

## ANEXO 10

### Redes inalámbricas

---

#### A. 10. 1. Apertura y Progresión Inalámbrica

En un breve reconocimiento podemos advertir que los sistemas de transmisión inalámbrica para las telecomunicaciones, en sus comienzos se han empleado solo para alcanzar puntos remotos, como enlaces de telefonía de larga distancia nacional e internacional. Consistió en la utilización de los sistemas de ondas cortas, con longitudes de onda menores a 200 m, es decir con rangos de frecuencias superiores a 1500 KHz.

Se empleaban los sistemas de alta frecuencia HF (High Frequency) y la reflexión ionosférica, para alcanzar en varios saltos, extensas distancias. También, con grandes antenas se podía valer de las ondas troposféricas.

Recién a fines de la década de 1950, se aplicaron sistemas de microondas en los enlaces entre centrales interurbanas y los sistemas de, frecuencia muy alta VHF (Very High Frequency). Los sistemas de frecuencia ultra alta UHF (Ultra High Frequency) se aplicaban también a los servicios rurales y de televisión.

A inicios de la década de 1970 se han desplegado las técnicas satelitales de comunicaciones. En la década de 1990 se introdujeron los servicios celulares, la constelación de satélites y los servicios de comunicaciones personales PCS (Personal Communications Service).

Actualmente, por su alto costo y capacidad limitada en canales, los sistemas de radioenlace se emplean solo como respaldo a las redes de cables de fibras ópticas o su empleo en áreas rurales. Su éxito presente, radica en los servicios de TV directa al hogar DTH-TV (Direct to Home TV) y los servicios de acceso celular, los de anillo local inalámbrico fijo WLL (Wireless Local Loop) y de alta densidad como el LMDS (Local Multipoint Distribution System) y el MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System).

Las PC portátiles como ser las notebooks, palms y agendas personales digitales PDA (Personal Digital Assistant), también pueden ser equipadas de tarjetas inalámbricas para servicios hogareños, en oficinas, universidades, aeropuertos, shopping, etc., como sistemas Wi-Fi y redes Wi-Fi integradas como servicios WiMax.

Estos, son los sectores de mayor crecimiento de esta industria. Sus usuarios generalmente conectados en sus LAN de oficinas, quieren mantenerse conectados aún en sus casas o de viaje, en sus automóviles, aviones u hoteles. Los routers de las LAN o WAN, tienen entonces la función inalámbrica, generalmente celular o satelital. De tal forma, las PC portátiles y las no portátiles se transforman en inalámbricas.

Japón, Europa y USA efectúan acelerados progresos hacia las comunicaciones personales PCS / PCN, en la integración de los celulares con servicios de telefonía, TV y datos.

Se marcha hacia el ambiente de telecomunicación móvil universal UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), para alcanzar el Servicio Universal, meta fijada por la ITU, brindando servicio de telecomunicaciones a toda la población del planeta, sin importar su ubicación geográfica y estado económico. Técnicas inalámbricas, con la ayuda de la suite IP (Internet Protocol), Ethernet y el ATM (Asynchronous Transmission Mode), aportarán mayores facilidades de transporte y acceso, para este logro.

## A. 10. 1. 1. Las señales electromagnéticas

Se denominan ondas al proceso de propagación de toda clase de perturbación, es decir variación de estado. Cuando emitimos una onda, que contiene cierta información codificada por medio de un equipo transmisor adecuado y la proyectamos hacia un medio físico como ser el aire, un conductor eléctrico o una guía de onda, formará una onda electromagnética.

Esta onda si es propagada en el aire, será una onda radiada, comúnmente llamada por ello de radio. La misma esta formada por campos magnéticos (de intensidad H) y por campos eléctricos (de intensidad E), perpendiculares entre sí y ambos perpendiculares a su dirección de la transmisión V (Fig. 1).

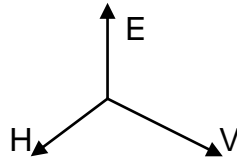


Fig. 1 - Dirección de los campos eléctricos y magnéticos, y de la velocidad de transmisión

Estos campos, toman valores máximos y mínimos secuenciales en el tiempo, alternándose uno al otro en su dirección de propagación. En el esquema se representa por líneas al campo eléctrico E y con puntos al campo magnético, los puntos amarillos son salientes al papel y los rojos tienen sentido entrante al papel, la intensidad de los campos se indica por la cantidad de puntos y por la proximidad de las líneas (Fig. 2).

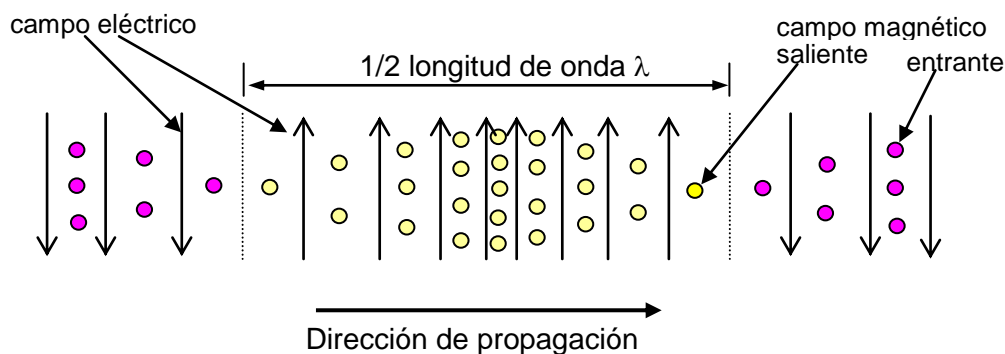


Fig. 2 - Sentido e intensidad de los campos eléctricos y magnéticos

La energía electromagnética, se proyecta en el espacio en forma de ondas, con la velocidad de la luz y consiste en campos eléctricos y magnéticos normales entre sí y a la dirección de propagación. Tal onda si la representamos en un gráfico de intensidades y tiempos representará una onda del tipo senoidal. Tales líneas continuas, senoidales y alternas, se denominan por ello ondas alternadas.

En la práctica, estas ondas son combinaciones de una gran cantidad de ondas senoidales puras, por lo que se las pueden representarse con cierto grado de exactitud, como suma de ondas senoidales.

Del estudio de estas ondas se define la frecuencia (cantidad de oscilaciones de una onda electromagnética por segundo) y la longitud de onda (distancia entre dos valores de un ciclo dado, máximos o mínimos consecutivos).

A la transmisión por radiación electromagnética, en el espacio abierto, aire o vacío, se le denomina transmisión de radio, su aplicación está representada por las transmisiones de sondas, radares, ondas largas, ondas cortas, microondas, etc.

## A. 10. 1. 2. La propagación electromagnética

La propagación de las señales electromagnéticas se produce en varias formas diferenciadas:

- 1) A lo largo de un conductor eléctrico, hasta un valor de frecuencia eléctrica dado. El par trenzado de cobre y las redes de multipares son ejemplos de su aplicación.
- 2) Sobre pasado ese valor de frecuencia la señal tiende a propagarse sobre la superficie del conductor por efecto superficie (efecto skin). El cable coaxial, es ejemplo de aplicación de este caso.
- 3) A mayor valor de frecuencia, es conveniente transformar al conductor eléctrico en un conducto hueco, vacío, donde la señal queda confinada, propagándose por el mismo. El ejemplo de aplicación son los tubos o canales, llamados guías de onda, que podrán ser construidos rígidos o flexibles, de secciones transversales circulares, ovaladas, cuadradas o rectangulares. Su tamaño depende de la frecuencia de la señal a transportar, las frecuencias más bajas requieren secciones más grandes. Para unos GHz, tienen un diámetro de aproximadamente 6 cm.
- 4) A valores de frecuencia mayores se produce radiación en la atmósfera y en el espacio. En tales circunstancias se hace uso del espectro electromagnético. En este caso la aplicación está representada por las transmisiones de sondas, radares, ondas largas, ondas cortas y microondas.
- 5) La transmisión en el espacio abiertas realizadas con ondas electromagnéticas superiores, están representadas por fotones de luz infrarroja IR, o en forma de rayos de luz coherente LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Estos rayos de luz, son mejor conducidos por hilos de vidrio o plásticos especiales, como lo son los conductores de fibra óptica.

### CLASIFICACIÓN DE ONDAS RADIADAS

Sistema		Frecuencia	Servicio
ELF	Extremely Low Frequency	Menos que 3 KHz	Comunicaciones de submarinos bajo el agua.
VLF	Very Low Frequency	3 á 30 KHz	Difusión mundial de información del tiempo
LF	Low Frequency	30 - 300 KHz	Comunicaciones de navegación marítimas
MF	Medium Frecuencia	300 KHz - 3 MHz	Radiodifusión de ondas largas, alcance 400 m.
HF	High Frequency	3 - 30 MHz	Difusión en onda corta, con saltos ionosféricos
VHF	Very High Frequency	30 - 300 MHz	Radio en FM, TV, radioenlaces y celulares
UHF	Ultra High Frequency	300 MHz - 3 GHz	TV, móviles, microondas terrestres y radar (*)
SHF	Super High Frequency	3 - 30 GHz	radar, microondas satelital
EHF	Extremely High Frequency	30 - 300 GHz	radar, microondas terrestre
THF	Tremendly High Frequency	300 - 3 THz	microondas terrestre

(\*) Mayores a los 2 GHz se denominan frecuencias de microondas.

Deberemos señalar, que para la escala de frecuencia se utilizan los siguientes múltiplos:

$10^3$  como Kilo Hertz (KHz), un mil de ciclos / seg.

$10^6$  como Mega Hertz (MHz), un millón de ciclos / seg.

$10^9$  como Giga Hertz (GHz), mil millones de ciclos / seg. (un billón para USA).

$10^{12}$  como Tera Hertz (THz), un millón de millón de ciclos / seg.

$10^{15}$  como Qina Hertz (QHz) ó Pera Hertz (PHz), un mil de millón de millón de ciclos / seg.

Los valores de longitudes de onda ( $\lambda$ ) son equivalentes a los de frecuencia (f), según su relación con la velocidad de propagación de la luz en el vacío de 298 000 Km /seg, o en el aire aproximadamente igual a 300 Km /seg, y está dado por la ecuación:

$$\lambda = \text{longitud de onda} = \frac{300\,000\,000 \text{ (m/s)}}{\text{frecuencia (Hz)}} \text{ (m)}$$

Podremos confeccionar un gráfico, el que indique visualmente los valores de longitudes de ondas  $= \lambda$ , con sus equivalentes de frecuencia  $= f$  (Fig. 3).

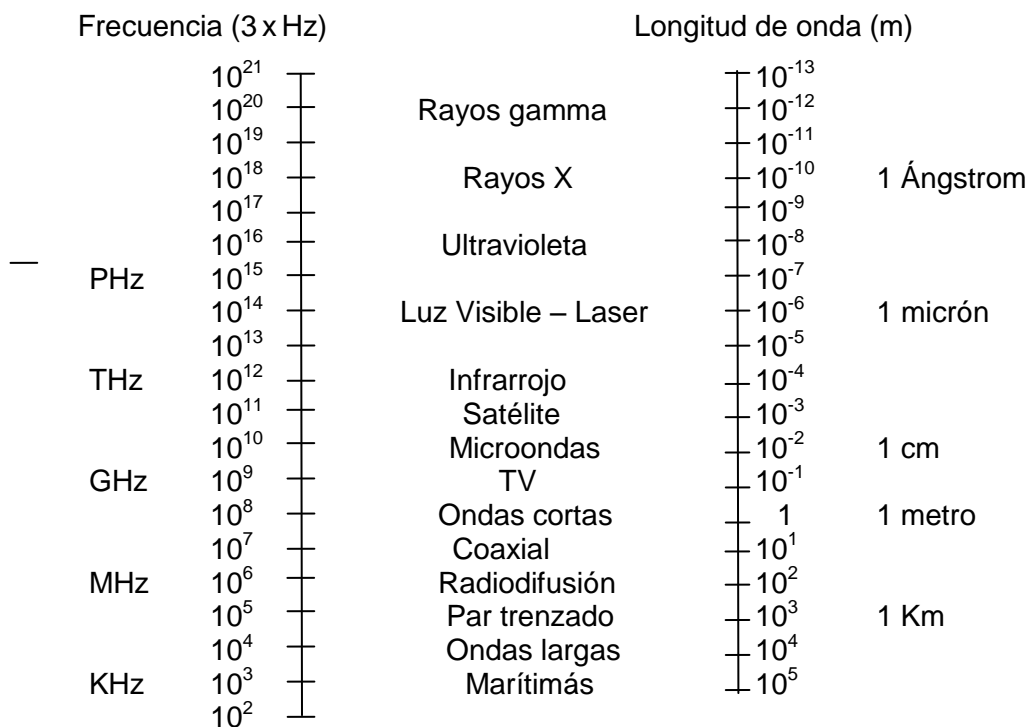


Fig. 3 - Relación de frecuencias con longitudes de onda

Las propiedades de las ondas de radio dependen de la frecuencia empleada. A bajas frecuencias, se propagan en todas las direcciones, cruzan bien los obstáculos, pero su potencia se reduce radicalmente en relación a su distancia a la fuente. A frecuencias más altas se propagan tendiendo a trazar una línea recta y rebotan en los obstáculos.

La banda de frecuencias extremadamente bajas (ELF, Extremely Low Frequency), menor a 3 KHz, es empleada para comunicaciones militares, tierra a submarinos sumergidos o entre submarinos bajo el agua. Logra alcanzar comunicaciones en profundidades hasta de varios cientos de metros.

Las ondas electromagnéticas en la banda de radiocomunicaciones VLF, LF y MF, se propagan siguiendo el perfil del terreno de la superficie terrestre. Estas ondas podrán detectarse a 1000 Km de distancia en las frecuencias más bajas y a menores distancias en las más altas.

En la banda de frecuencias muy bajas (VLF, Very Low Frequency), de 10 a 30 KHz, las señales se propagan en modo guiado entre la tierra y la ionosfera y es empleada para comunicaciones a larga distancia entre puntos fijos.

La banda de frecuencias bajas (LF, Low Frequency), de 30 a 300 KHz, se utilizan para la propagación mundial de las señales de la navegación de alcance medio.

La banda de frecuencias medias (MF, Medium Frequency), de 300 KHz a 3 MHz, es utilizada por las emisoras de radiodifusión que emiten en amplitud modulada (AM) y de barco a costa. Se propaga a distancias relativamente cortas, según la potencia de emisión (menor a 400 m).

Las emisoras de frecuencia modulada (FM) comerciales, transmiten en la banda entre los 88 y 108 MHz, mientras que en amplitud modulada (AM), entre 530 KHz y 1610 KHz. La difusión de radio en AM, usando la banda de MF transpone los edificios. Estas bandas no se pueden usar para datos por su reducido ancho de banda.

En las bandas de HF y VHF las ondas tienden a ser absorbidas por la Tierra. En la banda de frecuencias altas (HF, High Frequency), de 3 á 30 MHz, son dirigidas hacia el cielo rebotan en la ionosfera (una capa de partículas cargadas que rodea la Tierra a una altura de 100 a 500 Km) y se reflejan. Según las condiciones atmosféricas, efectuando varios rebotes, se logran varios saltos, con lo que se obtienen alcances superiores.

Se emplean en radiodifusión de onda corta. Por encima de los 100 MHz las ondas viajan en línea recta. La banda de frecuencias muy altas (VHF, Very High Frequency), de 30 á 300 MHz, se utiliza para radioenlaces, difusión de radio de FM y televisión. También se la emplea en comunicaciones telefónicas celulares, aeronáuticas y marítimas móviles. La transmisión se realiza por onda de visión directa. Su alcance es dado por la visión del horizonte de 50 Km, o mayor según la altura de la antena y las condiciones de propagación.

La banda de frecuencias ultra altas (UHF, Ultra High Frequency), de 300 MHz á 3 GHz, se utiliza para la radiodifusión de televisión y aplicaciones en móviles terrestres. La banda por encima de 1 GHz es utilizada para los servicios de RADAR (Radio Detection and Ranging).

Enfocando las ondas en un estrecho haz mediante un reflector con forma de paraboloide, se concentra la energía electromagnética y obtiene la llamada línea de visión directa libre de interferencias (LOS - Line of Sight). Estas antenas transmisoras y receptoras deben estar bien alineadas para mantener esta LOS. Estos LOS debido a la curvatura de la Tierra llegan en línea recta hasta el horizonte. Esta distancia es en terreno plano de hasta 50 Km.

La banda de frecuencias super altas (SHF, Super High Frequency), de 300 á 3000 MHz, se utiliza en la transmisión de microondas terrestres y satelitales. Su empleo terrestre se ve restringido por su alta sensibilidad a la lluvia y cambios del índice de refracción de la atmósfera. Los sistemas de microondas se emplean en telecomunicaciones para enlaces telefónicos de larga distancia, telefonía celular y distribución de TV. En uso de hornos de microondas, aplicaciones medicinales e industriales, controles de puertas, instalaciones de radar, etc.

Si instalamos la antena ya fuese en un delgado mástil o en una alta torre, el alcance podrá ser muy superior pues sobrepasa la línea del horizonte. En zonas serranas o montañosas, al ubicar las antenas en elevación se logran distancias superiores a los 350 m. La distancia entre las torres de las repetidoras podrá ser mayor en relación a la raíz cuadrada de la altura de las parábolas. Torres de 100 m de altura, podrán estar separadas a unos 80 Km.

El haz de microondas en su trayecto se difracta, reflejándose parte del mismo en arboledas, superficies de ríos o en nubes, llegando fuera de fase con el haz principal y cancelar parte de su señal. Este efecto se denomina desvanecimiento por trayectoria múltiple. Por esta razón se emplean sistemas de respaldo de microondas o en fibra óptica.

En frecuencias mayores, de casi 8 GHz, las ondas son absorbidas por su equivalente en longitud de onda, las gotas de lluvia (en rayos infrarrojos por la niebla). También se emplean las microondas en rebotes producidas sobre grandes antenas troposféricas ubicadas sobre el terreno, en satélites de la Tierra como ser globos metalizados, en la misma Luna o en satélites de comunicaciones, meteorológico o de otro servicio. Son las bandas de frecuencia empleadas para sistemas duales terreno-satelitales, para el servicio de teléfonos inalámbricos PCS.

Las ondas infrarrojas y milimétricas no guiadas se emplean mucho en espacios interiores, para sistemas de control o de transmisión, no así en exterior pues los rayos solares le son interferentes. Los rayos laser en su uso no guiado en el espacio libre, no sufren interferencia solar pero si a las gotitas de la niebla atmosférica. Los Rayos Gamma y los Rayos X tienen uso en medicina y alta tecnología.

### A. 10. 1. 3. Organismos reguladores del espectro

El espectro electromagnético, al ser elemento escaso y agotable, debe resultar restringido, sobremanera en el ámbito internacional. A ese fin, existen organismos reguladores nacionales e internacionales. De estos, podremos nombrar a la oficina internacional de registración de frecuencias, la IFRB (International Frequency Registration Board) y a la Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector Radiotelecomunicaciones ITU - R.

La ITU, han precisado tres regiones para la explotación de los servicios móviles satelitales y móviles terrestre. La Región 1, Región 2 y Región 3. La Región 2, corresponde a América, donde se asignó con carácter primario y en forma compartida, los servicios móviles satelitales y móviles terrestres, la banda inferior 1970 - 1980 MHz y la banda superior 2160 - 2170 MHz. También se asignó pero con carácter secundario y para los servicios móviles satelitales, la banda inferior 1930 - 1970 MHz y la banda superior 2120 - 2160 MHz.

La Conferencia administrativa mundial de radio WARC (World Administrative Radio Conference) asignó las bandas 1885 - 2025 MHz y 2110 - 2200 MHz, para el uso de los Futuros Sistemas Públicos de Telecomunicaciones Móviles Terrestres, FSPTMT (febrero de 1992, Torremolinos, España). En la misma se han definido las bandas para los distintos usos:

1885 - 1930 MHz	Servicios móviles no satelitales.
1930 - 1970 MHz	Servicios satelitales con carácter secundario.
1970 - 2010 MHz	Servicios móviles satelitales y terrestres compartidos.
2110 - 2120 MHz	Servicios móviles no satelitales.
2120 - 2160 MHz	Servicios satelitales con carácter secundario.
2160 - 2200 MHz	Servicios móviles satelitales y terrestres compartidos.

Asimismo, organismos internacionales, como la ITU y el ETSI (European Telecommunication Standards Institute) promueven la ejecución del Sistema de telecomunicación móvil universal UMTS y el llamado Futuro sistema público de telefonía móvil terrestre FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunication System).

La integración de UMTS con las técnicas computacionales, está dando lugar a las Telecomunicaciones personales universales UPT (Universal Personal Telecommunications) y permitiendo la movilidad personal universal. Utilizando un número personal UPT, transparente a múltiples redes, se posibilitan las comunicaciones con independencias de la posición geográfica y desde cualquier terminal, fijo o móvil.

### A. 10. 1. 4. Capacidad de transmisión

Para propagar una señal analógica o digital que lleve información, se deberá situar a la misma sobre una onda de frecuencia alta de radiofrecuencia, la que pueda ser radiada en el espacio y que llamamos portadora, mediante un proceso denominado modulación.

El rango total de frecuencias empleadas para transportar la información, se denomina ancho de banda del canal. Frecuencias tan bajas como las vocales, de 200 a 4000 Hz, se montan sobre frecuencias portadoras tan altas como las 1 MHz. El ancho de banda del canal máximo a transmitir, depende de la frecuencia de la portadora empleada, es más sencillo suministrar anchos de banda mayores, en las frecuencias de portadoras más altas.

Un ancho de banda de 100 MHz en una portadora de 1000 MHz representa un 10% de variación de la portadora. Los mismos 10 MHz en una portadora de 10 000 MHz representan ahora solo el 1% (banda Ku).

Empleando frecuencias de microondas, con portadoras de 300 000 MHz, se suministran anchos de banda mayores. La luz infrarroja (330 000 GHz) tiene una frecuencia más alta que las microondas y suministra por ello anchos de banda mayores.

### **A. 10. 1. 5. Servicio universal**

Se estima que el 70% de la población de los países en vías de desarrollo, viven en comunidades rurales. De estas comunidades, más del 75% de ellas, no disponen de ni aun el servicio telefónico básico lo que demuestra la poca importancia que los gobiernos prestan a los servicios rurales, de salud, educación y vías de comunicación. Su promoción impulsará no solo el bienestar de esta región sino el de la totalidad de la sociedad.

Para las áreas rurales, de poblaciones dispersas y /o alejadas de los centros urbanos, alcanzar estos servicios representa de primer interés. Los operadores de telecomunicaciones, no proveen el servicio a estas zonas distantes, por resultarles antieconómico llegar con cables hasta las mismas. Las líneas de alambre desnudo, no satisfacen las normas de calidad de transmisión actuales, ni los costos de mantenimiento deseables. Por ello un porcentaje de la población queda excluida de la comunidad mundial y genera la migración a las congestionadas zonas urbanas, con los consiguientes perjuicios sociales.

Concluimos que los sistemas deberán ser inalámbricos puros o en su defecto combinación de red inalámbrica y física. Los sistemas inalámbricos podrán ser terrestres o satelitales. El Departamento de Desarrollo de Telecomunicaciones de la ITU, en conjunto con empresas de transmisiones satelitales, ha formulado el proyecto Spacecom. Tal proyecto, apunta a promocionar la aplicación masiva de tecnologías espaciales en países en desarrollo, para complementar los servicios terrestres.

Diversos países han considerado en sus Leyes de Telecomunicaciones fondos compensadores basados sobre el aporte de un porcentaje de la facturación urbana total obtenida (1%). Este fondo servirá de financiación dirigida a servir las áreas no cubiertas por considerarse antieconómicas.

Llevar educación a los lugares más remotos del planeta, como permitir a los profesionales de la salud disponer de información crítica de emergencia o consulta, pudiendo llegar a bibliotecas, compartir archivos, consultas a especialistas o de radiografías, será de alta prioridad. La revolución informática de fin del siglo XX, se asemeja a la revolución industrial acontecida en el siglo XIX. Las ciudades progresan a lo largo del recorrido de la fibra óptica, tal cual lo fue al trazado del ferrocarril.

