

10.- Telefonía Móvil.

Las ondas electromagnéticas se propagan por el espacio al ser emitidas por antenas de tamaño apropiado, y son recogidas a largas distancias por un receptor.

En el vacío todas las ondas electromagnéticas van a la misma velocidad, esto es, la velocidad de la luz, $c = 3 \times 10^8$ m/seg.

En conductores de cobre o fibra óptica, la velocidad es $2/3$ del valor de la velocidad de la luz, dependiendo en gran medida de la frecuencia de la señal transmitida.

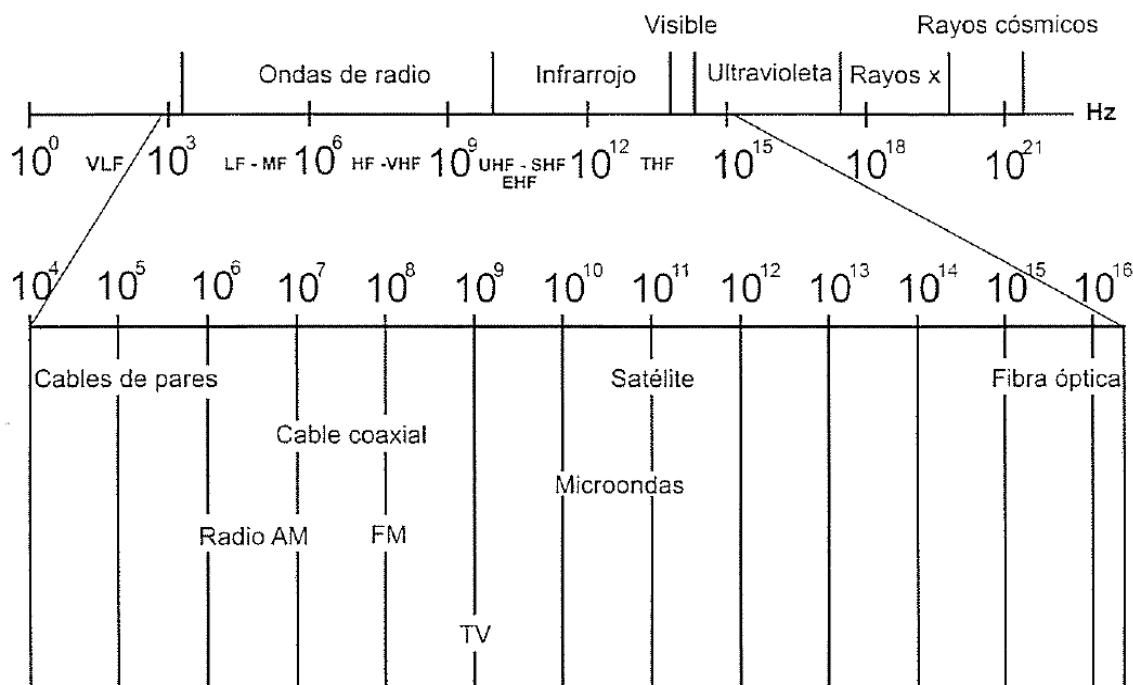
$$C = \lambda \times f$$

Siendo λ la longitud de onda, y f la frecuencia.

División del espectro.-

Para transmitir información pueden modularse la frecuencia de las señales en amplitud, frecuencia o fase.

El espectro electromagnético disponible es el siguiente.



