunicación, basándose en conceptos fundamentales como lo son:

- Telecomunicaciones.
- Redes de computadoras.
- Redes inalámbricas.
- WiFi.
- Presente y futuro de la tecnología WiFi.

3.3.1 Telecomunicaciones.

La palabra telecomunicación deriva del prefijo griego *tele* que significa *distancia* por lo que su significado puede leerse “*Comunicación a distancia*”. [L.8-1.18]

Las telecomunicaciones se encargan de transmitir mensajes desde un punto a otro, de forma bidireccional, se encargan de la transmisión de datos mediante interconexión de dispositivos formando así redes de comunicaciones.

Las telecomunicaciones se basan en la emisión y recepción de señales que pueden ser: datos, imágenes, voz, sonidos o cualquier tipo de información que se efectúa a través de cables, radioelectricidad, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos.

[1.18] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

Las telecomunicaciones cubren comunicaciones a distancia tales como: radio, telegrafía, televisión, telefonía.

Los elementos fundamentales que conforman a un sistema de comunicaciones son un transmisor, una línea de transmisión y un receptor. El transmisor es el dispositivo que transforma o codifica los mensajes en una señal, la línea de transmisión es de carácter físico y puede modificar o degradar la señal en su trayectoria del emisor hacia el receptor, esto puede ser debido al ruido o interferencias finalmente el receptor se encarga de decodificar la señal recuperando el mensaje. Las telecomunicaciones pueden ser *punto-punto*, *punto-multipunto* o *teledifusión*.

3.3.2 Redes de computadoras.

Las redes de computadoras son un conjunto de dispositivos informáticos “Computadoras” conectados mediante medios físicos (cables), señales u ondas que comparten información, recursos o servicios que permiten la comunicación a distancia entre dispositivos autónomos. ^[N.4]

Se tiene una clasificación de las redes de acuerdo a su alcance, su interconexión, su relación funcional, por su topología.

CLASIFICACIÓN DE LAS REDES DE DATOS			
ALCANCE	INTERCONEXIÓN	RELACION FUNCIONAL	TOPOLOGÍA
Redes de Área Personal (PAN).	Medios guiados: cable coaxial, cable de par trenzado, fibra óptica y otro tipo de cables.	Cliente – Servidor.	Tipo Bus
Redes de Área Local (LAN).	Medios no guiados: radio, Infrarojo, microondas, etc.	Punto – Punto (P2P- Peer to Peer).	Tipo Estrella
Redes de Área Metropolitana (MAN).			Tipo Anillo
Redes de Área Amplía (WAN).			Tipo Malla
			Tipo Árbol

Tabla 7. Clasificación de las redes de datos. ^[N.4]

^[N.4] Ver referencia a la nota en la bibliografía.

Protocolos de Red.

Los protocolos de red o de comunicación, son un conjunto de reglas que especifican el intercambio de datos durante la comunicación entre los dispositivos que conforman a una red y pueden tener un propósito específico como por ejemplo: iniciar y finalizar la comunicación, detectar los medios de interconexión para la comunicación, formatos para la transmisión de la información, etc.

Estos protocolos se pueden dividir de acuerdo a la clasificación determinada por el modelo OSI (*Open System Interconnection - Modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos*), el cuál es un marco de referencia para la definición de la arquitectura de interconexión de los sistemas de comunicaciones.

MODELO OSI

NIVEL	CARACTERÍSTICAS
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de red. • Define protocolos que utilizan las aplicaciones para el intercambio de datos. • Permite acceder a los servicios de los demás niveles.
PRESENTACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Se encarga de la representación de la información. • Se tratan aspectos como la semántica y sintaxis de la información transmitida. • Permite cifrar y comprimir los datos.
SESIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Mantiene y controla la comunicación entre los dispositivos de la red. • Controla la sesión entre el emisor y el receptor. • Controla la concurrencia, manteniendo puntos de verificación, para reanudar sesión ante interrupciones.
TRANSPORTE	<ul style="list-style-type: none"> • Realiza la conexión punto a punto. • Acepta los datos enviados por las capas superiores, los divide y los pasa al nivel de Red. • Se asegura de que los datos lleguen a su destino.
RED	<ul style="list-style-type: none"> • Hace llegar los datos desde su origen hacia su destino. • Direccionamiento lógico y determinación de la ruta. • Mantiene el control y gestión de la red.
ENLACE	<ul style="list-style-type: none"> • Se encarga del direccionamiento físico MAC y LLC. • Direccionamiento de los datos en la red. • Regulación del tráfico en la red.
FÍSICO	<ul style="list-style-type: none"> • Se encarga de las conexiones físicas de los dispositivos de la red. • La forma en que se transmite la señal. • Codificación de la señal.

Tabla 8. Modelo OSI. ^[N.4]

3.3.3 Redes Inalámbricas.

Las redes inalámbricas son un tipo de redes de datos, en donde su interconexión no es mediante el uso de medios físicos o guiados, es decir, su comunicación se da por medio de señales u ondas electromagnéticas, en donde la emisión y recepción es por medio de antenas. ^[L.5]

Las comunicaciones inalámbricas al igual que las redes cableadas, pueden clasificarse de la siguiente forma:

REDES INALÁMBRICAS

RED	TIPOS	ALCANCE	CARACTERÍSTICAS
WPAN	Bluetooth	Menor a 10 metros	Se enfocan principalmente para interconectar los dispositivos de un usuario como por ejemplo la computadora a una impresora por medio de Bluetooth.
	ZigBee		
	IrDA		
WLAN	WiFi	Abarcan edificios, campus universitarios	. Se enfocan principalmente para crear un entorno de red local entre computadoras o terminales situados en un mismo edificio o en conjuntos de edificios. En este caso se emplean redes del tipo WiFi o HomeRF.
	HomeRF		
	HiperLAN		
WMAN	LMDS	Están contempladas para las ciudades.	Pretenden cubrir el área de una ciudad o entorno metropolitano.
	MMDS		
	WiMax		
CELULAR	2.5 G	Pueden ser por regiones geográficas determinadas o global.	Tienen la posibilidad de cubrir toda una región (país o grupo de países).
	3 G		
	4 G		

Tabla 9. Redes inalámbricas. ^[L.5]

Seguridad en las redes inalámbricas.

La seguridad en este tipo de redes difiere un poco con las del tipo que son cableadas, ya que al viajar mediante espacios públicos se puede tener acceso a estas redes de forma sencilla. Se tiene principal énfasis en la autenticación del usuario y el cifrado de los datos. ^[L.5]

Para proveer de seguridad a estas redes se crearon servicios de seguridad dentro del estándar 802.11, los servicios se listan a continuación:

- SSID Service Set Identifiers: Se refiere al nombre que se le asigna a la red para que los dispositivos inalámbricos puedan conectarse a la red. Con este servicio se evita el acceso a usuarios no identificados a este nombre de red.
- WEP Wired Equivalency Protocol: Se refiere a una clave mediante la cuál se puede mantener y establecer una comunicación asociada a un punto de acceso y un usuario.
- MAC Media Access Control: Se refiere a realizar un filtrado de las direcciones físicas de los dispositivos que pueden tener acceso a la red.

3.3.4 WiFi.

El término WiFi se refiere a una tecnología de comunicación inalámbrica mediante ondas, también se le conoce como WLAN (Wireless LAN) o estándar IEEE 802.11. WiFi es una marca de Wi-Fi Alliance; anteriormente conocida como WECA "Wireless Ethernet Compatibility Alliance". ^[L.5-L.8-I.15]

Esta nueva tecnología surgió por la necesidad de establecer un mecanismo de conexión inalámbrica que fuera compatible entre los distintos dispositivos móviles.

En la parte de seguridad implementa un nuevo servicio de seguridad llamado WPA (WiFi Protected Acces – Acceso Proteido WiFi), este servicio fue creado para corregir las deficiencias en el WEP, como la reutilización del vector de inicialización (IV), del cual se derivan ataques estadísticos que permiten recuperar la clave WEP.

El servicio WPA determina la autenticación de los usuarios mediante un servidor que almacena la información de cada usuario tales como sus credenciales y contraseñas.

3.3.5 Presente y futuro de la tecnología WiFi.

WI-FI define un conjunto de estándares para redes inalámbricas basado en las especificaciones IEEE 802.11, con este sistema se pueden establecer comunicaciones a una velocidad máxima de 11 Mbps, alcanzándose distancias de hasta varios cientos de metros. Versiones mas recientes de esta tecnología permiten alcanzar los 22, 54 y hasta 100 Mbps. Las características de velocidad y alcance (unos 100-150 metros en hardware) la convierten en una fórmula perfecta para el acceso a Internet sin cables. ^[L.7-L.8]

^[L.15] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

En la actualidad podemos encontrarnos con dos tipos de comunicación WIFI:

- 802.11b, que emite a 11 Mb/seg, y
- 802.11g, más rápida, a 54 MB/seg.

La tecnología Wi-Fi actual permite acceder a una red de un modo totalmente novedoso: la información se traslada desde los puntos de acceso a través de frecuencias de radio hasta antenas instaladas en las computadoras. El punto de acceso y las computadoras se comunican mediante las mismas frecuencias que utilizan los teléfonos inalámbricos o los controles que permiten abrir a distancia las puertas de cualquier garaje.

Una nueva generación de equipos, ya en fabricación, que incorporan circuitos impresos, permitirá disponer de tecnología WIFI, y con ellos, lo que se ha denominado pervasive computing: la capacidad de disponer de capacidad de cálculo y transmisión de datos en cualquier equipo fijo o móvil.

Las nuevas redes WIFI combinarán esta tecnología con la celular, algo que los operadores de todo el mundo ya están llevando a cabo. Las redes permitirán un acceso inalámbrico desde cualquier equipo a la Red, así como la comunicación entre ellos.

CAPITULO 4 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO Y GEOLOCALIZACIÓN INALÁMBRICA

Para comprender mejor lo que es un sistema de posicionamiento, primero se deben definir ciertos aspectos que residen en ellos, como lo son: *la posición, las coordenadas, latitud, y longitud.*

4.1 POSICIÓN.

Se llama posición a un punto del espacio físico a partir del cual es posible conocer donde se encuentra geoméricamente un objeto en un momento dado.

“Físicamente la posición suele representarse mediante la **ubicación** y la **orientación.**”

Esencialmente la ubicación está dada por un vector de posición, mientras que la orientación o geometría está dada por unas coordenadas generalizadas.

Para determinar los elementos que definen la posición de un punto es necesario contar con un sistema de coordenadas.

4.2 COORDENADAS.

Las coordenadas son un conjunto de números que describen una posición dentro del espacio físico, para nuestro caso se consideran las *coordenadas geográficas*, las cuales se usan para nombrar puntos sobre una superficie esférica considerando el sistema de coordenadas esféricas.

4.3 LATITUD GEOGRÁFICA.

Es la distancia angular entre el ecuador y un punto determinado del planeta. La latitud se mide en grados ($^{\circ}$), entre 0 y 90, y se puede representar mediante dos formas:

- Indicando a que hemisferio pertenece, o
- Representando valores positivos y negativos, tomando en cuenta el norte y el sur respectivamente.

4.4 LONGITUD GEOGRÁFICA.

Se define como el valor angular entre un punto dado de la superficie terrestre y el meridiano que se tome como 0° (Meridiano de Greenwich).

A este meridiano le corresponde la longitud 0°, la longitud de cualquier punto dado sobre el globo terrestre se mide hacia el Este o el Oeste, a partir de este meridiano

La longitud se expresa en grados (°), y en este caso se puede representar de las siguientes formas:

- Longitud entre 0° y 360°, aumentando hacia el Este del meridiano 0°;
- Longitud entre 0° y 180°, indicando el hemisferio al que pertenece, o
- Longitud entre 0° y 180°, tomando valores positivos o negativos, Este y Oeste respectivamente.

Cuando se conoce la latitud y longitud de un punto puede localizarse éste de manera exacta y precisa con respecto a la red geográfica.

4.5 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO.

Un sistema de posicionamiento es un sistema de seguimiento y localización el cuál consiste básicamente en la combinación de las tecnologías de posicionamiento, para la localización geográfica de estaciones, terminales móviles, objetos o individuos, etc, mediante un medio de comunicación para transmitir y recibir información entre las estaciones o terminales móviles para poder tener control de las mismas y tener un monitoreo constante. Para ello hace uso de un software con capacidad de procesamiento de cartografía.

4.6 GEOLOCALIZACIÓN.

Geolocalización, posicionamiento y radiolocalización son términos ampliamente usados para indicar la habilidad de determinar la localización o posición de una estación móvil, objeto o individuo. La posición usualmente implica el uso de coordenadas las cuáles pueden estar en dos o tres dimensiones y hace referencia a una latitud y una longitud donde se encuentra localizada la estación móvil, objeto o individuo. ^[L.4]

En áreas cerradas, técnicas de visualización y coordenadas alternativas se pueden emplear. Las tecnologías de geolocalización han ido generando interés en el mundo inalámbrico por diversas razones, una de ellas es la de poder obtener la localización de una persona que haya sufrido un accidente o se encuentre bajo circunstancias extremas para los servicios de emergencias como: servicios médicos y servicios policíacos.

[L.4] Ver referencia al libro en la bibliografía.

Sin embargo la geolocalización ha proveído de servicios tanto en aplicaciones militares como comerciales que va más aya de los servicios de emergencia. Dentro de las aplicaciones comerciales se tienen la necesidad de localización de los pacientes de un hospital

Este tipo de tecnología de sistema de posicionamiento esta teniendo gran importancia en la evolución de los sistemas 4G o de cuarta generación, ya que actualmente el sistema más utilizado para posicionamiento es el **GPS** (Global Position System), aunque suele ser muy costoso.

4.7 GEOLOCALIZACIÓN INALÁMBRICA.

Este término denota los servicios proveídos a dispositivos móviles basados en posicionamiento geográfico, los cuales proporcionan información a los usuarios. Este tipo de servicios han llegado a tener diferentes aplicaciones tanto militarmente como comercialmente, algunas de estas aplicaciones son: *servicios de mapeo*, estos proporcionan información del tipo direcciones, *sistemas de información*, estos se refieren a noticias locales, información del clima y el tráfico, y los *servicios de conserjería*, estos se refieren realizar transacciones por medio del dispositivo móvil como reservaciones de hotel o restaurantes, boletos de cine, etc. ^[L.4]

Sin embargo además de esas aplicaciones se tiene sin duda una de las más importantes que es la *localización de personas* para esto hay dos escenarios:

1. Para mandar peticiones al proveedor de este servicio para conocer la posición actual de alguna persona.
2. Para localizar a una persona que se encuentra perdida o en alguna situación extrema de peligro, funcionando como un botón de pánico o de auxilio.

Esta aplicación es empleada por el GPS, el cual por medio de un dispositivo localizador es capaz de dar la posición, este sistema es muy usado en los automóviles. Los sistemas de navegación inteligentes realizan una navegación automática creando una ruta de la posición origen a la posición destino proporcionando un tiempo estimado basándose en el último informe del tráfico.

Un dispositivo móvil tiene asociada una posición la cuál puede no ser relevante al usuario, pero lo que si es relevante es la información a la que hace referencia dicha posición. Esta información puede ser:

- La descripción de la posición física del objeto.
- La descripción de un evento ocurrido en dicha posición.

Para establecer la posición del usuario se puede representar por medio de un mapa dibujando polígonos a base de puntos, círculos o rectángulos.

Otro método más eficiente aunque más complejo es representar la posición mediante coordenadas geográficas.

4.7.1 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE GEOLOCALIZACIÓN INALÁMBRICA.

Existen dos elementos esenciales para localizar la posición que son *la estimación de la localización de una estación móvil U* y *los atributos apropiados compartidos con la red N* . Los sistemas de geolocalización miden parámetros de radio señales que viajan de un dispositivo móvil y son fijados por un conjunto de receptores o un conjunto de transmisores hacia un receptor móvil. De esta manera hay dos posibles formas para estimar la localización de una estación móvil. ^[L.4]

En un sistema *self-positioning* (Posicionamiento – propio), la estación móvil localiza su propia posición utilizando para ello medidas de distancia o dirección de posiciones conocidas o transmisores (por ejemplo los receptores GPS). En algunos casos, *las estimaciones muertas (death reckoning)* son un método predictivo de estimación de la posición del móvil aplicando desde el curso y la distancia recorrida hacia una posición previamente determinada, que puede ser empleado.

En los sistemas de *posicionamiento – remoto (remote positioning)*, los receptores que conocen las localidades en una red conjuntamente procesan la localización del transmisor móvil utilizando las medidas de distancia o dirección del móvil de cada uno de los receptores. Los sistemas de posicionamiento remoto también son llamados sistemas basados en red (*network-based*). Los sistemas basados en red tienen la ventaja de que la estación móvil puede ser implementada como un transmisor de tamaño pequeño y bajo consumo de energía para su uso práctico. Como consecuencia es posible tener sistemas de posicionamiento remoto indirecto o posicionamiento – propio donde el móvil pueda transmitir información sobre su posición hacia un centro de control de localización, o el centro de control de localización pueda transmitir la posición de cada móvil a través del canal apropiado de comunicaciones.

Un ejemplo de la arquitectura de un sistema de geolocalización se muestra a continuación:

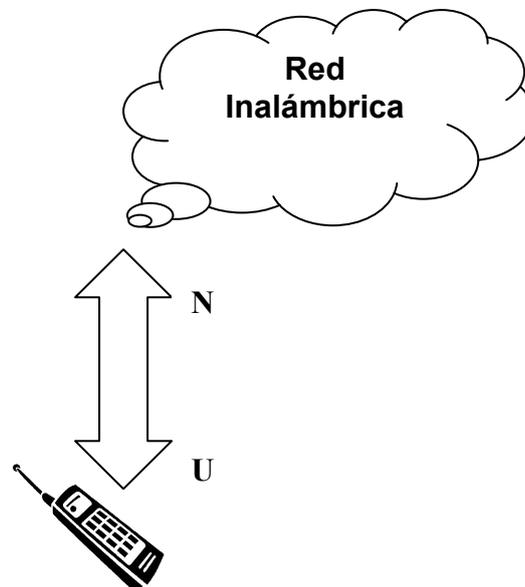


Figura 22. Arquitectura Funcional de un sistema de geolocalización. [L.4]

4.8 FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE GEOLOCALIZACIÓN.

Un proveedor de servicios de geolocalización provee de información y localización a los usuarios. Cuando un usuario hace una petición de localización de una estación móvil, el proveedor del servicio contacta al centro de control de localización consultando las coordenadas de esa estación móvil. Si la petición del usuario es de uso comercial, éste deseará que la ruta de la estación móvil sea trazada, el centro de control de localización recolectará información como parámetros como la intensidad de la señal recibida, BTS ID, TOA de las señales. Dependiendo de la información de la estación móvil, un conjunto de estaciones base (Base Stations) pueden ser utilizadas para obtener directa o indirectamente los parámetros buscados. Comúnmente a eso se le denomina **GBS** (*geolocation base stations*). Una vez que esta información es recolectada, el centro de control de localización puede determinar la posición del móvil con cierta precisión y transmitir esta información al proveedor de servicios. Entonces el proveedor de servicios utilizará esta información para desplegar la visualización de la estación móvil hacia el usuario. En algunos casos el usuario puede ser una estación móvil en sí, en cuyo caso los mensajes y arquitectura se simplificarán, especialmente si la aplicación involucra un sistema de posicionamiento – propio. [L.4]