De allí el verdadero potencial de las soluciones inalámbricas, en la era de la informática, ofrecer a los pueblos la posibilidad de elegir donde vivir y trabajar, pudiendo obtener en éste ya fuese el mismo rural, un nivel de vida acertado.

### **A. 10. 2. El acceso inalámbrico**

Podremos distinguir la cobertura del acceso mediante, los teléfonos inalámbricos de baja potencia para ser utilizados dentro de un rango limitado alrededor de la estación base, los sistemas de cobertura celular, los radioenlaces rurales, los satélites domésticos y los sistemas satelitales globales.

El tratamiento de las redes inalámbricas las podremos resumir en la visión de:

- Teléfonos inalámbricos o sin hilos (Cordless),
- Centralita privada inalámbrica (WPBX),
- Telepunto,
- Buscapersonas y radio llamadas (Páging),
- Enlaces por Láser infrarrojos,
- Sistemas compartidos, Trunking,
- Localizadores y radiobúsqueda,
- Televisión directa al hogar (TDH),
- Telecomunicaciones celulares,
- Telecomunicaciones rurales,
- Telecomunicaciones por satélites,
- Anillo local inalámbrico WLL (Wireless Local Loop)
- Sistemas Wi-Fi y WiMax
- Sistemas para servicio de comunicaciones personales PCS.

## A. 10. 2. 1. Servicio de telefonía sin hilos (Cordless)

La telefonía sin hilos (cordless), parte de los teléfonos inalámbricos residenciales. Se han definido distintos sistemas cordless, como serie CTx, luego le siguió el teléfono digital sin cordón DCT 900. El teléfono inalámbrico comprende una estación base que soporta un único aparato portátil. Se utiliza fundamentalmente como teléfono doméstico.

La categoría CT0, o de generación inicial, corresponde a teléfonos inalámbricos analógicos, en la banda de 50 MHz, con 8 frecuencias de portadora, una por canal. No dispone de handover (traspaso automático de celda sin perder la comunicación). La categoría CT1, de primera generación, desarrollado en USA, emplea la banda UHF, de 914 á 915 MHz, para el teléfono inalámbrico analógico y de 959 á 960 MHz para la estación base. La Comisión Europea CEPT normaliza este sistema, en 1985. Utiliza modulación en FM y tiene una cobertura de hasta 300 m, con una potencia de 5 á 10 mW.

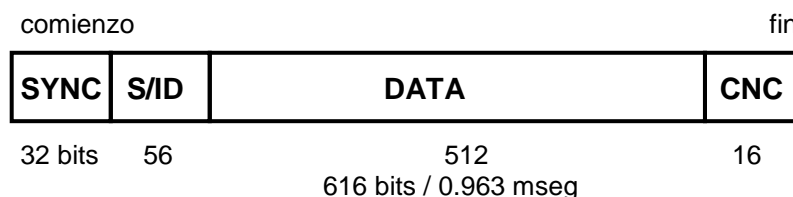
Debido a que dispone de la exigua capacidad de 40 canales, resulta inoperante para un sector de negocios. Además, al echo que esta banda es liberalizada en Europa, al sistema global para comunicaciones móviles GSM, la CEPT (Comisión Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones), ha creado el CT1 plus (ó CT1+). Emplea la banda de 885 á 887 MHz, para el teléfono inalámbrico y de 931 á 932 MHz para la estación base, con capacidad de 80 canales.

La categoría CT2 de segunda generación, fue desarrollada en Inglaterra. Se aplica como servicio telepunto y telefonía digital. El ancho de banda disponible es de 4 MHz, dividido en porciones de 100 KHz, que soporta cada una un canal. Resulta un total de 40 canales. Emplea la banda de 900 MHz (864 á 868 MHz). Dentro de cada porción se establece una trama, con dos intervalos de tiempo, uno en el sentido de base al teléfono portable y el otro en sentido opuesto, de portátil a base. Emplea microceldas de 200 m y no dispone de handover.

Emplea las técnicas de acceso con multiplexación por división de frecuencia y dúplex por división en el tiempo FDMA/ TDD (Frequency Division Multiple Access/ Time Division Duplex). Su velocidad de transmisión es 72 Kb/s. La modulación es GMSK (Gauss Minimun Shift Keying) con técnica de codificación ADPCM (Adaptive Differential PCM). Con posterioridad se creó el CT2 plus (ó CT2+), también digital, el que operó en Canadá, en la banda de 940 MHz.

El teléfono digital sin cordón DCT 900 emplea la banda de trabajo de 862 á 866 MHz, con acceso TDMA /TDD. El ancho de banda de 8 MHz se divide en 16 pequeños segmentos de 1 mseg cada uno (llamado timeslot), por cada MHz. Con ello se obtienen los 8 canales para emisión y 8 canales para recepción (full dúplex). Con estos 8 canales y los 8 MHz de ancho de banda, se obtienen 64 canales de acceso. Se dispone de 8 portadoras por celda, con una velocidad de transmisión de 640 Kb/s. En particular, el sistema DCT 900, emplea tecnología CT3.

Se utiliza en aplicaciones residenciales y profesionales como centralita privada sin hilos WPBX. Su uso permite el ahorro de cableado de estos sistemas. En este sistema la estación base asigna automáticamente un canal de radio disponible. Todas las portadoras tienen los timeslot de todos los canales (Fig. 4).



SYNC    sincronización  
 S/ID    señalización e identificación  
 DATA    datos  
 CNC    Cyclic Redundacy Code, Código de redundancia cíclica

Fig. 4 - Trama para DCT900



El espacio de guarda entre tramas de 0.037 mseg, equivale a 24 bits. Esta tecnología se acerca a la técnica empleada en los teléfonos celulares.

### A. 10. 2. 2. Telepunto

El servicio de telepunto, emplea la tecnología inalámbrica para proveer acceso a la red pública fija conmutada, cubriendo pequeñas áreas. Cuenta con cantidad de estaciones base del tipo multicanal, las que están ubicadas en lugares de alta concentración de clientes, como ser calles peatonales, aeropuertos, etc. Se sitúan usualmente, a distancias de unos 200 m. Estos sistemas permiten la emisión y recepción de llamadas, con movilidad solo dentro de la célula.

Con teléfono inalámbrico CT2, no se permite la transferencia de célula (handover), por lo que el usuario debe permanecer cerca de la estación base sin salir de la célula durante toda la llamada. Tampoco se permite recibir llamadas de otros sistemas (roaming). Con el sistema CT2 Plus, se permiten ambos servicios (Fig. 5).

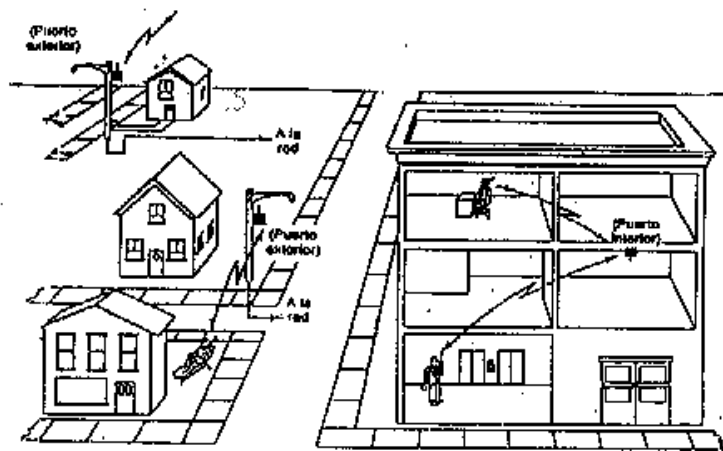


Fig. 5 - Telepunto externo y de interiores

En estos CT2 Plus, se utilizan la modulación con desplazamiento mínimo gaussiano GMSK sobre portadora de 72 b/s y velocidad de usuario de 32 Kb/s, con técnica de codificación diferencial adaptativa ADPCM. La densidad máxima admisible es de 7700 portátiles/ Km<sup>2</sup>.

### A. 10. 2. 3. Buscapersonas

Los radiolocalizadores, buscapersonas se ha iniciado en el año 1955. El servicio unidireccional de buscapersonas, consta de un pequeño aparato portable, comúnmente llamado beeper.

Se emplean normalmente para localizar al personal técnico, médicos u otro profesional que se desplazan internamente o entre direcciones no prefijadas. La cobertura podrá ser fijada a un gran edificio, ciudad o área ampliada determinada, según el sistema utilizado.

El mensaje podrá ser una simple señal audible, con la cual el usuario sabe que tiene que llamar telefónicamente a alguien predeterminado, o puede contener un mensaje alfanumérico en una diminuta pantalla, en donde se le indica el número telefónico, nombre del llamador o una pequeña frase corta que indica tema o lugar de encuentro.

Cualesquier persona que desee comunicarse mediante a beeper dado, debe llamar a la compañía del sistema e introducir un código de seguridad, el número del beeper y el número al cual el usuario del beeper debe llamar o algún mensaje corto. La computadora que recibe la petición la retransmite a un sistema de antenas que la difunde localmente o a larga distancia por medio de un satélite, hasta el beeper deseado. También se puede enviar un mensaje colectivo dirigido a un grupo de personas. En sistemas más avanzados, se puede brindar otro servicio, enviar mensajes no cortos, como ser un listado de precios. La computadora los procesa y envía como van llegando.

El servicio podrá también ser administrado por una empresa, en la cual una operadora recibe los llamados telefónicos del requeriente y emitir el mensaje al cliente, que dispone del buscaperonas portable.

Este servicio podrá operar en las frecuencias de 30 a 41 MHz, tanto en buscaperonas como en te-  
lecomandos, dentro de edificios y de 41 a 174 MHz para áreas abiertas mayores. También en 150 -  
174 MHz ó en 930 - 932 MHz. Estos sistemas requieren un ancho de banda pequeño para una  
ráfaga de unos 30 Byte. A este contenido de datos, un satélite puede manejar más de 240 000 avi-  
sos por minuto.

#### **A. 10. 2. 4. Paging**

Consiste en servicios de radio llamada de naturaleza unidireccional. Se recibe un mensaje de 20 a  
40 caracteres, con almacenamiento de 10 000 caracteres e indicativo del emisor.  
Los terminales podrán disponer de correo electrónico, de voz y /o datos. Este servicio opera en fre-  
cuencias de 900 MHz.

Se puede recibir en pantalla, una página completa de visualización alfanumérica (paging), en un  
terminal portátil telefónico, de computación y / o fax. Si se desea se podrá guardar este mensaje e  
imprimirlo. Los mensajes pueden ser memorizados por un determinado tiempo, para su lectura o in-  
formación posterior.

El sistema ERMES, aprobado por la ITU, es empleado en Europa con bandas de frecuencias de  
169.4 á 169.8 MHz. Permite usar 16 canales, cada uno con anchos de banda de 25 MHz. La veloci-  
dad de transmisión de los radiocanales es de 6.25 Kb/s, utilizando modulación de impulso en ampli-  
tud /frecuencia, del tipo 4 PAM /FM (Pulse Amplitude Modulation/ Frecuencie Modulate). ERMES,  
permite facilidades como acuse de recibo, protección, asignación de prioridades, llamadas en grupo  
y desvío de mensajes.

Su arquitectura esta conformada por una unidad de control, que vincula al sistema con la red públi-  
ca conmutada y controles de zona, que reciben los mensajes y emiten a las estaciones bases para  
su transmisión a los receptores en poder de sus usuarios.

La FCC de USA ha definido al PCS de banda angosta, como paging bidireccional, con una familia  
de servicios de radio portables o móviles. Estos pueden ser usados para proveer telefonía inalám-  
brica, datos, paging avanzado y otros servicios.

#### **A. 10. 2. 5. Trunking**

El sistema trunking tiene como principio de uso compartir (trunked), un número bajo de canales de  
comunicación, entre un gran número de usuarios. La asignación de canales es dinámica y sustenta  
un sistema particular de celdas, similar al de telefonía móvil celular. El primer sistema de trunking  
conmutado, data de 1964 en USA, como de carácter privado.

Se utilizó como red cerrada de radio, de frecuencia fija, el sistema de acceso digital extendido  
EDACS (Enhanced Digital Access), de Ericsson, adoptado por servicios públicos de bomberos, am-  
bulancias, policía, etc. Contó con un sistema computarizado, donde la gestión de enlace permitía la  
selección automática del canal a utilizar. Su accesibilidad estuvo dada según un orden de prioridad  
codificado. Ponía en una cola de espera al solicitante, según su prioridad, hasta la liberación de un  
canal.

Se utiliza para voz y datos, para entes policiales, flotas de ambulancias o de camiones, siendo ideal  
para la coordinación de entrega de mercaderías. Cada estación tiene una cantidad de canales fijos.  
Se califica a este sistema como inteligente, pues permite optimizar el uso del espectro radioeléc-  
trico, tomando un grupo de frecuencias bajo y lo comparte con un número mayor de usuarios. Asigna  
automáticamente los canales mediante un protocolo de control y sincronización, siendo esta opera-  
ción imperceptible para el usuario.

La automatización del proceso, permite que finalizada una comunicación, el canal quede disponible para ser utilizado inmediatamente por otro usuario del sistema.

Los sistemas de trunking, utilizan transmisiones según normás de transferencia de mensajes MTP 13xx (Message Transfer Part), establecidas por el Ministerio de Comercio e Industria Británico. Esta basado en el método de control de acceso ranurado con longitud de trama dinámica DFSL de ALOHA (Dynamic Frame Length Slotted ALOHA). Con este método el canal se divide en períodos (slot), con una velocidad de 1.2 Kb/s, separación entre portadoras de 125 KHz y potencia de 50 W para estaciones fijas y 20 W para estaciones móviles.

El sistema de radio digital troncal europeo TETRA (Trans European Trunked Radio), de especificación ETSI, opera en la banda 380 a 400 MHz. El sistema digital equivalente para USA es el APCO 25, emitido por la APCO (Association of Public safety Communications Officers).

En el sistema trunking, las repetidoras son utilizadas por un número mayor de canales que un sistema convencional. Ello se logra utilizando los tiempos muertos existentes durante la transmisión y disponiéndolos al envío de mensajes a otros usuarios.

En ciertos métodos de transmisión, el usuario mantiene un canal asignado mientras dure toda la comunicación, similar a la asignación de canales en la telefonía celular. Esto representa una desventaja, al no aprovecharse los tiempos muertos de inactividad, provocando reducción de eficiencia en la red.

Permite efectuar:

- Llamada individual entre estaciones terminales
- Llamada a una flota en forma grupal
- Llamada de emergencia con prioridad
- Lista de llamadas en espera
- Desvíos de llamadas
- Almacenamiento de mensajes
- Transmisión de datos y facsímil
- Conexión a la red telefónica conmutada

### **A. 10. 2. 6. Centralita privada inalámbrica (WPBX)**

La centralita privada inalámbrica (Wireless PBX), permite ofrecer los servicios de telefonía y sus servicios suplementarios, con la ventaja de poder extender los mismos a las áreas suburbanas y acceder la movilidad de sus usuarios. Poseen capacidad para manejar alto tráfico. Se brinda estos servicios mediante los sistemas DCT 900, DECT y el PHS.

### **A. 10. 3. Principios de la telefonía Móvil y Celular**

Los radioteléfonos móviles comenzaron a usar para usos militares o marítimos durante las primeras décadas del siglo XX. En 1946, en St. Louis, USA, se instaló el primer sistema de teléfono en auto-móvil. Para hablar se tenía que oprimir un botón que habilitaba al transmisor e inhabilitaba al receptor, llamados por ello "oprimir para hablar". En 1950 ya se usaban los sistemas de banda ciudadana en patrullas policiales y taxis.

En 1960, en USA, se instaló el sistema de teléfonos móviles mejorados IMTS (Improved Mobile Telephone System), que utilizaba un transmisor de alta potencia 200 W, no era necesario el botón de oprimir para hablar ya que empleaba dos frecuencias una para enviar y otra para recibir. Al emplear doble frecuencias, no se podían escuchar unos a otros.

El IMTS, operaba solo hasta 23 canales, entre 150 y 450 MHz. Debido a la alta potencia que empleaba, los equipos adyacentes debían estar alejados varios kilómetros para evitar interferencias.

Los Sistemas avanzados de telefonía móvil AMPS (Advanced Mobile Phone Standard), fueron inventados por los Laboratorios Bell e instalados por primera vez en USA en 1982. El sistema también se usa en Inglaterra donde se le llama TACS y en Japón con el nombre de MCS-L1. Con AMPS, una región geográfica se divide en celdas, normalmente con 19 á 20 Km de diámetro. Cada una, usa un conjunto de frecuencias determinado. La idea de AMPS, fue emplear celdas (o células, de allí deriva el nombre de celular) mucho más pequeñas que antes y reutilizar las frecuencias de transmisión de celdas no adyacentes, lo que le permitió más capacidad que los sistemas anteriores.

Mientras que IMTS con 100 Km de alcance tiene una frecuencia para cada llamada, el AMPS puede tener para la misma área de servicio, 100 celdas de 10 Km cada una, con 5 ó 10 llamadas en cada frecuencia, pero para celdas separadas. Además por ser las celdas más pequeñas, se necesita menos potencia, lo que permite emplear dispositivos más pequeños y baratos. Los teléfonos manuales tienen una salida de 0.6 W, mientras que los transmisores en automóviles ión tienen 3 W, el máximo permitido por la FCC de USA.

La telefonía celular inicial, por su éxito comercial dispuso posteriormente de receptores portátiles de fax y computadoras. Puede luego operar servicios de datos, localización y seguimiento de vehículos, sistema de posicionamiento global GPS (del mismo aparato portable), servicios de fotografía, de Internet, de radio, de televisión y de multimedios en general. Su principio de funcionamiento radica en la creación de áreas restringidas, lo que permite asignar grupos de frecuencias particulares para cada una de estas células, facilitando la reutilización de grupos de las frecuencias utilizadas, en áreas no linderas, lo que asegura la mayor cantidad de frecuencias disponibles y así de usuarios potenciales.

Esta técnica se basa en la multiplexación por división de espectro. Cada célula tiene asociada a una estación base, equipadas con transmisores, receptores, computadoras y antenas que opera en UHF. Éstas, permiten seguir a un terminal en movimiento y realizar mediciones de potencia. Disponen de la función de transferencia a la antena de otra celda para cambiar de celda. Según el valor de potencia determinado y cuando la señal tiende a desvanecer, se consulta con todas las antenas linderas y se transfiere la posición a la celda que esta recibiendo el valor de señal mayor.

Ciertos sistemas permiten efectuar las transferencias de las células, según la categoría del usuario y su velocidad de desplazamiento, ya fuese fijo, peatonal, en automóvil, etc.

Las antenas, están conectadas mediante líneas físicas a las centrales base y estas a las llamadas, centrales de conmutación de telefonía móvil MTSO (Mobile Telephone Switching Office), denominadas también como, centros de conmutación móvil MTCO (Mobile Telephone Center Office). En un gran sistema pueden ser necesarias varias MTCO, en ese caso todas se conectan a una MTCO de mayor jerarquía y así sucesivamente. Cada MTCO es una oficina final del sistema móvil y esta conectada por lo menos a una central local del sistema telefónico. La comunicación entre las MTCO y estas a las centrales de telefonía local, se realiza mediante una red digital de conmutación de paquetes (Fig. 6).

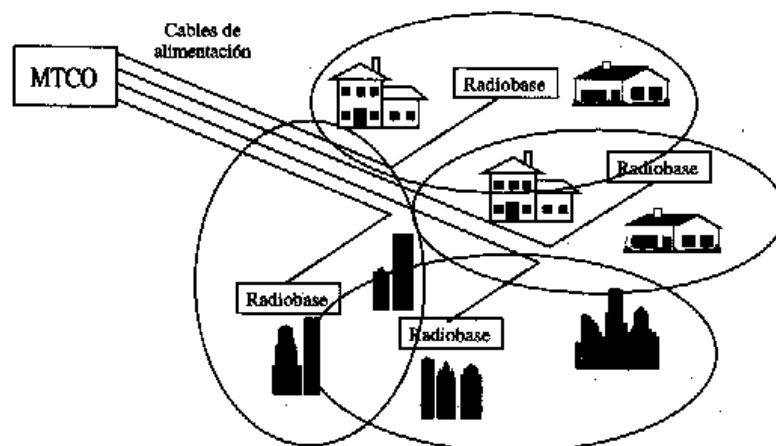


Fig. 6 - Esquema de un Sistema Celular

Al proceso de traspaso de célula sin pérdida de transmisión, se lo designa como entrega handoff en USA (o handover en Europa) y su operación demora cerca de 300 mseg. La asignación de canales la realiza la MTCO, que es el centro nervioso del sistema. Las estaciones base son solo retransmisoras. Se indica como roaming, cuando se accede a servicios en distintas áreas a las que está suscripto el abonado, conservando las facilidades contratadas, incluso para distintos países (Fig. 7).

Para hacer una llamada el abonado móvil enciende el teléfono teclea el número del abonado deseado y oprime el botón "enviar". El teléfono envía entonces una señal con los datos del número junto a su propia identificación por el canal de acceso. Si ocurre una colisión se repite el intento. Cuando la estación base recibe la petición informa al MTCO que busca un canal desocupado, el número de canal se envía nuevamente por el canal de control y el teléfono móvil se conecta en forma automática con el canal de voz seleccionado y espera la respuesta del abonado llamado.

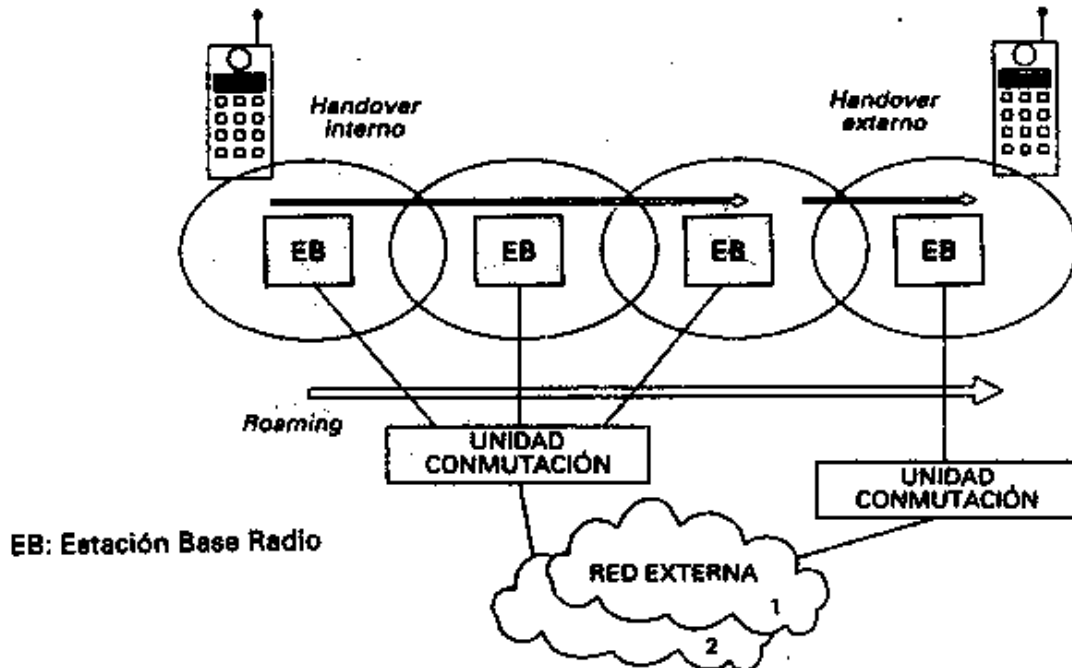


Fig. 7 - Handover de unidades de conmutación, interna y externa

Las llamadas de entrada funcionan diferente, todos los teléfonos desocupados están a la espera escuchando permanentemente el canal de aviso. Cuando se hace una llamada desde otro teléfono se envía un paquete a la MTCO local del destinatario para detectar donde se encuentra. Luego envía un paquete a la estación base de su celda actual, el cual llama el teléfono, cuando el responde confirmando por el canal de control, la base entonces habilita la llamada y el teléfono principia timbrar.