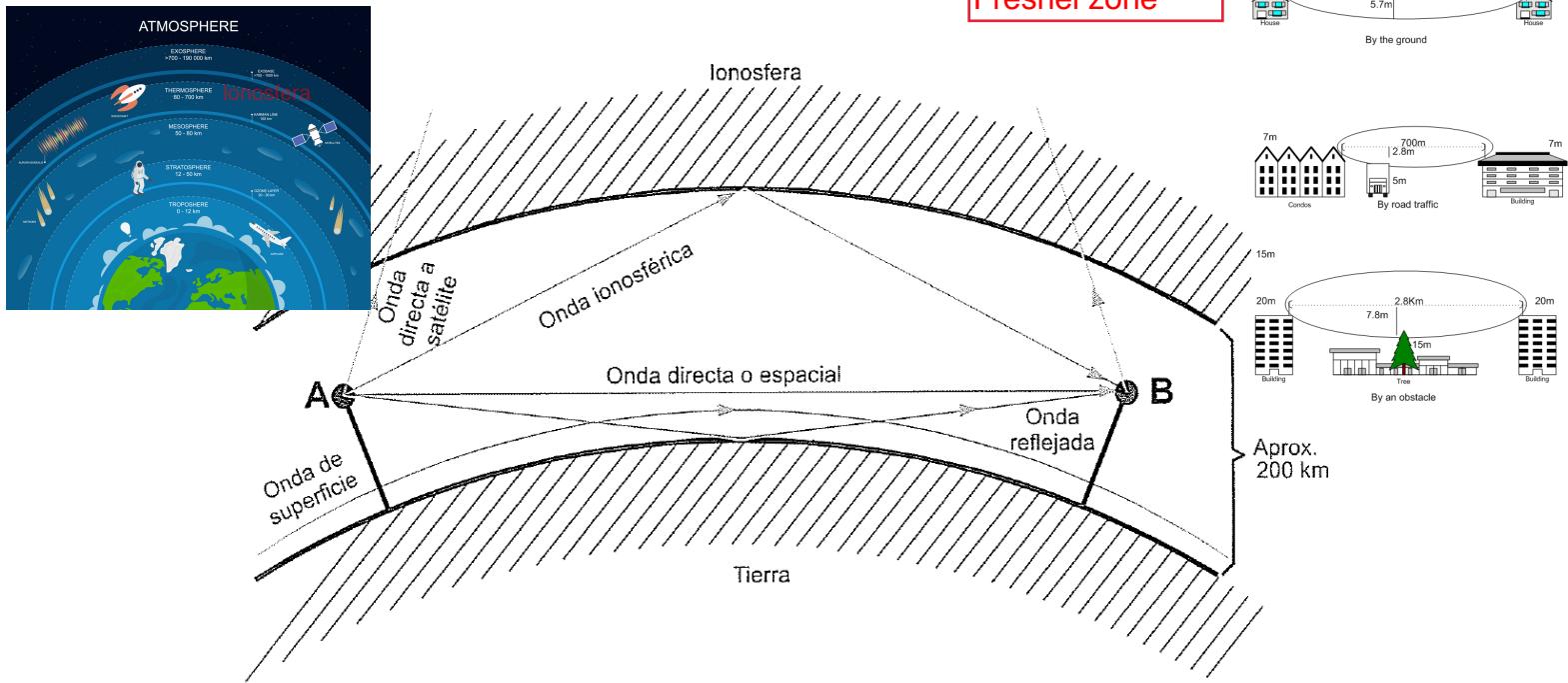
La nomenclatura utilizada es LF (baja frecuencia), MF (media frecuencia), HF (alta frecuencia), VHF (muy alta frecuencia), UHF (ultra alta frecuencia), SHF (super alta frecuencia), EHF (extremadamente alta frecuencia), y THF (tremendamente alta frecuencia).

Existen acuerdos internacionales que determinan quién puede usar qué frecuencias, de modo que el espectro disponible es compartido por radio, televisión, telefonía móvil, gobiernos, organizaciones militares, operadoras telefónicas, policía, navegación, etc.

Propagación de la señal.-

La propagación radioeléctrica entre una antena emisora A y otra antena receptor B pueden hacerse por los caminos representados en la siguiente figura.

Fresnel zone



Ondas de superficie.-

Este tipo de ondas se propaga a ras de suelo. Se produce cuando trabajamos a frecuencias bajas, puesto que el suelo es un buen conductor y presenta buenas condiciones de propagación para este tipo de señales.

Cuanto más húmedo este el suelo y mayor salinidad tenga, sus propiedades conductoras son mayores.

Los inconvenientes de utilizar estas bajas frecuencias para transmitir información es la aparición de gran cantidad de ruido que se acopla a las señales, y un ancho de banda disponible muy reducido.