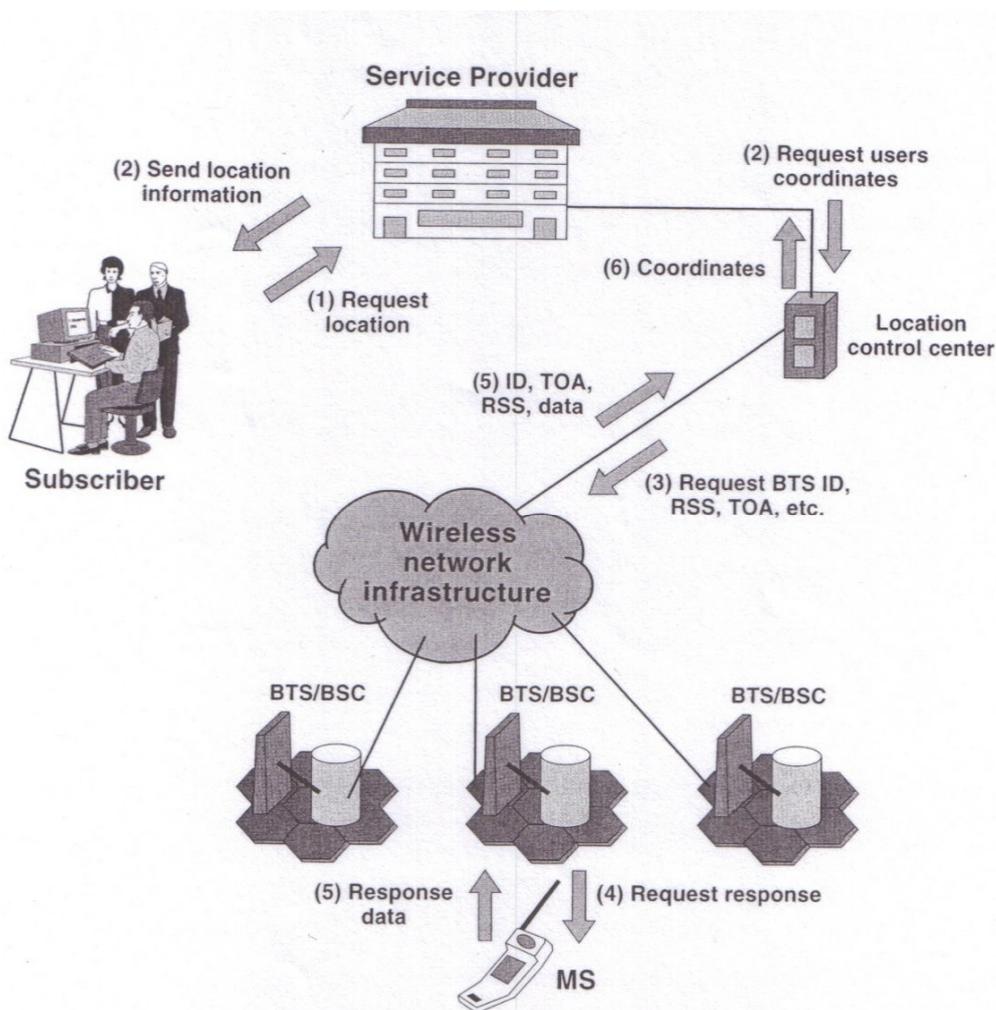


Figura 23. Arquitectura General de un sistema de geolocalización. [L-4]

4.9 MÉTODOS DE GEOLOCALIZACIÓN.

Consideremos un ejemplo de sistema de posicionamiento remoto donde las GBS son determinadas para la estación móvil. Un acercamiento similar es aplicable a sistemas de posicionamiento – propio. Es posible explotar las características de las radio señales transmitidas por una estación móvil que fija los receptores conocidos para determinar la posición de las estaciones móviles. Las GBS medirán características de ciertas señales y harán una estimación de la posición de la estación móvil basada en el conocimiento de su propia localización. En general el problema puede ser establecido de la siguiente forma: [L-4]

“Las posiciones de N receptores (GBS) son conocidas por medio de sus coordenadas (X_i, Y_i) para $i = 1, 2, 3, \dots, N$. Se requiere determinar la posición de estación móvil $MS(X_m, Y_m)$ utilizando las características de las señales recibidas por los transmisores”

Para poder determinar la posición (X_m, Y_m) , la distancia o dirección o ambas de la estación móvil MS se deben de estimar todas las GBS de las señales recibidas. Las distancias pueden ser determinadas a partir de las propiedades de las señales recibidas así como la intensidad de la señal, la fase de la señal, o el tiempo de arribo. Las direcciones de la estación móvil MS puede ser determinada por el ángulo de arribo de la señal recibida.

MEDICIONES BÁSICAS

A continuación se presentan algunos métodos para dar una estimación de la posición de un punto emisor de radio basándose en técnicas y procedimientos de medición físicos de parámetros intrínsecos a la recepción de una señal radioeléctrica: ^[1.19]

“TA (Timing Advance): es el procedimiento por el cual una estación base es capaz de calcular la distancia a la que se encuentra una MS del propio nodo (o viceversa).”

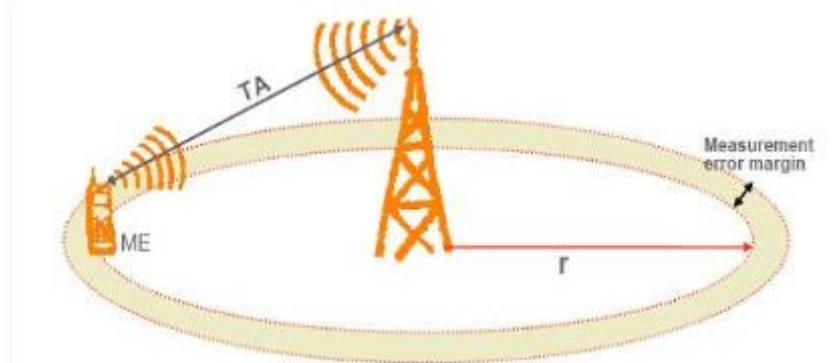


Figura 24. Timing Advance entre una estación y una base. ^[1.19]

“Para ello se miden los retardos de propagación de las señales radioeléctricas que intervienen en la comunicación entre BS-MS. Sabiendo que dichas señales viajan a una velocidad cercana a la de la luz podemos estimar (con mala precisión) dicha distancia, para trazar una circunferencia sobre la cual se ubicaría el MS”.

Las técnicas que se abarcarán en este capítulo son:

Técnica basa en Dirección.

- Ángulo de Arribo (AOA – Angle Of Arrival).

Técnica basa en Distancia.

- Tiempo de Arribo (TOA – Time of Arrival).
- Tiempo de diferencia de Arribo (TDOA – Time Difference of Arrival).
- Método de Intensidad de la Señal (SSM – Signa Strenght Method).

^[1.19] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

4.9.1 TÉCNICA BASADA EN DIRECCIÓN.

El ángulo de arribo (AOA: Angle Of Arrival), es una técnica de geolocalización que utiliza la dirección de arribo de la señal recibida para determinar la posición de la estación móvil. ^[L.4]

La técnica AOA calcula la localización de la estación móvil midiendo el ángulo de llegada o arribo de una señal, procedente de la estación móvil, en diferentes estaciones base, mediante el uso de antenas. De forma recíproca mide el ángulo de llegada de la señal, procedente de una estación base en el móvil. En cada caso una sola medida produce una línea recta desde la estación base al móvil.

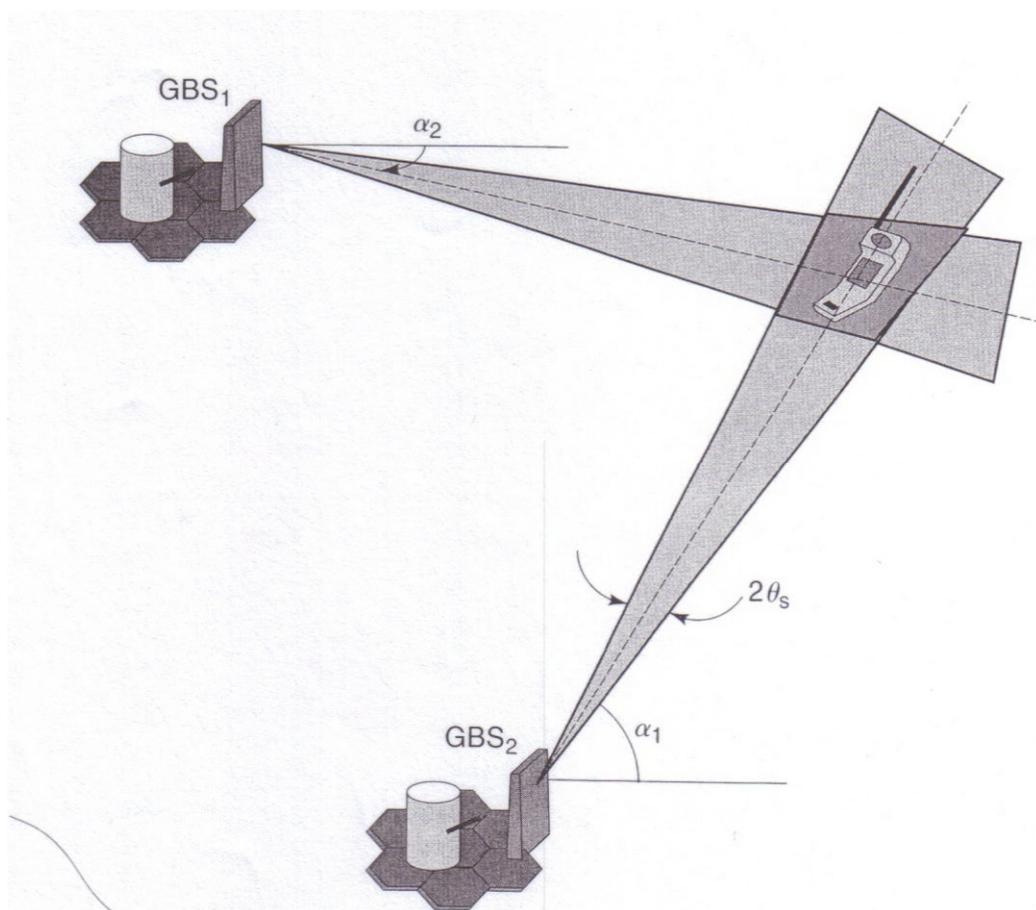


Figura 25. Técnica basada en Dirección (AOA). ^[L.4]

Proporciona una segunda línea recta; la intersección de ambas establece la localización del móvil.

La precisión de la posición estimada depende de donde se encuentre localizado el transmisor con respecto a los receptores. Si el transmisor se encuentra entre dos receptores sobre una línea recta, la medida del ángulo de arribo AOA, no podrá ser capaz de proveer una posición fija. Como resultado, más de dos receptores usualmente son necesarios para mejorar la precisión de la posición.

4.10 TÉCNICA BASADA EN DISTANCIAS.

Con la intensidad de la señal recibida, el tiempo de arribo TOA o tiempo de diferencia de arribo, las distancias entre las estaciones móviles y el receptor se pueden estimar. En cuyo caso, tres medidas son necesarias para estimar la posición de un móvil en dos dimensiones, y cuatro medidas para tres dimensiones. ^[L.4]

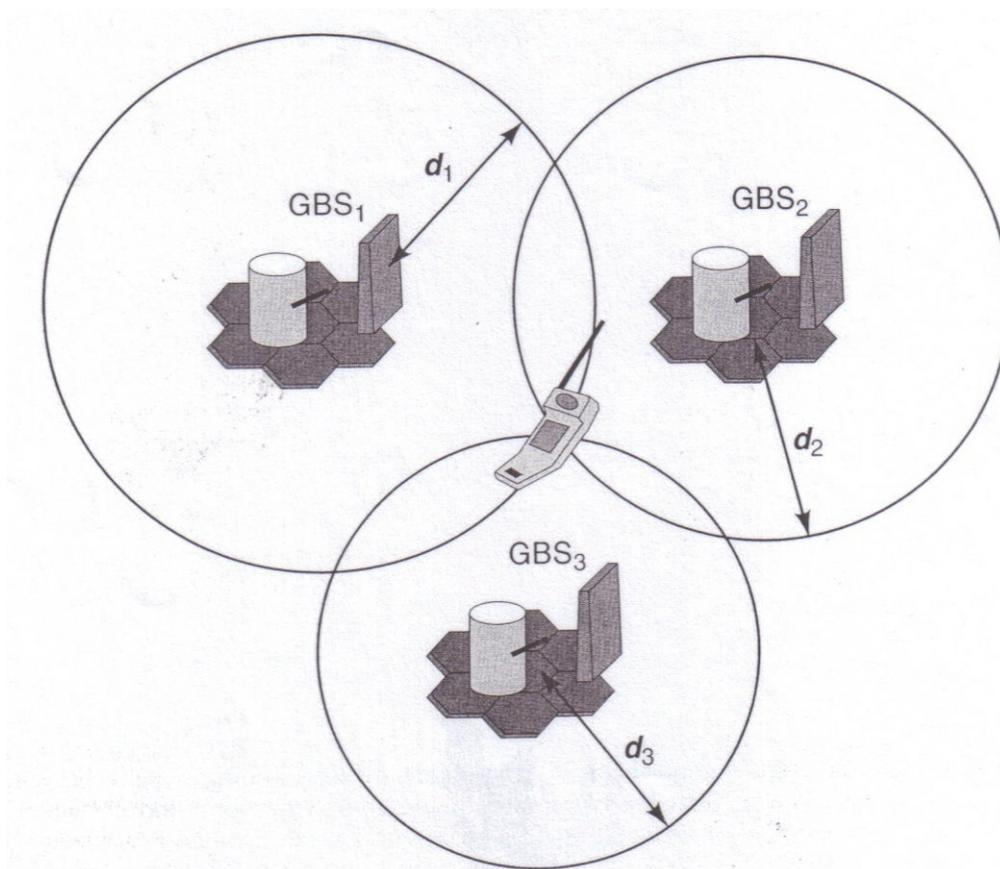


Figura 26. Técnica basada en Distancias para la posición en dos dimensiones. ^[L.4]

Si la distancia entre el receptor y el móvil es estimada como d , obviamente que el móvil podría ser localizado en una circunferencia de radio d centrada sobre el receptor. Una segunda circunferencia reduce la ambigüedad de la posición en los puntos comunes a ambas circunferencias. La tercera circunferencia provee un punto fijo sobre la localización del móvil.

4.10.1 MÉTODOS DE TIEMPO DE ARRIBO.

Una señal transmitida viaja 3×10^8 [m] por segundo sobre el libre espacio, y esta propiedad puede ser aprovechada para determinar la distancia entre el transmisor y el receptor. Esta técnica es empleada comúnmente en GPS otro método empleado por GPS es el tiempo de diferencia de arribo (TDOA). Si el tiempo en el cual la estación móvil transmite la señal conocida, la diferencia en los dos tiempos dará una estimación del tiempo tomado por la señal en llegar al receptor (GBS) de una estación móvil. ^[L.4]

Determina la posición de una estación móvil utilizando la técnica de triangulación, pero tiene una limitante, no debe existir interferencia entre la estación base y el dispositivo móvil; además necesita conocer el punto inicial de transmisión.

En este método la distancia entre una estación móvil (MS) y una estación base (BS) es medida encontrando el tiempo de propagación entre ambos. El tiempo de llegada de una señal en varias estaciones base puede ser usado para calcular la localización del móvil.

Geoméricamente esto proporciona un círculo, centrado en la BS, dentro del que debe estar la MS. Cada medida reduce la posición del móvil a un círculo alrededor de la estación base.

4.10.2 TIEMPO DE DIFERENCIA DE ARRIBO (TDOA)

Consiste en una técnica hiperbólica de determinación de la posición; donde la diferencia del tiempo de llegada de la señal de un usuario a dos estaciones base, se modela mediante una hipérbola que contiene la posición del móvil. La posición de un móvil se calcula fácilmente resolviendo el sistema de dos ecuaciones. ^[L.4]

4.10.3 MULTILATERACIÓN.

Se le conoce como posicionamiento hiperbólico y es el proceso de localizar una estación móvil haciendo uso de la precisión de del método TDOA de una señal emitida desde una estación hacia tres o más receptores. ^[1.22]

^[1.22] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

De tal forma el TDOA mide el tiempo relativo de llegada de una señal proveniente de la estación móvil, a cada una de al menos tres estaciones base en un instante dado, por lo que se necesita de una sincronización entre las bases y las estaciones. El tiempo de muestreo depende del receptor, la falta de sincronización lleva a un error de precisión

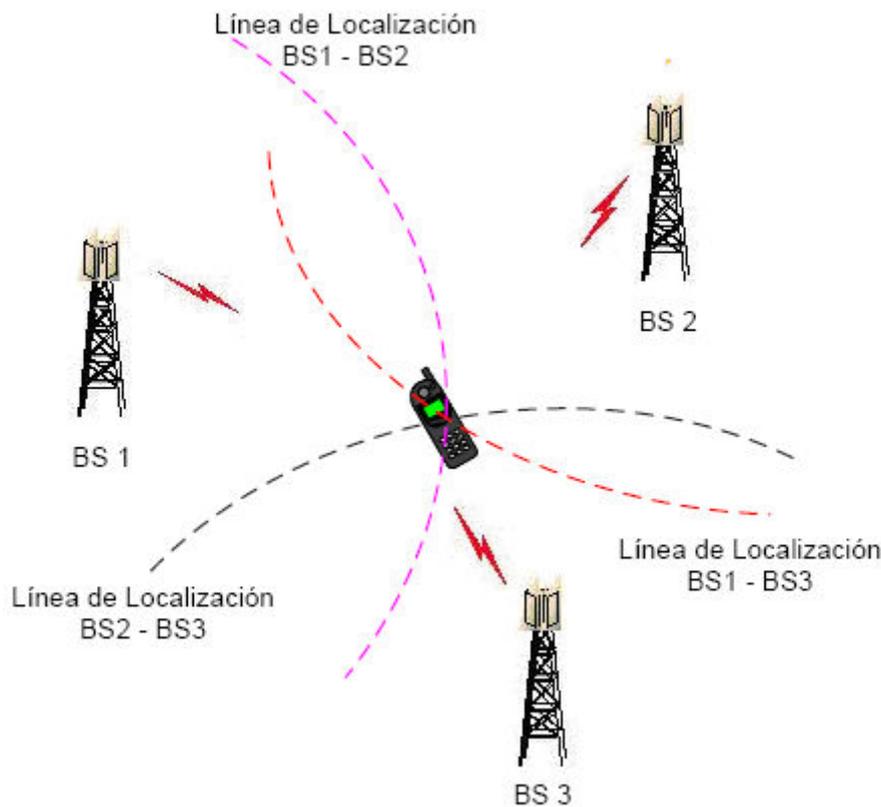


Figura 27. Técnica basada en Tiempo de Diferencia de Arribo (TDOA). ^[1.20]

4.11 MÉTODO DE INTENSIDAD DE LA SEÑAL.

Si la potencia de transmisión de una estación base es conocida, la medición RSS en la GBS puede proveer una estimación de la distancia entre el transmisor y el receptor, utilizando modelos matemáticos conocidos para la pérdida en el trayecto de la señal de radio dependiendo de las distancias. ^[L.4]

Así como el método TOA, la medición de la distancia determina una circunferencia, centrada en el receptor, sobre el cuál el transmisor móvil debe permanecer.

^[1.20] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

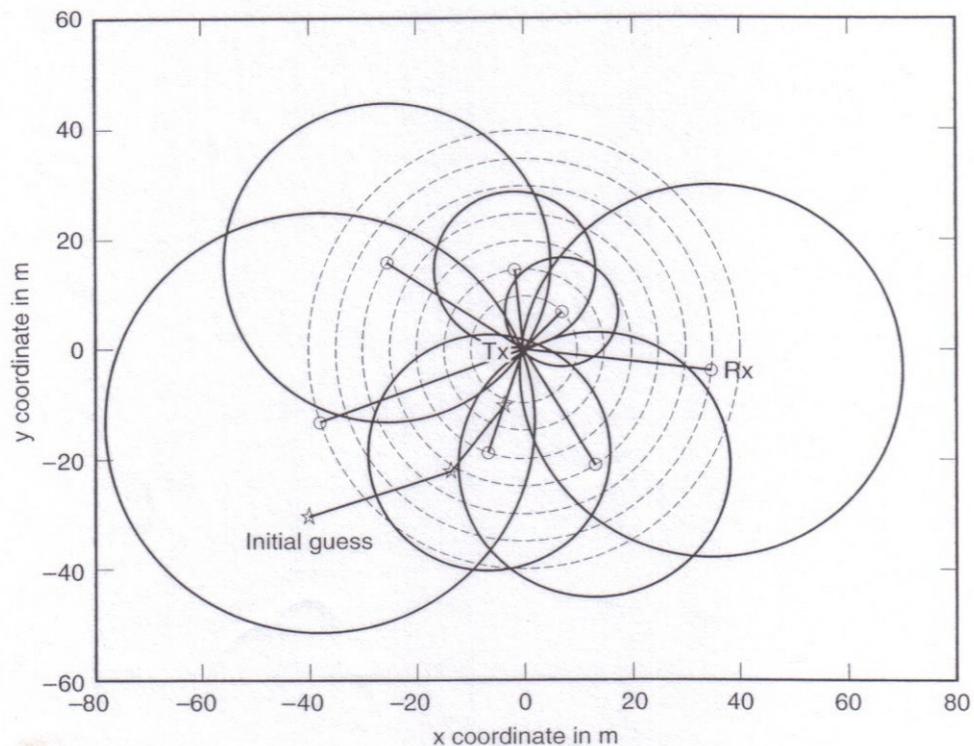


Figura 28. Recursividad de mínimos cuadrados para determinar la localización de una estación móvil usando 7 GBS. ^[L.4]

Los resultados de esta técnica en un receptor de baja complejidad para un sistema de posicionamiento propio (Self-positioning). La precisión de este método puede mejorarse con medidas RSS centradas sobre el receptor y múltiples bases.