El radio de la celda se determina en función de distintos parámetros. Se tiene en cuenta, la demanda de tráfico previsto, la velocidad de movilidad del usuario, la cantidad de usuarios por celda y el tiempo de uso por llamada. A la hora de realizar los estudios, se parte de la premisa de suponer todos los transmisores con características idénticas y las mismas condiciones de propagación, resultando celdas de igual tamaño y forma. Si se considerara, cada estación base equipada con una antena omnidireccional, la zona de cobertura sería un círculo, pero con un círculo se produciría solapamientos. Por ello se exigen poligonales, que al igual que un panal de abejas las células toman la forma de un hexágono, adoptado por ser la figura que tiene la relación entre el perímetro y su superficie, de valor mínimo.

Las celdas son del mismo tamaño y se agrupan en unidades de siete celdas. Cada celda tiene un grupo de frecuencias (en la figura con una letra), que se separa de otra celda con igual grupo de frecuencias, por una distancia de cerca de dos celdas, con ello se logra no tener interferencias entre ellas (Fig. 8 -a). En áreas donde la cantidad de usuarios ha crecido de forma que el sistema es sobrecargado, la potencia de transmisión se reduce y las celdas sobrecargadas se subdividen en celdas más pequeñas, lo que permite una mejor reutilización de las frecuencias (Fig. 8 -b).

A fin ahorrar potencia radiada por las antenas, se podrá crear sectores de radiación dentro de la misma célula. Una óptima relación se podrá obtener con sectorizaciones de  $60^\circ$ , mientras que la división de las células en tres particiones se podrá efectuar mediante la disposición de antenas de  $120^\circ$  de cobertura.

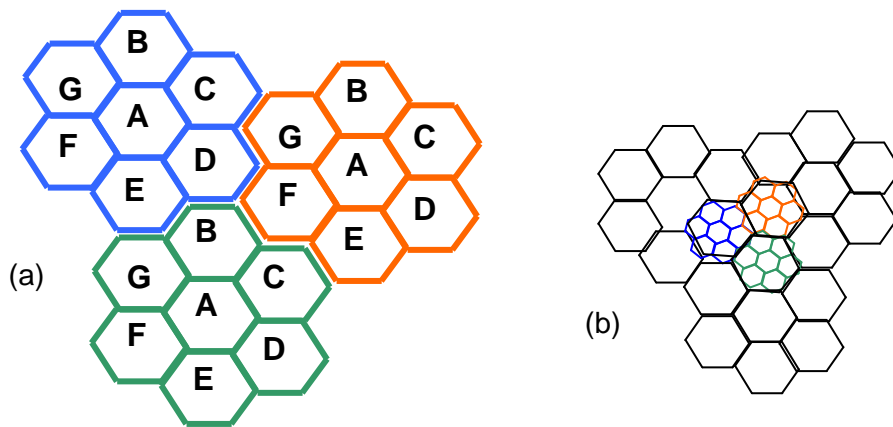


Fig. 8 - (a) Grupos de celdas y frecuencias - (b) Áreas de alto tráfico

Dos alternativas son posibles para tal implementación, el patrón esquina por alimentación diamante CFD (Corner - fed Diamond) o patrón esquina por alimentación hexagonal CFH (Corner - fed Hexagonal).

En el método CFD, se mantiene una antena central por celda, con cobertura sectorial, cada una de  $120^\circ$ . En este método el throughput por celda casi no cambia, lo cual significa que el throughput por unidad de área se triplica. Definimos el throughput como la cantidad de bits, caracteres o bloques que pueden ser operados a través de un sistema de comunicaciones, trabajando a la saturación. En telefonía representa la cantidad de comunicaciones satisfactorias, procesadas por segundo.

Con las antenas sectoriales, al disponer estas de un lóbulo estrecho, se podrán desplazar los lóbulos enfrentados de las distintas celdas, entrelazando los mismos, para lograr la mejor performance del sistema.

En el método CFH, se mantiene la forma hexagonal y tres antenas son ubicadas en tres vértices del hexágono. Cada una de estas tres antenas están conectadas a la estación base y tienen su propio transmisor - receptor de paquetes. Esta configuración implementa un sistema simple y práctico de diversidad espacial, lo cual es la única forma de asegurar la continuidad de transmisión en los ambientes que presenten el fenómeno de profundas sombras, por irregularidades en su plano horizontal, obstrucciones geográficas o edilicias (Fig. 9).

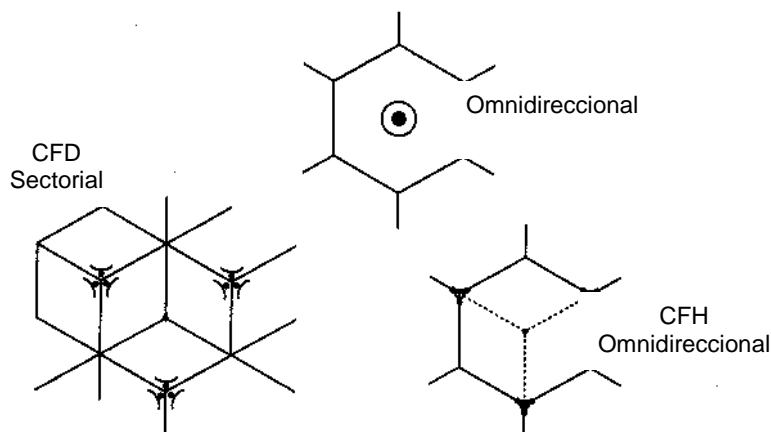


Fig. 9 - Esquema de un Sistema CelularT

Se denomina eficiencia de la célula a la relación entre la cantidad de canales del sistema y el factor que establece la cantidad máxima de usuarios por célula. El factor de rehuso  $K$ , esta en relación a la cantidad de células con frecuencias distintas y depende de la relación  $C / I$ , entre la señal de portadora ( $C$ ) y la señal interferente ( $I$ ).

También es afectado por las pérdidas de propagación según tipo y densidad de edificación. La relación mínima  $C/I$  necesaria resulta del tipo de modulación, así como de la codificación de la voz. Por otra parte, la cantidad de canales del sistema corresponde al cociente entre el ancho de banda total y el ancho de banda del usuario.

### **A. 10. 3. 1. Sistemas de transmisión celular**

La ITU considera en sus recomendaciones, comunicaciones de móviles celulares por medios terrestres o por satélite, donde se puede brindar servicios tanto móvil terrestre, marítimo o aeronáutico. Elementos componentes principales de estos servicios son:

- Estación base, de radiotransmisores
- Estación repetidora, para lograr la cobertura del sistema
- Unidad de conmutación entre celdas
- Estación de control de transmisiones de las estaciones base y repetidoras

El acceso celular, se establece con la compartición del espectro de frecuencias, de la capacidad de un medio de transmisión entre múltiples usuarios simultáneos, considerando los dos sentidos de transmisión. De las técnicas de acceso múltiple utilizadas, podremos enumerar el, acceso múltiple por división en frecuencias FDMA, el acceso múltiple por división en tiempo TDMA y el acceso múltiple por división de código CDMA.

Entre las técnicas de transmisión que brindan telefonía móvil celular analógica y telefonía celular digital, se pueden nombrar las siguientes, diferenciadas según normás de Europa, Japón o USA. Se diferencian las normás IS, temporales emitidas por EIA/TIA y las opciones aprobadas por ANSI en EUA.

### **A. 10. 3. 2. Normás de Europa y Japón**

La norma NMT (Nordic Mobile Telephone), es el primer sistema celular móvil analógico, aprestado en el año 1981 como resultado del acuerdo entre los Países Escandinavos de Europa (Suecia, Noruega, Dinamarca e Islandia). El sistema inicial NMT- 450, empleó la banda de 450 MHz y en el año 1989 evolucionó al NMT-900, banda de 900 MHz.

La norma TACS (Total Access Communications System), es de radio análoga del Reino Unido y se adapta al sistema analógico americano AMPS. Provee 1000 canales y fue adoptado en Europa, como TACS 900, en el año 1985. En este sistema cada MHz del ancho de banda se divide en 40 semicanales de 25 KHz cada uno, obteniéndose un total de 1320 canales. Debido a la disponibilidad de canales, ha resultado muy útil para cubrir áreas urbanas.

La norma del sistema de comunicaciones de acceso extendido total E-TACS\_(Extended Total Access Communications System) corresponde al sistema analógico TACS ampliado, que dispone de 1320 canales.

El Sistema global para comunicaciones móviles GSM (Global System for Mobile Communications), ha sido creado por Groupe Spéciale Mobile, grupo de trabajo perteneciente a la CEPT. Este sistema móvil digital, se comenzó a utilizar en los países europeos, a mediados del año 1992. Actualmente se emplea en más de 50 países de todo el mundo.

Al ser digital permite ofrecer distintos servicios, aparte de telefonía, puede emplear compresión de la voz por lo que se requiere menos ancho de banda por canal, dispone de corrección de errores para mejorar la calidad de transmisión y sus señales digitales se pueden cifrar aumentando la confiabilidad.

GSM, trabaja tanto en FDM como en TDM. Emplea la técnica TDMA, con 8 intervalos de tiempo y ofrece servicio nacional e internacional con velocidad de movilidad de 29 Km/h. Funciona en las bandas de 900 MHz y 1800 MHz. El GSM en 900 MHz, emplea en el sentido móvil a base (upward) de 890 á 915 MHz y de base á móvil (downward) de 935 á 960 MHz.

Para la banda de 1800 MHz, el sistema se denomina DCS-1800 aunque básicamente emplea la técnica GSM, usa las frecuencias de móvil a base (upward) 1710 á 1785 MHz y de base á móvil (downward) 1805 á 1880 MHz. Podrá funcionar con 8 canales a 16 Kb/s y 16 canales a 8 Kb/s, cada MHz se divide en 5 portadoras, con ancho de banda individual de 200 KHz, soportando 8 semicanales individuales, destinados un octavo de tiempo a cada semicanal.

Para disponer de 8 canales por portadora, es decir 8 conversaciones simultáneas, se requiere una sincronización con ordenamiento de ráfagas de datos, en secuencia dentro de cada canal, pudiendo emplear para ello el TDMA. Permite un máximo de 992 canal por celda, aunque se establece le uso de solo 200 canal dúplex por celda para evitar conflictos entre celdas vecinas.

El servicio de GSM permite mantener comunicación telefónica nacional con otro abonado móvil u otro fijo, más datos, videotex, facsímil o correo electrónico. Posibilita la creación de redes privadas virtuales, compatible con ISDN. Dispone de agenda electrónica en el propio terminal, servicios suplementarios como desvíos de llamadas terminales de la red fija, indicación de llamadas en espera, buzón de voz, indicación automática del costo de la llamada, multiconferencia, etc.

La arquitectura del sistema GSM, consiste en el Centro de Conmutación de Servicios Móviles, con la función de conexión a la red fija, con los móviles y la interconexión entre móviles, el Centro de Operaciones y Mantenimiento, el Controlador de Estación Base, la Estación Tranceptora Base, de emisión y recepción a una o más células y la Estación Móvil. Además cuenta con el Centro de Autenticación y Registros de Localización e Identificación.

Los sistemas GSM 900, DCS-1800 y PCS 1900 podrán trabajar conjuntamente por ser compatibles entre si. Su utilización es casi mundial. Se integran los servicios, de teléfono inalámbrico y los servicios suplementarios de PBX, con telefonía, fax y datos fija. Se podrá seleccionar a voluntad, el tipo de movilidad, lenta o rápida del vehículo, en base a contar con una red celular jerárquica.

El sistema celular japonés JDC (Japan Digital Cellular), aunque digital permite el empleo analógico para facilitar el uso de los equipos existentes.

El celular digital personal PDC (Personal Digital Cellular) es una técnica celular japonesa. Su explotación comercial comienza en el año 1994.

El sistema de comunicación distribuido DCS (Distributed Communication System), corresponde al sistema PDC celular japonés, estandalizado en Europa por ETSI. Emplea la misma normativa que el GSM, pero trasladado a la banda de 1800 MHz, de 1710 á 1785 MHz para emisión y de 1805 á 1880 MHz para recepción del móvil.

### **A. 10. 3. 3. Normás aprobadas en USA**

Los organismos EIA /TIA de USA, han emitido las normás temporales de la serie IS (International Standard). En las opciones aprobadas por ANSI en USA se destacan los estándares:

El estándar para teléfonos móviles celulares analógicos AMPS.(Advanced Mobile Phone Standard), de la Advanced Mobile Communication System (USA), provee un sistema analógico normado en el año 1983. Posee 832 canales bidireccionales dúplex, con 832 canales de transmisión simples de 824 a 849 MHz y con 832 canales de recepción simples de 869 a 894 MHz. Cada uno de estos canales simples con 30 KHz de ancho de banda, usando múltiplex FDM para separar estos canales.

En la banda de 800 MHz las ondas de radio tienen cerca de 40 cm y viajan en línea recta, son absorbidas por árboles y rebotan en el suelo y los edificios. Esto puede producir eco o distorsión de la señal. En USA la mitad de estos 832 canales la FCC los asigna a la compañía de teléfonos local y la otra mitad a un nuevo operador.



La norma IS-41 establecida por EIA /TIA, para la interconexión entre sistemas celulares de diferentes fabricantes de los sistemas AMPS y D-AMPS. Define un protocolo de transporte que permite operar junto con IS-136, para soportar el transporte de un sistema a otro. De los 832 canales se emplean 21 canales para control, resultando por celda un total de 45 canales, con funciones de:

- Control (base a móvil) del sistema
- Localización (base a móvil) para avisar a los abonados que tienen llamada
- Acceso (bidireccional) para asignación y establecimiento de las llamadas
- Datos (bidireccional) para voz, fax o datos

El estándar para teléfonos móviles celulares digitales denominado D-AMPS, (Digital - Advanced Mobile Phone Standard) corresponde a la norma EIA /TIA IS-54. Es del modo dual, es decir que funciona con técnica analógica o digital. Utiliza la técnica de acceso TDMA y duplexación FDD, define un sistema de 666 canales digitales, empleando las bandas de 850 y 1900 MHz, con ancho de banda de 30 KHz. Se ha puesto en servicio en el año 1992.

Sus especificaciones incluyen la posibilidad del diseño de redes con estructura jerárquica de sectorización por celdas, lo que aumenta la capacidad del sistema. Trabaja en cuadros de tres ráfagas, es decir tres usuarios por canal y por sector (tres canales digitales TDMA, por cada canal analógico de 30 KHz). Puede incluir en el terminal, el servicio de paging.

El estándar EIA /TIA IS-95 aplica la técnica de acceso digital celular CDMA, sobre la técnica de espectro expandido, a través del método de secuencia directa, DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Soporta móviles de banda dual, en 800 MHz y en 1900 MHz. Es posible el traspaso entre celdas (handover) entre los sistemas celulares analógicos CDMA y CDMA/ PCS.

El estándar EIA/ TIA IS-136 corresponde al sistema TDMA. Con un patrón digital que puede servir a más de dos millones de aparatos terminales en un radio de 20 Km<sup>2</sup>. Mantiene una distancia mínima de 700 m, entre sus estaciones de radiobase. Se funda en un modelo de reutilización 7 /21, en estructura de células jerárquicas.

Una herramienta poderosa dada por esta norma, es el sistema llamado Canal de localización adaptativo ACA (Adaptative Channel Allocation). El mismo permite determinar la ubicación de un usuario y la velocidad de su desplazamiento, a fin de asignarle una celda macro (automóvil en ciudad) o una celda del tipo micro (peatón).

La norma EIA /TIA IS-661 utiliza la técnica compuesta por los métodos de acceso FDMA /CDMA /TDMA, que a sido desarrollado por Omnipoint Co. de USA. La combinación de estas técnicas permite aprovechar las ventajas de cada una de ellas en particular. Además, acceder a múltiples usuarios a la red, utilizando la técnica de expansión del espectro con secuencia directa, DSSS.

El estándar EIA /TIA IS-665 utiliza la técnica W-CDMA. Permite 128 canales de voz, de 32 Kb/s, empleando ADPCM y servicios de datos hasta 64 Kb/s. El sistema de comunicación de acceso personal PACS (Personal Access Communications System), es una norma ANSI, basada en el sistema WACS de la Bellcore y al método PHS japonés, con cuadros de 8 ráfagas. Este método utiliza la técnica de acceso múltiplex TDMA. Sistema aplicable a zonas de movilidad baja y media, hasta 65 Km/h.

El Foro de Proveedores de Personal Access Communication System (PACS) se ha formado en 1995, comprendiendo a las empresas BellCore, Hughes, NEC, Panasonic, PCSI y SSC, de tal escenario surgió el establecimiento del sistema homónimo.

### **A. 10. 3. 4. Técnicas celulares de movilidad restringida**

Derivada de la telefonía sin hilos (cordless), surge la categoría CT3 de tercera generación, que se introdujo en 1992 y se le denominó sistema digital ampliado de telecomunicaciones sin hilos DECT. (Digital Enhanced Cordless Telecommunication). Se trata de un servicio celular de movilidad restringida.

El DECT emplea células muy pequeñas denominadas picocélulas y transmisores de baja potencia, logrando superar las 150 000 portátiles/ Km<sup>2</sup>. Esta generación de teléfonos inalámbricos digitales, han sido desarrollados por Ericsson, empleando las técnicas de acceso múltiple por división en el tiempo y dúplex por división en el tiempo TDMA/ TDD (Time Division Multiple Access /Time Division Duplex). La modulación es MSK, con técnica de codificación ADPCM. Utiliza la asignación dinámica de canales DCA (Dinamic Chanal Assignment). En este sistema la estación base asigna automáticamente un canal de radio disponible. Todos las portadoras tienen los timeslot de todos los canales.

El estándar DECT es un sistema inalámbrico, utilizado en aplicaciones de movilidad restringida. En Europa ha sido normalizado por ETSI, que especificó su interfuncionamiento con los sistemas GSM. Permite la conexión a una PBX. Posee handover a baja velocidad del móvil y roaming sobre la estación base. Operando en la banda de 1880 á 1900, dispone de selección dinámica de canales con handover imperceptible.

El sistema ampliado DECT, es similar a su antecesor DCT 900 y opera en la banda de 1880 á 1900 MHz. DECT es un sistema inalámbrico, utilizado en aplicaciones de movilidad restringida. Es un sistema telepunto, sin handover, ni roaming. Tiene una cobertura de 1.5 Km.

Este estándar ha sido desarrollado en Europa. Normalizado por ETSI, también especificó su interfuncionamiento con los sistemas GSM. Dispone de selección dinámica de canales, el handover es imperceptible.

Sus características son:

- Banda de frecuencias: 1880 á 1900 MHz (ancho de banda 20 MHz)
- Cantidad de frecuencias de portadoras: 10
- Canales por portadora: 12 (120 canales)
- Ancho de banda del canal de radio: 1.728 MHz
- Técnica de transmisión: TDMA /TDD
- Modulación: GFSK (Gaussian Filtered Frequency Shift Keying)
- Voz codificada: ADPCM a 32 Kb/s, encriptada
- Velocidad de transmisión: 1152 Kb/s
- Capacidad. 10 000 Erlangs /Km<sup>2</sup>
- Potencia pico del portátil: 250 mW

También en Japón surge el sistema PHS (Personal Handyphone System), que utiliza la técnica de acceso TDMA /TDD, con cuatro canales dúplex de tráfico de portadora y señal de control.

La interfase de red utilizada, esta construida como ISDN modificada, para soportar las funciones específicas de PHS, tales como registro de ubicación, auto identificación y traspaso de celda. Funciona en la banda de 1895.150 MHz á 1917.950 MHz.

La porción desde 1895.150 á 1905.950 MHz esta destinada al servicio privado, aún cuando podrá ser útil al servicio público. La porción desde 1906.250 á 1917.950 MHz esta destinada al servicio público.

Este servicio celular está destinado a oficinas, hogares o a vehículos que se desplacen a velocidades reducidas, como ser el tráfico urbano. Como generalmente los sistemas celulares están diseñados para el funcionamiento independiente a las redes fijas, su integración por ejemplo a las ISDN será posible realizar, solo implementando ciertos tipos de interfaces. Estas operaciones se realizarán entre el usuario, las estaciones base y la central local. En esta central, con la base de datos y la gestión de red del operador PHS.

Las centrales de conmutación ISDN deberán contar con capacidad y software necesario para permitir a los usuarios moverse dentro de la cobertura establecida por la operadora de PHS. Esta última se limita a la operación y mantenimiento del subsistema de radio y alquila los vínculos de transmisión y facilidades de conmutación a la operadora de red fija. También es función del operador PHS, mantener su propia base de datos y gestión de red. Las funciones para la operación remanente quedan a cargo del operador de la red fija (Fig. 10). Los principales componentes del sistema son:

- Los terminales de usuario PS (Point Subscriber),
- La estación base CS (Cell Station),
- El sistema de gestión de red NMS (Network Management System),
- La base de datos SCP (Subscriber Control Point) y
- La señalización por canal común N° 7, CCS7 (Common Channel Signalling 7).

La base SCP provee información de ubicación y los datos de autenticación de abonados.

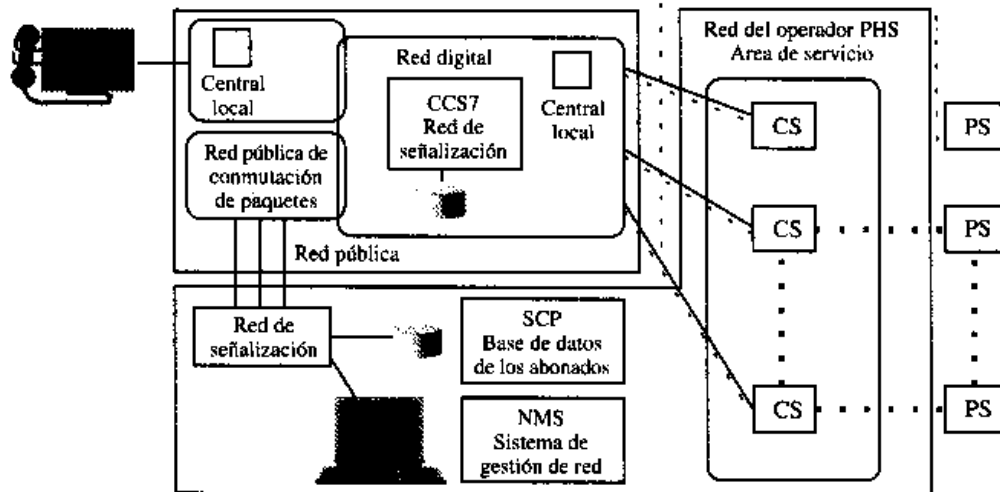


Fig. 10 - Configuración PHS utilizando la red pública

## A. 10. 4. LAN Inalámbrica

Para lograr la completa movilidad de las computadoras, dentro de un edificio que disponga de una red de acceso local LAN, se deben emplear para su comunicación señales de radiofrecuencia o de Laser. De tal forma, se podrán usar páginas Web ó servicios de e-mail, mientras el usuario se traslada de un lugar a otro dentro de ese ámbito.

Un sistema de computadoras portátiles que disponen de comunicación inalámbrica se puede considerar como una LAN inalámbrica. Estas redes, requieren propiedades un tanto diferentes, por ejemplo protocolos especiales de subcapa MAC.

Una configuración habitual de LAN inalámbrica, para un edificio de oficinas, radica en ubicar estratégicamente estaciones base en el inmueble unidas entre sí por medio de un tipo de cable de conductores de cobre o de fibra óptica y una serie de estaciones móviles que se comunican por radio con la estación base más próxima. De esta forma, el conjunto de estaciones base forma en realidad un sistema celular en miniatura.

Por restricciones legales, dichos sistemas solo pueden transmitir a muy baja potencia, por lo que su alcance es muy reducido. Se emplean normalmente ondas infrarrojas o de radio de 2.400 a 2.484 GHz.