Onda Ionosférica.-

Este es un modo de propagación de gran alcance. Se produce por la reflexión de una determinada gama de frecuencias (3 MHz - 30 MHz) en la capa de la atmósfera denominada ionosfera.

En la ionosfera están presentes los electrones procedentes de la ionización que produce la radiación solar. Su altura puede variar, pero suele aparecer a partir de los 80 Km de la superficie terrestre.

Se utiliza en las comunicaciones con barcos en alta mar o transmisiones a larga distancia, aunque su uso está siendo sustituido por los satélites de comunicaciones.

Onda espacial.- directa

Esta formada por las ondas que viajan desde una antena emisora a una antena receptor.

La atmósfera incide negativamente sobre este medio de propagación, ya que

se producen fenómenos de refracción, dispersión y absorción. Los obstáculos que presenta la superficie de la Tierra también influyen negativamente en este tipo de propagación.

Es importante que exista una visión directa entre las dos antenas, siendo este un método de transmisión para bandas de frecuencias superiores a 30 MHz.

Telefonía Móvil Automática (TMA).-

Este sistema permite que un usuario pueda desplazarse libremente con el terminal estableciendo comunicaciones con cualquier otro abonado, fijo o móvil de la red telefónica pública desde cualquier lugar en el cual exista cobertura por radio con una estación base.

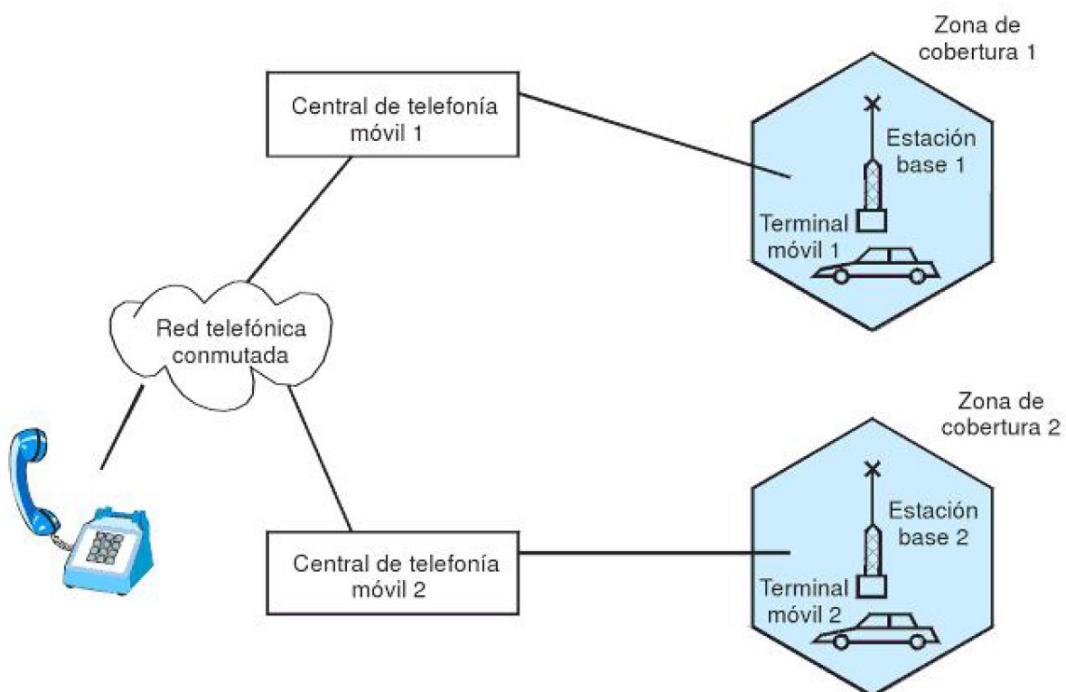
TMA maneja un gran número de abonados móviles dispersos por una amplia zona, lo cual supone resolver los siguientes aspectos:

- Conmutación automática de la comunicación, y continuidad de la misma.
- Radiobúsqueda de un móvil.
- Consecución de un nivel de calidad de la comunicación.