Otros métodos empleados para la geolocalización son los siguientes:

- Método de fase de la señal recibida.
- Técnica basad en huella (fingerprinting-base)

4.12 TIPOS DE SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO.

4.12.1 GPS (GLOBAL POSITION SYSTEM)

El sistema de posicionamiento global, mejor conocido como GPS, es un sistema de navegación vía satélite, el cuál permite determinar la posición de un objeto o persona con alta precisión, el sistema fue desarrollado e instalado, y que actualmente es operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, aunque su invención se le atribuye a Francia y Bélgica. ^[1.23]

Este sistema cuenta con una red de 27 satélites de los cuales 24 son operativos y 3 son de respaldo en la órbita terrestre a 20,200 [Km]. Cuenta con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra.

Para determinar la posición es necesario de 3 satélites de los que recibe unas señales indicando la posición y el reloj de cada uno de ellos. Con base en estas señales, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el retraso de las señales; es decir, la distancia al satélite. Se basa en el método de "triangulación" para calcular la posición en que éste se encuentra el objeto o persona.

La triangulación en el caso del GPS, a diferencia del caso 2-D que consiste en averiguar el ángulo respecto de puntos conocidos, se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto de medición. Conocidas las distancias, se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los tres satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta o coordenadas reales del punto de medición. También se consigue una exactitud extrema en el reloj del GPS, similar a la de los relojes atómicos que llevan a bordo cada uno de los satélites. Cabe mencionar que el verdadero nombre de este sistema es NAVSTAR-GPS, que deriva del inglés Navigation System and Ranging – GPS.

Los motivos principales para su construcción fueron las importantes limitaciones que tenía el sistema *TRANSIT* (no lo podían usar las aeronaves). El primer satélite se lanzó en 1978, pero sin embargo el sistema no estuvo operativo hasta 1992.

- Gran rapidez en obtener la posición.
- Muy buena precisión.
- Cobertura global y continua.

Finalmente una de las principales desventajas de este sistema es el alto costo que se tiene al implementarlo, además de que para áreas cerradas es deficiente en su precisión.

^[1.23] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

4.12.2 GSM (Global System for Mobile Communications).

Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM) es un estándar para comunicación inalámbrica aplicada a teléfonos móviles, hace uso de la red celular para su funcionamiento. ^[1.24]

Este sistema de Comunicaciones móviles es el más universal, que garantiza, mediante itinerancia, una cobertura mundial y que permite telefonía vocal así como datos una red de repetidores para realizar llamadas de voz, datos o enviar mensajes de texto (SMS, siglas de Short Message System o Sistema de Mensajes Cortos).

A cada operador en el mercado se le asigna cierto ancho de banda, en ciertas frecuencias delimitadas, que debe repartir para el envío y la recepción del tráfico a y desde los distintos usuarios. Por tanto, no puede emplearse una sola antena para recibir la señal de todos los usuarios a la vez, ya que el ancho de banda no sería suficiente; y además, deben separarse los rangos en que emiten unos y otros usuarios para evitar interferencias entre sus envíos.

“El sistema GSM basa su división de acceso al canal en combinar los siguientes modelos de reparto del espectro disponible. El primero es determinante a la hora de especificar la arquitectura de red, mientras que el resto se resuelve con circuitería en los terminales y antenas del operador”.

Sus características para su funcionamiento se listan a continuación:

- Empleo de celdas contiguas a distintas frecuencias para repartir mejor las frecuencias (SDMA, Space Division Multiple Access o acceso múltiple por división del espacio); reutilización de frecuencias en celdas no contiguas;
- División del tiempo en emisión y recepción mediante TDMA (Time Division Multiple Access, o acceso múltiple por división del tiempo);
- Separación de bandas para emisión y recepción y subdivisión en canales radioeléctricos (protocolo FDMA, Frequency Division Multiple Access o acceso múltiple por división de la frecuencia);
- Variación pseudoaleatoria de la frecuencia portadora de envío de terminal a red (FHMA, Frequency Hops Multiple Access o acceso múltiple por saltos de frecuencia).

^[1.24] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

“Su objetivo es lograr que el usuario de una estación móvil sea capaz de posicionarse en el plano sin que la red, su proveedor y los operarios del mismo tengan constancia de ello. Se pretende que el usuario pueda realizar esta tarea desde su propio terminal móvil de forma cómoda, barata y sencilla, sin tener que cargar con pesadas antenas u otros dispositivos o tener que comprar caros terminales que integren GPS”.

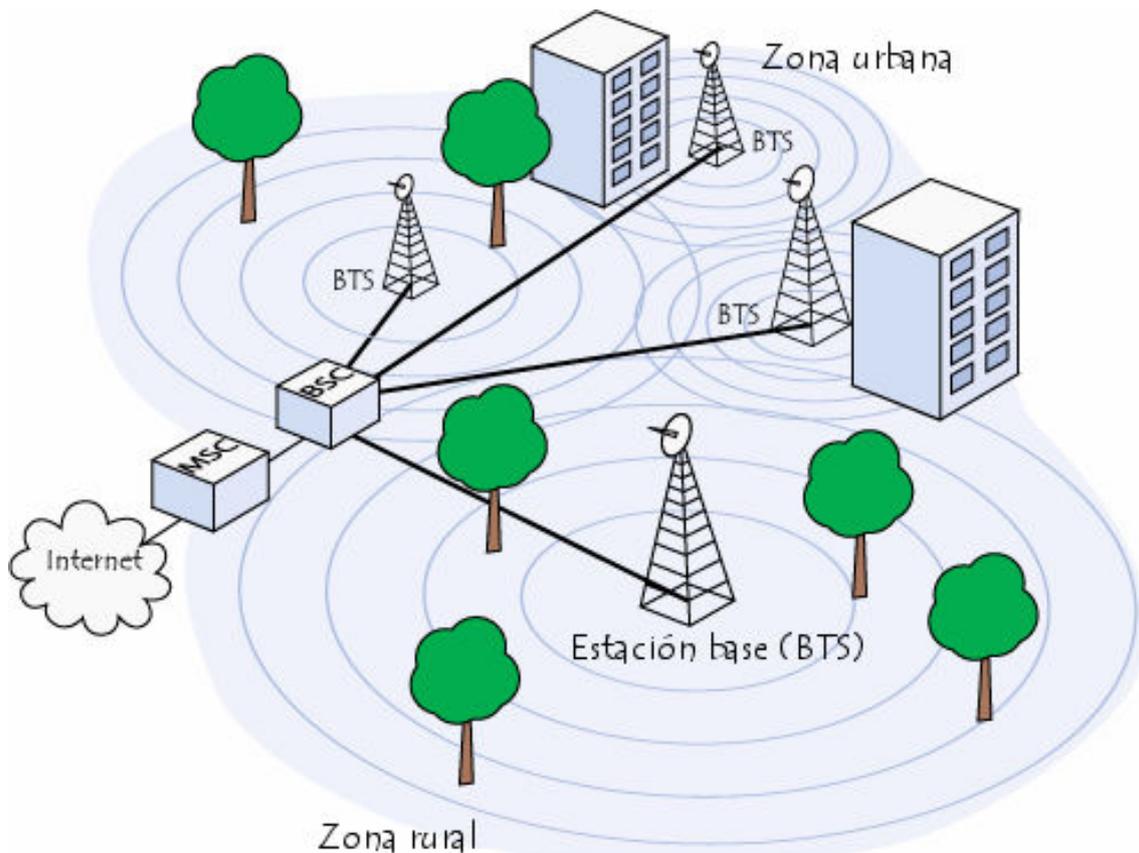


Figura 29. Estructura de la red GSM. [1.25]

“Son soluciones aplicables por parte de la operadora u otras entidades con ciertos fines comerciales y de marketing, como pudiera ser el envío de mensajes SMS publicitarios cuando un usuario de la red móvil pase por cierta zona geográfica. Ésta es la filosofía sobre la que se basa la emergente tecnología llamada LBS (Location Based Services). Otro fin puede ser el control demográfico”.

[1.25] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

TÉCNICAS DE GEOPOSICIONAMIENTO DEL OPERADOR

CGI (Cell Global Identity): También denominado CID (Cell ID). Usa la información del HLR para posicionar en un área geográfica al usuario. La precisión es mala, teniendo en cuenta que simplemente sabemos la zona de cobertura sobre la que se encuentra asociado el terminal móvil. Por tanto la precisión de la localización es de un error tan grande como el radio de cobertura de la celda. ^[1.20-1.21]

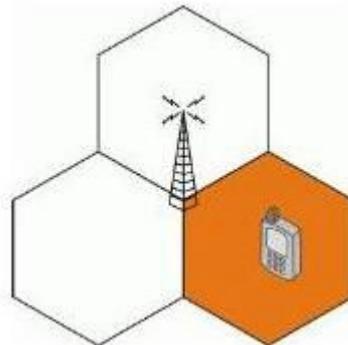


Figura 30. Estructura de CGI. ^[1.21]

CGI-TA: Combina las técnicas Timing Advance junto con CGI. Esta técnica también es conocida por E-CID (Enhanced CID). Ofrece una mala precisión en el posicionamiento y está directamente vinculado con la extensión de cobertura de la célula, cometiendo errores de hasta varios km en zonas rurales y unos 10 metros en el mejor de los casos cuando la estación base tiene una cobertura muy local. “Esta tecnología no podría ser usada para posicionamiento en tiempo real, navegación... etc”, pero en cambio es útil cuando un abonado desea información acerca de la zona geográfica en la que se encuentra, ya que no se requiere de una máxima precisión. Por ello es útil para informar a los usuarios acerca de previsiones meteorológicas locales, restaurantes o gasolineras cercanas etc.

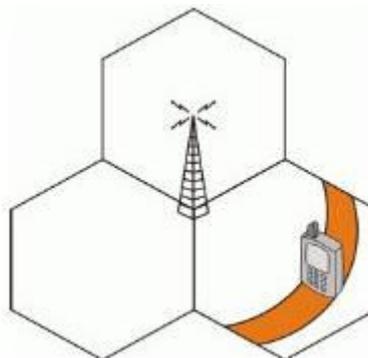


Figura 31. Estructura de CGI-TA. ^[1.21]

^[1.20-1.21] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

A-GPS (Assisted Global Positioning System): Se basa en una implementación independiente de la red GSM. En este caso, el operador de la red móvil ofrece un servicio de posicionamiento del usuario basándose en la tecnología GPS, de forma que aproximadamente cada 200-400Km de cobertura bajo estaciones base se ubique un dispositivo auxiliar de asistencia GPS que puedan usar bajo demanda los abonados cuyo terminal móvil lleve integrado un receptor GPS. Esta solución permitiría acelerar el proceso estimado de cálculo de posicionamiento por un GPS, mejorando los tiempos de 45-20 segundos a unos 1-8 segundos y sin problemas de condicionamiento meteorológico.

4.13 COMPARACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE GEOLOCALIZACIÓN.

TÉCNICAS DE GEOLOCALIZACIÓN

TECNICA	COBERTURA	PRECISIÓN	RETARDO
Mobile Centric, basado en GPS	No tiene cobertura en áreas cerradas, interferencia con obstáculos.	Buena en áreas rurales y abiertas, pobre en áreas urbanas o cerradas.	Bajos niveles de exigencia en requerimientos. Tiempo de retardo largo en fijar el primer punto.
Network Centric AOA	Buena en áreas abiertas.	Pobre.	Baja, solo información angular es necesaria para transmitir
Network Centric TOA/TDOA	Buena.	Media, a veces inalcanzable.	Baja a alta, depende del número de muestras.
Assited GPS	Buena en áreas abiertas, no así en áreas cerradas.	Excelente.	Bajo tiempo para fijar la precisión, múltiples señales entre la red y la estación móvil.

Tabla 10. Técnicas de aproximación en geolocalización. [L.4]

El objetivo primordial de la localización vía radio de una estación móvil es posicionar al mismo en el plano con cierto grado de precisión para saber con exactitud dónde se ubica.

“Para ello se pretende emplear una red radioeléctrica que pueda facilitar por medio de ciertos equipos de su infraestructura información suficiente para realizar cálculos que lleven a obtener las coordenadas de la estación implicada”.

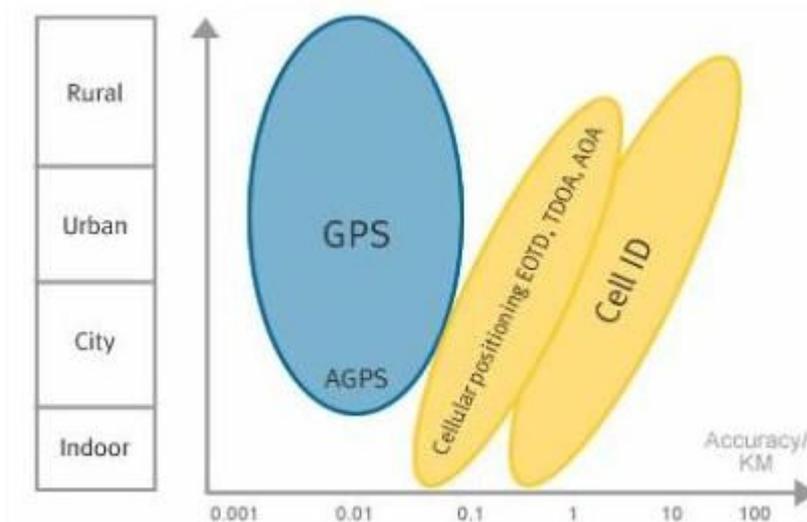


Figura 32. Marco comparativo de soluciones de geolocalización. [1.19]

Como se puede ver, la solución vía satélite del GPS o el AGPS (GPS asistido) es la más precisa y no está condicionada por el entorno urbano del usuario (pese a sí estar condicionada por las condiciones climatológicas). Es capaz de llegar a una precisión de unos 5 metros en el mejor caso y en pésimas condiciones el error es mayor a 100 metros. Por otra parte, en la figura están representadas las soluciones AOA, EOTD, TDOA.

CAPITULO 5

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO POR WIFI

5.1 INTRODUCCIÓN.

Los servicios basados en localización (LBS, Location Based Services), son relativamente recientes derivados de las redes móviles, el cuál comienza a expandirse rápidamente después de que las redes móviles han sido habilitadas para determinar la localización de dispositivos móviles. Estos servicios ayudan a los usuarios a interactuar de mejor modo con su entorno. Las aplicaciones basadas en los servicios de localización proveen la ubicación de determinados objetos, personas y lugares, navegación en vías de comunicación como carreteras, notificación como alertas climatológicas, noticias, y alertas de tráfico y posibles rutas alternativas, y otros servicios donde se requieran servicios de localización.

Este tipo de aplicaciones pueden ser vistas como sistemas de localización extendiéndolas hacia tareas específicas de información de localización relativa. Un sistema basado en un servicio de localización (LBS, Location Based Services) puede ser caracterizado bajo la infraestructura, método de posicionamiento. El posicionamiento por medio de una red inalámbrica IEEE 802.11 ha sido un tema recientemente nuevo. El RADAR de Microsoft y el sistema de posicionamiento Ekahau son ejemplos de cómo utilizan las redes inalámbricas para dar servicios de localización.

5.2 FUNCIONAMIENTO.

Un sistema de posicionamiento por medio de WiFi es una aplicación desarrollada especialmente para áreas cerradas en donde la intensidad de la señal inalámbrica es considerablemente buena. La infraestructura de transmisión desde y hacia los puntos de acceso de la red inalámbrica determina la posición del usuario por medio de un dispositivo móvil como por ejemplo un Asistente Personal Digital o simplemente PDA, laptop o cualquier otro dispositivo móvil. ^[1.16-1.17]

[1.16-1.17] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

Los sistemas desarrollados hasta el momento han indicado los siguientes aspectos importantes:

- a) Una estabilidad de un radio de infraestructura de WLAN de 2.4 GHz, esto ha sido probado y experimentado para proporcionar mejores resultados.
- b) Verificación empírica del modelo y efecto de Geometría de Distribución (Geometry Of Distribution GOD).
- c) Penetración de áreas cerradas o divididas por paredes.

De los resultados de las pruebas y experimentos anteriores así como también del análisis, se han concluido que un sistema de posicionamiento por medio de WiFi es factible teniendo una precisión de 1 a 3 [m].

5.3 ALTERNATIVAS PARA LA LOCALIZACIÓN POR MEDIO DE WIFI.

La localización mediante redes Wireless puede llevarse a cabo de diferentes maneras, para ello se basan en el concepto de Potencia y Vector Poyting.

5.3.1 POTENCIA Y VECTOR POYNTING.

El vector de Poynting es un vector cuyo módulo representa la intensidad instantánea de energía electromagnética y cuya dirección y sentido son los de propagación de la onda electromagnética. De una manera más general el vector de Poynting puede definirse como el producto vectorial del campo eléctrico y el campo magnético. ^[1.26]

5.3.2 VECTOR POTENCIA.

^[1.26] La información de la señal de los Puntos de Acceso que se recoge en los dispositivos se almacena en una base de datos, esto significa un vector donde cada celda contiene la potencia que le llega al usuario desde cada Access Point a su posición.

^[1.26] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

Este método se compone de tres fases.

- Información de los Puntos de Acceso.
- Construcción de la base de datos.
- Obtención de vectores con niveles de señal.

En la primera fase hay que conocer la información de los Puntos de Acceso.

En la segunda, la fase, se construye la base de datos con el dispositivo, de forma que se guarden las potencias de cada Punto de Acceso para cada posición de la región.

En la tercera fase o fase de estimación, se obtiene para cada localización un vector con los niveles de señal recibida de cada uno de los Puntos de Acceso. Este vector se compara con la base de datos para obtener la posición estimada como aquella en la que los niveles de señal son más cercanos o parecidos.

5.3.4 TRIANGULACIÓN.

“La triangulación, en geometría, es el uso de la trigonometría de triángulos para determinar posiciones de puntos, medidas de distancias o áreas de figuras”. [1.19]

“En geodesia, se emplea para determinar los puntos singulares de un territorio, mediante el cálculo exacto de los vértices geodésicos, con sistemas de triángulos muy grandes, llamados redes de triangulación. También se utiliza en topografía”.