Si la potencia de transmisión de las estaciones base y portátiles tiene un alcance de hasta 4 m, entonces cada habitación constituirá una célula. Cada celda solo tiene un canal que cubre todo el ancho de banda disponible, típicamente de 1 á 2 Mb/s. En este caso, a los fines de evitar interferencias entre celdas, se deben adoptar un tipo de onda electromagnética que no atraviese las paredes.

Para sistemas con celdas mayores se debe emplear sistemas de acceso múltiple, como el CSMA o el protocolo Acceso múltiple con prevención de colisiones MACA (Multiple Access with Collision Avoidance) diseñado expresamente para LANs inalámbricas. Estos protocolo son diseñados para tráfico de datos, con mensajes en tramás de unos pocos bytes y transmisiones con duración en milisegundos.

Este protocolo se basa en el estándar IEEE 802.11, el mismo antes de transmitir envía una trama pequeña de aviso en 30 bytes denominada, solicitud de envío RTS (Request to Send).

Esta trama tiene la información de la longitud de onda de la trama que se pretende transmitir. Al recibir la trama RTS la estación de destino, en el caso que este desocupada, responde con otra trama denominada, libre para el envío CTS (Clear to Send) que también tiene la información de la longitud de onda de la trama a transmitir. Si una tercera estación quisiese transmitir en ese momento al percatarse de esta situación permanece en silencio durante todo el tiempo indicado de transmisión.

En caso de producirse de cualquier manera una colisión se emplea el algoritmo denominado retroceso exponencial binario que determina el tiempo de reenvío.

Otro sistema empleados para enviar paquetes en forma de datagramas, para un ámbito celular de las LAN, es el denominado como, paquete celular digital de datos CDPD (Cellular Digital Packet Data). Este, está constituido sobre la técnica celular AMPS de USA y es compatible con la misma. Sigue el modelo OSI, con la capa física operando la modulación y transmisión por radio.

El sistema CDPD consiste en tres tipos de estaciones llamadas, sistemas móviles finales, móviles de base de datos y móviles de interfaz. Estos interactúan con cualquier host y routers de cualquier WAN. Los móviles finales, son las computadoras portátiles usadas como host, estas son las que se comunican con los móviles de base de datos, mientras que las estaciones de interfaz son nodos especiales que se comunican con todas las base del área del proveedor.

Cada celda CDPD, dispone de solo un canal ascendente y otro descendente para datos. Cuando un host tiene una trama para enviar, busca en el canal descendente un bit indicador que le señale si hay una ranura de tiempo libre del canal ascendente. Si la ranura está ocupada, salta un número aleatorio de ranuras y reintenta. el tiempo de reintento se duplica con cada fracaso.

Este algoritmo es el denominado, acceso múltiple con detección digital DSMA (Digital Sense Multiple Access). Si no se produce una colisión, un bit indicados de cada trama señala la correcta recepción.

En teoría, los protocolos de la capa de transporte en las redes de área local son independientes de la tecnología de capa de red. En particular al protocolo TCP no le debería importar si el protocolo IP esta operando por un vínculo de fibra óptica o por radio. Sin embargo, en la práctica si importan pues las implementaciones TCP han sido optimizadas para su uso en redes cableadas pero no para inalámbricas.

Un problema substancial, reside en el algoritmo de control de congestionamiento, pues se supone que este es el factor principal para las redes cableadas, no la pérdida de paquetes como ocurre en la transmisión inalámbrica. La solución es el reenvío de paquetes lo antes posible, su repetición ocasiona la reducción de la velocidad de transmisión.

El comité 802.11 del IEEE estandarizó varios sistemas LAN basados en radio, de 1 a 2 Mb/s y en infrarroja de 1.2, 4 y 10 Mb/s. El ETSI ha desarrollado el denominado Hiper LAN, con velocidad de 20 Mb/s y alcance de 50 m.

## **A. 10. 5. Sistema y Servicio Wi-Fi**

El sistema y servicio Wi-Fi tiene similar operatividad de una red LAN inalámbrica. Habilita a una computadora móvil trabajar en red, sin requerírsele conectividad física alguna. Puede enviar y recibir datos en cualquier lugar, dentro y fuera de un edificio, siempre que está en el rango de una estación base. Aparte de esta ventaja, tal conexión se realiza a alta velocidad digital, varias veces más rápida que una conexión de un módem de cable.

Una red de Wi-Fi puede usarse para conectar las computadoras a Internet, y también a las redes cableadas que emplean Ethernet ó IEEE 802.3.

La norma 802.11b, del año 1999, transmite a velocidades de 11 Mb/s en el espectro de frecuencias de 2.4 GHz. La norma 802.11a, del año 2002, opera a 54 Mb/s en el espectro de 5 GHz, diseñada para tener éxito en el mercado dominante de la 802.11b. Sin embargo, varias compañías, incluso Apple y Microsoft están presumiendo por la norma 802.11g de 54 Mb/s a 2.4 GHz, aprobada al año 2003.

Las redes Wi-Fi operan en las bandas de radio 2.4 ó 5 GHz, sin embargo existen productos que contienen ambas bandas (bandas dual), para que puedan proporcionar la actuación similar a las redes cableadas de Ethernet 10BaseT, usadas básicamente en muchas oficinas.

Se ha anunciado la disponibilidad de la tercera generación que comprende a la combinación de estándares 802.11a/b/g. La introducción de medios de tarjetas universales de cliente, significa que cualquier cliente puede trabajar con cualquier tipo de acceso sobre la red, los dispositivos del cliente se transformarán así en universales. Las características de conectividad universales le permitirá a los usuarios comprar tarjetas de cliente multimodo, aun cuando ellos no tengan puntos de acceso multimodo en sus casas u oficinas.

Los puntos de acceso de banda dual son todavía mucho más caros que los de banda simple, pero se puede usar la tarjeta de cliente multimodo ahora y comprar un punto de acceso de banda dual cuando los precios bajen."

La voz esta rápidamente volviéndose el next step en el modelo en vías de desarrollo de uso Wi-Fi, aunque las aplicaciones de video en banda ancha también tienen su futuro. Se podrá bajar una película en una habitación, transferirlo a la TV de la habitación familiar, o a la TV en la alcoba, todo usando una red domiciliaria Wi-Fi. El único requerimiento será si esa TV de pantalla grande dispone ya de un chipset de Wi-Fi en el mismo.

El uso del esquema de la modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), permite la transmisión de datos más rápida que el CCK. El uso de OFDM permite ofrecer 54 Mb/s a 2.4 GHz. Sin embargo, la transición desde el 802.11b al 802.11g no puede ser tan simple. Para trabajar transparentemente con 802.11b, los productos deben cambiar a un modo de compatibilidad para 802.11g cuando ellos cruzan en un área donde los protocolos se solapan. Ese switch causa un retraso del throughput ligero que afecta al ancho de banda disponible.

El 802.11a ofrece ventajas sobre las otras dos normas, porque los productos del usuario tal como los hornos de microonda y los teléfonos inalámbricos operan cerca de la frecuencia de 2.4 GHz, luego es posible la interferencia. También, mientras hay un limitado 83.5 MHz del espectro asignado a Wi-Fi en esa banda de frecuencia, hay aproximadamente 255 MHz de espectro ilícito a 5 GHz. Si la propuesta de la legislación de USA de más espectro para Wi-Fi a 5 GHz, la operación a los 5 GHz podría ponerse aún más atractiva.

La red Wi-Fi alcanza áreas donde es imposible o demasiado caro desplegar banda ancha del tradicional servicio tal como DSL. Se está comenzando a vender en USA, redes Wi-Fi al por mayor a los ISP inalámbricos, que sirven a parques recreativos, clubes náuticos y parques nacionales y se planifica extender los servicios para abarcar áreas rurales y suburbanas.

El gigante mundial de comida rápida McDonald's ha extendido sus límites dentro del servicio público Wi-Fi lanzando "hot spots" (manchas calientes) en sus restaurantes del área de la Bahía de San Francisco y en Silicón Valley, aparte de los ya existentes en otras ciudades como ser en las ciudades de Chicago y New York.

La norma 802.11b dominante en el mercado usa el esquema de modulación CCK (Complementary Code Keying), tuvo réditos en la ancha industria Wi-Fi de \$1.17 mil millones en el año 2003. Cometa Networks han anunciado planes para 250 hot spots que brinden servicio Wi-Fi en Seattle, lo que la convertirá en la ciudad norteamericana con la densidad más alta de hot spots públicas en situaciones de servicio.

Hughes Network System lanzó el primer satélite de América del Norte basado en servicio Wi-Fi utilizando su sistema DirecWay de satélites orbitales aportando datos a las áreas rurales y recreativas de los EE.UU. Los trancceptores de satélites DirecWay pueden prepararse en materia de horas y pueden ser relativamente barato instalarlos, como oposición a una línea enterrada T1 o desplegar terminales remotos para soportar tráfico DSL.

Las compañías operadoras regionales Bell de USA (RBOC), programan desplegar más de 20,000 Hot Spots en aproximadamente 6000 locaciones a finales del 2006, incluyendo aproximadamente 1000 a finales del año 2003. Nortel Networks anunció que puede unir CDMA, UMTS y las tecnologías de GSM/ GPRS con redes de Wi-Fi.

Se han dado los primeros pasos hacia mezclar el servicio fijo y móvil inalámbrico vía una nueva arquitectura de LAN que combina conmutación en Gigabit Ethernet, Wi-Fi y diseño de antenas inteligentes. Las antenas de Wi-Fi son de fundación arquitectónica que permiten a los switch operar hasta los Giga Ethernet de capacidad en forma óptima.

Sus antenas son de alta ganancia a los clientes de Wi-Fi, sobre distancias externas arriba de los 8 kilómetros y cobertura interna de hasta 2 kilómetros. Operan a velocidades en tasa de 11 Mb/s, para las normás 802.11b (1999), con 300 MHz (13 canales) y hasta 54 Mb/s para las normas 802.11a (2002), con 83.5 MHz (3 canales). Más reciente (2003), es el estándar 802.11g que permite 54 Mb/s. Se proveen dispositivos terminales que combina el uso de las tres normas, permitiendo obtener las ventajas particulares de cada uno de ellas, tanto de datos, como de telefonía, video y servicios de valor agregado.

## **A. 10. 6. Localizadores (GPS)**

El sistema de posicionamiento global GPS (Global Positioning System), son una de las aplicaciones inalámbricas referidas al empleo de los satélites en los servicios de radio radiolocalización y radiobúsqueda. Su origen fue militar, disponible actualmente, para aplicaciones civiles. Existe un sistema similar desarrollado en Rusia, denominado GLONASS, en curso de integración al GPS.

Los localizadores satelitales GPS, comenzó ofreciendo servicio localizador de posición marítima, luego en la navegación aérea, con datos de posicionamiento en tres dimensiones. En la actualidad tiene éxito en la radio-determinación de posición, para camiones o automóviles, ya fuese para guía de manejo en el tránsito urbano, como de alarma y rescate en casos de robo. Este servicio se brinda mediante redes satelitales y/o celulares terrestres.

En uso militar dispone de una precisión de 20 m, pudiendo llegar al orden de los centímetros, mientras que para uso civil una exactitud de alrededor de los 50 m. Este sistema combinado con mapas electrónicos, posibilita la implementación del servicio de localización, ya fuese para guía de manejo en el tránsito urbano, control del tráfico de camiones, autobuses o ferrocarriles o como de alarma y rescate en casos de robo.

Uno de los sistemas más acreditado de posicionamiento global GPS, consiste en un sistema de constelación de 24 satélites, en 6 planos orbitales, inclinados 55° respecto al horizonte, situados a 20.000 Km, con un periodo orbital de 12 horas.

## **A. 10. 7. Acceso Local Inalámbrico (WLL)**

Se denomina anillo local inalámbrico WLL (Wireless Local Loop) a los sistemas inalámbricos de acceso celular fijos o para usuarios móviles donde se restringe al desplazamiento lento de un peatón y al uso de una única célula. Su empleo puede ser muy amplio, generalmente se emplean para:

- Reemplazar los cables de bajada, en ambientes urbanos muy densos
- Sustituir a la red de distribución para casos suburbanos
- Satisfacer demandas de abonados rurales

Los sistemas fijos de telecomunicaciones WLL, se pueden aplicar bajo distintas arquitecturas, por ejemplo los sistemas DECT, con estaciones base (EB) y controlador de radio (CR). Se presentan dos tipos de escenarios, el entorno reducido a un edificio o el entorno público de varias manzanas. En el primer caso la interconexión entre el CR y EB se realiza por distribución interna preparada a ese fin, mientras que en el segundo caso se podrá hacer uso de la red de acceso de los abonados, con condiciones ISDN-BRI y red inteligente.

Para ello el ETSI ha preparado perfiles de operación con interfaz para aplicaciones específicas DECT /RTPC, DECT /RDSI, DECT /GSM, DECT /X.25. El de mayor interés es el conocido como, perfil de acceso genérico, GAP (Generic Access Profile), referido a la funcionalidad mínima de telefonía pública, para su utilización en el ámbito público y privado (Fig. 11).

Las considerables distancias y /o dificultades topológicas y climáticas encontradas para dar servicio a las áreas rurales, muchas veces de población dispersa, hace que las redes cableadas resulten con costos de instalación y /o mantenimiento impracticables. La técnica WLL resuelve este inconveniente. Su elección depende de las necesidades operacionales, ubicación, cantidad y densidad de clientes, uso local del espectro, planimetría, de las capacidades de los sistemas, ancho de banda, tipo de acceso, confiabilidad y calidad de servicio, de la estrategia comercial y de la regulación establecida.

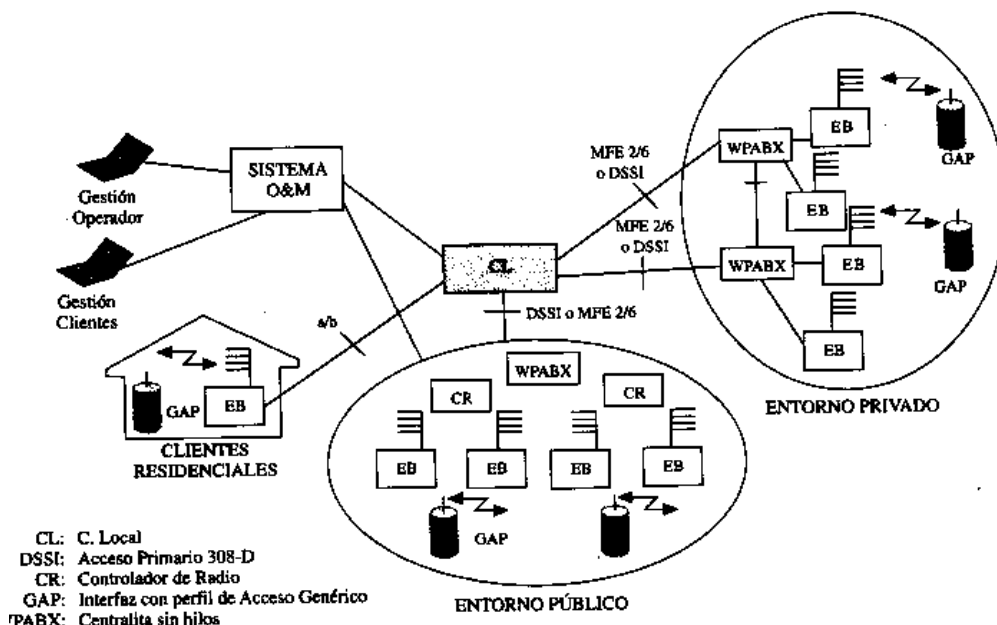


Fig. 11 - DECT con aplicaciones específicas

Para su colocación se tiene en cuenta la ubicación de los clientes a dar servicio, respecto de la oficina central y al grado de densidad de la demanda. Se considera baja densidad a la relación de 100 abonados por Km<sup>2</sup> y alta densidad a la relación de 1000 abonados por Km<sup>2</sup> (Fig. 12).

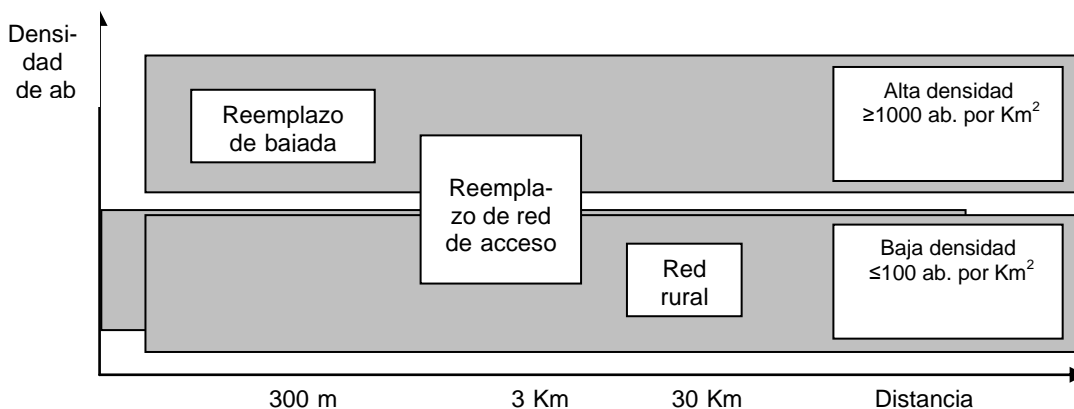


Fig. 12 -WLL según densidad de abonados y distancia a la central

## A. 10. 7. 1. Ventajas del sistema WLL

Los anillos locales inalámbricos son aprovechables sobremanera, cuando los recursos de redes de cobre, coaxial y/o fibra son impracticables por accidentes topográficos o por costos de emplazamiento.

Se podrá resumir sus ventajas, en ser capaz de brindar:

- Costo independiente de la distancia a cubrir
- Capacidad para dar servicios en áreas de difícil acceso
- Calidad de servicios semejantes a los de la red fija
- Facilidad y rapidez de instalación
- Cobertura flexible
- Bajo costo de mantenimiento

La cobertura de los sistemas WLL podrá ser variada:

- Rural, para poblaciones mínimas o dispersas
- Urbana, con acceso celular fijo y telepunto
- Grandes clientes, mediante servicio WPBX

Las áreas sin red existente que presentan una demanda baja de servicios telefónicos (teledensidad) y presentan una población dispersa, se ven postergadas por su alto costo de instalación. Si se hace uso del acceso local inalámbrico WLL, no solo se podría satisfacer al abonado rural suburbano o urbano de medios económicos bajos, sino también asociar esta técnica con las nuevas posibilidades de telefonía satelital. Así, si se utilizan transmisiones creando áreas colectivas con telecentros comunitarios urbanos o rurales los costos se podrán minimizar.

La técnica WLL tiene la ventaja económica de su rápida instalación y habilitación, sin necesidad de efectuar gestión de permisos de instalación a municipalidades o vecinos, no requerir efectuar diseños de acometidas, generalmente complicados y engorrosos, excavación en calles o colgar alambres conductores en poste alguno. La expansión de los sistemas de acometidas, se puede realizar en módulos, con ello se aumenta la rentabilidad del servicio (Fig. 13).

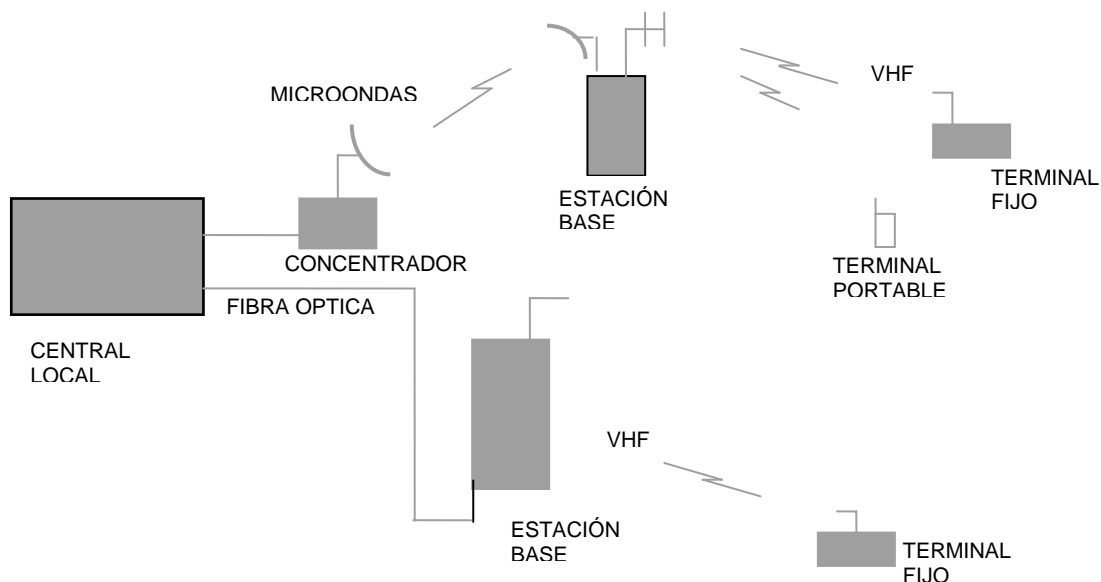


Fig. 13 - Bucle de abonado por radio

Considerando que los tiempos de proyecto y construcción para las redes cableadas son prolongados y que los cables instalados toman varios años en ser completados como pares activos, resulta tiempos de recupero del capital invertido, extremadamente prolongados. Por otra parte, los precios que involucran a la técnica electrónica de los sistemas WLL disminuyen, mientras que los costos de mano de obra y elementos de la red de cobre, son más elevados.



Por otra parte, la acometida en la red de acceso al abonado es el sector de la red de telecomunicaciones de mayor costo de instalación y mantenimiento, ello se debe a su idiosincrasia de elemento individual y por su carácter de exposición a las inclemencias del tiempo, usuarios y otros operadores de servicios. Si desde algunos puntos de distribución, radiáramos la transmisión sin uso de alambre alguno, los costos de reparaciones y tiempos sin servicio se reducirán a un mínimo. Estos puntos podrán ser, las cajas de distribución en postes, armarios en la acera, cámaras de registro subterráneas o el mismo sótano del edificio del abonado o lindero.

Por estas razones, las redes alimentadoras, los cables distribuidores y las redes de acometida, podrán ser sustituidos o complementados con sistemas WLL. Asimismo, con una técnica digital WLL que satisfaga los requerimientos de calidad de servicio telefónico y a un precio similar a la técnica de cables, producirá un grado de utilización mayor, que creará a su vez un mercado de considerable tamaño, que bajará los costos.

### A. 10. 7. 2. Recursos del sistema WLL

A pesar del esfuerzo de las organizaciones internacionales, tales como la UIT, la utilización del teléfono es restringida a la mitad de la población mundial, la otra mitad nunca aún, ha realizado una sola llamada telefónica. Dado que la expansión de los nuevos servicios de telecomunicaciones, se concentra en los países más desarrollados, las perspectivas para los venideros años no son nada alentadoras. Con el crecimiento vegetativo de la población subdesarrollada, esta situación empeorará.

Esto nos obliga a pensar en introducir nuevas ideas que permitan salvar las diferencias entre introducir nuevos sorprendentes servicios por un lado y no poder satisfacer al demandante de servicio telefónico básico, por otro.

El medio para llegar másivamente con los multiservicios, considerando una red de cobre no madura, será la fibra óptica, mientras que si es madura lo será su transformación a una red híbrida FO - coaxial o cobre - ADSL. Se debe analizar la combinación de estas técnicas de acceso físico, con el inalámbrico WLL. El acceso mediante redes de fibra óptica y WLL podrá ser una óptima solución (Fig. 14).