En los sistemas TMA se necesita conseguir una amplia cobertura con gran capacidad de tráfico y un número limitado de frecuencias, lo cual se consigue gracias a la reutilización de las frecuencias, utilizando estructuras celulares.

Elementos de Sistemas TMA.-

Los elementos básicos del sistema TMA son la central telefónica móvil (CTM), las estaciones base (EB), la zona de cobertura (ZC), y las estaciones móviles (EM).



Estaciones Base.-

Son los equipos que establecen el contacto con los teléfonos móviles del cliente y por tanto determinan la cobertura radioeléctrica del sistema.

Consisten en un ordenador y un transmisor/receptor conectado a una antena.

Este conjunto se conecta a las CTM mediante circuitos dedicados y enlaza con las estaciones móviles por radio a través de radiocanales asignados.

Centrales de Comutación para Telefonía Móvil.-

Dan servicio a las estaciones base y a su vez conectan con las centrales de la red telefónica fija para poder establecer conversaciones tanto entre teléfonos móviles como entre teléfonos móviles y fijos.

Se implementan físicamente en centrales de comutación digitales del tipo AXE o similares.

Zona de Cobertura.-

Abarca la totalidad del territorio nacional, especialmente las áreas urbanas y vías de comunicación importantes. La superficie total a la que se extiende el servicio está dividida en áreas o celdas atendidas por una estación base.

Estación Móvil.-

Es el terminal telefónico móvil y proporciona las mismas prestaciones o más que un teléfono convencional.

Para hacer uso del servicio telefónico, el abonado debe encontrarse dentro de una zona de cobertura, lo cual ya viene indicado por el propio terminal telefónico. conectado en linea con algún operador

Estructura celular y funcionamiento.-

La comunicación entre la base y el móvil o entre un móvil y otro en una frecuencia específica sólo es posible si no se supera una distancia entre ellos que se denomina radio de cobertura, cuyo valor es proporcional a la altura de las antenas de la estación móvil y de la estación base.

Si se supera esta distancia, la atenuación que sufre la señal transmitida es tan elevada que no es viable la comunicación.

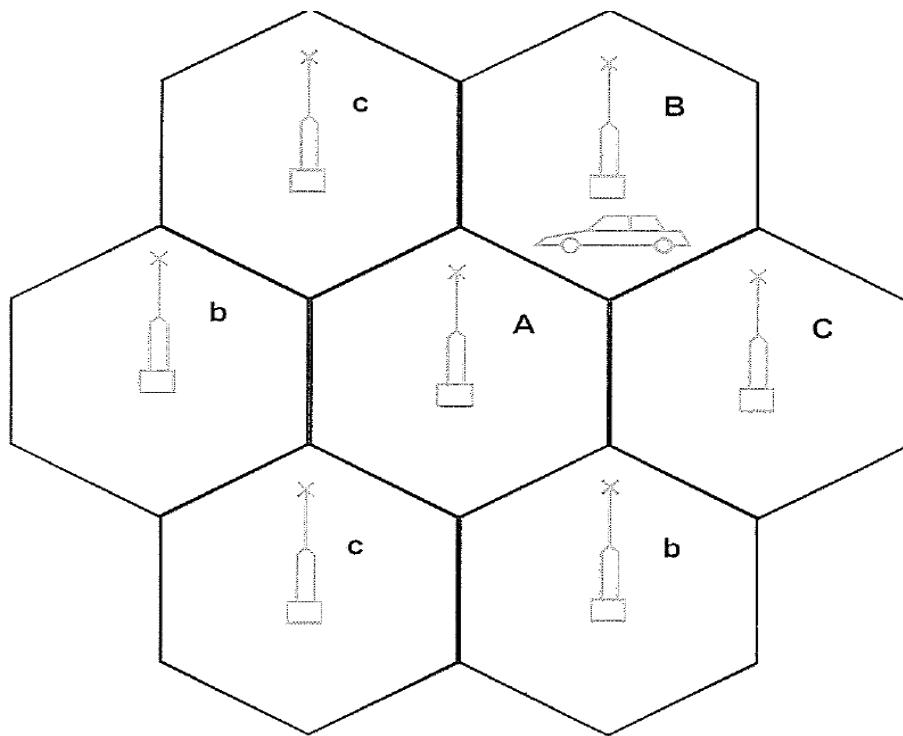
Para una más eficaz utilización de los 180 canales que hay disponibles en este sistema, se subdivide la superficie total a cubrir en zonas más pequeñas llamadas celdas o células, a las que se le asigna una estación base con cierto número de frecuencias o canales.