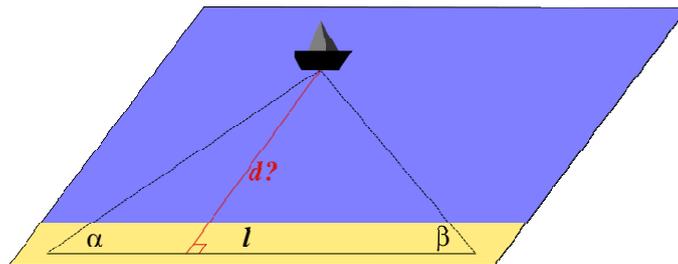
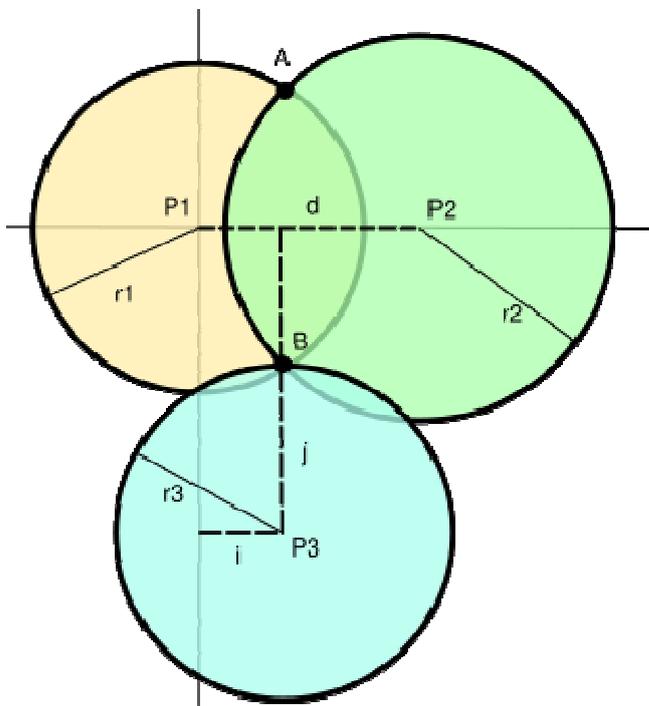


Figura 33. Método de Triangulación para determinar una posición. [1.19]

Triangulación mediante GPS.

La triangulación mediante GPS consiste en averiguar el ángulo de cada una de las tres señales respecto al punto de medición. Conocidos los tres ángulos se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los tres satélites. ^[1.28]

Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta, o coordenadas reales del punto de medición.



“En la posición B, se pueden calcular las coordenadas usando los puntos conocidos P1, P2 y P3 en un plano horizontal. Para medir la distancia r1 se pone en una circunferencia. Para medir r2 se pone en dos puntos A o B. Para medir la tercera distancia r3, le da las coordenadas del punto B. Eso se conoce como resección o trilateración”.

Figura 34. Método de Triangulación para determinar una posición. ^[1.19]

^[1.28] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

Triangulación Potencia.

Triangulación es un término originariamente usado en los círculos de la navegación por tomar múltiples puntos de referencia para localizar una posición desconocida. ^[1.27]

La triangulación se basa en las siguientes fases:

- Con las potencias de tres puntos de acceso que llegan al cliente se crea un sistema de ecuaciones, que representa tres círculos
- Se resuelve el sistema de ecuaciones para obtener un conjunto de puntos, llamados puntos de triangulación
- Cada punto de triangulación se considera el vértice de un triángulo
- Se forman todos los triángulos posibles y se calculan sus áreas para compararlas

El centro del triángulo con el área más pequeña se toma como estimación de la ubicación del cliente.

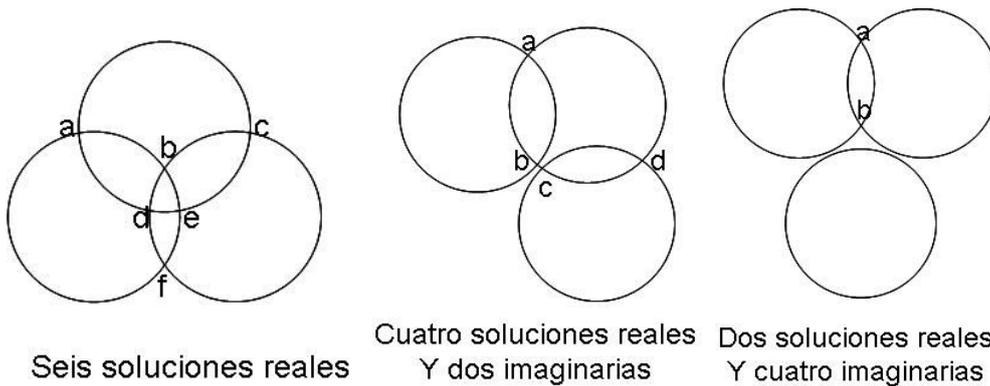


Figura 35. Puntos de triangulación resultado de un sistema de ecuaciones.

^[1.27] Ver referencia al sitio Web en la bibliografía.

5.3.5 HEURÍSTICAS.

Se denomina heurística a la capacidad de un sistema para realizar de forma inmediata innovaciones positivas para sus fines. ^[N.2]

En computación, dos objetivos fundamentales son encontrar algoritmos con buenos tiempos de ejecución y buenas soluciones, usualmente las óptimas. Una heurística es un algoritmo que abandona uno o ambos objetivos; por ejemplo, normalmente encuentran buenas soluciones, aunque en ocasiones no hay pruebas de que la solución no pueda ser arbitrariamente errónea; o se ejecuta razonablemente rápido, aunque no existe tampoco prueba de que deba ser así.

Los métodos heurísticos se pueden utilizar por si solos o como mejora de los dos métodos principales, descartando posiciones de la base de datos para reducir las posibles localizaciones.

Tipos de Heurísticas.

- **Búsquedas Ciegas:** Busca la primer solución sin importar que tan óptima sea; no detecta si se está aproximando o alejando de la solución. No es capaz de encontrar una solución aceptable en caso de que no exista o sea demasiado costoso encontrar la solución óptima. Se tienen por ejemplo:
Exhaustiva, Por Profundidad, Por Amplitud, Costo Uniforme, etc.
- **Búsquedas Heurísticas:** Busca soluciones aceptables; reduce el espacio de búsqueda y es capaz de determinar su proximidad a una solución y la calidad de la misma utilizando conocimiento a priori. Se tienen por ejemplo:
Búsqueda A.*

^[N.2] Ver referencia a la nota en la bibliografía.

Heurística de Proximidad.

Este método se basa en el punto de acceso más cercano al terminal para determinar su posición. Según la potencia que llega al cliente de cada punto de acceso, se descartan los valores mínimos y se dice que la mayor potencia corresponde al del punto de acceso más cercano al dispositivo. Por lo tanto, se asume que el cliente está en la posición de dicho punto de acceso.

Método de los vecinos más cercanos.

El método de los k-vecinos más cercanos forma parte de una familia de técnicas de aprendizaje conocida como aprendizaje basado en ejemplos (instance-based learning). El aprendizaje en estos algoritmos consiste simplemente en memorizar los ejemplos de entrenamiento presentados.

Cuando una nueva posición se le presenta al sistema de aprendizaje, un conjunto de ejemplos similares se recupera de la memoria para clasificar la nueva posición.

Por lo tanto, podemos conocer una ubicación aproximada del usuario. En inconveniente de esta técnica es que requiere un gran número de puntos de calibración para poder hacer las comparaciones.

Heurística de Movimiento.

El movimiento es una parte importante del contexto de un usuario en un sistema de localización. Es posible clasificar a un usuario como parado o en movimiento basándonos en la fuerza de la señal WiFi. Hay que tener en cuenta que la fuerza de señal de los Puntos de Acceso que hace más picos alrededor de la posición estimada cuando el dispositivo está en el movimiento que cuando está parado.

También hay que entrenar al dispositivo tanto en movimiento alrededor de una zona como parado en un punto de interés.

5.3.6 CAMPOS POTENCIALES

El método de campo de potencial es conocido como un método local, ya que sólo calcula el movimiento para una configuración inicial-final dada. Comienzan en el punto inicial e intentan mover el objeto/individuo en pequeños pasos hacia el objetivo destino. ^[N.3]

Este método esencialmente trata el ambiente de trabajo como un campo de fuerzas, dando un valor diferente a cada objeto sobre este. El objetivo o punto de llegada se considera como un imán de polaridad contraria a la del móvil, es decir que tiene fuerza de atracción mientras que los obstáculos se comportan como imanes de igual polaridad emitiendo fuerzas repulsivas.

La idea básica de este método es representar la posición de un objeto/individuo por un punto en el espacio, tomándolo como una partícula bajo la influencia de un campo potencial artificial "U", y dependería únicamente de los obstáculos alrededor para alcanzar la posición deseada.

La función de campo potencial este definida como la suma de un *campo de atracción* que empuja al objeto/posición hacia la posición deseada, y un *campo de repulsión* que lo aleja de los obstáculos. La ruta del movimiento está dada por iteraciones, en las cual la fuerza artificial es inducida.

$$\bar{F}(q) = -\nabla U(q)$$

Donde ∇ es el gradiente en q , y q son las coordenadas del objeto/individuo $q=(x,y)$.

El campo potencial es generado por el campo de atracción y el de repulsión de la siguiente forma:

$$U(q) = U_{atr}(q) + U_{rep}(q)$$

De igual forma las fuerzas quedan expresadas de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}\bar{F}(q) &= \bar{F}_{atr}(q) + \bar{F}_{rep}(q) \\ \bar{F}_{atr}(q) &= -\nabla U_{atr}(q) \\ \bar{F}_{rep}(q) &= -\nabla U_{rep}(q)\end{aligned}$$

^[N.3] Ver referencia a la nota en la bibliografía.

El proceso iterativo funciona considerando el siguiente algoritmo:

1. Considerar que cada obstáculo genera una fuerza de repulsión normal a la superficie sobre la cual se realiza el trazado de ruta y que la posición objetivo destino es una fuerza de atracción.
2. Calcular el vector de fuerzas resultantes.
3. Calcular una nueva posición para el objeto/individuo como resultado de aplicar una fuerza aceleradora.
4. Repetir el paso 1.

CAMPO POTENCIAL DE REPULSIÓN

El objetivo del campo potencial es crear una fuerza que aleje de los obstáculos al objeto/individuo, esto se obtiene haciendo uso de un valor potencial el cuál tiende al infinito (∞) en la superficie del obstáculo y decrece conforme el objeto/individuo se aleja de él. La siguiente ecuación muestra un campo con las características mencionadas:

$$U_{rep}(q) = \frac{1}{2} \eta \frac{1}{\|q - q_{obstacle}\|^2}$$

Donde $q_{obstáculo}$ representa las coordenadas del obstáculo.

Para múltiples obstáculos, el campo potencial total es la superposición del campo potencial individual para cada obstáculo, esto se expresa de la siguiente forma:

$$U_{rep}(q) = \sum_{i=0}^k U_{rep}^k(q)$$

Se utilizan esas áreas para encontrar las fuerzas de repulsión que actúan sobre el objeto/individuo.

CAMPO POTENCIAL DE ATRACCIÓN

Un campo potencial de atracción crea una fuerza de atracción a través de la posición deseada, se puede considerar como un campo parabólico de la siguiente forma:

$$U_{atr}(q) = \frac{1}{2} \varepsilon_1 \|q - q_{destino}\|^2$$

Donde $q_{destino}$ representa las coordenadas del destino o posición deseada.

Existen algunos métodos para trazar la ruta utilizando campos potenciales, una de ellas es por medio del vector gradiente para guiar al objeto/individuo de la posición inicial hacia la posición destino, definiendo la posición de un vector unitario hacia la dirección del gradiente:

$$\vec{f}(q) = \frac{\vec{F}(q)}{\|\vec{F}(q)\|}$$

La siguiente figura muestra el comportamiento de este método.

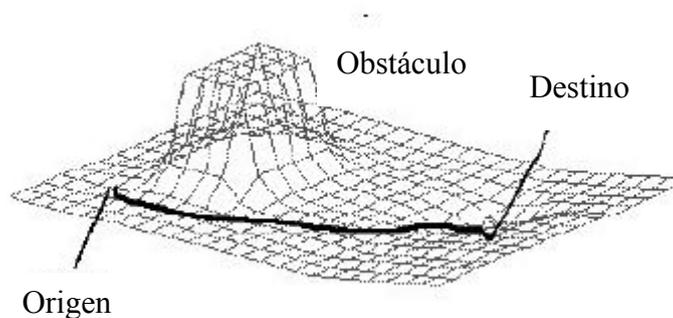


Figura 36. Campo potencial creado por un obstáculo. ^[N.3]

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MÉTODO DE CAMPOS POTENCIALES

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Buena aproximación en localización.• La aproximación se da de forma rápida.	<ul style="list-style-type: none">• Local minimun avoidance (<i>evasión local mínima</i>), cuando las fuerzas de repulsión se cancelan con las fuerzas de atracción creando un campo potencial nulo.

Tabla 10. Ventajas y desventajas de los campos potenciales.

APLICACIÓN DE LOS CAMPOS POTENCIALES

Actualmente los métodos de campos potenciales es utilizada en la navegación robótica, es decir en el trazo de rutas de trayectorias para robots móviles.

El camino obtenido puede ser codificado y enviado por radiofrecuencia al robot, donde un microcontrolador puede interpretar y ejecutar las acciones sobre los motores del móvil.

Estos métodos son aplicados para que los sistemas robotizados sean más autónomos en su desempeño, de tal forma que puedan adaptarse a cambios en los entornos en los que se encuentran. En este sentido se requiere calcular trayectorias para que junto con la cinemática del sistema robotizado se pueda definir el movimiento del robot.

5.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MÉTODOS.

En el método del Vector de Potencia, la fase de construcción de la base de datos es la que hace que éste sea el método más preciso.

La técnica de la Triangulación de Potencia, no tiene fase de construcción de la base de datos de los dispositivos, esto hace que se pase directamente de la fase de conocimiento de los Puntos de Acceso a la fase de estimación de la posición del usuario.

Las técnicas heurísticas se utilizan para mejorar la precisión en los sistemas que utilizan un método como la triangulación de potencia, en la que la precisión se puede aumentar aplicándolas.

CAPITULO 6

APLICACIÓN BASADA EN POSICIONAMIENTO POR WIFI

6.1 ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO.

Después de revisar la teoría en capítulos anteriores, ahora se parte a desarrollar una aplicación que permita dar la localización de una persona dentro del campus universitario aprovechando la infraestructura de la Red Inalámbrica Universitaria (RIU). Así mismo generar un mapa representativo que muestra dicha localización.

Esto en base a que se pretende realizar un sistema de geolocalización similar al sistema de posicionamiento global (GPS) con algunas diferencias marcadas como son las siguientes:

- Hacer uso de la red inalámbrica universitaria mediante sus puntos de acceso localizados en Ciudad Universitaria, en vez de satélites.
- Cubrir áreas cerradas, como edificios, así como también áreas abiertas libres de obstáculos siempre y cuando la red inalámbrica lo permita.
- Crear una aplicación con una interfase amigable y de fácil uso para los usuarios.
- Acceder a dicha interfase mediante un sistema de cómputo con una tarjeta de red inalámbrica.

6.2 JUSTIFICACIÓN DEL WIFI.

Antes de pasar al desarrollo de la aplicación se darán algunas razones por las cuáles el uso del WiFi fue la mejor opción para la realización de esta aplicación.

Como se ha visto a lo largo de este trabajo el WiFi se ha ido posicionando dentro de las tecnologías de información a lo largo del tiempo en que las redes han evolucionado, desde redes cableadas y de poco alcance hasta redes inalámbricas y de mayor alcance. El crecimiento en el desarrollo de dispositivos electrónicos que incorporan esta tecnología como medio de comunicación así mismo al desarrollo de aplicaciones que toman esta medio de comunicación para desenvolverse.

Cabe mencionar que de ninguna forma se pretende mencionar que el sustituto del GPS es el WiFi, sólo se toma como una alternativa aprovechando las redes inalámbricas para cubrir áreas cerradas en las que el GPS no es posible su funcionamiento óptimo.

Para dar conclusión a todo lo anterior se presenta la siguiente tabla que muestra las ventajas y desventajas de cada tecnología.

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
WIFI	Al ser redes inalámbricas, la comodidad que ofrecen es muy superior a las redes cableadas porque cualquiera que tenga acceso a la red puede conectarse desde distintos puntos dentro de un rango suficientemente amplio de espacio.	Una de las desventajas que tiene el sistema Wi-Fi es una menor velocidad en comparación a una conexión con cables, debido a las interferencias y pérdidas de señal que el ambiente puede acarrear.
	Una vez configuradas, las redes Wi-Fi permiten el acceso de múltiples ordenadores sin ningún problema ni gasto en infraestructura, no así en la tecnología por cable.	Para la localización de un objeto o sujeto, la precisión no puede ser excelente
	La Wi-Fi Alliance asegura que la compatibilidad entre dispositivos con la marca <i>Wi-Fi</i> es total, con lo que en cualquier parte del mundo podremos utilizar la tecnología Wi-Fi con una compatibilidad total.	
	Sus costos de operación son relativamente bajos.	
	No se requiere de dispositivos especiales para poder conectarse a la red inalámbrica.	
GPS	Su precisión es casi exacta, incluso en condiciones meteorológicas muy adversas.	Sus altos costos de operación y servicios a los usuarios
	Su funcionamiento es por medio de satélites, lo que permite localizar un objeto o sujeto a nivel mundial.	Su ineficiencia en la localización dentro de áreas cerradas, como edificios. Se requiere de equipos especiales, los cuales su costo es un poco elevado.
	Permite elaborar rutas sobre mapas, registrando en el dispositivo los puntos por los que se quiere, o debe pasar y, sobre el terreno, activando esa ruta, una pantalla gráfica indicará si se esta sobre el rumbo correcto o se esta desviando en alguna dirección.	

Tabla 10. Ventajas y desventajas del WiFi/GPS

6.3 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.

El desarrollo de la aplicación WiFi*Geo se realizó mediante la plataforma de Microsoft Visual Studio, la programación utilizada fue en lenguaje C#, debido a que los módulos y librerías de Visual Studio hacen posible la recolección de información de dispositivos de red.

También se conjuntó con la posibilidad de generar mapas utilizando el API de desarrollo de Google Maps, el cuál utiliza como lenguaje de script JavaScript y el lenguaje de marcado de hipertexto HTML para su representación en un navegador Web.