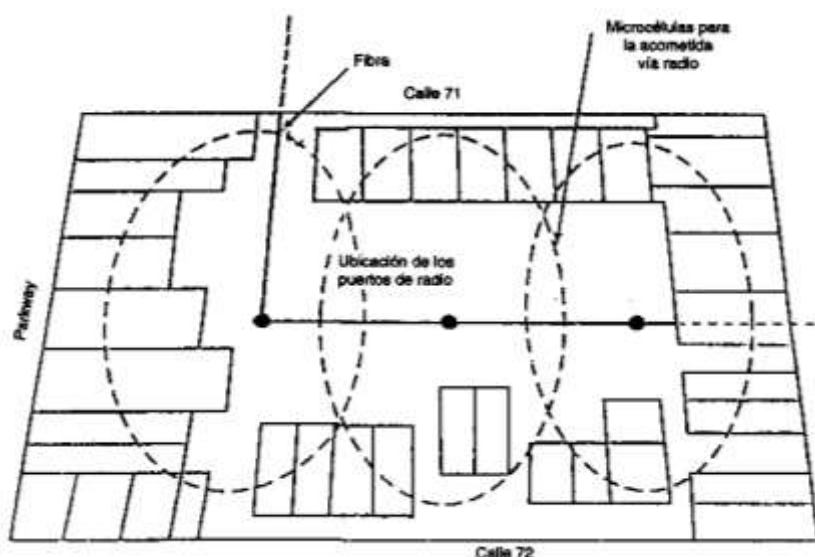


Fig. 14 - Acceso fibra óptica - servicios celulares

En las zonas suburbanas alejadas de la central de telecomunicaciones, muchas veces con población diseminada, extender la red de cables implica sufragar costos prohibitivos. Como respuesta a la exigencia de dar servicios de telecomunicaciones en estas áreas de acceso, se puede incorporar enlaces de radiotelecomunicaciones a las redes de cables.

Sin embargo las áreas sin red existente alguna y que presentan una demanda de servicios telefónicos (teledensidad) baja, se verán nuevamente postergadas pues el negocio para los operadores no está en ese lugar.

Si hiciéramos uso del acceso local inalámbrico WLL, no solo se podría satisfacer al abonado rural suburbano o urbano de medios económicos bajos, sino también asociar esta técnica con las nuevas posibilidades de telefonía satelital.

Además este servicio se podrá combinar, en su caso, con transmisiones de vídeo o datos. Si se utilizan transmisiones colectivas los costos se podrán minimizar.

Los telecentros comunitarios urbanos y rurales podrán, creando áreas colectivas, recepcionar las llamadas mediante un sistema WLL y posibilitar una comunicación con mínimo costo al usuario. El acceso tipo WLL reemplazará en este caso al total de la red cableada.

Por otra parte, la acometida en la red de acceso al abonado, es el sector de la red de telecomunicaciones, de mayor costo de instalación y operación, ello se debe a su idiosincrasia individualista. Asimismo, el costo de mantenimiento, en este rubro es el más alto, por su carácter de exposición a las inclemencias del tiempo, usuarios y otros operadores de servicios.

Si desde la caja de distribución en poste, armario en la acera, cámara de registro o sótano del edificio del abonado o vecino, radiáramos la transmisión sin uso de alambre alguno, los costos de reparaciones y tiempos sin servicio se reducirán a un mínimo.

La técnica WLL tiene la ventaja económica de su rápida instalación y habilitación, sin necesidad de efectuar gestión de permisos de instalación a municipalidades o vecinos, no requerir efectuar diseños de acometidas generalmente complicados y engorrosos, excavación en calles o colgar alambres conductores en poste alguno.

La expansión de los sistemas de acometidas, se podrá efectuar en módulos, ello aumentará la rentabilidad del servicio (Fig. 15).

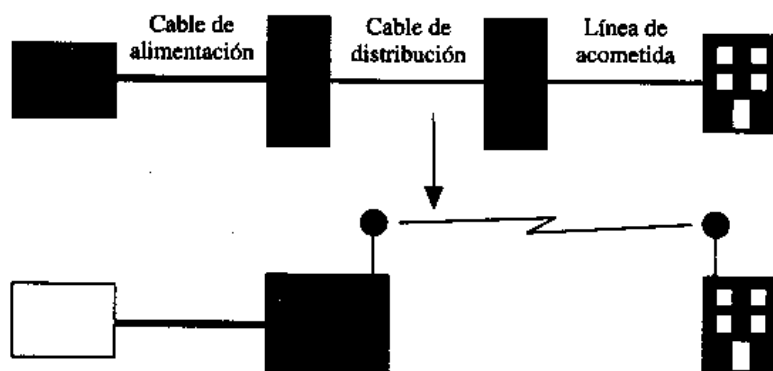


Fig. 15 - WLL por sustitución total de las acometidas

Si analizamos por otro lado, los costos del acceso instalado como red física de cobre, tanto en su sector de cable alimentador como de cable distribuidor, se observará que es directamente proporcional a la distancia a cubrir, su dificultad geográfica, del terreno, planta edilicia, vías públicas y recorridos impracticables o permisos rehusados.

Teniendo en cuenta esto, si consideramos la vinculación inalámbrica, aunque su instalación como vimos, es aplicable con mayores ventajas para las áreas de baja densidad, su utilización podrá ser redituable a menores distancias y altas densidades de abonados (Fig. 16).

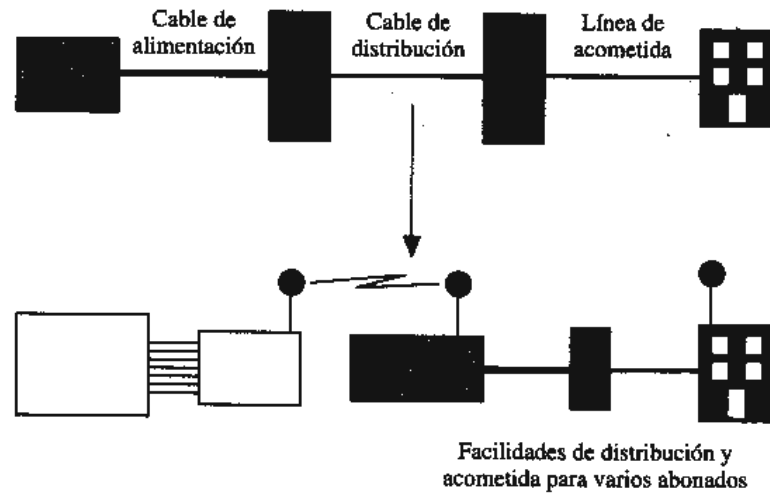


Fig. 16 - WLL por sustitución de cable alimentador.

Los tiempos de proyecto, construcción e instalación, en redes cableadas es prolongado y los tiempos de recupero del dinero invertido es excesivamente prolongado, considerando que los cables instalados toman varios años en ser completados, con pares activos. Asimismo los precios que involucran a esta técnica están disminuyendo, mientras que los costos de mano de obra y elementos de la red de cobre son, día a día, más elevados. Por estas razones tales redes alimentadoras como de cable distribuidor, podrán ser sustituidas o complementadas con sistemas WLL.

Una técnica digital WLL, que satisfaga los requerimientos de calidad de servicio telefónico, a un precio similar a la técnica de cables, producirá un grado de utilización que creará un mercado de considerable tamaño, que bajará los costos. Ello permitirá obtener los beneficios, de poder librar el servicio telefónico y no telefónico, al mercado actualmente impedido. La comparación de costos de la inversión, calculada por abonado y según las distintas posibilidades de servicios como de sistemas WLL y las facilidades brindadas por cable nos indicará el punto de cruce óptimo en función de la distancia a la central (Fig. 17).

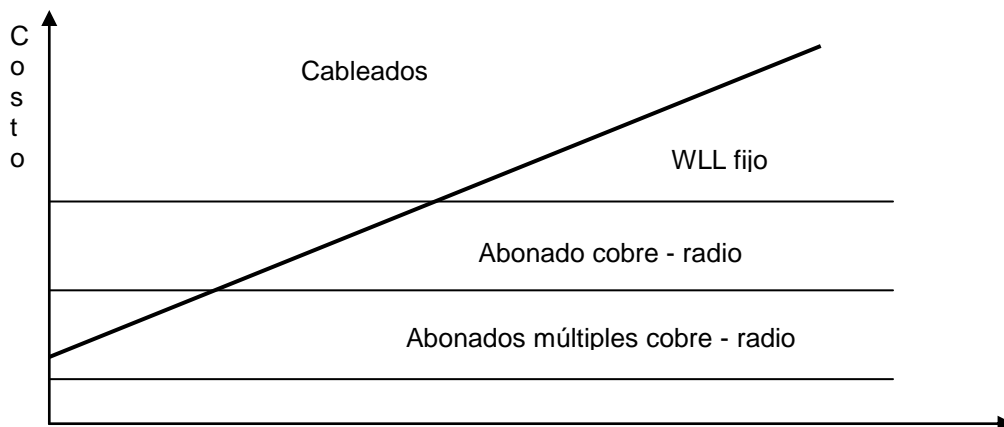


Fig. 17 - Inversión según técnica de acceso y distancia a la central

### A. 10. 7. 3. Características de los sistemas WLL

Se pueden resumir las características que debe reunir un sistema WLL en:

- Contener capacidad para satisfacer un potencial crecimiento de abonados.
- Proveer calidad de voz PSTN.
- Soportar los servicios de fax y datos.
- Iguales costos de infraestructura, terminales de abonado

### A. 10. 7. 4. Conformaciones WLL según tecnología utilizada

Se podrán implementar distintas disposiciones de redes, complementadas con otros sistemas inalámbricos, conformando sistemas WLL híbridos:

- Con enlaces de microondas
- Celulares operados como redes fijas
- Microondas punto - micropunto
- Microondas vía satelital

Para cada caso se deben efectuar estudios de costos por línea de acceso, para las distintas alternativas de las redes cableadas y del sistema de acceso inalámbrico en particular, determinando las distancias para las cuales es conveniente recurrir a un específico sistema de radio (Fig. 18).

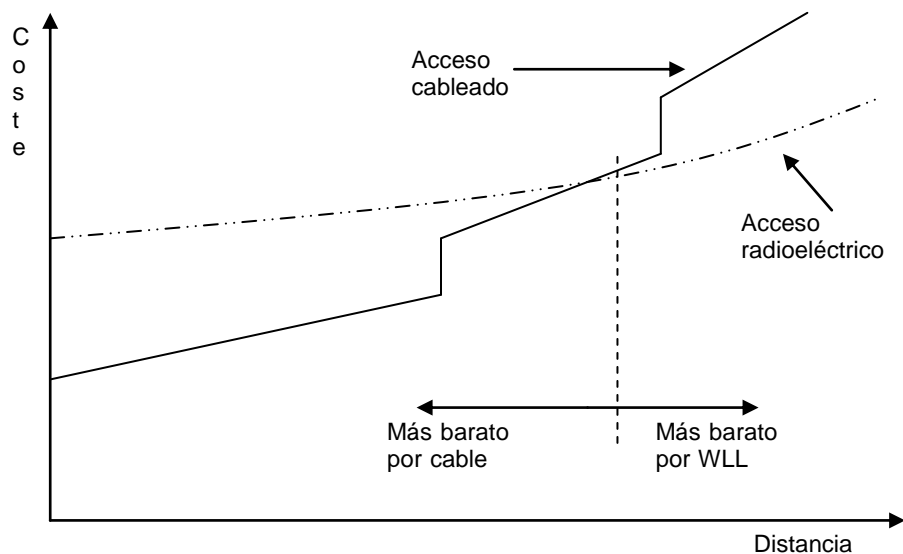


Fig. 18 - Justificación económica del acceso WLL

#### **Sistemas operados con enlaces de microondas**

Los enlaces de microondas permiten prolongar los accesos a puntos alejados, desde donde se puede efectuar la distribución a los clientes.

Los enlaces a 23 GHz, son un sistema eficaz cuando se requiere transmitir un flujo importante de información con alta confiabilidad. También presentan la ventaja de no ser afectados por ruidos electromagnéticos tan comunes en una ciudad y no requerir asignación de frecuencias, por ser un vínculo punto a punto.

Mediante sistemas redundantes con diversidad en frecuencia y /o espacio, se obtienen una fiabilidad mayor al 99.99 %. A través de sistemas de 23 GHz es posible transmitir información desde 64 Kb/s hasta 34 Mb/s, lo que significa poder utilizar servicios de voz, datos y video.

Los radioenlaces digitales de baja capacidad, hasta 4 x 2 Mb/s que operan en las bandas de 13, 15, 18 ó 23 GHz, como los de 34 Mb/s que operan en las bandas de 13, 15, 18 o 23 GHz son denominados microlinks.

#### **Sistemas celulares operados como redes fijas**

La técnica celular proporciona telefonía portátil y móvil, utilizando el espectro de radio frecuencias en forma harto eficaz, la que se podrá utilizar para brindar telefonía fija, proponiendo una alternativa técnico - económica ventajosa para ser aplicada en ambientes rurales.

En estos sistemas las capacidades de handover y roaming han sido removidas, lo que simplifica su funcionamiento y abarata su costo. Las estaciones base, ubicadas en el centro de la célula son conectadas a la central de conmutación celular (Fig. 19).

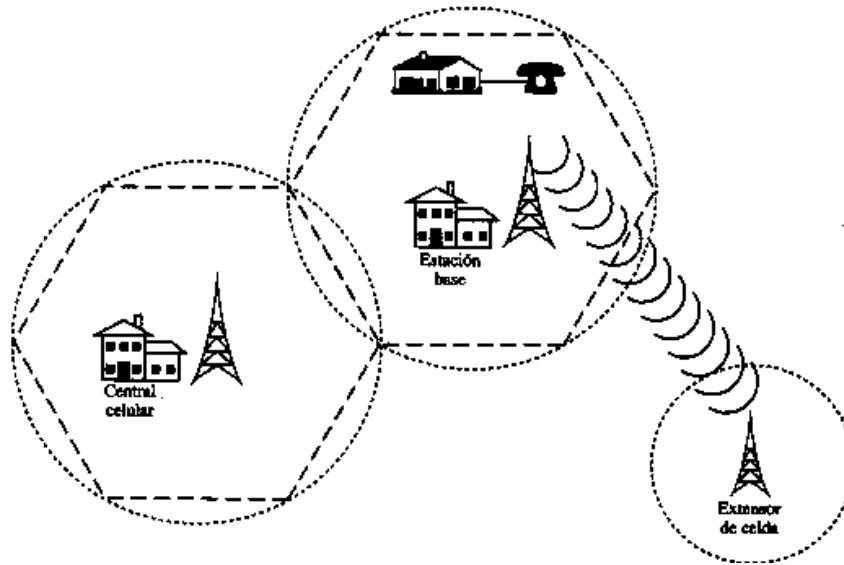


Fig. 19 - Configuración básica - sistema celular para abonados rurales fijos

Para el estándar de radiotelefonía celular fija, se podrá utilizar las bandas del espectro de frecuencias del estándar para teléfonos móviles celulares analógicos AMPS (Fig. 20).

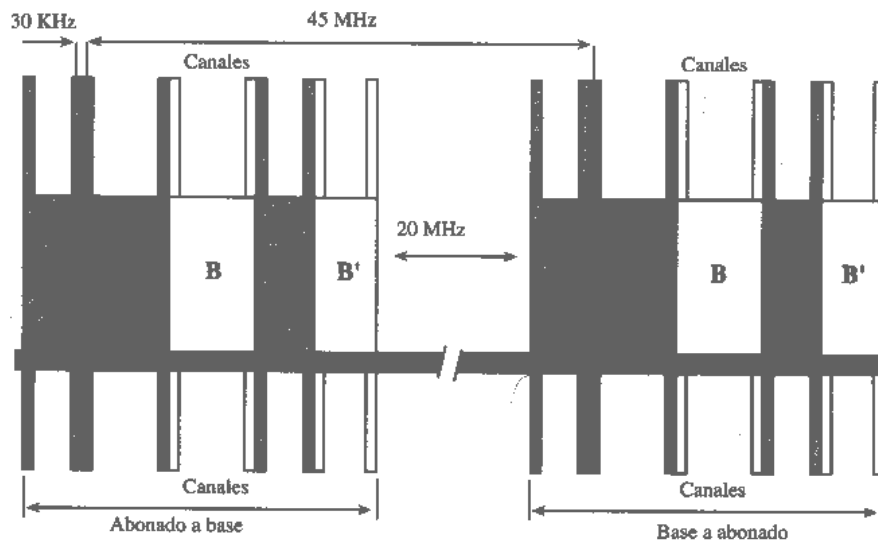


Fig. 20 - Espectro de frecuencias y numeración de canales para un sistema AMPS

Con estos sistemas se obtienen una calidad similar a la de telefonía pública urbana, pudiéndose ofrecer servicios de Teléfono Público Alcancía (TPA), semipública (llamar, y poder ser llamado) y de facsímil.

Se han normalizado la cobertura de los servicios de acceso inalámbrico fijo, según modelos:

- Área rural, con radio de cobertura de aproximadamente 35 Km. El patrón de cobertura es circular o sectorial a 120°, 60° y 30°.
- Área rural con radio de cobertura de aproximadamente 35 Km. Vinculación entre el controlador y EB por medio de fibra óptica o radioenlace, con distancia promedio de 50 Km. El patrón de cobertura es circular o sectorial a 120°, 60° y 30°.

- C. Area urbana con radio de cobertura de aproximadamente 3 Km. El patrón de cobertura es circular o sectorial a  $120^\circ$ ,  $60^\circ$  y  $30^\circ$ .
- D. Area urbana con radio de cobertura de aproximadamente 3 Km. Vinculación entre controlador y EB por medio de pares de cobre, con distancias entre 2 y 5 Km. El patrón de cobertura es sectorial a  $120^\circ$ ,  $60^\circ$  y  $30^\circ$ .
- E. Area rural con radio de cobertura de aproximadamente 35 Km. Vinculación controlador y EB por medio de pares de cobre, con distancia entre 2 y 5 Km. El patrón de cobertura es sectorial a  $120^\circ$ ,  $60^\circ$  y  $30^\circ$ .

### **Sistemas rurales de microondas punto - multipunto**

Las necesidades de servicio en áreas rurales podrán cubrirse utilizando el sistema de microondas con conformación punto - multipunto, con tecnología TDMA y células fijas. La limitada capacidad y alto costo restringe su utilización.

### **Sistemas rurales de microondas vía satelital**

La transmisión vía satélite, se podrá considerar como un tipo particular de enlace por microondas. En tal enlace, la primera torre es la estación terrena emisora, la segunda torre es el satélite, que retransmite amplificada la señal y la tercera, es la antena terrena receptora. Serán factibles de implementar sistemas punto a punto ó punto a multipunto.

El requerimiento básico de proveer servicio telefónico a zonas aisladas y/o de poblaciones dispersas rurales, se podrá implementar por medio de sistemas satelitales.

Serán factibles de implementar sistemas punto a punto, punto a multipunto (Fig. 21).

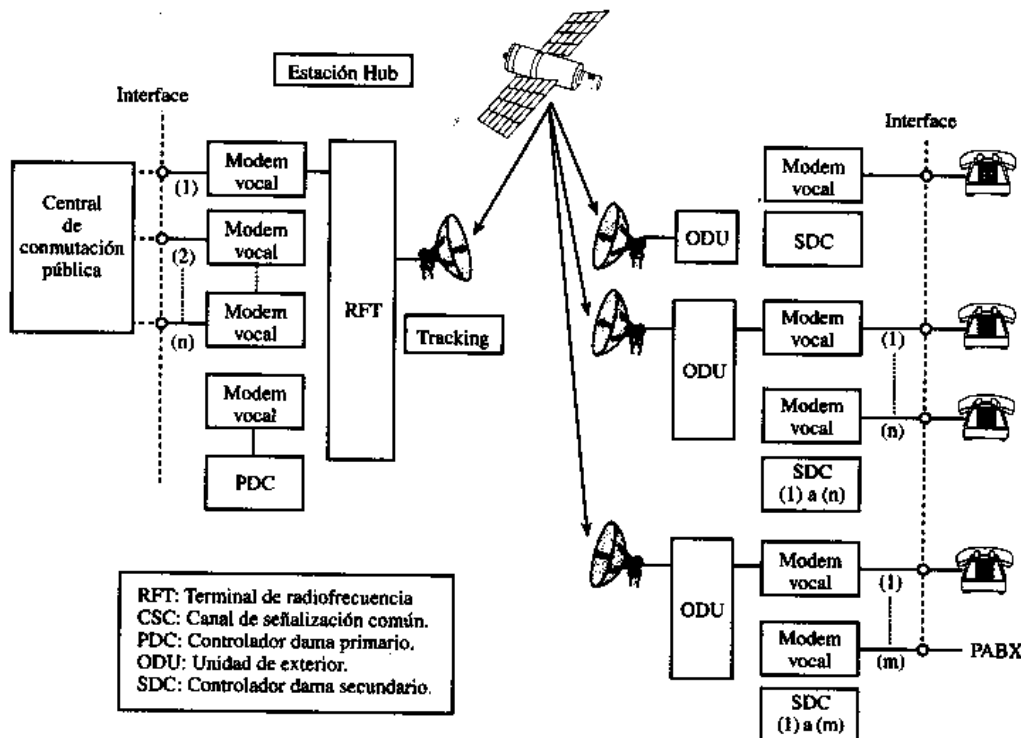


Fig. 21 - Sistema satelital punto a multipunto (SCPC / DAMA)

### **Sistemas Híbridos Cobre Radio, HCR**

Los sistemas WLL denominados, Híbrido Cobre Radio (HCR), se basan en células pequeñas de 50 á 1000 m alimentadas por pares de cobre. Cumplen con los requisitos operacionales de la red fija, confiabilidad, retardo de transmisión, ancho de banda, seguridad, capacidad, velocidad, etc.

También podrán estar sustentando por fibra óptica o enlace de microondas a un concentrador. Se podrán establecer servicios fijos en modalidad dúplex, con asignación de frecuencias en:

- 899 á 905 MHz
- 944 á 950 MHz
- 1910 á 1930 MHz
- 3425 á 3435 MHz
- 3475 á 3485 MHz

Estos sistemas cuentan con tecnología digital, que se basan en la codificación de la voz a alta velocidad de transmisión, lo que permite manejar plataformás ISDN.

### A. 10. 7. 5. Conformaciones WLL según su aplicación

Las redes WLL podrán ser analizadas mediante los diferentes esquemás adoptados para sus conformaciones, según las distintas aplicaciones a utilizar:

- En áreas rurales típicas, con cobertura hasta unos 12 Km, y 150 abonados.
- En servicios de urgencia hasta unos 5 Km, y 50 abonados.
- Para áreas suburbanas hasta unos 3 Km, y 300 abonados. (Fig. 22).
- Para valles o zonas de sombra con cobertura con repetidores hasta unos 12 Km (Fig. 23).
- En alternativas de combinación de redes (Fig. 24).

#### Referencias

En los respectivos gráficos se utilizan siglas, las cuales tienen los significados siguientes:

- RPCU: Controlador de RPU.
- DNI: Interfase de Red Digital.
- RPI: Interfase de RPU.
- MPM: Interfase de Procesador Principal.
- NMI: Interfase de Gestión de red.
- RPU: Unidad de Puerto de Base.
- FAU: Unidad de Acceso Fijo.
- IAU: Unidad de Interfase ISDN.
- AIU: Unidad Interfase Analógica.
- ALI: Interfase de Línea Analógica.
- DLPC: Interfase de Enlace Digital y Unidad de Procesador Central.
- MTC: Tarjeta de Prueba y Monitoreo.
- PS: Fuente de Energía.