Como el espectro y el número de canales o comunicaciones posibles al mismo tiempo son limitados, se puede dividir la superficie total a cubrir en celdas de modo que las frecuencias que se les asignen a dos celdas contiguas no sean las mismas, ya que de lo contrario se interferirían mutuamente. Sin embargo, las frecuencias que se usan en una celda pueden ser reutilizadas en otra celda lejana.

La distancia de separación entre celdas se denomina distancia cocanal o de reutilización, y es determinada por la potencia de la estación base.

Reutilizando frecuencias, un sistema celular puede cursar un tráfico superior al número de frecuencias asignadas a la banda.

En la siguiente figura tenemos un ejemplo de distribución celular.



Se observa que se han formado 3 grupos de 60 canales cada uno, y se asignan 3 celdas adyacentes (A, B, y C).

Juntando núcleos de tres o menos celdas al primero podemos ir cubriendo el espacio en el que es preciso cubrir cobertura.

Las celdas marcadas como a, b, y c se han asignado siguiendo este principio.

Si una célula necesita más canales, se pueden subdividir de igual forma en células más pequeñas, con lo que las distancias a cubrir son menores y el número total de canales aumenta para la misma superficie.

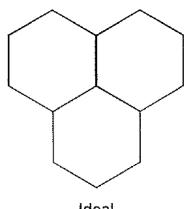
Forma geométrica de las células.-

La forma geométrica más conveniente para las celdas tiene en cuenta dos criterios:

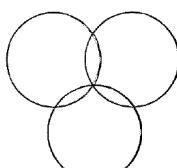
- Se debe procurar que no existan huecos o solapamiento en los bordes.
- Se debe buscar la forma que para un radio dado R se obtenga la mayor superficie posible. De esta forma se utilizará un menor número de células para servir la misma zona de cobertura y, por lo tanto, se utilizará un menor número de frecuencias.

El primer criterio descarta el círculo. Las alternativas posibles son el triángulo, el cuadrado y el hexágono.

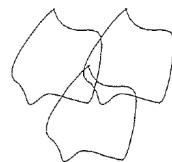
En la realidad las celdas no son hexágonos perfectos debido a la forma de propagación de las ondas en el terreno, los posibles obstáculos, y las restricciones de la estación base debidas a factores geográficos.



Ideal



No ideal



Real

Handover entre células.-

En todo momento un teléfono móvil está situado en una celda determinada y bajo el control de la estación base de dicha celda. Cuando el móvil deja una celda, su estación base detecta que la señal del teléfono se apaga y pregunta a todas las estaciones adyacentes qué potencia tienen de la señal.

La estación base entonces transfiere su propiedad a la celda que le proporcione mayor potencia de señal, que es la celda donde se localiza el teléfono, el cual es informado, y si hubiera una llamada en tránsito, se cuestionaría el cambiar a un nuevo canal (el usado hasta entonces puede estar ocupado por las celdas adyacentes). Este proceso se denomina **handoff** o **handover**.

Cada sistema utiliza soluciones distintas para realizar este proceso, generalmente mediante mensajes de control.

Una de las medidas de calidad de un sistema TMA celular es la probabilidad de pérdida de una llamada cuando se cruza una célula.

Función de Seguimiento (Roaming).-

Esta función posibilita que un usuario pueda utilizar el sistema celular independientemente del lugar donde se encuentre. Para ello es necesario dividir el área total cubierto por el sistema celular en un conjunto de áreas de localización, y mantener un registro actualizado de la posición del usuario, de modo que las llamadas dirigidas a él puedan ser encaminadas hacia su área de localización.