6.3.1 ARQUITECTURA.

La arquitectura se basa en Cliente/Servidor, donde el cliente es la aplicación desarrollada “WiFi*Geo”, y el servidor es el servidor “Web” de la red inalámbrica, además de tener un contenedor con la información a buscar “PC” y un módulo auxiliar en la búsqueda de los Puntos de Acceso “Network Stumbler”

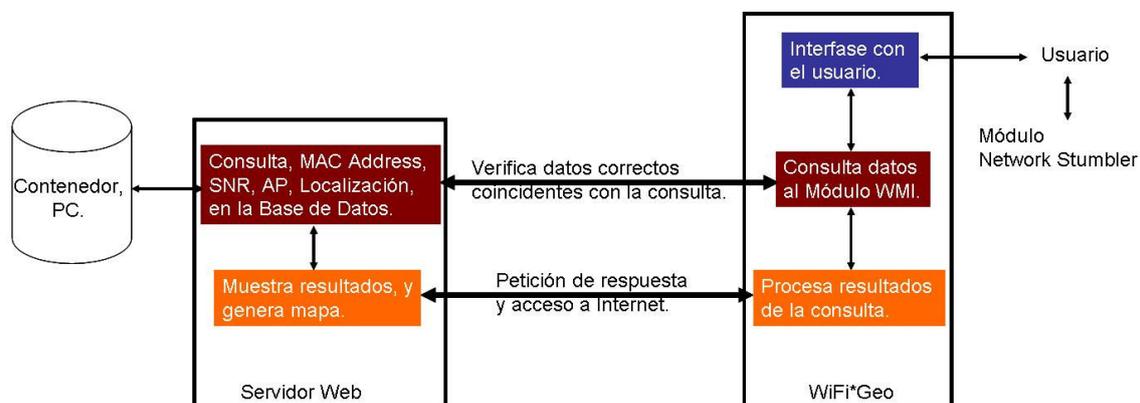
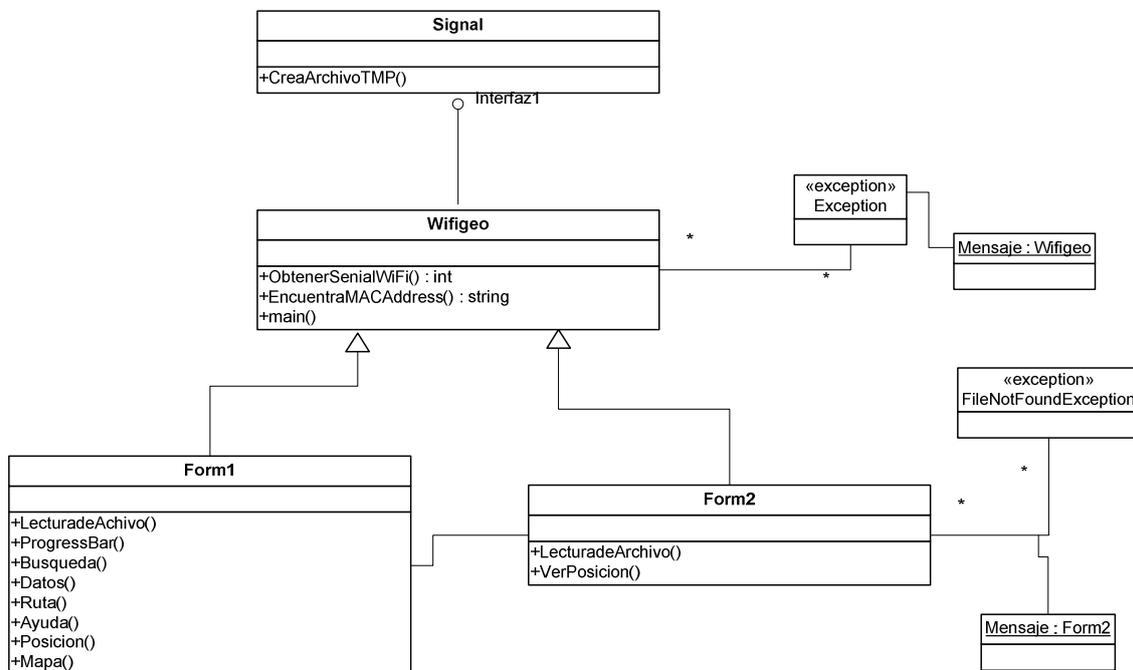


Figura. Arquitectura WiFi*Geo

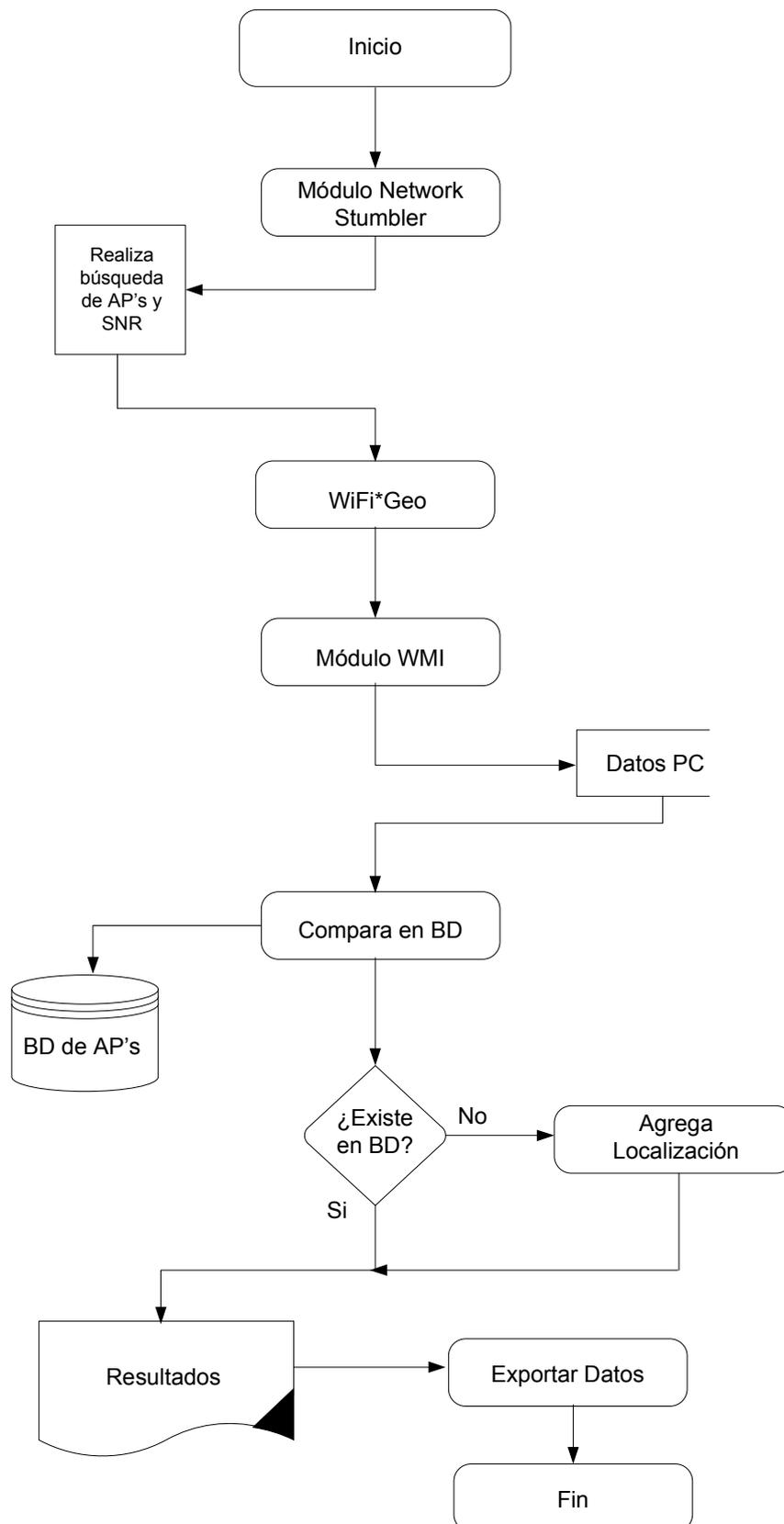
Primero se ejecuta el módulo auxiliar “Network Stumbler” para poder encontrar los puntos de acceso activos así como la intensidad de la señal, que nos servirá para después realizar una comparación con la intensidad de señal que nos arroja la aplicación WiFi*Geo, y así generar un error de estimación.

Posteriormente se ejecuta la aplicación WiFi*Geo, la cuál toma los datos recolectados de Network Stumbler como el punto de acceso y su intensidad de señal, posteriormente realiza la búsqueda del punto de acceso más cercano por medio de la intensidad de señal y compara el punto de acceso ingresado con los almacenados en la base de datos y así generar una respuesta. Una vez generada la respuesta se da la localización así como el mapa de la ubicación del usuario.

6.3.2 DIAGRAMA DE CLASES.



6.3.3 DIAGRAMA DE FLUJO.



6.3.4 DISEÑO.

El diseño de la aplicación esta programado por módulos o “**Forms**” en Visual Studio, los cuales se listan a continuación:

- Program.cs
 - ObtenerSenialWiFi()
 - EncuentraMACAddress()
- WiFi*Geo: Form1
- Pos_XY: Form2
- Signal: Form3

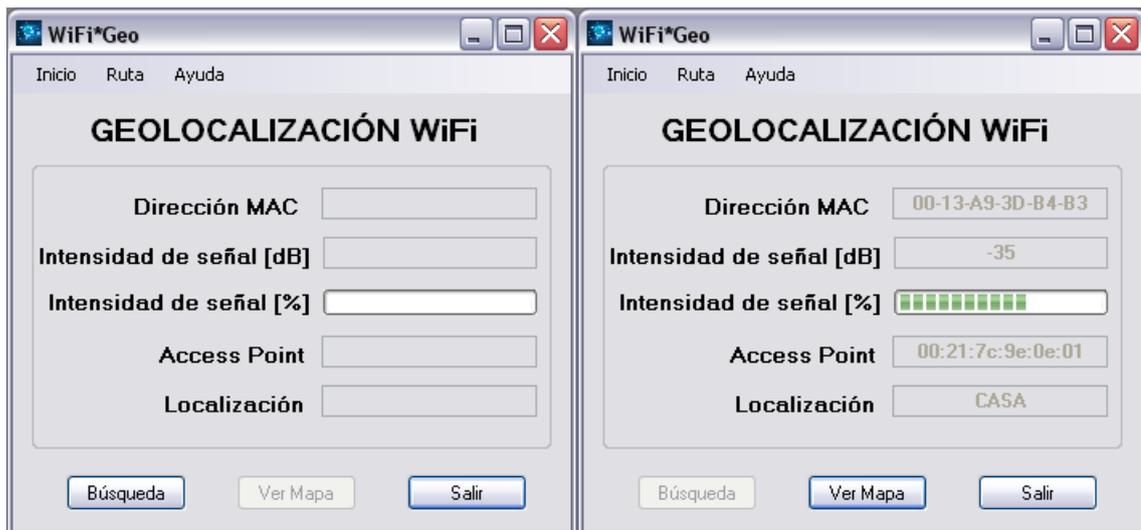
Dichos módulos contienen métodos y propiedades de los formularios o Forms con controles de ejecución, como por ejemplo: botones, cajas de texto, etiquetas, menús, etc, propios para su ejecución y compilación. Esto se puede apreciar en el diagrama de clases así como su estructura jerárquica, mostrado anteriormente.

A continuación se muestran las ventanas diseñadas.

Ventana 1. Signal



Ventana 2. WiFi*Geo



Ventana 3. Icono de aplicación.



Ventana 4. Menú Inicio.



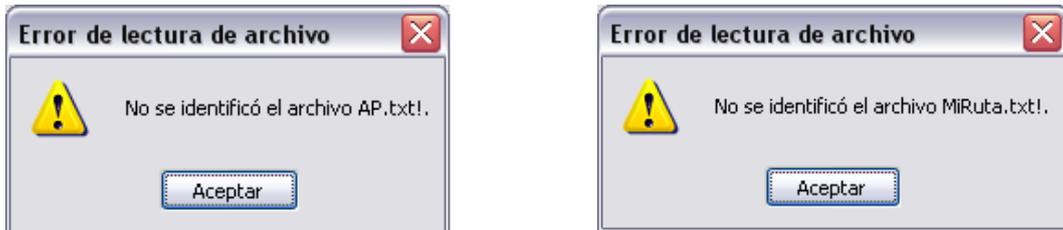
Ventana 5. Menú Ruta.



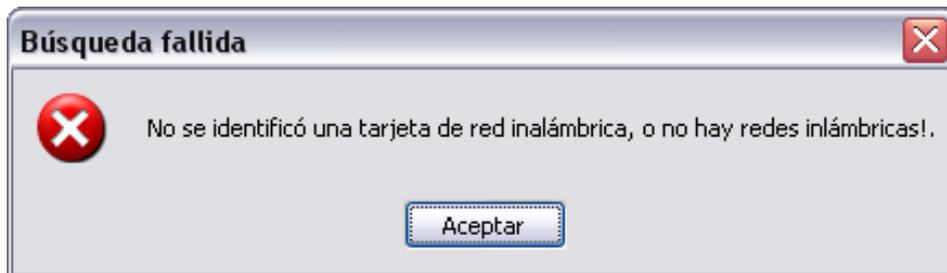
Ventana 6. Menú Ayuda.



Ventana 7. Error de lectura de archivo.



Ventana 8. Error de tarjeta inalámbrica.



Ventana 9. Posición LatLng.



Ventana 10. Presentación.



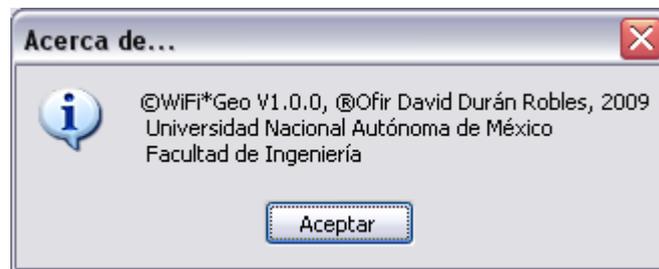
Ventana 10. Guardar LogFile.



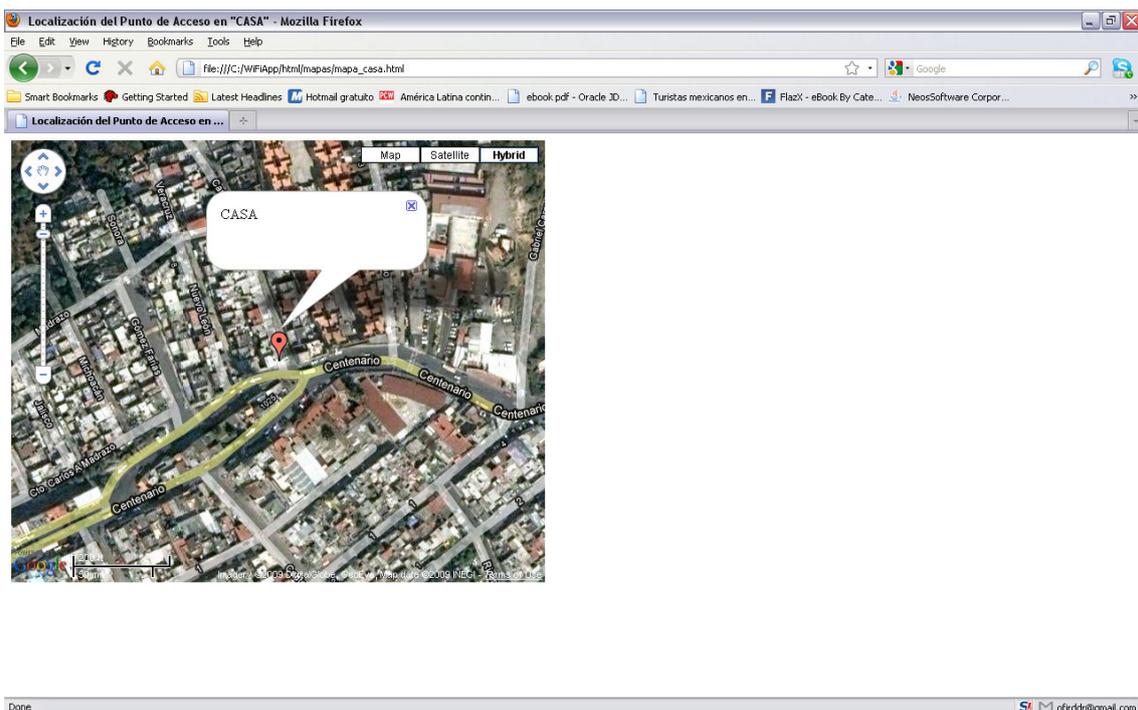
Ventana 11. Guardar MiRuta.



Ventana 12. Acerca de...



Ventana 13. Browser y mapa.



6.4 PRUEBAS.

La siguiente tabla muestra las direcciones físicas de los puntos de acceso tomados mediante Network Stumbler, así como también la intensidad de señal representada mediante Signal Noise Ratio que se refiere a la relación actual entre los niveles de señal y ruido para cada punto de acceso. Estos datos se toman en comparación al Signal que resulta de ejecutar la aplicación WiFi*Geo, dando así un valor SNR real.

Access Point	Localización	Lat	Lng	Signal	WiFi*Geo
00:0b:86:cf:40:a0	VALDEZ VALLEJO	19.3278	-99.1821	-82	-82
00:0b:86:cf:07:60	BIBLIOTECA POSGRADO INGENIERIA	19.3284	-99.1811	-55	-53
00:0b:86:cf:2e:20	BIBLIOTECA ANEXO	19.3256	-99.1826	-42	-42
00:0b:86:cf:39:a0	BIBLIOTECA PRINCIPAL DE INGENIERIA	19.3317	-99.1842	-58	-56
00:0b:86:ac:f7:b0	BIBLIOTECA CENTRAL	19.3331	-99.1874	-63	-63

El SNR es la diferencia entre la señal y el ruido, mientras que el valor del ruido (noise) si no lo detecta esta a -100, lo que no quiere decir que no haya ruido sino que puede ser que la tarjeta no sea capaz de detectar el ruido.

El SNR es igual a **SIGNAL - NOISE**.

Para dar una interpretación al SNR se tomará como base el ejemplo del punto de acceso de la Biblioteca de Posgrado de Ingeniería:

El valor de Signal es -55, y el valor de Noise es -100, entonces nuestro valor SNR es:

$$\mathbf{SNR = Signal - (-Noise) \rightarrow SNR = -55 - (-100) = 45 [dB]}$$

Del resultado arrojado por la aplicación WiFi*Geo de la misma tabla para la Biblioteca de Posgrado de Ingeniería:

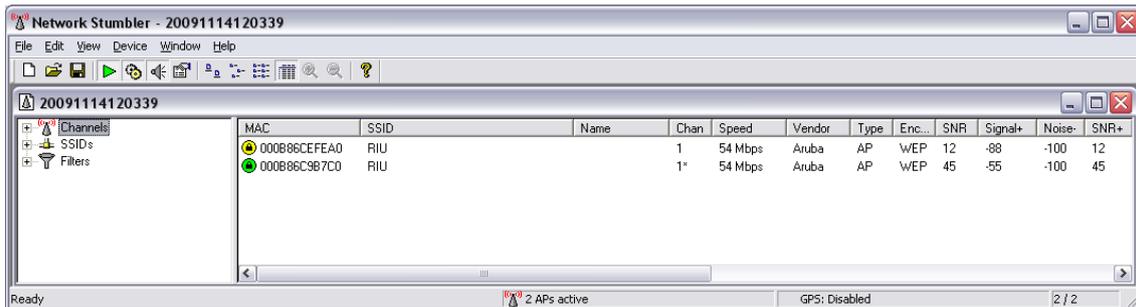
$$\mathbf{SNR = Signal - (-Noise) \rightarrow SNR = -53 - (-100) = 47 [dB]}$$

Como se observa en los resultados de la tabla anterior, nuestra aplicación se acerca mucho al resultado de Network Stumbler.

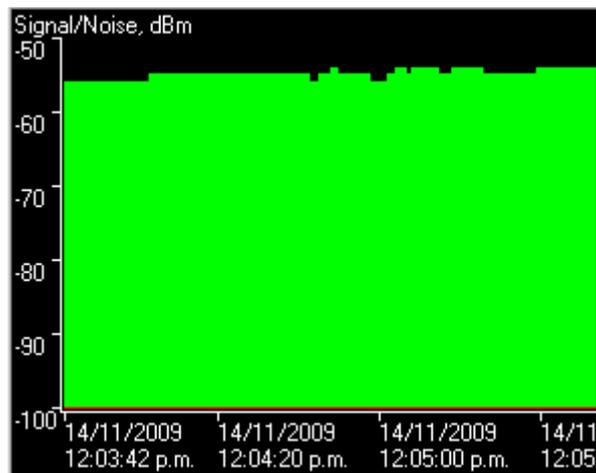
6.5 RESULTADOS.

- **Biblioteca Posgrado Ingeniería.**

Búsqueda del punto de acceso mediante Network Stumbler.



Relación SNR.



Ejecución de la aplicación WiFi*Geo.



Búsqueda de localización mediante la aplicación WiFi*Geo.

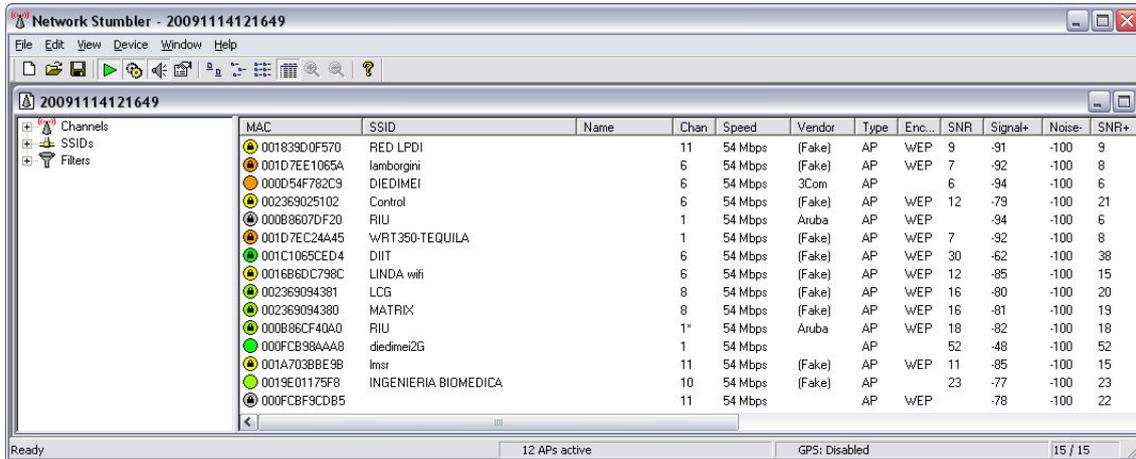


Generación del mapa.