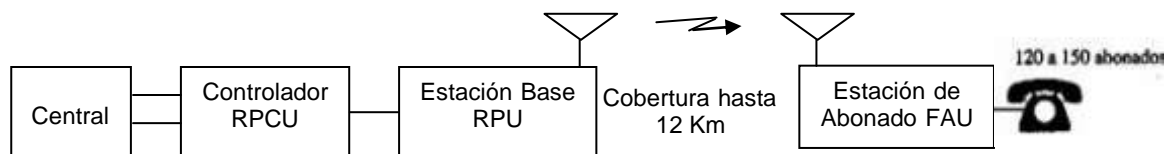


Fig. 22 - Áreas rurales típicas

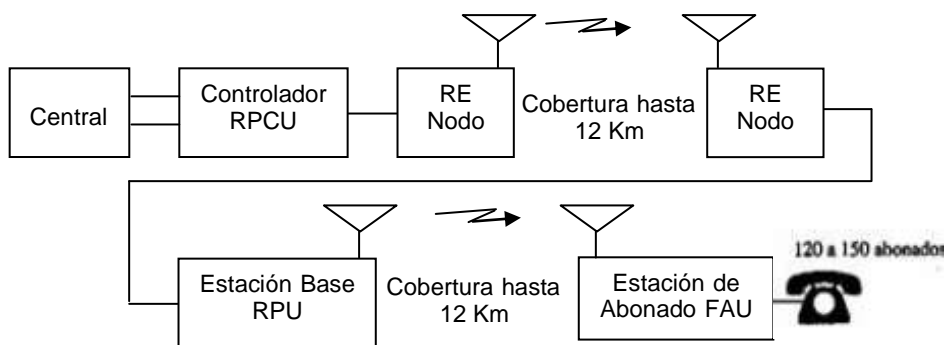


Fig. 23 - Valles o zonas en sombra

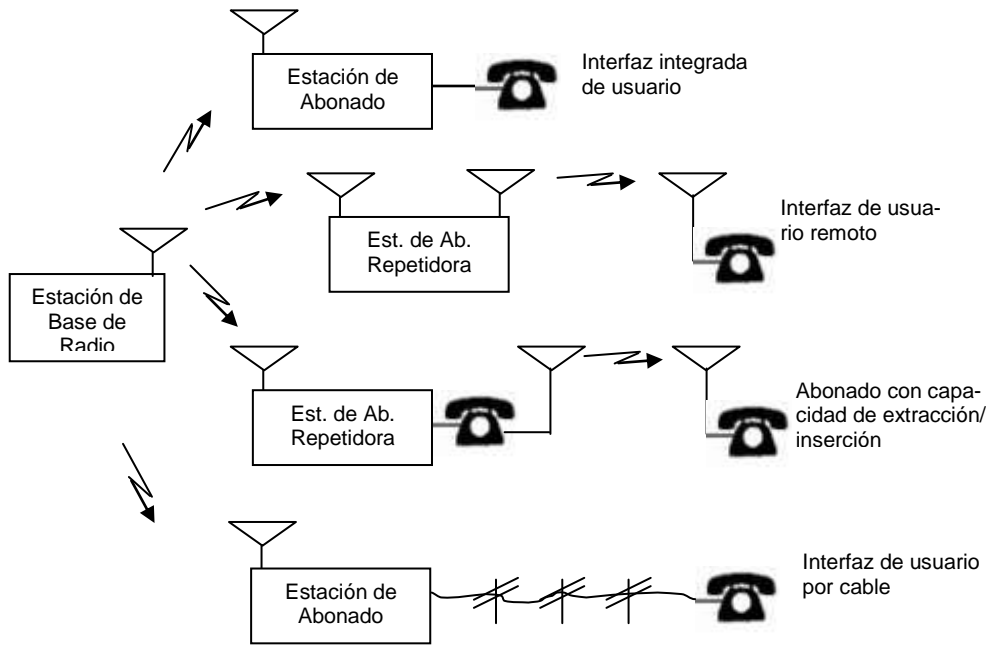


Fig. 24 - Combinación de redes

Un ejemplo interesante de analizar, es el correspondiente a los esquemas siguientes, proporcionado por un diseño de sistema inalámbrico que contempla las distintas alternativas a servir, red urbana, interurbana y rural. Presentamos un esquema funcional de un sistema de 1910 - 1930 MHz, con un servicios de 0.1 mE (Fig. 25).

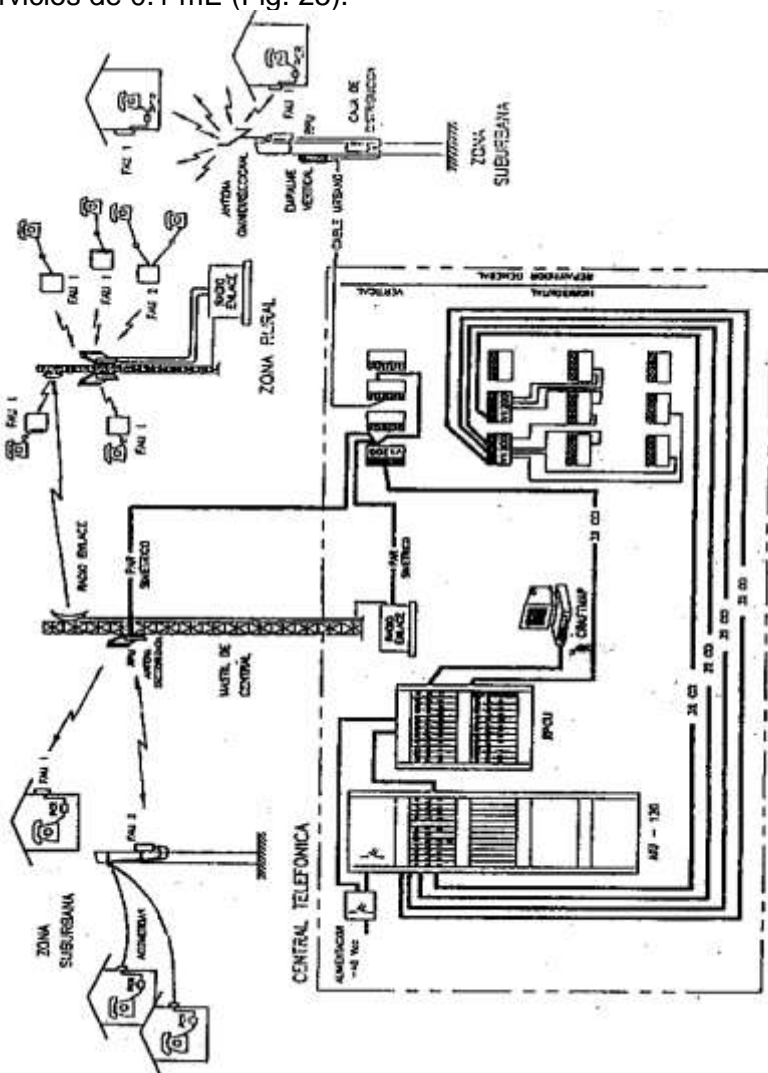


Fig. 25 - Sistema inalámbrico (1910 - 1930 MHz) - Esquema funcional



En el mismo se observa que desde el equipos conmutador se la central urbana se pasa, mediante pares, al repartidor general de la central y desde allí al Interfaz Analítico/Digital (AIU), para luego pasar al procesador de señales para ser enviadas al equipos de radio (RPU) o a la salida hacia una unidad remota mediante un vínculo de fibra óptica.

Desde el equipo RPU, montado sobre un mástil de antena, ubicado en el mismo edificio de la central o vinculado por cable multipar urbano hasta un área suburbana, desde donde se enlaza mediante radioenlace con las unidades de acceso del abonado fijo, de un usuario (FAO 1), para dos usuarios (FAO 2) o para ser utilizado por un usuario RDSI (IAU).

El diagrama en bloques nos especifica cada paso, con las unidades componentes correspondientes (Fig. 26).

En los esquemas siguientes se podrá observar otra dos alternativas posibles, el modelo 2, que emplea controladores (RPCU) centralizados (Fig. 27) o el modelo 3, que emplea internase (AIU) centralizada (Fig. 28).

El equipamiento posible podrá corresponder a:

Unidad Interfase Analógica (AIU).

Interfase de Línea Analógica (ALI), hasta 8 unidades por subbastidor, 15 líneas analógicas por módulo. Interfase de Enlace Digital y Unidad de Procesador Central (DLPC), 1 por subbastidor. Tarjeta de Prueba y Monitoreo (MTC), 1 unidad por subbastidor. Fuente de Energía (PS), 1 unidad por subbastidor.

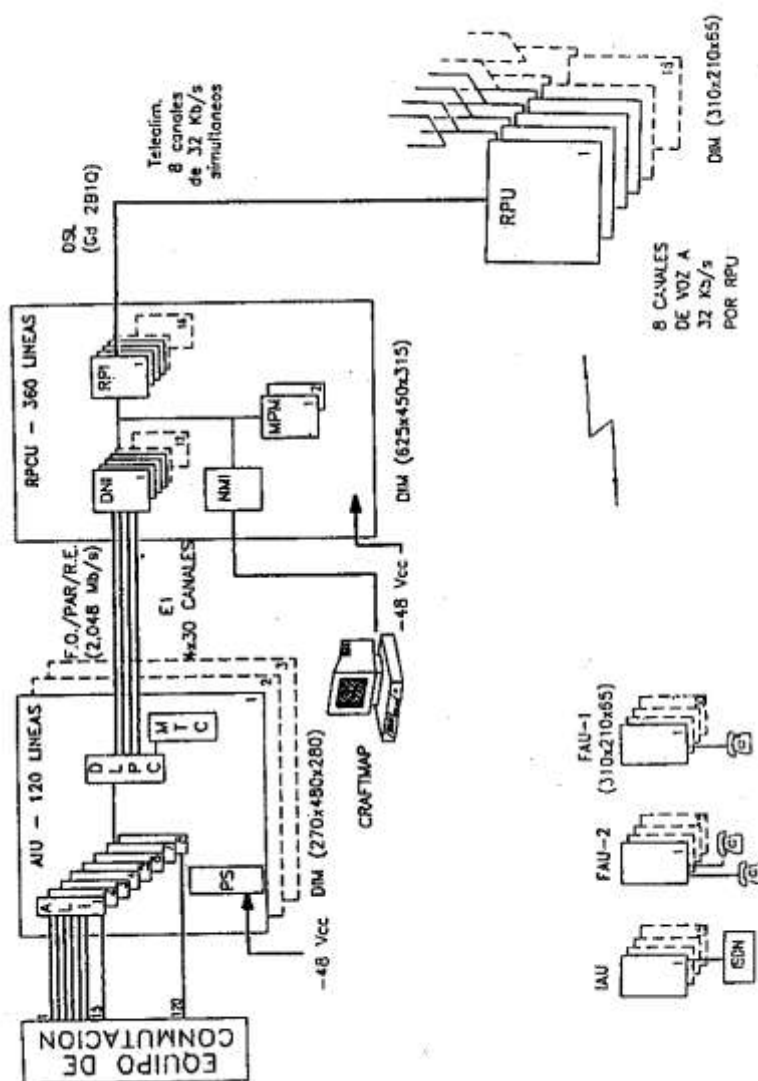


Fig. 26 - Sistema inalámbrico (1910 - 1930 MHz) - Diagrama en bloques

### Controlador de RPU (RPCU)

Interfase de Red Digital (DNI), hasta 12 unidades por subbastidor, 1 por cada 30 canales.

Interfase de RPU (RPI), 1 por cada 8 canales, 30 canales virtuales.

Interfase de Procesador Principal (MPM), 2 por subbastidor.

Interfase de Gestión de red (NMI), 1 por subbastidor.

Unidad de Puerto de Base (RPU), hasta 30 circuitos virtuales a 0.1 mE.

Unidad de Acceso Fijo (FAU), para 1 ó 2 circuitos virtuales.

Unidad de Interfase ISDN(IAU), para 1 circuito ISDN).

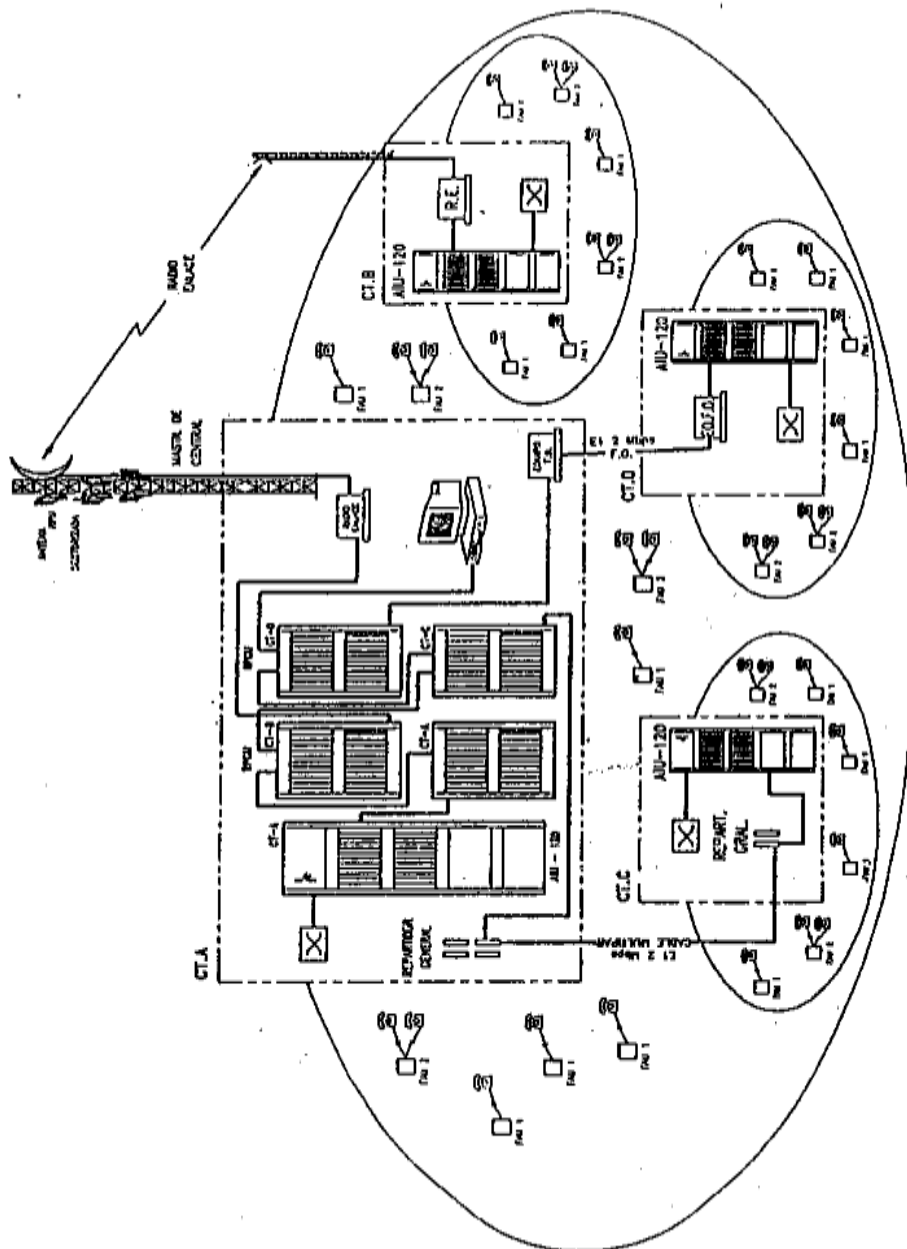


Fig. 27 - Sistema inalámbrico - Red con controladores centralizados, modelo 2

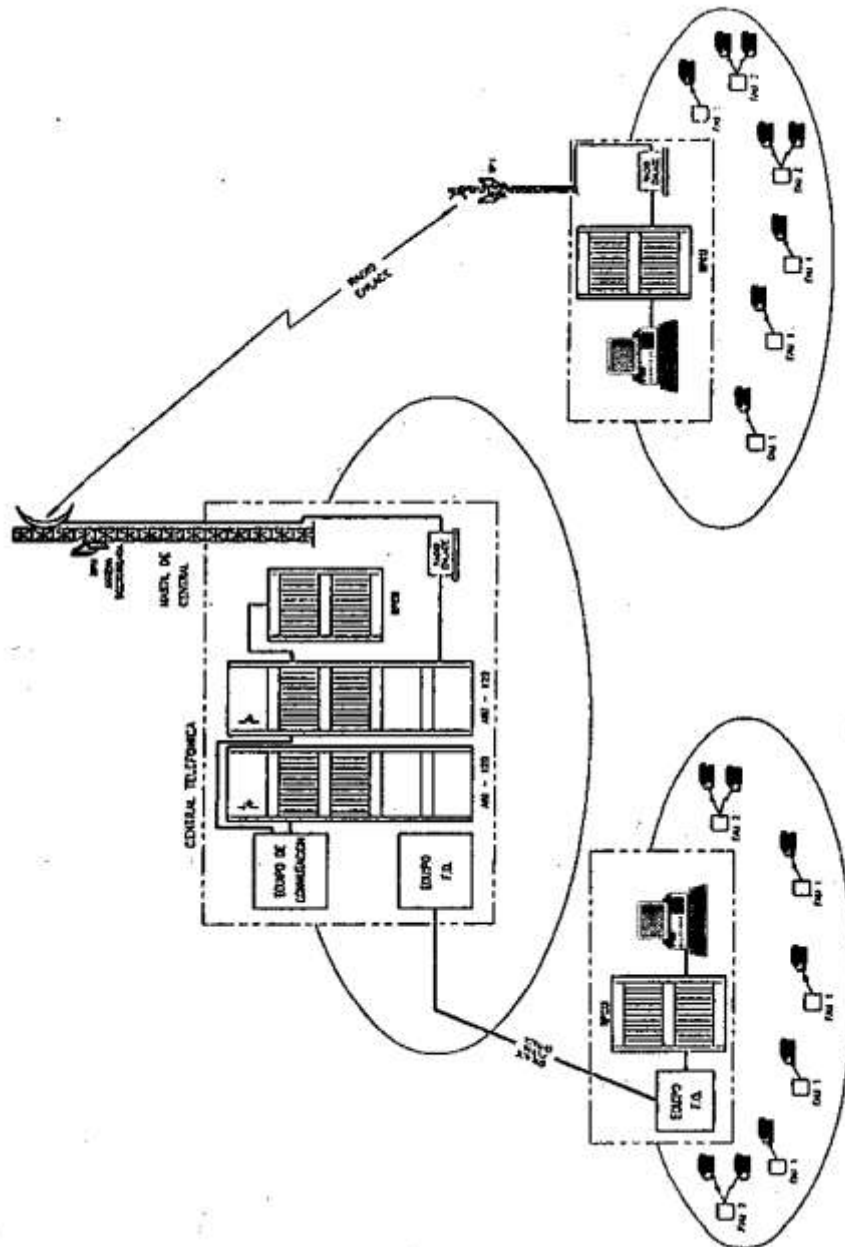


Fig. 28 - Sistema inalámbrico - Red con numeración AUI centralizadas, modelo 3

## A. 10. 8. Microondas en la Red de Acceso (MMDS Y LMDS)

Vimos que el anillo local inalámbrico fijo WLL (Wireless Local Loop) se está empleando asiduamente para distintos fines en la red de acceso.

Además aparecen otras nuevas técnicas inalámbricas para su aplicación en el acceso, los sistemas de microondas de alta densidad, el sistema de distribución multipunto multicanal MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System) y el sistema de distribución local multipunto LMDS (Local Multipoint Distribution System).

### A. 10. 8. 1. Sistemas de distribución multipunto multicanal, MMDS

El sistema de distribución multicanal y multipunto MMDS se emplea en USA, como un compendio de varios sistemas de televisión con amplio ancho de banda. Provee 33 canales para servicio de vídeo y acceso a Internet bidireccional de alta velocidad.

Uno de sus componentes es el servicio fijo ITFS (Instructional Television Fixed Service), de veinte canales, utilizado para la distribución de material educativo. Universidades y colegios de USA deben disponer al menos 20 horas por semana de emisión para obtener la licencia ITFS.

El proveedor de MMDS debe utilizar la técnica de mapeado de canales. En este método cuando es requerido un canal, la señal es conmutada a un canal libre. Otros dos canales más se asignan al Servicio de distribución multipunto MDS (Multipunt Distribution Service) y el resto de once canales se asignan exclusivamente al servicio MMDS.

La operación se realiza en un área de 30 a 45 Km, en distintos ancho de banda con frecuencias de hasta 54 Mb/s. Se estima un rango óptimo de 10000 abonados por cada transmisor MMDS. Al ser un sistema de microondas su mayor inconveniente radica en las interferencias, árboles y plantas actúan como una barrera virtual. En USA cuenta con algo más de un millón de abonados y más de cinco millones en el resto del mundo.

### **A. 10. 8. 2. Sistema de distribución local multipunto LMDS**

El sistema de distribución local multipunto LMDS (llamado TV por cable celular), es un sistema inalámbrico punto - multipunto celular, que operaba originalmente entre 27.5 y 29.5 GHz, con canales de 56 Mb/s.

Actualmente el FCC de USA fijó el plan de frecuencias de:

- Bloque A (1.15 GHz), bandas de 27.500 á 28.350 GHz, 29.100 á 29.250 GHz y 31.750 á 31.225 GHz.
- Bloque B (150 MHz), bandas de 31.000 á 31.075 GHz y 31.225 á 31.300 GHz.

Normalmente actúa con sentido downstream, pero puede operar en servicio bidireccional.

Al funcionar con múltiples celdas se evita muchos de los problemas de cobertura del MMDS. Las zonas de sombra son cubiertas con repetidores o reflectores pasivos. Las celdas adyacentes utilizan las mismas frecuencias pero con distinta polarización. Cada celda cubre una distancia de 3 a 5 Km.

Las celdas más pequeñas significan mayor cantidad de transmisores pero de menor tamaño. Para áreas rurales el disponer de áreas reducidas representa un problema de cobertura.

### **A. 10. 9. Televisión Directa al Hogar (DTH -TV)**

El sistema de televisión directa al hogar, DTH -TV (Direct to Home TV), se brinda mediante redes satelitales.

Podrá constituirse en servicio fijo, portable, móvil o alterno. Su operatividad no requiere necesariamente visibilidad directa al satélite. Su antena de dimensión reducida, unos 30 cm, podrá estar integrada al aparato receptor de TV.

Este sistema de televisión directa al hogar, se brinda generalmente mediante redes satelitales del sistema de órbita baja LEO (Low Earth Orbit).

### **A. 10. 10. SISTEMAS de Enlaces LASER**

Los sistemas de enlaces ópticos con láseres infrarrojos, se utilizan tanto en el espacio libre exterior, como en ambientes internos, para vincular redes de telecomunicaciones o sistemas de servomecanismos para control o de alarmas.

Estos sistemas pueden trabajar en red con servidores en las LAN, MAN o WAN. También se emplean, para aplicaciones multimedios de voz, video y transferencia de datos a alta velocidad en edificios. Se las aplican, para sistemas de detección de intrusos y activar sistemas de alarma, en instalaciones de cableados estructurados, para edificios inteligentes o en fábricas para guiar robots (Ver anexos respectivos).

Tales sistemas de enlace, han tenido un gran desarrollo debido a la saturación del espectro electromagnético. Mientras que los sistemas de microondas tienen mayor alcance y son menos afectadas por algunas de las condiciones meteorológicas, detentan el inconveniente de ser interceptadas fácilmente. El rango de frecuencias de los rayos infrarrojos es muy superior al de microondas, debido a ello la propagación es más direccional, lo que permite su mayor alcance.

El rango de luz visible para el ser humano, se halla entre los 4 300 Å, para el color violeta y 6 900 Å, para el color rojo. Por lo que los rayos infrarrojos, que se encuentran fuera de esta gama a 8 300 Å = 0.83 µm, resultan invisibles al ojo humano. Corresponde un Ångstrom (Å), igual a,  $1 \times 10^{-10}$  m.

Los enlaces infrarrojos, representan una alternativa para la instalación en ambientes eléctricamente peligrosos, en ámbitos con atmósferas posibles de ser explosivas o electromagnéticamente ruidosas. Los vínculos infrarrojos permiten entregar sobre un trayecto óptico dúplex, datos a velocidades de 50 000 Mb/s, con un alcance de 600 m. Esto lo convierte en la tecnología ideal para vincular redes LAN entre edificios, transmitir órdenes a equipos con acceso de cables impracticables o maquinarias pesadas que deterioren a los cableados. También se aplica en aplicaciones militares, donde fuese imposible por seguridad la utilización de cables o enlaces electromagnéticos.

La transmisión por microondas a 23 GHz, produce a 1500 m un cono de casi 280 m. Los láseres podrán crear, mientras tanto, mediante un haz de luz coherente, un ancho de tan solo 1 m. Esta alta direccionalidad, permite concentrar la información en un haz de alta precisión, que no provoca interferencia mutua. Asimismo debido a esta cualidad y a que para interceptar una transmisión se debe situar una antena en el lugar del receptor, se hace impracticable espiar su información.