Un área de localización puede estar constituida por una o varias células, en cuyo caso el aviso de una llamada hacia un usuario debe transmitirse a través de todas las células incluidas dentro del área de localización.

Técnicas para aumentar la capacidad de los sistemas celulares.-

Existen dos técnicas: la subdivisión de las células en otras más pequeñas, y la sectorización.

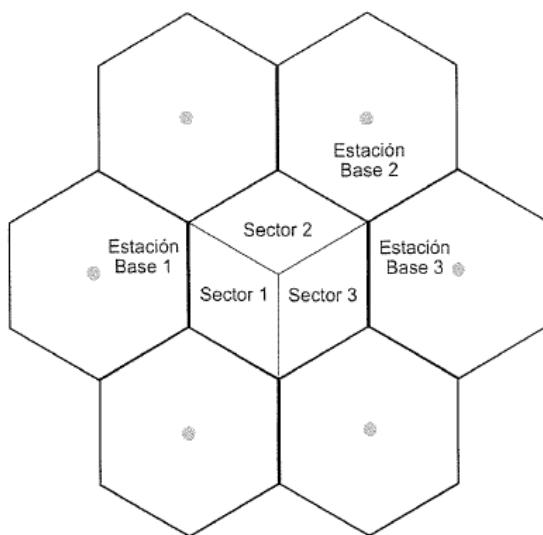
En el primer caso, la subdivisión se realiza reduciendo a la mitad el radio de la célula, lo cual implica:

- Reducir la superficie en 4.
- Aumentar la capacidad de tráfico por un factor aproximado de 4.
- Aumentar el número de estaciones base y situarlas de forma precisa.
- Aumentar el tráfico de señalización al aumentar el número de handovers.

El proceso de subdivisión tiene un límite que viene fijado por la carga del procesamiento de llamadas que suele corresponder a un radio de 1,5 Km, aunque los nuevos sistemas TMA contemplan células de unos 0,3 Km de radio.

Se puede establecer una subdivisión adicional sin necesidad de emplear más estaciones base, sectorizando la cobertura. Para ello se subdivide una célula en tres sectores a los que se da servicio desde vértices alternos del hexágono mediante tres estaciones base con haces de antena de 120º. Con ello se pueden cubrir sectores de células vecinas, lo cual supone un ahorro de estaciones base.

En la siguiente figura tenemos un ejemplo de área de cobertura sectorizada.



Asignación de frecuencias entre células.-

Se utiliza la asignación dinámica de canales en la cual cualquier canal puede ser utilizado por cualquier célula. De esta forma, si en una célula existe congestión porque todos sus canales están ocupados, se pueden tomar "prestados" los canales libres de células contiguas.

Sistema TACS.- Total Access Communication System

Es el sistema móvil de primera generación más avanzado.

Funciona en la banda de 900 MHz.

El ancho de banda se divide en 1000 radiocanales duplex separados entre si 25 KHz. Sólo se utilizan 600 de estos 1000 canales, reservando el resto de la banda para el sistema GSM.

Su principal inconveniente es que está limitado a las comunicaciones dentro del territorio nacional.

Sistema móvil digital GSM.-

En la década de los 80 cada uno de los países europeos tenía sus propios sistemas de telefonía móvil, los cuales eran incompatibles entre si.

En 1982 la CEPT tomó la iniciativa de poner en marcha un grupo de trabajo que se denominó Groupe Special Mobile (GSM) al cual se le encargó la tarea de crear las especificaciones para un sistema de comunicaciones móviles único para toda Europa en la banda de los 900 Mhz y 1800 MHz (bibanda).

En la actualidad, el estándar GSM tiene como significado Sistema Global de Comunicaciones Móviles, y está funcionando en todo el mundo, incluyendo la banda americana de los 1900 Mhz. Los móviles que permiten trabajar en las bandas europea y americana, se denominan tribanda.

En 1993 ya había más de 36 redes GSM en servicio en 22 países.

Servicios del sistema GSM.-

Se han incluido todos los servicios de la red RDSI, pero algunos con restricciones debido a la limitación de velocidad y tasa de errores.

5G