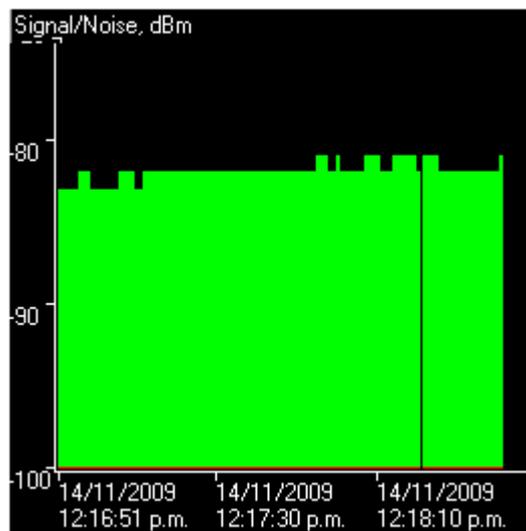
- **Edificio Valdez Vallejo, Anexo de Ingeniería.**

Búsqueda del punto de acceso mediante Network Stumbler.



MAC	SSID	Name	Chan	Speed	Vendor	Type	Enc...	SNR	Signal+	Noise-	SNR+
00183900F570	RED LPDI		11	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP	9	-91	-100	9
001D7E11065A	Iamborgini		6	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP	7	-92	-100	8
000D54F782C9	DIEDIMEI		6	54 Mbps	3Com	AP		6	-94	-100	6
002369025102	Control		6	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP	12	-79	-100	21
000B8607DF20	RIU		1	54 Mbps	Aruba	AP	WEP		-94	-100	6
001D7EC24A45	wRT350-TEQUILA		1	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP	7	-92	-100	8
001C1065CED4	DIIT		6	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP	30	-62	-100	38
001686DC798C	LINDA wifi		6	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP	12	-85	-100	15
002369094381	LCG		8	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP	16	-80	-100	20
002369094380	MATRIX		8	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP	16	-81	-100	19
000B86CF40A0	RIU		1*	54 Mbps	Aruba	AP	WEP	18	-82	-100	18
000FCB98AA48	diedimeizG		1	54 Mbps		AP		52	-48	-100	52
001A7038BE98	lmsr		11	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP	11	-85	-100	15
0019E01175F8	INGENIERIA BIOMEDICA		10	54 Mbps	(Fake)	AP		23	-77	-100	23
000FCBF9CDB5			11	54 Mbps		AP	WEP		-78	-100	22

Relación SNR.



Ejecución de la aplicación WiFi*Geo.



Signal+

Ingresa el valor de Signal+

Ingresa Dir MAC

Búsqueda de localización mediante la aplicación WiFi*Geo.

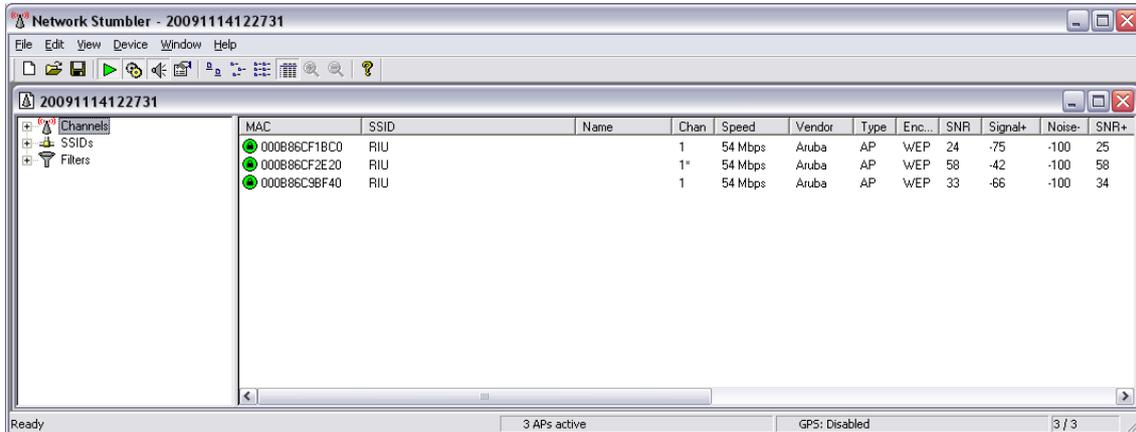


Generación del mapa.

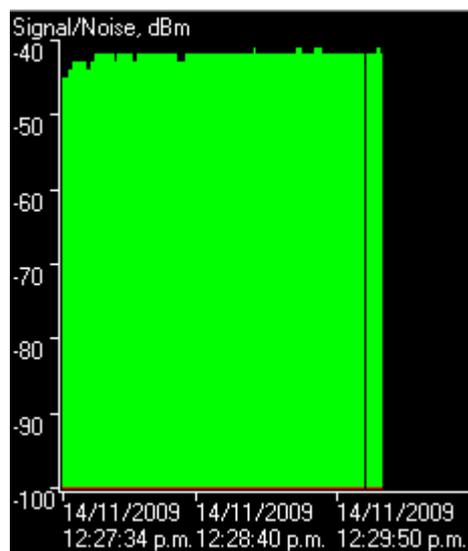


- **Biblioteca Anexo, Ingeniería.**

Búsqueda del punto de acceso mediante Network Stumbler.



Relación SNR.



Ejecución de la aplicación WiFi*Geo.



Búsqueda de localización mediante la aplicación WiFi*Geo.

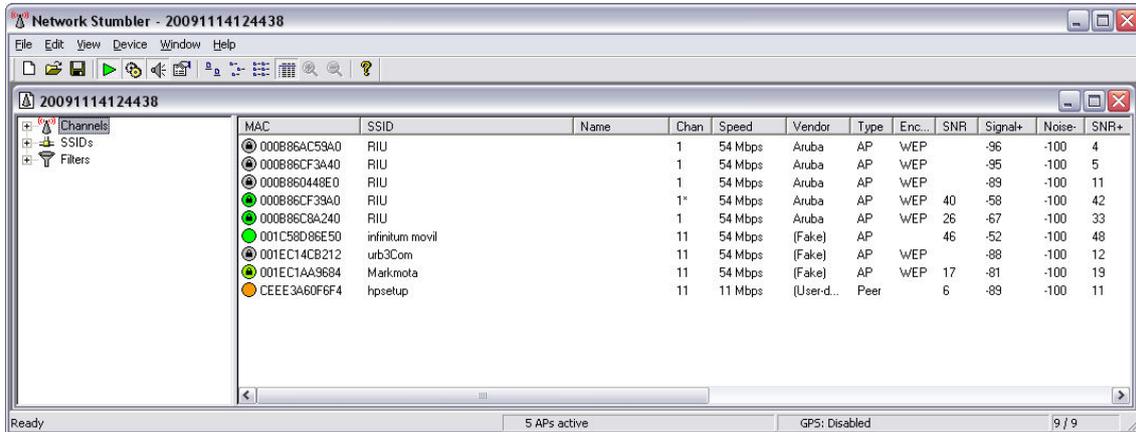


Generación del mapa.

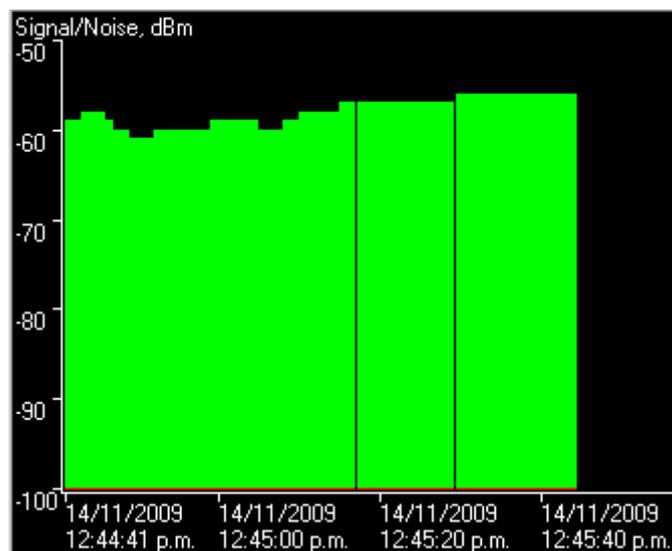


- **Biblioteca Principal, Ingeniería.**

Búsqueda del punto de acceso mediante Network Stumbler.



Relación SNR.



Ejecución de la aplicación WiFi*Geo.



Búsqueda de localización mediante la aplicación WiFi*Geo.

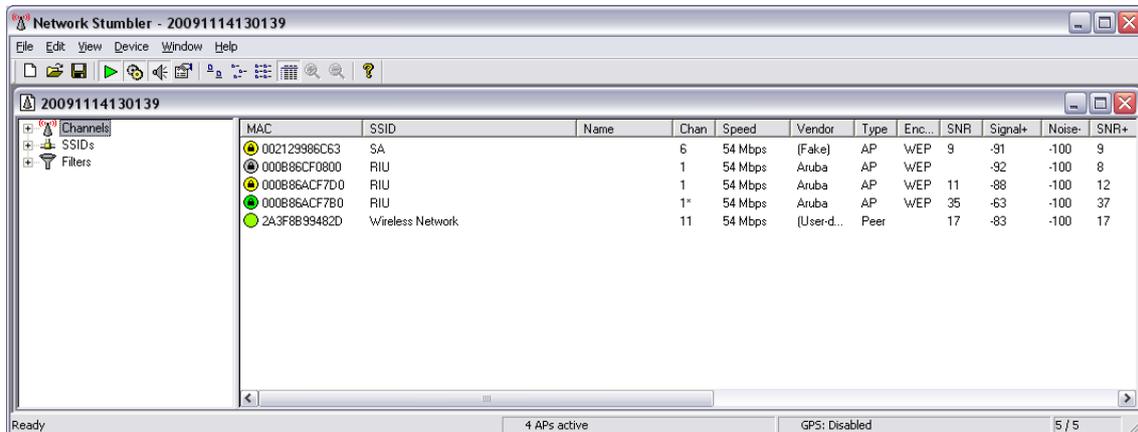


Generación del mapa.

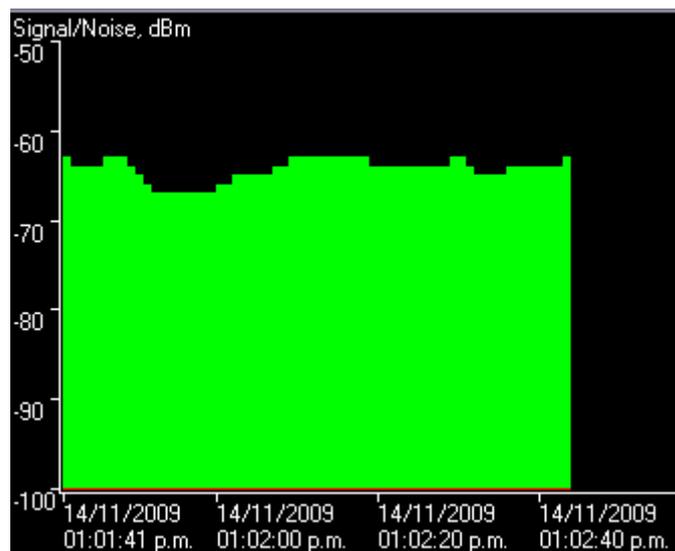


- **Biblioteca Central, Áreas comunes.**

Búsqueda del punto de acceso mediante Network Stumbler.



Relación SNR.



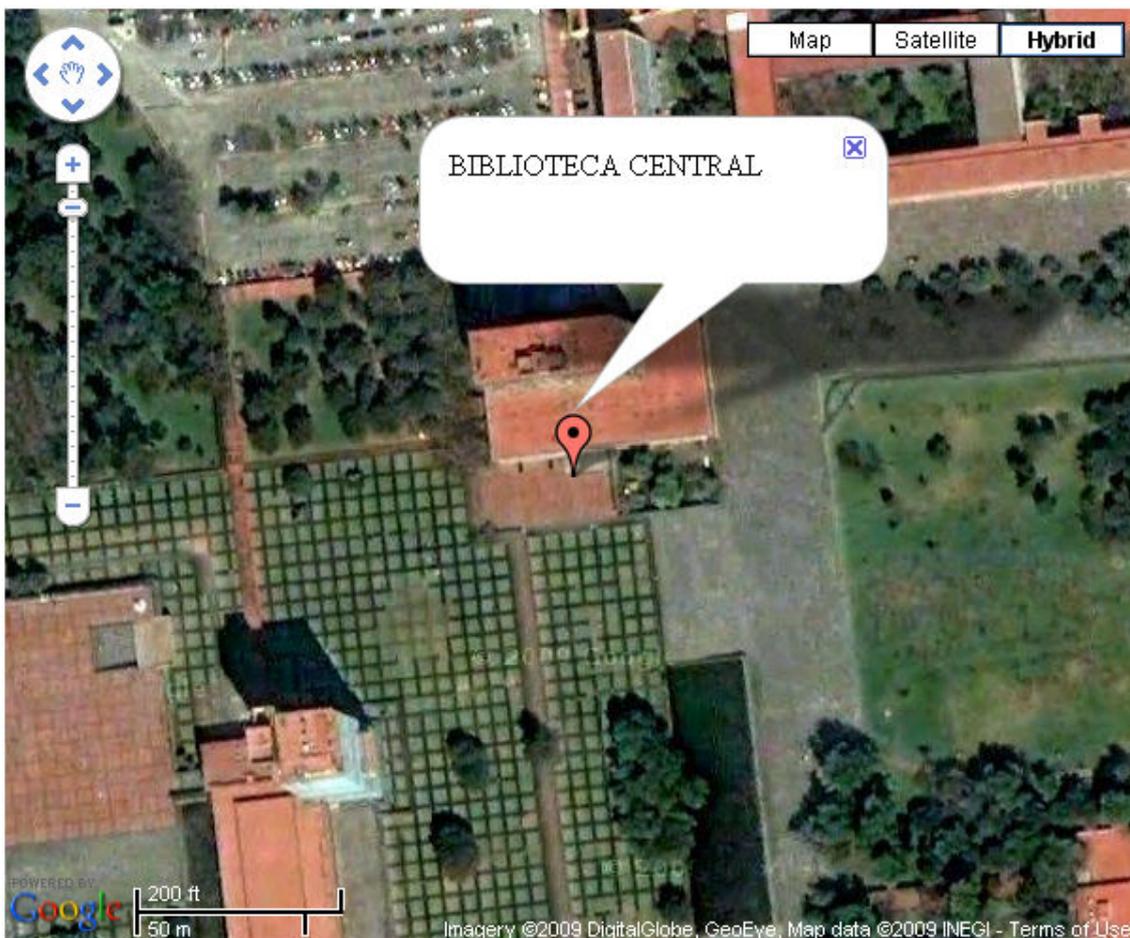
Ejecución de la aplicación WiFi*Geo.



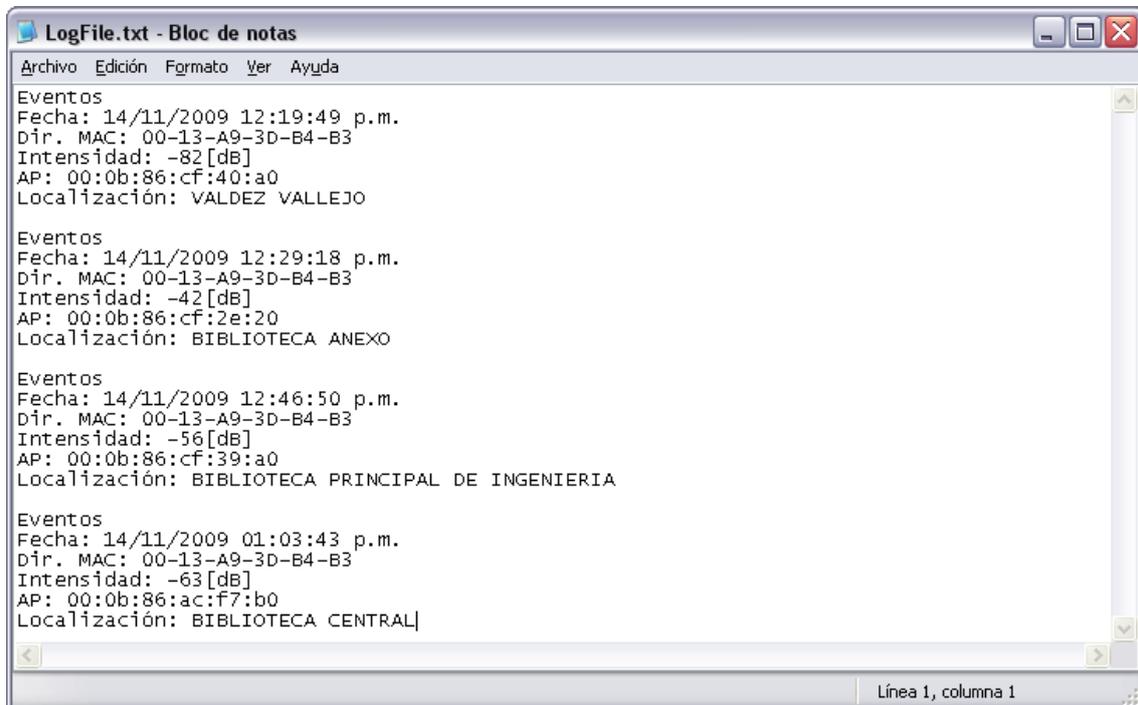
Búsqueda de localización mediante la aplicación WiFi*Geo.



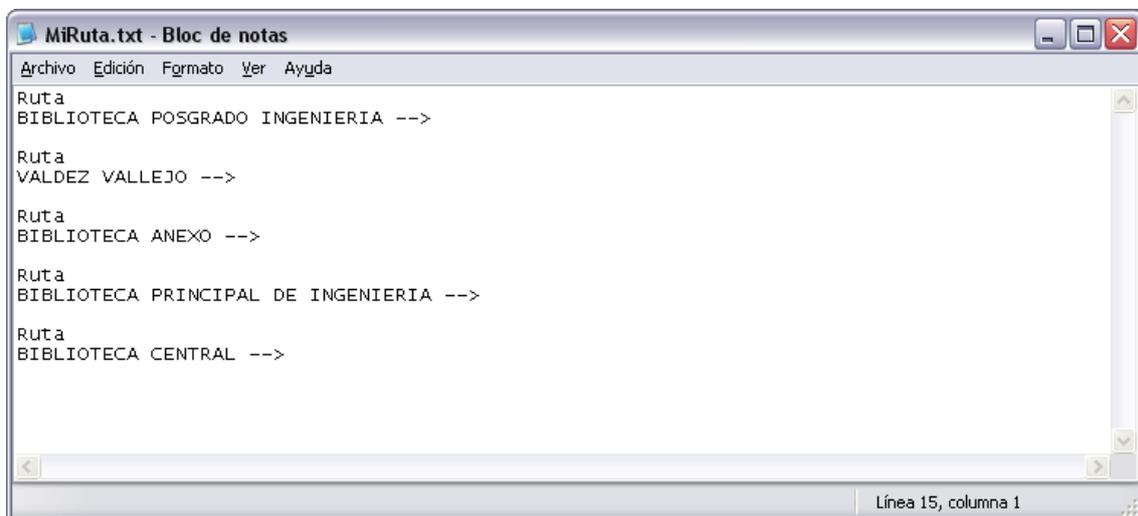
Generación del mapa.



Archivo Log.