Sus desventajas radican en que, cualquier partícula microscópica opaca a la luz produce dispersión y pérdida de energía entre emisor y receptor. La niebla, neblina, el humo y cualquier otro elemento que obstruya la visión, también impiden su correcta transmisión óptica, produciendo el desvanecimiento de la señal (fading). Los reflejos debidos a gradientes de calor o al sol, son también perjudiciales, no así por ejemplo las gotas de lluvia o la nieve, que si son un problema para los radioenlaces de microondas.

Debido a que los sistemas de transmisión, que emplean haces concentrados de luz coherente (láser), son peligrosos al ojo humano si es mirado en forma directa, aún a unos pocos metros, se deberá tomar precauciones de ubicación e indicar avisos de prevención.

Las líneas de comunicaciones de infrarrojos sin repetidores, son adecuadas hasta distancias de 16 Km, bajo condiciones ideales. Sin embargo para evitar interferencias es conveniente implementar solo tramos de alrededor de 3 Km. Se podrán disponer repetidoras, para evitar obstrucciones de visión directa.

Las aplicaciones en interiores utilizan generalmente la tecnología de emisión de luz LED (Light Emitting Diode). Con ello se obtienen grandes ventajas, evitando roturas de paredes e instalación de molestos cableados. Para brindar acceso a Internet a través de sistemas inalámbricos, es necesario compensar las diferencias en los anchos de banda y los tiempos de respuesta, respecto a una línea cableada.

## **A. 10. 11. Sistemas Satelitales**

A principios del nuevo siglo, solo algo más de la cuarta parte del planeta posee cobertura de telecomunicaciones y de este grupo, solamente la mitad de sus habitantes tiene la posibilidad de usufructuar aun el servicio telefónico básico.

Por otra parte, la incompatibilidad de los diversos estándares celulares analógicos, digitales hace a la imposibilidad del uso telefónico al cliente, fuera de su área de origen. Ambas razones harán al progreso de los sistemas satelitales.

Los terminales móviles pueden ser marítimos, terrestres o aeronáuticos. Al igual que los terminales portátiles se puede brindar servicios de voz, datos, fax, radiocomunicación, determinación de posición y de radio búsqueda.

Los sistemas satelitales tienen la propiedad de que el costo de transmitir un mensaje es independiente de la distancia recorrida. Son una solución ideal para llevar los servicios de telecomunicaciones a las áreas suburbanas o rurales, donde los costos de las redes terrestres son mayores. Otra propiedad de los sistemas satélite es su carácter de transmisión en difusión, cuesta más mandar la información a una estación receptora, que a todas las ubicadas dentro del área de recepción. Es esencial emplear los sistemas de cifrado en esos casos.

El organismo que regentea los sistemas satelitales es la Organización Internacional de Satélites de Telecomunicaciones INTELSAT y está participada conjuntamente por más de 118 naciones.

El mismo, tiene como objetivo primario proporcionar de forma comercial segmento espacial, necesario para el servicio de telecomunicaciones público internacional, de alta calidad y fiabilidad, de forma indiscriminada. A finales de 1989 operaban 14 satélites transportando la mayor parte del tráfico telefónico mundial, distribución de programas de televisión y transmisión de datos.

Al inicio de la década de 1960, se hicieron intentos para establecer sistemas de telecomunicaciones haciendo rebotar señales en globos meteorológicos metalizados, actuando como satélites artificiales pasivos. Estas señales resultaron ser muy débiles para un uso práctico. Luego la Armada de USA construyó un sistema de comunicaciones entre barcos y tierra firme haciendo rebotar las señales en la Luna.

El primer satélite de comunicaciones activo fue lanzado en 1962. Este satélite artificial amplificaba la señal mediante una combinación de receptor-transmisor, llamado transpondedores, lo que permite que funcione como una repetidora de microondas.

Cada transpondedor capta alguna porción del espectro, amplifica la señal y la difunde a otra frecuencia para evitar interferencias con la frecuencia de entrada. Los haces retransmitidos pueden cubrir una fracción importante de la Tierra o ser enfocados en estrechos haces de algunos cientos de kilómetros de diámetro.

## **A. 10. 11. 1. Definiciones de los sistemas satelitales**

Existen distintos tipos de satélites militares y civiles. Para comunicaciones, navegación, meteorológicos, vigilancia, investigación, sensores de estaciones sobre Tierra y de reconocimiento fotográfico. Estas funciones podrán ser compartidas.

Los sistemas satelitales se componen básicamente de:

- El segmento espacial
- Las estaciones terrenas de acceso (terminales fijas, gateway)
- Los terminales del usuario fijos, portátiles (personales) o móviles (en vehículos marítimos, terrestres o aeronáuticos)
- Los centros complementarios, de coordinación, control y /o supervisión de red

Varias son las conformaciones ofrecidas por los satélites de comunicaciones (Fig. 29 y 30).

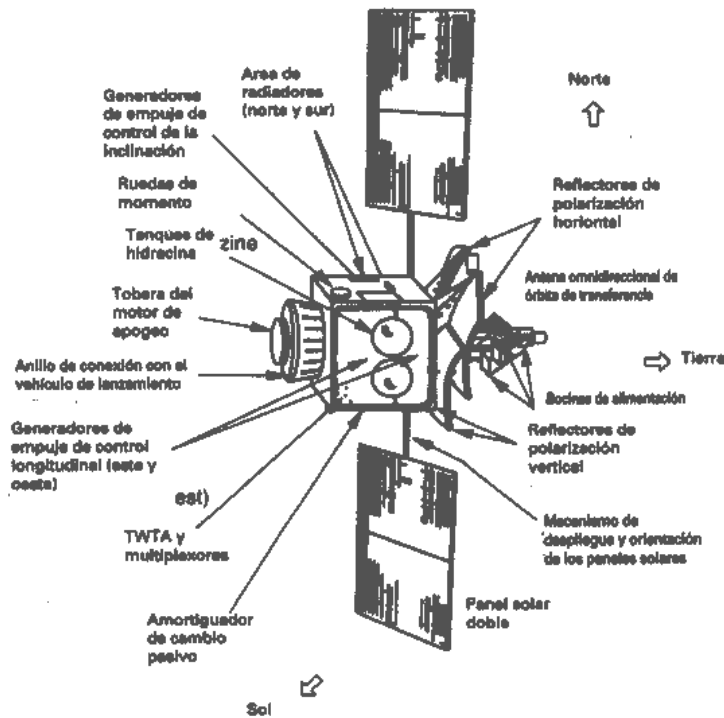


Fig. 29 – Ejemplo de estructura física de un satélite

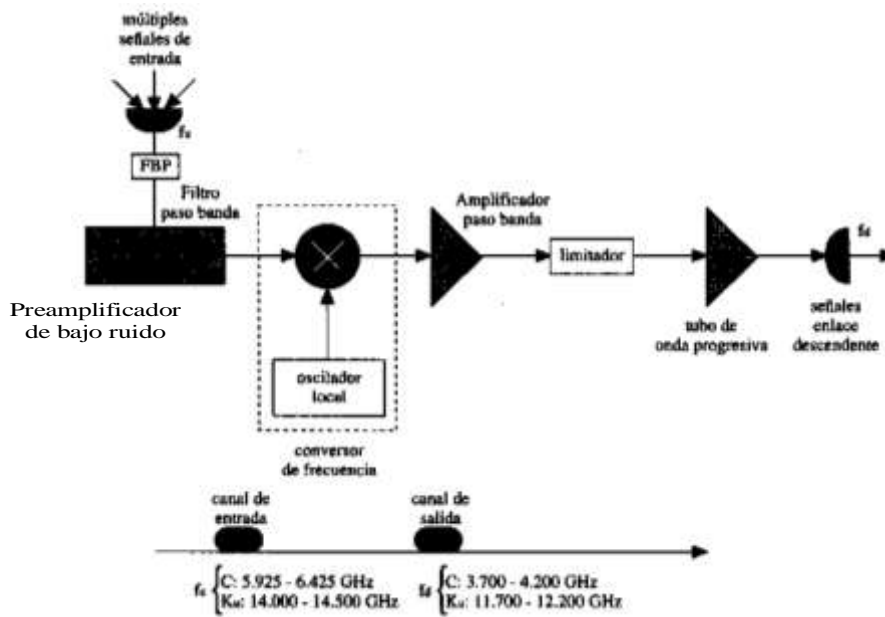


Fig. 30 – Ejemplo de estructura física de un satélite

### A. 10. 11. 2. Clasificación de las comunicaciones satelitales

Las comunicaciones satelitales se clasifican en tiempo real o diferido. Esta distinción resulta fundamental para identificar los servicios a ofrecer y por ende al diseño. De todas formas es posible combinar ambos conceptos y brindar comunicaciones locales y regionales, en tiempo real y diferido.

El retardo de transmisión, es el tiempo requerido para que la información generada por un usuario llegue a su destino. Se debe fundamentalmente, al retardo en de transmisión en el aire y depende fuertemente de la altura a la que se encuentra el satélite y al procesamiento efectuado en cada nodo de la red. Para las comunicaciones telefónicas en tiempo real el retardo de transmisión establecido por la ITU-R no puede exceder de 400 msec, de usuario a usuario. Esto implica una configuración específica satelital y de la red.

En los sistemas de comunicaciones diferidos, el tiempo de retardo de transmisión puede ser variable entre unos pocos segundos hasta horas, dependiendo de la configuración del sistema, la carga de tráfico y la ubicación relativa de los usuarios. Los diferentes retardos tienen que ser evaluados para cada sistema.

El cálculo del tiempo diferido por el retardo, se estima aplicando una velocidad de transmisión de 298 000 Km /seg, luego resulta para el recorrido de subida y bajada de 71 600 Km, un tiempo de 240 segundos. El retardo de enlace extremo a extremo involucra los tiempos de subida de señal al satélite (uplink), de los posibles enlaces entre satélites y de bajada de la señal del satélite al terminal o estación terrena (downlink).

Los valores comunes de retardo extremo a extremo son de 270 mseg (540 mseg para un sistema VSAT con un solo Hub). Como comparación, los enlaces de fibra óptica o coaxiales tiene un retardo de 5  $\mu$ seg /Km y los sistemas de microondas terrestre de 30  $\mu$ seg /Km.

Para el diseño de un sistema satelital se debe considerar: La cantidad total de satélites del sistema, cantidad de planos orbitales, inclinación de los planos orbitales, esparcimiento entre planos orbitales, cantidad de satélites por plano orbital, altura orbital de cada satélite, etc.

También se deberá tener en cuenta la fase relativa de los satélites del mismo plano orbital y de planos orbitales adyacentes, como de la altura orbital de cada satélite y su correspondiente período orbital.

### **Sistema dual y servicio de roaming**

La modalidad de comunicación celular dual (bimodal), se refiere, a la posibilidad de cambiar de un sistema celular terrestre a un sistema celular satelital, o viceversa. Esto impida una mejor cobertura inalámbrica, con recepción correcta de la señal en selección automática.

El servicio de roaming corresponde a la posibilidad que tiene un usuario de acceder a servicios de telecomunicaciones móviles, terrestre y / o satelitales, en diferente área a las que está suscripto, conservando las mismas facilidades contratadas con su operador. Con este servicio no se requerirá reiniciar la comunicación iniciada al trasladarse de un área de cobertura de una red, a otra. El envío de las facturas se envía al abonado a su domicilio registrado, independientemente de donde se originó o recibió la llamada. El roaming se establece por convenios entre operadores, aún de distintos países y de los distintos servicios inalámbricos ofrecidos.

En los casos que los operadores ejecuten redes de distintas frecuencias, se deberá cambiar la tarjeta personal de su teléfono a otra que labore a la frecuencia adecuada. Por ejemplo, entre las redes analógicas AMPS de USA y redes digitales GSM de Europa, el cliente recibirá una tarjeta inteligente programable SIM (Subscriber Identity Module) que le permite utilizar tanto un aparato AMPS, como un GSM, en sus respectivas áreas.

Con handover, indicamos el traspaso de célula sin pérdida de la comunicación. El cambio de célula podrá ser establecido sobre dos células pertenecientes a una misma unidad de conmutación, que llamaremos handover interno o concerniente a células de dos distintas unidades de conmutación, que denominamos handover externo.

### **Apogeo, perigeo e inclinación**

Todos los trayectos orbitales son excéntricos en varios grados. Se define como apogeo al punto de altura más distante de la Tierra, y como perigeo al más cercano. La diferencia entre apogeo y perigeo describe el grado de excentricidad de la órbita.

Se especifica como inclinación al ángulo formado entre el plano que contiene a la órbita del satélite y el plano que pasa por la línea de paralelo terrestre de mayor radio, plano ecuatorial. Si el plano orbital pasa por los polos de la Tierra tendrá una inclinación de 90°. Si se halla en el plano ecuatorial tiene una inclinación de 0°.



### **A. 10. 11. 3. Acceso Múltiple al Medio**

El alcance de transmisión de un satélite está definido por un área inscrita sobre las superficies terrestres de finado su perímetro como huella. El alcance de la huella puede variar desde 250 a 10 000 Km. Dentro de esta zona sus señales pueden ser recibidas por cualquier estación conformando un símil de red broadcast.

La distribución de frecuencias ascendentes y descendentes, desde el satélite conforma una característica particular:

- El satélite puede captar a todas las estaciones y todas ellas al satélite pero una estación no puede captar directamente a otra estación.
- La señal tarda aproximadamente 270 mseg en el trayecto completo ascendente descendente, en los casos de usar Hubs intermedio el doble de tiempo.

Como consecuencia, con estos tiempos resulta imposible utilizar protocolo con detección de portadora como el CSMA /CD. Para el canal descendente con un único emisor la situación es simple pues no existe conflicto, no así el sentido ascendente. Para ello se pueden emplear cinco tipos distintos de protocolo de acceso múltiple, ya vistos para redes de computadoras u otros sistemas terrestres, pero aquí con ciertas particularidades, que pasamos a analizar. Ellos son Polling (sondeo), ALOHA, FDM / FDMA, TDM / TDMA y CDMA.

#### **Acceso Múltiple Polling**

El concepto de Polling se estudio antes como protocolo MAC de acceso múltiple y aplicado en la red 100VG-AnyLAN. En aquel caso el concentrador interrogaba a las estaciones en orden rotatorio para anotarlas en riguroso turno de transmisión. En sistemas satelitales podría actuar en forma similar, su inconveniente sería el tiempo insumido en las consultas, como mínimo 270 mseg multiplicado por cada estación. Sin embargo, se podría utilizar si el procedimiento de interrogación se realiza por algún medio de transmisión terrestre de bajo retardo. Por ejemplo, mediante una red X.25 o punto a punto, formando un anillo lógico Token Ring. En ese caso, una estación podría enviar datos al satélite solo si posee el token.

#### **Acceso Múltiple Aloha**

El ALOHA posee un rendimiento bajo solo del 18.5%, el ALOHA ranurado mejora su eficiencia al 37%, en ese caso, el satélite debe suministrar el reloj maestro a todas las estaciones. En la práctica, la señal es generada en una estación terrestre, denominada estación de referencia, que es retransmitida por el satélite a todas las estaciones para su sincronización.

Para obtener una eficiencia aún mayor, llegando al 74%, cada estación dispone de dos canales ascendentes que evitan problemas de contención, es decir las colisiones.

#### **Acceso Múltiple FDM / FDMA**

La multiplexación por división de frecuencias FDM, resuelve el problema del acceso al medio repartiendo el canal entre las estaciones que lo requieran. Una vez asignado un ancho de banda a una estación, ésta lo tendrá reservado para usarlo, independientemente que lo haga, hasta que lo libere. Existen sistemas FDM dinámicos con asignación de acuerdo a las necesidades. La FDM tiene el inconveniente que requiere establecer, márgenes de frecuencias de seguridad, entre los canales asignados para su correcto tratamiento digital.

En FDMA, cada frecuencia de acceso se asigna a un usuario, luego el ancho de banda asignado, limita la cantidad de accesos. Otra desventaja significa el efecto Doppler encontrado con satélites de órbita terrena baja LEO (Low Earth Orbit), pues disminuye la utilización del ancho de banda disponible. La ventaja de su utilización radica en la no necesidad de sincronización de la red.

### **Acceso Múltiple TDM / TDMA**

Con la TDM, se resuelven los problemas analógicos para el tratamiento de la señal, de la FDM. En TDM es preciso disponer de un reloj de sincronismo entre las estaciones empleando mecanismos similares al de ALOHA ranurado.

En su versión más simple el TDM reparte la capacidad del satélite en canal o intervalos de tiempo (slots) que asigna a las estaciones que lo soliciten. Ésta tendrá reservada esta capacidad hasta que la libere, independientemente que la utilice o no. Existen varios mecanismos de asignación dinámica de los slots.

En TDMA, todos los usuarios transmiten la información en la misma frecuencia, en distintos intervalos de tiempo, que están entrelazados y sincronizados de tal manera, que los usuarios no se superpongan en ese dominio del tiempo.

Como ventaja, cada usuario puede utilizar todo el ancho de banda disponible durante su ranura de tiempo. Como desventaja, se requiere un amplio sistema de sincronización y que es muy vulnerable a un ambiente interferente.

### **Acceso Múltiple CDMA**

En el acceso múltiple por división de código CDMA (Code Division Multiple Access), a cada usuario se le asigna un código específico y este código define como se extiende en el tiempo la señal, a través del espectro de frecuencia. El receptor debe conocer el código para recuperar la señal. Este sistema de asignación de canal se emplea en redes celulares, empleado también para las redes satelitales.

La ventaja de este sistema, es que todos los usuarios pueden disponer de todo el ancho de banda de transmisión, en cualquier momento. Otra ventaja de esta técnica es su protección contra las interferencias. Además no es sensible al efecto Doppler.

Para un sistema satelital su desventaja radica en requerir un mayor procesamiento a bordo y éste aumenta con el número de códigos de acceso. Además, es necesaria la sincronización del receptor al código entrante, en el enlace desde el terminal al satélite, para que la señal sea decodificada.

En CDMA, es también conocido como acceso múltiple de espectro extendido SSMA (Spread Spectrum Multiple Access).

## **A. 10. 11. 4. Bandas de frecuencias utilizadas**

Para evitar interferencias entre las señales de los satélites, estos no podrán estar espaciados a menos de  $2^\circ$ , en su órbita de  $360^\circ$ , en el plano ecuatorial. Luego, resulta la posibilidad de ubicar un máximo de 180 satélites en ese plano geostacionario. Algunos se reservan para usos militares, científicos, gubernamentales, transmisiones de TV, etc.

Como alternativa se podría compartir estas posiciones orbitales si se opera a diferentes bandas de frecuencias. La FCC de USA regula las ondas radiofónicas satelitales, pero la NASA (National Aeronautics & Space Administration) y la ITU-T deciden el posicionamiento orbital.

La Banda C fue la primera en destinarse al tráfico comercial, le siguió la Banda Ku y luego la Banda Ka. La Banda C conlleva los problemas de las interferencias con los sistemas terrestres, mientras que en las Banda Ku y la Banda Ka, sus señales de microondas son absorbidas por las gotas de lluvia. La banda Ka tiene además la desventaja de requerir costosos equipos.

Las bandas de frecuencia empleadas para cada uno de estos sistemas son:

- C, de 3.7 a 4.2 GHz para enlace descendente y 5.925 a 6.425 para el ascendente
- Ku, de 11.7 a 12.2 GHz y de 14.0 a 14.5 GHz
- Ka, de 17.7 a 21.7 GHz y de 27.5 a 30.5 GHz

También se emplean:

- Banda L, de 1.53 a 2.7 GHz
- Banda S, de 2.5 a 2.7 GHz
- Banda X, de 7.25 a 7.75 y de 7.9 a 8.4 GHz.

Un satélite normalmente cuenta entre 12 y 20 transpondedores, cada uno con un ancho de banda 36 a 50 MHz. Se podrá usar un transpondedor en distintas posibilidades, por ejemplo en 50 MHz se podrá disponer para codificar un servicio de datos de 50 MHz, 800 canales digitales de voz a 64 Kb/s o distintas combinaciones.

Además los transpondedores podrán utilizar distintas polarizaciones de señal, de forma que se pueda emplear la misma frecuencia pero en polarizaciones distintas, evitando las interferencias.

Los primeros satélite empleaban FDM, actualmente también TDM. Inicialmente los satélites utilizaban transpondedores que iluminaban con un haz toda la Tierra, para ello se requería mayor tamaño, energía y costo. Actualmente cada satélite dispone de múltiples pequeños equipos transpondedores y antenas, que disponen múltiples haces iluminando áreas reducidas, obteniendo múltiples comunicaciones simultáneas.

Estos haces puntuales tienen normalmente forma elíptica de algunos cientos de kilómetros, regulados de acuerdo a las necesidades, por ejemplo iluminando con un haz toda la superficie de USA más haces puntuales para Alaska y Hawai.

### A. 10. 11. 5. Terminales de muy pequeña apertura (VSAT)

Los sistemas terminales de muy pequeña apertura VSAT (Very Small Aperture Terminal), emplean micro estaciones de bajo costo que cuentan con el apoyo de una red terrestre compuesto por un conjunto de estaciones concentración (Hub). Emplea terminales con acceso restringido, con antenas de tamaño pequeño, de diámetro desde 0.60 m a 2.40 m y salidas de 1 W de potencia.

Con estos valores, las microestaciones no disponen de suficiente energía para comunicarse mediante el satélite con otras microestaciones, por ello se requieren estaciones terrenas tipo concentración, con antena típica de 6 a 9 m de alta ganancia, que ejercen las funciones de control del sistema. Se asume que estos sistemas han de ser económicos, de rápida instalación y fácil mantenimiento. El precio de disponer estaciones de usuario más baratas, significa adquirir mayores retardos de transmisión.

Los sistemas VSAT pueden clasificarse según sus parámetros, de comunicaciones unidireccionales, bidireccionales, topología en estrella o en red mallada. Estas últimas permiten la comunicación entre sus estaciones remotas.

DISTINTOS SISTEMAS VSAT

	VSAT	VSAT/SS	USAT	TSAT	TVSAT
Diámetro (m)	1.2 / 1.8	0.6 / 1.2	0.3 / 0.5	1.2 / 3.5	1.8 / 2.4
Banda de frec.	Ku	C	Ku	Ku / C	Ku / C
Vel. outrute (kb/s)	56 - 512	9.6 - 32	56	56 - 1544	-
Vel. inrute (kb/s)	16 - 128	1.2 - 9.6	2.4	56 - 1544	
Acceso múltiple out rute	TDM	CDMA	CDMA	PA	PA
Acceso múltiple in rute	D-TDMA	CDMA	CDMA	PA	-
Modulación	BPSK/QPSK	DS	FH/DS	QPSK	FM

Aparte de los sistemas VSAT, se han desarrollado sistemas con terminal de apertura ultra pequeña, denominados USAT (Ultra Small Aperture Terminal). El enlace ascendente llega a 19.2 Kb/s y el descendente mucho más rápido a 512 Kb/s

Comercialmente toman distintas denominaciones según algunas de sus características técnicas, por ejemplo el diámetro de sus antenas. Estos sistemas soportan gran variedad de protocolos de datos a nivel de Capa 2 y 3 (X.25, HDSL, SNA) y a nivel de Capa 1 (RS-232, V.35). Ello permite la conexión de distintos terminales de datos a sus estaciones remotas (Fig. 31).

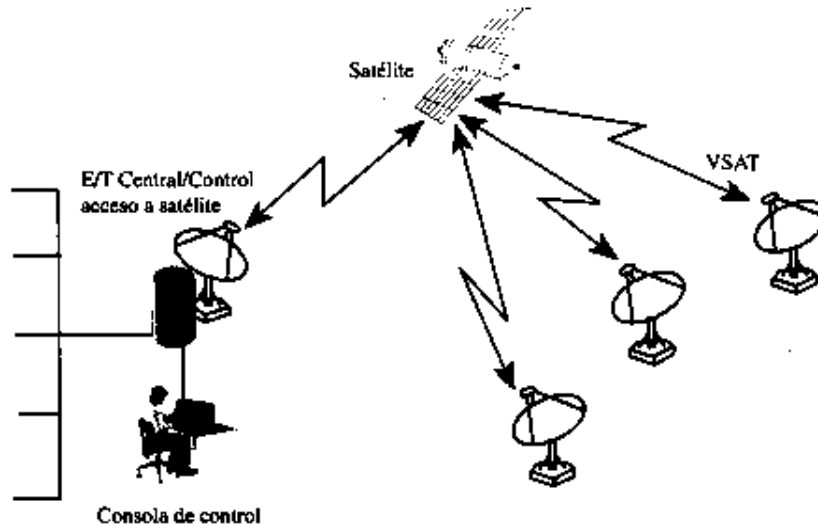


Fig. 31 - Sistema VSAT

### A. 10. 11. 6. SISTEMAS orbitales empleados

Los sistemas satelitales podrán estar formados por un único satélite, varios satélites o formando una constelación de satélites (Fig. 32).