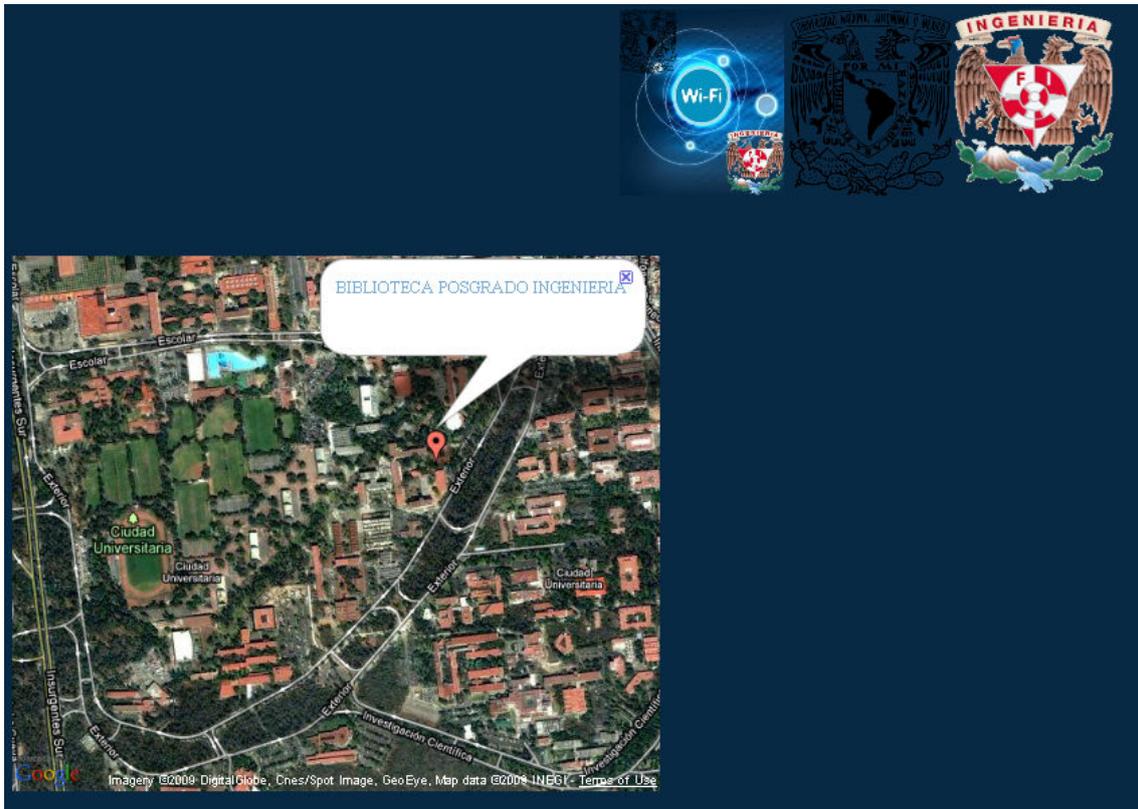


Archivo Ruta.



Capítulo 6. APLICACIÓN BASADA EN POSICIONAMIENTO POR WIFI

Monitoreo desde el servidor Web del IIMAS.



CONCLUSIONES

Como resultado de este trabajo de tesis y las pruebas realizadas dentro de las instalaciones de Ciudad Universitaria haciendo uso de la red inalámbrica universitaria se han formulado una serie de conclusiones acerca del posicionamiento por WiFi.

De forma general se puede comentar los siguientes aspectos:

Primero se mostró una serie de técnicas que implican la geolocalización inalámbrica como lo son:

- Técnicas basadas en dirección.
- Técnicas basadas en distancia.

Segundo se habló de los sistemas de posicionamiento inalámbrico y su funcionamiento, estos sistemas son:

- GPS.
- GSM.

Tercero se tomó la tecnología WiFi como elemento para la aplicación de un sistema de geolocalización inalámbrica, haciendo uso de los conceptos de Potencia y Vector Potencia, es decir, la “Intensidad de la señal” emitida por los puntos de acceso.

De las pruebas realizadas se concluye lo siguiente;

- Para la ejecución de la aplicación WiFi*Geo, es necesario disponer de una tarjeta inalámbrica adaptada a la computadora ya sea de escritorio o portátil.
- El funcionamiento primordial del sistema de geolocalización inalámbrica WiFi*Geo realizado, depende principalmente de la red inalámbrica universitaria (RIU) y de su cobertura dentro del campus.
- En lo que respecta a los puntos de acceso se debe considerar el radio máximo de distancia que tiene de alcance la señal de la RIU. En cuanto más alejado se este del punto de acceso menor será la intensidad de la señal, sin embargo por menor que sea la intensidad de señal no afectará la ejecución de la aplicación hasta que la intensidad de la señal sea prácticamente nula.

- Como muestran los resultados de las pruebas realizadas la aplicación WiFi*Geo, el valor de Signal generado por el modulo auxiliar Network Stumbler es muy cercano al mostrado por la ejecución de la aplicación WiFi*Geo, por lo que podemos decir que es de tipo confiable, más sin embargo no podemos decir que es exacto ya que implican ciertos elementos como lo son el ruido generado por la intensidad de la señal del punto de acceso, además de las características de cada tipo de tarjeta inalámbrica.
- La generación de los mapas se realizaron en base a las coordenadas geográficas presentadas por el API de Google Maps, por lo que en comparación con un sistema GPS no se hace uso de la triangulación por medio de satélites en la cuál la precisión es excelente, la generada por nosotros no es exacta pero es buena si consideramos los elementos que se utilizaron en la construcción de esta aplicación.
- Para la construcción de esta aplicación se contemplaron los elementos necesarios como lo son: la red inalámbrica universitaria, la programación en C# a partir de una versión del Visual Studio proporcionada por el laboratorio de Microsoft Research de la Facultad de Ingeniería y el API de Google Maps de carácter gratuito, por lo que no se tuvo costo alguno en la construcción de esta aplicación.
- De lo anterior se puede decir que un sistema de geolocalización inalámbrica por WiFi en cuanto a costos de construcción y operación son casi nulos, dado que teniendo la infraestructura necesaria, es decir, en este caso una red inalámbrica se puede construir y operar fácilmente, esto sin tener que pagar por un servicio como generalmente se hace con el GPS, y en cuanto a los dispositivos receptores involucrados no es necesario contar con un tipo específico de receptor como el GPS, basta con tener una computadora ya sea portátil o de escritorio. De igual forma se puede implementar esta aplicación para operar en dispositivos móviles como PDA's, haciendo cambios únicamente en la estructura de programación para dispositivos móviles.

- El uso de este tipo de sistemas de geolocalización por WiFi se puede aplicar a la localización de lugares o bien monitoreo de los usuarios conectados a la red, en el caso del sistema de transporte universitario “Pumabus”, si consideramos que se pueden implantar puntos de acceso en cada estación, cuando un autobús pase por esa estación podrá ser monitoreado desde un centro de monitoreo y así llevar un control de todas las rutas y autobuses que operan dentro del campus universitario.
- De los objetivos planteados al inicio de este trabajo de tesis:
 1. Comprender y verificar el funcionamiento de un sistema de posicionamiento por medio de *WiFi*.
 2. Comparación de los beneficios y ventajas entre los diversos sistemas de localización existentes.
 3. Hacer uso de la infraestructura universitaria como lo es, la red inalámbrica para el desarrollo de una aplicación.

Podemos decir que se han cubierto dentro de este trabajo de tesis y por lo cuál se cumplieron.

ANEXO A GLOSARIO

Antena: es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma voltajes en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa.

Atenuación: es el desgaste que sufre la señal de energía ocasionada por la distancia entre el emisor y el receptor. Toda señal eléctrica al ser transmitida por un medio físico o por espacio experimenta una pérdida de potencia denominada atenuación. Se mide normalmente en decibelios por unidad de distancia.

AUC (AUthentication Centre): es una base de datos que almacena información confidencial (como los derechos de uso) de cada abonado de la red. Para autenticarse en dicha base de datos es necesario que el abonado acceda a su tarjeta SIM (mediante su código PIN) para que ésta, mediante un protocolo de petición-respuesta, sea capaz de dar por válida la identidad del usuario en la red, momento en el cual no se deniega el acceso a la red y se consulta al HLR para conocer las opciones y servicios con los que el usuario puede contar.

Autenticación: es el acto de establecimiento o confirmación de algo (o alguien) como auténtico, es decir que reclama hecho por, o sobre la cosa son verdadero.

BSC (Base Station Controller): es un controlador encargado de gestionar una o varias estaciones base. Actúa como un concentrador para el tráfico de los abonados y como un enrutador hacia la estación base destinataria en caso de tráfico proveniente de un conmutador.

BSS (Base Station Subsystem): es un conjunto constituido por un conjunto de BS's y su controlador BSC.

BPSK (Binary Phase-Shift Keying): Consta de la modulación de desplazamiento de fase de 2 símbolos. También se la conoce como 2-PSK o PRK (Phase Reversal Keying). Es la más sencilla de todas, puesto que solo emplea 2 símbolos, con 1 bit de información cada uno. Es también la que presenta mayor inmunidad al ruido, puesto que la diferencia entre símbolos es máxima (180°). Dichos símbolos suelen tener un valor de salto de fase de 0° para el 1 y 180° para el 0.

BTS (Base Transceiver Station): es una estación Base, también se suele abreviar como BS. Es un emisor/receptor de radio capaz de enlazar las MS's con la infraestructura fija de la red. Una estación base garantiza la cobertura radioeléctrica en una célula de la red, proporcionando el punto de entrada a la red a las MS's. Las estaciones base pueden ser controladas localmente o bien remotamente a través de su controlador de estación base.

Canal de comunicación: es el rango de alguna propiedad física (frecuencia, tiempo o fase) del medio de comunicación que se utiliza para la transmisión de una comunicación sobre un soporte físico. Los canales pueden ser personales o masivos: los canales personales son aquellos en donde la comunicación es directa. Voz a voz. Puede darse de uno a uno o de uno a varios. Los canales masivos pueden ser escrito, radial, televisivo e informático.

Canal de transmisión: o medio es el enlace eléctrico entre el transmisor y el receptor, siendo el puente de unión entre la fuente y el destino. Este medio puede ser un par de alambres, un cable coaxial, el aire, etc. Pero sin importar el tipo, todos los medios de transmisión se caracterizan por la atenuación, la disminución progresiva de la potencia de la señal conforme aumenta la distancia.

Circuito oscilante: suele estar compuesto por una bobina (o inductancia) y por un condensador. Es el encargado de producir las oscilaciones deseadas; sin embargo, no es capaz de mantenerlas por sí solo, en un oscilador.

Comunicación: es la transferencia de información con sentido desde un lugar (remitente, origen, fuente, transmisor) a otro lugar (destino, receptor).

Demodulación: es el método que recupera la información transportada por una onda portadora, que en el extremo transmisor había sido modulada con dicha información.

Dispositivo electrónico: es una combinación de componentes electrónicos organizados en circuitos, destinados a controlar y aprovechar las señales eléctricas.

Distorsión: es la deformación que experimenta la señal al ser transmitida por un canal debido a la respuesta imperfecta del sistema a ella misma. A diferencia del ruido y la interferencia, la distorsión desaparece cuando la señal deja de aplicarse.

DSSS (Direct-Sequence Spread Spectrum): el espectro ensanchado por secuencia directa, este espectro divide una franja del ancho de banda en canales separados y no transmite durante un largo tiempo en una misma frecuencia del canal. Debido a que utiliza canales distintos en una misma zona, hay redes que pueden llegar a solaparse sin que las señales de unas y otras se interfieran.

FDD (Feature Driven Development): es un proceso iterativo e incremental de desarrollo de software. Es uno de una serie de métodos ágiles de desarrollo de software y forma parte de la Alianza Ágil. FDD combina una serie de industria, las mejores prácticas reconocidas en un todo coherente. Su objetivo principal es entregar materiales, software de trabajo en varias ocasiones en una manera oportuna.

FDMA (Frequency Division Multiple Access): el Acceso múltiple por división de frecuencia es una técnica de multiplexaje usada en múltiples protocolos de comunicaciones, tanto digitales como analógicos, principalmente de radiofrecuencia, y entre ellos en los teléfonos móviles de redes GSM. Se realiza dividiendo el espectro disponible en canales, que corresponden a distintos rangos de frecuencia, asignando estos canales a los distintos usuarios y comunicaciones a realizar, sin interferirse entre si.

FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum): espectro extendido con salto de frecuencias, en este estándar, las frecuencias cambian alrededor de 1.600 veces por segundo. Este tipo de estándar posee un gran número de patrones de salto para que las redes que utilicen este espectro y se encuentren en un lugar cercano unas a otras, no tengan posibilidad de usar la misma frecuencia en forma simultánea.

Frecuencia: es una medida que se utiliza generalmente para indicar el número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en la unidad de tiempo.

HLR (Home Location Register): Base de datos que contiene información relativa a los abonados de una red. Describe a su vez las opciones y servicios contratados por el abonado y aquellas opciones a las que tiene acceso. Se almacena además la última localización conocida del abonado y el estado de su terminal (fuera de servicio, encendido, en comunicación...). Para identificar a un abonado asociado a un terminal móvil se utiliza cierta información almacenada en la tarjeta SIM.

Hotspot: es una zona de cobertura Wi-Fi, en el que un punto de acceso (access point) o varios proveen servicios de red a través de un Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico (WISP).

Información: es un conjunto organizado de datos procesados, que constituyen un mensaje sobre un determinado ente o fenómeno.

Interferencia: es la contaminación por señales extrañas, generalmente artificiales y de forma similar a las de la señal. El problema es particularmente común en emisiones de radio, donde pueden ser captadas dos o más señales simultáneamente por el receptor.

Longitud de onda: es la distancia entre dos líneas consecutivas, en otras palabras describe lo larga que es la onda.

MAC (Media Access Control): es un identificador de 48 bits (6 octetos) que corresponde de forma única a una ethernet de red. Es individual, cada dispositivo tiene su propia dirección MAC determinada y configurada por el IEEE (los últimos 24 bits) y el fabricante (los primeros 24 bits) utilizando el OUI.

Mbps: es una unidad que se usa para cuantificar un caudal de datos equivalente a 1000 kilobits por segundo o 1000000 bits por segundo.

Mensaje: Información que se pretende llegue del emisor al receptor por medio de un sistema de comunicación.

Modulación: consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora, que es la información que queremos transmitir. Hace posible transmitir más información en forma simultánea, protegiéndola de posibles interferencias y ruidos.

MS (Mobile Station): es una terminal de abonado. Hace referencia al dispositivo (teléfono móvil), pero no a la identidad del suscriptor, que es facilitada por la tarjeta SIM.

MSC (Mobile Switching Centre): es un conmutador de red encargado de interconectar la red de telefonía convencional con la red radiotelefónica. Se encarga además de acceder al centro de autenticación para verificar derechos de los clientes, así como de participar en la gestión de movilidad de los abonados y su localización en la red.

Multiplexaje: puede realizarse asignando a cada señal transportada, una banda de frecuencia, una división del tiempo

NSS (Network Station Subsystem): es un conjunto formado por el MSC, el AUC y los V/HLR.

Onda: es una propagación de una perturbación de alguna propiedad de un medio, por ejemplo, densidad, presión, campo eléctrico o campo magnético, que se propaga a través del espacio transportando energía.

Onda electromagnética: es la forma de propagación de la radiación electromagnética a través del espacio.

Protocolo de comunicaciones: es el conjunto de reglas normalizadas para la representación, señalización, autenticación y detección de errores necesario para enviar información a través de un canal de comunicación.

Punto de acceso inalámbrico: es un dispositivo que interconecta dispositivos de comunicación inalámbrica para formar una red inalámbrica.

Radiofrecuencia: también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena. La radiofrecuencia se puede dividir en las siguientes bandas del espectro

Radar: es un sistema que usa ondas electromagnéticas para medir distancias, altitudes, direcciones y velocidades de objetos estáticos o móviles como aeronaves, barcos, vehículos motorizados, formaciones meteorológicas y el propio terreno. Su funcionamiento se basa en emitir un impulso de radio, que se refleja en el objetivo y se recibe típicamente en la misma posición del emisor. A partir de este "eco" se puede extraer gran cantidad de información.

Receptor: su función es extraer del canal la señal deseada y entregarla al transductor de salida. Como las señales son frecuentemente muy débiles, como resultado de la atenuación, el receptor debe tener varias etapas de amplificación. En todo caso, la operación clave que ejecuta el receptor es la demodulación, el caso inverso del proceso de modulación del transmisor, con lo cual vuelve la señal a su forma original.

Red de celdas: es una red formada por celdas de radio (o simplemente celdas) cada una con su propio transmisor, conocidas como estación base. Estas celdas son usadas con el fin de cubrir diferentes áreas para proveer cobertura de radio sobre un área más grande que el de una celda. Las redes de celdas son inherentemente asimétricas con un conjunto fijo de transceptores principales, cada uno sirviendo una celda y un conjunto de transceptores distribuidos (generalmente, pero no siempre, móviles).

Roaming: es un concepto utilizado en comunicaciones inalámbricas que está relacionado con la capacidad de un dispositivo para moverse de una zona de cobertura a otra. *Roaming* es una palabra del idioma inglés que significa *vagar* o *rondar*. El término más adecuado en castellano es "itinerancia".

Ruido: Interferencia externa sobre la señal transmitida. Por ruido se debe de entender las señales aleatorias e impredecibles de tipo eléctrico originadas en forma natural dentro o fuera del sistema. Cuando estas señales se agregan a la señal portadora de la información, ésta puede quedar en gran parte oculta o eliminada totalmente.

Sistema de comunicación: es un sistema que consiste de los siguientes elementos básicos: emisor, canal de transmisor, y receptor, mediante los cuales se pasa un mensaje.

SSID (Service Set Identifier): es un código incluido en todos los paquetes de una red inalámbrica (Wi-Fi) para identificarlos como parte de esa red. El código consiste en un máximo de 32 caracteres alfanuméricos. Todos los dispositivos inalámbricos que intentan comunicarse entre sí deben compartir el mismo SSID.

Telecomunicación: es una técnica consistente en transmitir un mensaje desde un punto a otro, normalmente con el atributo típico adicional de ser bidireccional.

TDD (Test-driven development): desarrollo guiado por pruebas, es una práctica de programación que involucra otras dos prácticas: Escribir las pruebas primero (Test First Development) y Refactorización (Refactoring).

TDM (Time Division Multiplexing): multiplexaje por división de tiempo (TDM) permite la transmisión de señales digitales. Es el tipo de multiplexaje más utilizado en la actualidad, especialmente en los sistemas de transmisión digitales. En ella, el ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total (intervalo de tiempo).

TDMA (Time Division Multiple Access): es una técnica de multiplexaje que distribuye las unidades de información en ranuras ("slots") alternas de tiempo, proveyendo acceso múltiple a un reducido número de frecuencias.

Transmisor: pasa el mensaje al canal en forma de señal. Para lograr una transmisión eficiente y efectiva, se deben desarrollar varias operaciones de procesamiento de la señal. La más común e importante es la modulación, un proceso que se distingue por el acoplamiento de la señal transmitida a las propiedades del canal, por medio de una onda portadora.

Velocidad de la luz: en el vacío es por definición una constante universal de valor 299.792.458 m/s (suele aproximarse a $3 \cdot 10^8$ m/s), o lo que es lo mismo $9,46 \times 10^{15}$ m/año; la segunda cifra es la usada para definir al intervalo llamado año luz.

VLR (Visitor Location Register): es una base de datos asociada a un conmutador MSC que almacena la identidad de los abonados itinerantes de la red. Su funcionalidad es importante, ya que se utiliza para controlar la ubicación de un abonado.

QAM (Quadrature Amplitude Modulation): se conoce como Modulación de amplitud en cuadratura, es una técnica de modulación digital avanzada que transporta datos, mediante la modulación de la señal portadora de información tanto en amplitud como en fase. Esto se consigue modulando una misma portadora, desfasando 90° la fase y la amplitud.

QoS (Quality of Service): se refiere a la calidad de los servicios en las tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de datos en un tiempo dado (throughput). Calidad de servicio es la capacidad de dar un buen servicio. Es especialmente importante para ciertas aplicaciones tales como la transmisión de video o voz.

QPSK (Phase-shift keying): se conoce como modulación por desplazamiento de fase o PSK (Phase Shift Keying) es una forma de modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos. La diferencia con la modulación de fase convencional (PM) es que mientras en ésta la variación de fase es continua, en función de la señal moduladora, en la PSK la señal moduladora es una señal digital y, por tanto, con un número de estados limitado.

WAP (Wireless Application Protocol): protocolo de aplicaciones inalámbricas, es un estándar abierto internacional para aplicaciones que utilizan las comunicaciones inalámbricas. Se trata de la especificación de un entorno de aplicación y de un conjunto de protocolos de comunicaciones para normalizar el modo en que los dispositivos inalámbricos, se pueden utilizar para acceder a correo electrónico, grupo de noticias y otros.

WEP (Wired Equivalent Privacy): Privacidad Equivalente a Cableado, es el sistema de cifrado incluido en el estándar IEEE 802.11 como protocolo para redes Wireless que permite cifrar la información que se transmite. Proporciona un cifrado a nivel 2, basado en el algoritmo de cifrado RC4 que utiliza claves de 64 bits (40 bits más 24 bits del vector de iniciación IV) o de 128 bits (104 bits más 24 bits del IV). Los mensajes de difusión de las redes inalámbricas se transmiten por ondas de radio, lo que los hace más susceptibles, frente a las redes cableadas, de ser captados con relativa facilidad.

WiFi: se refiere al estándar 802.11b de la IEEE o también como Wireless-Fidelity, este sistema puede establecer comunicaciones a una velocidad de 54 Mbps alcanzando una distancia de varios cientos de metros.

ANEXO B API DE CONSULTA

La presente API de consulta muestra las referencias a clases y módulos empleados para la construcción de la aplicación Wifi*Geo, que forman parte de los servicios *web* orientados a desarrolladores de software basado en plataformas Microsoft como al *conjunto de software* que se adjunta con sus compiladores y ciertos SDK por parte de Microsoft Visual Studio (*MSDN, Microsoft Developer Network*). Así mismo hace referencia al API de Google Maps, para la construcción de mapas.

MSDN API

La programación de esta aplicación se realizó haciendo uso del IDE de desarrollo Microsoft Visual Studio 2005.

Windows Management Instrumentation

Es la Instrumental de administración de Windows, es la implementación de WBEM (Web-Based Enterprise Management) de Microsoft, una iniciativa que pretende establecer normas estándar para tener acceso y compartir la información de administración a través de la red de una empresa.

WMI proporciona compatibilidad integrada para el Modelo de Información Común (CIM, Common Information Model), que describe los objetos existentes en un entorno de administración.

MSNdis_80211_ReceivedSignalStrength

[Description("NDIS 802.11 Received Signal Strength Indication"): Amended, AMENDMENT, LOCALE(1033)]

```
class MSNdis_80211_ReceivedSignalStrength : MSNdis
```

```
{
```

```
    [Description("The 802.11 received signal strength in dBm"): Amended] sint32  
    Ndis80211ReceivedSignalStrength;
```

```
};
```

Clase para obtener información acerca de la intensidad de la señal de un punto de acceso dentro de una red inalámbrica, su implementación es por medio de una consulta o query, su implementación es de la siguiente forma:

```
SELECT * FROM MSNdis_80211_ReceivedSignalStrength Where active = true
```

ObjectQuery

public class ObjectQuery : ManagementQuery

Representa una consulta de administración que devuelve instancias o clases, su implementación es de la siguiente forma:

```
ObjectQuery query = new ObjectQuery("SELECT * FROM  
MSNdis_80211_ReceivedSignalStrength Where active = true");
```

ManagementScope

public class ManagementScope : ICloneable

Representa un alcance de aplicación (namespace) para las operaciones de gestión, su implementación es de la siguiente forma:

```
ManagementScope scope = new ManagementScope("root\wmi");
```

Dónde ("root\wmi") representa la ruta o path sobre el cuál se realizarán las operaciones de gestión

ManagementObjectSearcher

public class ManagementObjectSearcher : Component

Clase que recupera una colección de objetos de administración basándose en una consulta especificada. Esta clase es uno de los puntos de entrada más utilizados para recuperar información de administración. Su implementación es de la siguiente forma:

```
ManagementObjectSearcher searcher = new ManagementObjectSearcher(scope, query);
```

ManagementObjectCollection

*public class ManagementObjectCollection : ICollection,
IEnumerable, IDisposable*

Representa las diferentes colecciones de objetos de administración recuperada a través de WMI. Los objetos de esta colección son de ManagementBaseObject derivados de los tipos, incluidos ManagementObject y ManagementClass. La colección puede ser el resultado de una consulta WMI ejecutada a través de un ManagementObjectSearcher, o una enumeración de objetos de administración de un tipo especificado recuperado a través de un ManagementClass que representa ese tipo. Su implementación es de la siguiente forma:

ManagementObjectCollection objCol = mgmt.GetInstances();

ManagementClass.GetInstances

Método que devuelve la colección de todas las instancias de la clase.

ManagementClass

[SerializableAttribute]

public class ManagementClass : ManagementObject

Representa una clase de administración del Modelo de información común (CIM). Una clase de administración es una clase WMI como Win32_LogicalDisk, que puede representar una unidad de disco, y Win32_Process, que representa un proceso como Notepad.exe. Los miembros de esta clase permiten obtener acceso a los datos WMI mediante una ruta de acceso de clase WMI específica.

Win32_NetworkAdapterConfiguration

Esta representa los atributos y comportamientos de un adaptador de red. Su implementación es de la siguiente forma:

ManagementClass("Win32_NetworkAdapterConfiguration");

GOOGLE MAPS API

El API proporciona diversas utilidades para manipular mapas y añadir contenido al mapa mediante diversos servicios, permitiéndote crear sólidas aplicaciones de mapas en tu sitio web.

Para la creación de mapas es necesario contar con una clave o llave, la cuál es válida para un único "directorio" o dominio. Para obtener más información, consulta estas preguntas frecuentes.

La clave que se obtuvo a partir del registro en la pagina web oficial de Google Maps API es la siguiente:

**ABQIAAAAfHDDYfDfeRrm-fpJJ8T-
5RTMxBVZLVvuM3Q0sq5COEh2nipCCxS4MCwe_1oBFhW8OqKEIV0FgzOmlg**

El siguiente código fuente representa la creación de un mapa sencillo de ciudad universitaria:

```
<!DOCTYPE html "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Strict//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
  <head>
    <meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=utf-8"/>
    <title>Google Maps JavaScript API Example</title>
    <script
src="http://maps.google.com/maps?file=api&v=2&key=ABQIAAAAfHDDYfDfeRrm-
fpJJ8T-5RTMxBVZLVvuM3Q0sq5COEh2nipCCxS4MCwe_1oBFhW8OqKEIV0FgzOmlg"
type="text/javascript"></script>
    <script type="text/javascript">

function initialize() {
  if (GBrowserIsCompatible()) {

    var map = new GMap2(document.getElementById("map_canvas"));

    map.setCenter(new GLatLng(19.324994, -99.1856), 14);

    map.setMapType(G_HYBRID_MAP);

  }
}

</script>
</head>
<body onload="initialize()" onunload="GUnload()">
  <div id="map_canvas" style="width: 500px; height: 300px"></div>
</body>
</html>
```

Su representación es la siguiente:



A partir del código anterior se dará detalle de los elementos que conforman la construcción de mapas utilizando el API de desarrollo de Google Maps.

La programación de mapas es por medio del lenguaje de script “JavaScript” así como también del lenguaje de marcado de hipertexto HTML.

Como primer elemento se realiza una declaratoria, que especifica el tipo de lenguaje de script y la clave proporcionada por Google Maps para la creación de mapas, así como también la dirección URL que permite acceder a la ubicación del archivo JavaScript que incluye todos los símbolos y definiciones necesarios para utilizar el API de Google Maps,

```
<script
src="http://maps.google.com/maps?file=api&v=2&key=ABQIAAAfHDDYfDfeR
rm-fpJJ8T-5RTMxBVZLVvuM3Q0sq5COEh2nipCCxS4MCwe_1oBFhW8OqKEIV0FgzOmlg"
type="text/javascript"></script>
<script type="text/javascript">
```

Gmap2

Crea una instancia de la clase GMap2 para poder crear un mapa. Ésta es la clase central del API. Todo lo demás es auxiliar. Crea un mapa nuevo dentro del contenedor HTML en cuestión, que generalmente suele ser un elemento DIV.

```
var map = new GMap2(document.getElementById("map_canvas"));
```

Al crear una nueva instancia de mapa, se especifica un nodo DOM en la página (normalmente un elemento div) como contenedor para el mapa. Los nodos HTML son secundarios del objeto document de JavaScript y obtenemos una referencia a este elemento mediante el método **document.getElementById()**.

INICIALIZACIÓN DEL MAPA

La inicialización se lleva a cabo mediante el método setCenter() del mapa. El método setCenter() requiere una coordenada GLatLng y un nivel de acercamiento. Es obligatorio enviar este método antes de llevar a cabo cualquier otra operación en el mapa (incluso la configuración de cualquier otro atributo en el propio mapa).

```
map.setCenter(new GLatLng(19.324994, -99.1856), 14);
```

CRAGA DEL MAPA

Mientras se procesa una página HTML, se externaliza el modelo de objetos de documentos (DOM) y las imágenes y secuencias de comandos externas se reciben e incorporan al objeto document. Para garantizar que nuestro mapa sólo se añada a la página cuando se cargue por completo, sólo ejecutamos la función que crea el objeto GMap2 cuando el elemento <body> de la página HTML ha recibido un evento onload. De este modo, evitamos un comportamiento impredecible y obtenemos más control acerca del modo y el momento en que se dibuja el mapa. Para realizar la carga del mapa se hace la siguiente declaratoria:

```
<body onload="initialize()" onunload="GUnload()">
```

ELEMENTOS “DOM” DEL MAPA

Para que el mapa se muestre en una página web, debemos reservar un lugar para él. Normalmente, lo logramos creando un elemento div con nombre y obteniendo una referencia a este elemento en el modelo de objetos de documento (DOM) del navegador. Finalmente los elementos DOM del mapa son:

```
<div id="map_canvas" style="width: 500px; height: 300px"></div>
```

GLatLng

GLatLng(lat, long)

Es un punto de acuerdo a una longitud y una latitud de coordenadas geográficas. Su implementación es de la siguiente forma:

```
GLatLng(19.324994, -99.1856)
```

GMapOptions

Esta clase representa argumentos opcionales para el constructor de GMap2. Aunque no tiene constructor, se crea instancia como un objeto literal.

MapTypes

Matriz de tipos de mapa que debe usar el mapa. De forma predeterminada, se utiliza, G_DEFAULT_MAP_TYPES.

Size

Define el tamaño del mapa en píxeles. El tamaño del contenedor que se pasa al constructor del mapa se cambiará de acuerdo con el tamaño que se indique. De forma predeterminada, el mapa asumirá el tamaño de su contenedor.

ATRIBUTOS DEL MAPA

De forma predeterminada, los mapas se muestran en el API de Google Maps mediante mosaicos con el aspecto estándar. No obstante, el API de Google Maps también admite otros tipos de mapas. Los tipos de mapas estándar son los siguientes:

- **G_NORMAL_MAP**: la vista predeterminada.
- **G_SATELLITE_MAP**: imágenes de satélite de Google Earth.
- **G_HYBRID_MAP**: mezcla de vistas normales y de satélite.
- **G_DEFAULT_MAP_TYPES**: una mezcla de estos tres tipos, útil para un procesamiento repetitivo.

Su implementación esta dada de la siguiente forma:

```
map.setMapType(G_HYBRID_MAP);
```

Cada mapa contiene también un nivel de acercamiento, que define la resolución de la vista actual. En la vista normal de los mapas se pueden emplear los niveles de acercamiento entre el 0 (el nivel más bajo, que permite ver todo el mundo en un mapa) y el 19 (el más alto, que llega a mostrar edificios concretos). Los niveles de acercamiento varían dependiendo de la parte del mundo que estés observando. En algunos lugares, los datos están mejor definidos que en otros. En la vista por satélite se pueden observar hasta 20 niveles de acercamiento.

CONTROLES DEL MAPA

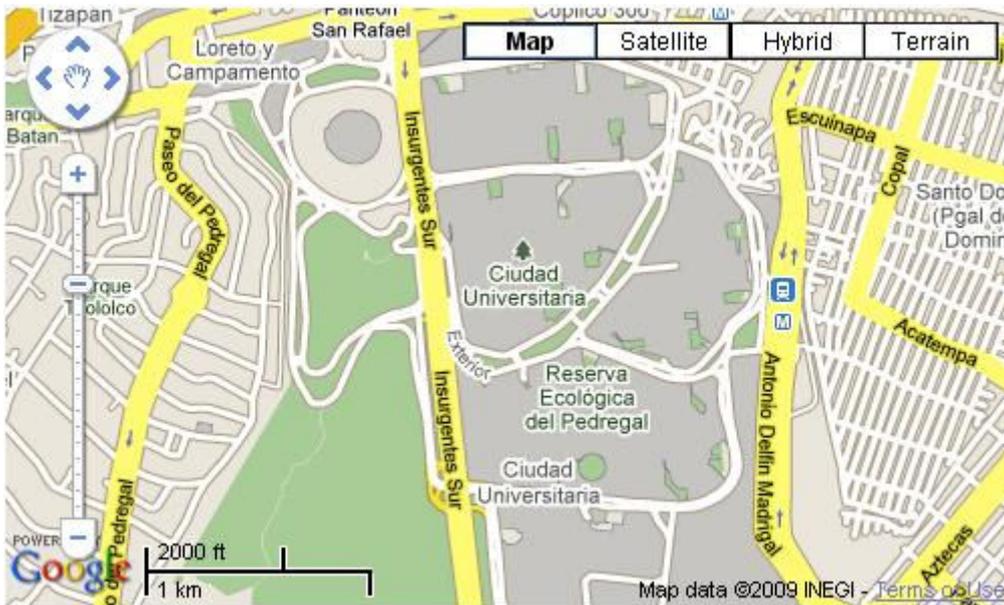
Los mapas de google maps contienen elementos de interfaz de usuario que permiten que el usuario interactúe con el mapa. Estos elementos se denominan controles y puedes incluir variaciones de ellos en tu aplicación creada con el API de Google Maps.

GControl

Están disponibles estas implementaciones de interface GControl.

CONTROL	DESCRIPCIÓN
<i>GSmallMapControl()</i>	Crea un control con botones para hacer desplazamientos en cuatro direcciones y para acercar y alejar la imagen.
<i>GLargeMapControl()</i>	Crea un control con botones para hacer desplazamientos en cuatro direcciones y para acercar y alejar la imagen, así como una barra deslizante para usar el acercamiento.
<i>GSmallZoomControl()</i>	Crea un control con botones para acercar y alejar la imagen.
<i>GScaleControl()</i>	Crea un control que muestra la escala del mapa.
<i>GMapTypeControl()</i>	Crea un control de tipo de mapa estándar para seleccionar tipos de mapas admitidos y pasar de uno a otro a través de botones.
<i>GMenuMapTypeControl()</i>	Crea un control de tipo de mapa desplegable para pasar de un tipo de mapa admitido a otro.
<i>GHierarchicalMapTypeControl()</i>	Crea un control de tipo de mapa "anidado" para seleccionar tipos de mapas admitidos y pasar de uno a otro a través de botones y casillas de verificación anidadas.
<i>GOverviewMapControl()</i>	Crea una vista general de minimapa de resumen plegable en la esquina del mapa principal que se puede usar como ubicación de referencia y para navegar (arrastrando el cursor). <i>GOverviewMapControl</i> crea una vista general del mapa con un borde negro de un píxel.

Su implementación se puede ver en la siguiente figura:



MARCADORES

Los puntos del mapa se representan mediante marcadores y suelen mostrar un icono personalizado. Los marcadores son objetos del tipo GMarker y pueden utilizar el tipo GIcon.

GIcon

Un icono especifica qué imágenes se deben utilizar para mostrar un GMarker en el mapa. Por motivos de compatibilidad con el navegador, especificar un icono es realmente complicado. Ten en cuenta que, si prefieres no especificar ninguno propio, siempre puedes utilizar el icono predeterminado de Google Maps G_DEFAULT_ICON.

GMarker

Marca una posición en el mapa. Implementa la interfaz de GOverlay y después se agrega al mapa mediante el método GMap2.addOverlay(). Los objetos de marcador tienen elementos latlng correspondientes a la posición geográfica en la que los marcadores se anclan en el mapa, así como un elemento icon. Si en el constructor no se define la clase icon, se utiliza el icono predeterminado G_DEFAULT_ICON.

Su implementación es de la siguiente forma:

```
var rectoria_marker = new GMarker(ingenieria, {draggable: false, title: "Ingenieria"});
```

Donde el atributo *draggable* deja fijo el marcador, es decir no se puede desplazar mediante el puntero del mouse.



BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

LIBROS.

[L.1] Física Volumen II: Campos y Ondas.

Alonso, Marcelo & Finn, Edward J.

Fondo Educativo Interamericano, S.A., 1970

[L.2] Comunicaciones Inalámbricas “Un enfoque aplicado”.

Roldan Martínez, David

Alfaomega, Ra-Ma, 2005

[L.3] Designing Wireless Information Services.

Hjelm, Johan

Wiley Computer Publishing, 2000

John Wiley & Sons, Inc.

[L.4] Principles of Wireless Networks.

Pahlavan, Kaveh & Krishnamurthy, Prashant

Prentice Hall, 2002

[L.5] Wi-Fi, Instalación, Seguridad y Aplicaciones.

Carballar, José A.

Alfaomega, Ra-Ma, 2007

[L.6] Wireless# Guide to, Wireless Communciations.

Olenewa, Jorge & Ciampa, Mark

Thompson Course technology, 2nd edition, 2007

[L.7] Next Generation, Wireless Sytems and Networks.

Hsiao – Hwa Chen & Mohsen Guizani

John Wiley & Sons, Ltd., 2006

[L.8] Mobile and Wireless Communications: Key Technologies and Future Applications.

Smyth, Peter

BT Communications Technology Series 9, 2004

INTERNET.

- [I.1] [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa394582\(en-us,VS.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa394582(en-us,VS.85).aspx)
- [I.2] <http://code.google.com/intl/es/apis/maps/documentation/>
- [I.3] http://www.asifunciona.com/fisica/af_espectro/af_espectro_7.htm
- [I.4] <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/negro/espectro/espectro.htm>
- [I.5] http://e-ciencia.com/recursos/enciclopedia/Espectro_electromagn%C3%A9tico
- [I.6] <http://radioaficionado.wordpress.com/2008/07/12/espectro-electromagnetico-desde-el-elf-hasta-rayos-cosmicos/>
- [I.7] <http://www.laeff.inta.es/partner/cursos/br/curso.php?c=1>
- [I.8] http://www.redsinfronteras.org/pdf/redes_wireless.pdf
- [I.9] http://www.icesi.edu.co/blogs_estudiantes/peter/
- [I.10] <http://wirelessinfo-r-us.blogspot.com/2007/11/basic-service-set-bss-vs-extended.html>
- [I.11] <http://www-scf.usc.edu/~vinayjai/project.html>
- [I.12] http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_celdas
- [I.13] <http://www.aulaclie.es/articulos/wifi.html>
- [I.14] <http://www.acm.org/crossroads/espanol/xrds7-2/cellular.html>
- [I.15] <http://www.misrespuestas.com/que-es-wifi.html>
- [I.16] <http://www.xataka.com/otros/wps-un-sistema-de-posicionamiento-por-wi-fi>
- [I.17] <http://rem.net/pages/view/wps>
- [I.18] <http://books.google.com.mx/books?id=ztTpTayFeSUC&lpg=PA1&pg=PA1>
- [I.19] <http://www.kriptopolis.org/geoposicionamiento-gsm-2>

- [I.20] <http://www.kriptopolis.org/geoposicionamiento-gsm-3>
- [I.21] <http://www.kriptopolis.org/geoposicionamiento-gsm-4>
- [I.22] <http://en.wikipedia.org/wiki/Multilateration>
- [I.23] <http://es.wikipedia.org/wiki/GPS>
- [I.24] <http://es.wikipedia.org/wiki/GSM>
- [I.25] <http://es.kioskea.net/contents/telephonie-mobile/gsm.php3>
- [I.26] <http://www.mitecnologico.com/Main/PotenciaYVectorPoynting>
- [I.27] <http://www.chw.net/foro/internet-y-redes-f24/71994-localizacion-mediante-wifi-triangulacion-de-senales.html>
- [I.28] http://www.asifunciona.com/electronica/af_gps/af_gps_1.htm

OTROS.

[N.1] Notas de clase de la asignatura de “Computo Móvil”.

[N.2] Notas de clase de la asignatura de “Inteligencia Artificial”.

[N.3] Notas del Dr. Jesús Savage Carmona.

“Automatic Creation of Virtual Trips in Websites Using a Mobile Robot”.

[N.4] Notas de clase de la asignatura de “Redes de computadoras”.