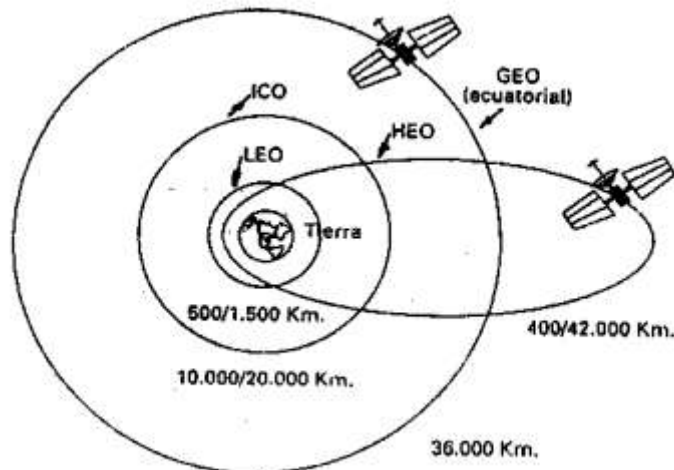


Fig. 32 - Sistemas satelitales

Los sistemas satelitales, se clasifican principalmente por el tipo de órbita que utilicen, de los que podremos observar el geoestacionario (GEO), de órbita baja (LEO), de órbita media (MEO) y el sistema de órbita altamente elíptica (HEO).

Desde 1965 los sistemas más utilizados fueron los GEO, explotados por los países occidentales y los HEO utilizados por la Unión Soviética. Recién, en los años de 1990, se renovó el interés por los sistemas de comunicaciones con satélites LEO. Ello se ha debido a las necesidades militares de disponer de sistemas de alta supervivencia, requerimiento no satisfecho por los satélites geoestacionarios.

Por otra parte los satélites GEO, tienen un rendimiento pobre en las regiones de latitud alta, es decir cercanas a los polos. Además, se producen altos retardos de transmisión, lo que dificulta las comunicaciones móviles. También su aumento de costo relacionado al aumento de capacidad y masa así como la congestión de la órbita geoestacionaria. Esto condujo a la creación de sistemas de múltiples satélites MSS (Multiple Satellite System), que proveen un alto grado de redundancia en las comunicaciones. Así, la falla en uno de los satélites, no provoca la pérdida del sistema.

### **Sistema geoestacionario (GEO)**

Según la Ley de Kepler, el cuadrado del período orbital de un cuerpo celeste, es proporcional al cubo de sus ejes mayores orbitales, luego se puede inferir que el período orbital de un satélite variará con relación a la potencia 3/2 del radio:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{d_1^3}{d_2^3} \quad \text{luego} \quad T = r^{3/2}$$

Si la órbita de un satélite es cercana a la Tierra, el período será de tan solo 90 minutos, luego un corto intervalo de tiempo podrá estar a la vista de una antena terrestre. Si la altura del satélite sobre el plano del Ecuador es de 36 000 Km, resultará un período de 24 horas igual al movimiento de rotación de la Tierra, con lo que una persona ubicada sobre la superficie terrestre lo podrá observar como quieto sobre el firmamento. Diremos en ese caso que se trata de una órbita geosincrónica.

El sistema de órbita geoestacionaria GEO (Geostational Orbit) corresponde a un satélite ubicado en una órbita geoestacionaria. Con este sistema se tiene la ventaja, de requerirse solamente una antena terrena del tipo cuasifija, evitando el alto costo de una antena orientable para rastrear el trayecto del satélite. Se dice cuasifija, porque realmente describe un recorrido sobresimismo, en forma de 8. En este caso, con tres satélites desplazados a 60°, se puede lograr prácticamente la cobertura mundial.

En realidad los satélites cuentan conmutación motores que rectifican posibles desviaciones gravitacionales o atmosféricas. La vida útil de satélite está dada por la cantidad de energía adjudicada.

### **Sistema de órbita baja (LEO)**

El sistema de órbita baja LEO (Low Earth Orbit), consta de una constelación de numerosos satélites ubicados a alturas entre 400 y 2000 Km. Se trata, de una red de satélites de órbita elíptica sincrónica de altura muy inferior a los geoestacionarios. Pueden tener órbitas inclinadas o polares (sobre un plano que pasa por los dos polos), o una combinación de ambas.

Estas constelaciones de satélites pueden brindar cobertura global o regional y comunicaciones en tiempo real o diferido, dependiendo fundamentalmente de sus parámetros, número de satélites, altura, inclinación de la órbita, etc. La meta de estos sistemas es la comunicaciones directa entre el terminal, que es portable, y el satélite.

La constelación de satélites es situada mediante pequeños lanzadores, tipo Pegasus o Taurus, o por grandes lanzadores tales como Ariane Space Shuttle. Ejemplo de estos sistemas son los GlobalStar de San José, California; Iridium de Washington; ICO Global Communications de Londres y Odissey Telecommunications International de Redondo Beach, California.

Durante las tres primeras décadas de la vida de los satélites de comunicaciones, los sistemas LEO no se usaron, salvo para algunos sistemas rusos, por su alto costo para rastrear su recorrido, siguiéndolo de horizonte a horizonte y su pasaje a otro satélite, el empleo de por lo menos tres satélites para no perder una comunicación y sobre todo por la rapidez en que estos se movían. En 1990 Motorola solicitó al FCC de USA, permiso para lanzar 77 satélites de órbita baja para su proyecto Iridio (Iridio es el elemento 77 de la tabla periódica). Más tarde se modificó el proyecto con solo 66 satélites pero se mantuvo su denominación. Otros ejemplos de estos sistemas en USA son los GlobalStar, el Odissey Telecommunications International y el ICO Global Communications de Londres.

Mientras que en un sistema celular las células son fijas y los abonados se mueven, aquí las células se mueven y los abonados son prácticamente fijos. Cada satélite tiene una cantidad considerable de haces puntuales que barren la Tierra, que emplea al igual que en el sistemas celular el mecanismo de transferencia automática de célula.

Con una altura de 750 Km, las órbitas circulares y polares (que pasan sobre los polos), forman 6 collares norte a sur, que disponen cada uno de 11 satélites, cada 32° de latitud (distancia al plano ecuatorial). Cada satélite tiene 48 haces puntuales, con un total de 1628 células sobre la superficie terrestre. Las bandas de frecuencia se pueden reutilizar cada tres células como en el sistema de radio celular. Con 174 canales dúplex por celda, se obtienen 283 272 canales para todo el planeta. Algunos de estos canales serían de aviso, requiriendo un ancho de banda mínimo solo para dos líneas de texto alfanumérico.

Los grandes sistemas satelitales, Big LEO, permiten comunicaciones móviles en forma global; sistemas regionales de comunicaciones móviles de voz y datos. Los llamados pequeños sistemas, Little LEOs, que utilizan menos de 1 KHz, disponen una cobertura no continua de área de servicio. Permiten comunicaciones móviles, también en forma global o sistemas regionales de comunicaciones móviles de voz y datos, pero transmitiendo mensajes en tiempo diferido, como ser servicios de radiobúsqueda, telemetría, telecontrol, manejo de flotas de vehículos, trenes, etc.

Poseen pequeños ángulos de visión, por lo que es considerable el efecto de obstrucciones debido a edificaciones, árboles, torres, etc. También son más afectados por las gotas de lluvia, estas son calentadas por las señales de microondas que absorben y consumen energía, lo que provoca el aumento de la relación señal - ruido y producen interferencias.

Los enlaces ascendentes y descendentes se desempeñan en la banda L de 1.6 GHz, para los usuarios, es decir que emplea una longitud de onda de 18 cm, lo que permite poseer terminales de tamaño del tipo celular con antenas omnidireccionales. La comunicaciones a los gateway de la red telefónica pública, es en SHF, con Banda Ku.

Poseen facilidades opcionales, como terminal dual satelital celular terrestre, conexión de periféricos, etc. Para la mejor eficiencia espectral, se requiere que los canales de la banda L se encuentren espaciados a 5 KHz, en vez de los 30 KHz de los sistemas terrestres. La modulación es DMSK-LPC (Digital Minimum Shift Keying).

### **Sistema de órbita media (MEO)**

El sistema de órbita media MEO (Midium Earth Orbit), consta de una constelación de varios satélites en altitudes entre 10 000 y 20 000 Km que pueden tener órbitas inclinadas, ofreciendo cobertura global continua.

Disponen de ángulos de visión más elevados que los sistemas LEO, por lo que se reduce el efecto de obstrucciones. También requieren de menor cantidad de estaciones terrenas para su conexión a la red pública conmutada. Sus satélites son menos afectados por los cambios térmicos y de radiación que los de órbitas más bajas. Los mismos, tienen una arquitectura más simple que estos, evitándose complejos procesos a bordo.

### **Sistema de órbita altamente elíptica (HEO)**

En el sistema de órbita altamente elíptica HEO (Hight Earth Orbit) los satélites son útiles a los fines de las comunicaciones, en la cercanía de su apogeo, es decir en el punto más alto de su órbita. Se requieren varios satélites de órbita inclinada, para poder ofrecer una cobertura continua para determinadas zonas del planeta. Un único satélite con un período de 12 horas, en órbita elíptica, con un apogeo de 40 000 Km e inclinada a 63° del plano que pasa por el Ecuador, puede proveer una cobertura de solo 8 horas del área terrestre visible, desde el Ecuador hasta los polos.

Un sistema satelital semejante, conformado por varios satélites, que logran la cobertura continua de 24 horas, es el soviético denominado Molinya.

### A. 10. 11. 7. SISTEMAS de antenas

Las antenas ubicadas en los satélites, tenían en sus comienzos solo la función de hacer rebotar la señal de radio emitida por una antena terrestre, de una o más estaciones receptoras. En ese caso los satélites se denominaban pasivos. Posteriormente, en el año 1962, se introdujo el concepto de reprocesar y retransmitir la señal en el satélite mediante los transpondedor, proceso similar al de las repetidoras de radioenlace terrestres (Fig. 33).

Al igual que en las estaciones repetidoras de radioenlaces terrestres, la señal es retransmitida a una frecuencia o banda distinta a la recibida, con el fin de evitar interferencias. La antena receptora del satélite constituida por un parabolóide, capta las señales transmitidas por la estación terrena. La señal se hace llegar, mediante una guía de onda selectiva de frecuencias al convertidor de baja, para disminuir la frecuencia, luego se amplifica e irradia.

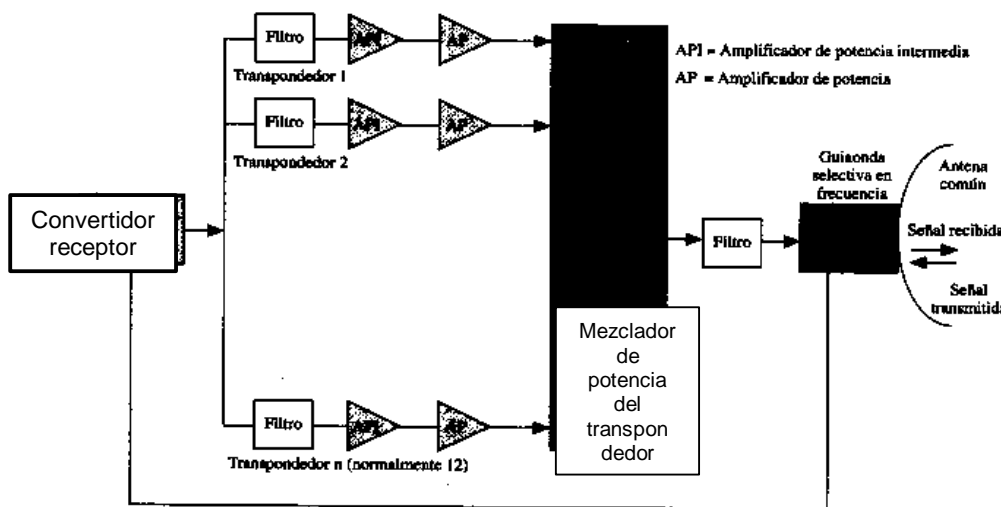


Fig. 33 - Uso de transpondedores

Existe distintos tipo de antenas en el satélite, con cobertura de haz simple y de cobertura multihaz. En antenas de haz simple, cuanto mayor es el ancho de banda, mayor es la cobertura y la duración de la visibilidad de un terminal a un satélite dado. Si se reduce el ancho del haz, se reduce esta duración de visibilidad, luego se necesita un mayor número de satélites para lograr la disponibilidad deseada del sistema.

Con antenas multihaz, se conforma una distribución de áreas celulares sobre la Tierra. Su principal ventaja, radica en la alta ganancia de antena del satélite para cada haz individual. Pero ello a expensas de una carga útil más compleja y mayor tamaño de la antena. Otra ventaja, es posibilitar la reutilización de frecuencias, para los haces no adyacentes (Fig. 34).

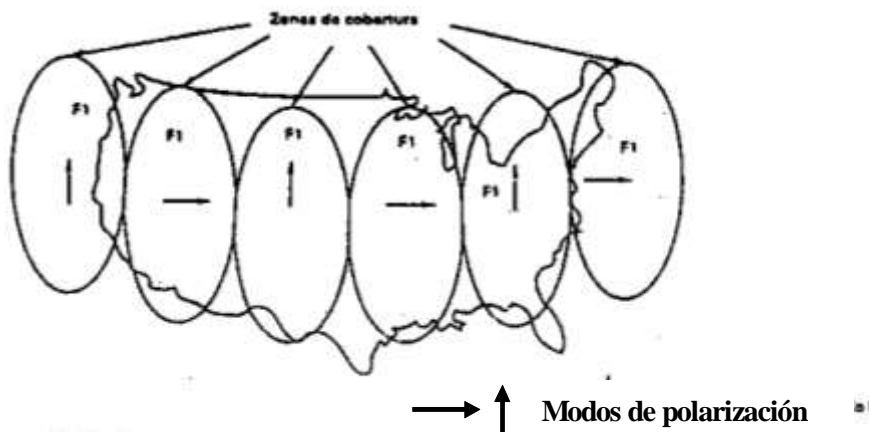


Fig. 34 - Reutilización de frecuencias

La generación de micro, macro o megacélulas permite delinear diferentes sistemas de cobertura y combinación de servicios, donde el mayor beneficio será la integración con las redes cableadas y los sistemas inalámbricos terrestres (Fig. 35).

Otra forma de aumentar la capacidad de un sistema es utilizando sistemas con diversas polarizaciones y antenas que respondan a una sola polarización. Son utilizadas también antenas altamente direccionales a superficies específicas, diseñadas con grupos de bocinas (parábolas de pequeña apertura) con haces altamente estrechos. Con el término VSAT, nos referimos al tamaño reducido del parabolóide, empleando terminales con haces restringidos.

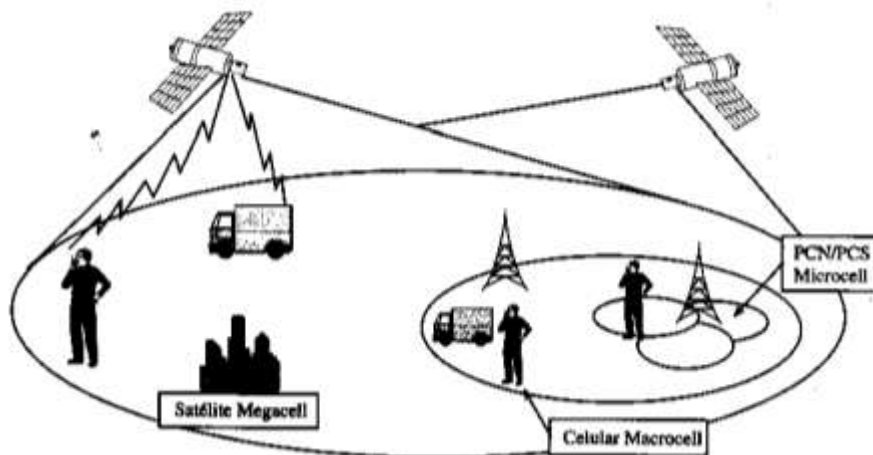


Fig. 35 - Áreas de cobertura e integración de sistemas

Con satélites que dispongan de un mayor ángulo de elevación, se disminuye el solapamiento de la cobertura, del área iluminada. Además, se reduce la demanda de potencia del terminal, lo que significa una mayor durabilidad de sus baterías.

Si por el contrario se opera con bajos ángulos de elevación, las áreas polares, que de otra forma no serían cubiertas, podrían tener servicio, incrementándose la cobertura superpuesta y aumentando la demanda de potencia, se reduce además la demanda de potencia del terminal, lo que significa una mayor durabilidad de las baterías de los terminales. En estas regiones el ángulo de vista al satélite está limitado, por lo que se tornan prácticas las antenas direccionales de gran ganancia, ya sea para instalaciones fijas o móviles.

Frecuentemente se consideran ventajosos los satélites LEO frente a los GEO, debido a que reducen la pérdida por trayecto. Esto no es completamente cierto si se considera una misma área de cobertura, ya que en este caso debería aumentarse el ancho del haz de la antena LEO, comparada con la GEO, lo cual provoca una menor ganancia.

## A. 10. 11. 8. SISTEMAS satelitales

En la actualidad se cuenta con varios sistemas satelitales en explotación y muchos más en proyecto. Debido a sus altos costos de explotación, acuerdo a los éxitos o desaciertos comerciales experimentados, estos proyectos se convertirán en realidad. De los innumerables proyectos describimos varios de ellos, que nos darán una visión del futuro posible.

### **Sistema INMARSAT**

INMARSAT (International Maritime Satellite Organization) se fundó el 16 de julio de 1979, como sistema de ayuda marítima. Fue el primer servicio de comunicaciones móviles satelitales de operación mundial. Inmarsat es utilizada para la navegación marítima y aérea, explotación de la pesca, minería, gas natural, petróleo, agricultura, turismo ecológico, protección ambiental, etc, provee servicio de socorro y seguridad en mar, Tierra y aire. La sede del organismo se halla en Londres y engloba a más de 80 países.



En su inicio como sistema global de comunicaciones, ubicó tres satélites, respectivamente sobre los océanos Atlántico, Pacífico e Índico. La Antártida y los polos quedaban sin cobertura. En 1996 una nueva generación de satélites fue colocada en órbita, para brindar servicios más económicos, a terminales más pequeños. En ese momento, ya se pudieron utilizar terminales portátiles del tamaño de un maletín, para brindar voz y datos, desde cualquier punto del planeta, siempre que existiese visibilidad directa del satélite.

El sistema Inmarsat C fue diseñado como satélites de comunicación no vocales (telex, correo electrónico, datos, etc.), en aplicaciones móviles portátiles y para proveer comunicación en regiones apartadas.

El Inmarsat P, con sistema ICO, permite la comunicación con prácticamente cualquier lugar de la Tierra, con mayor disponibilidad, menor costo y tamaño de su terminal. Sus terminales han disminuido en tamaño hasta la unidad mini - M, más pequeña que una laptop y pesa menos de 4 Kg. Los terminales pueden actuar con los sistemas celular GSM, D-AMPS, etc. Permite el almacenamiento de datos, radiobúsqueda, fax, tarjeta inteligente, acceso digital para computadora e impresora. Ofrece cobertura PCS.

El Inmarsat M dispone de servicio de telefonía con cobertura mundial, su terminal de maletín, opera además fax, datos, radiobúsqueda y llamadas selectivas, con posibilidad de conexión a la red pública conmutada. El plan de frecuencia contiene los servicios: MMSS (Servicio Móvil Marítimo), AMSS (Servicios Móvil Aeronáutico) y LMSS (Servicio Móvil Celular)

#### DESARROLLO DEL SISTEMA INMARSAT

Sistema	INMARSAT A	IMSAT B	IMSAT C	IMSAT A	MSAT
Frecuencia	1530-1533 1631.5-1634.5	1530-1533 1631.5-1634.5	1555-1559 1656-1660	1545-1555	1555-1559 1656-1660
Fecha de Servicio	1976	1990	1993	1993	1994
Ancho de banda vocal	50 KHz	20 KHz		17.5 KHz	7.5 KHz
Acceso	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA	
Modulación	FM	OQPSK	BPSK	OAPS	$\pi/4$ QPSK

#### **Sistema IRIDIUM**

Iridium es liderado por la firma Motorola. Consiste en un sistema de cobertura mundial de voz, fax, datos a baja velocidad, radiobúsqueda y radiolocalización, con conmutación digital a bordo. Se pensó con 77 satélites al igual que el átomo de iridio, luego se llevó a una constelación de 66 satélites pequeños, girando en 6 órbitas elípticas polares, de baja altura a 765 Km de la Tierra. Su capacidad es de 283 272 canales,

Está constituida por 3 estaciones terrenas de control, denominadas Sistema de Control Sectorial (SCS), 20 estaciones (puertas) de acceso (gateway), que conecta la constelación a la red pública conmutada. Cada gateway dispone de 3 antenas, una se comunica con un satélite activo, la segunda con un segundo satélite activo y la tercera actúa como respaldo. Cada satélite proyecta 37 células de 60 Km á 500 Km de diámetro, con un máximo de 3340 canales. Sus terminales portátiles son compatibles con los sistemas celulares existentes, pudiendo conmutar de éstos, al sistema satelital. Las bandas de frecuencias utilizadas son:

- L (1615.5 - 1626.5 MHz.), enlace entre terminales móviles y satélites
- Ka (29 GHz), enlace de subida entre SCS o gateway y satélites
- Ka (19 GHz), enlace de bajada entre SCS o gateway y satélites
- Ka (23 GHz), enlace entre satélites

La técnica de acceso al satélite utilizada es TDMA, para la sincronización y FDMA para las comunicaciones con rehusos de frecuencias.

### **Proyecto GLOBALSTAR**

El proyecto GlobalStar está patrocinado por Qualcomm, proveerá servicios similares a Iridium. Se ha programado iniciar sus transmisiones a fines de 1998. Consiste en una constelación de 48 satélites Loral, en órbitas bajas, de 1410 Km, distribuidos en 8 planos, pero sin conmutación a bordo. La capacidad mundial es de 134 400 canales.

El sistema GlobalStar suministra comunicación desde y hacia cualquier ubicación, excepto las regiones polares, optimizadas entre los 70° latitud sur y 70° latitud norte. Los satélites no realizan conmutación a bordo. La técnica de acceso utilizada es CDMA, para los enlaces entre los terminales móviles y los satélites, en las siguientes bandas de frecuencias:

- S (2483.5 a 2500 MHz.), enlace satélite usuario
- L (1610 a 1626.5 MHz), enlace usuario - satélites
- C, antena satélite - gateway. Con 16 canales de comunicación, 1 haz por canal

Los terminales del usuario pueden ser del tipo portátil, móvil o fijo. Los terminales móviles consisten en un terminal portátil, más una batería de automóvil como unidad de energía eléctrica.

### **Proyecto ICO**

En 1994 se creó la empresa INMARSAT - P, con sede en Inglaterra, para desarrollar el proyecto ICO. La cobertura de servicios es celular portátil, móvil y fija, tanto terrestre, marítima como aeronáutica. Proporciona servicio de telefonía, datos, fax y radiobúsqueda de bajo costo a través de terminales portátiles integrados satelitales - celulares. Una de sus facilidades es posibilitar funciones de mensajes cortos o alerta de alta penetración, aún en llamadas con falta de disponibilidad en los sistemas satelitales o terrestres.

El sistema comprende 10 satélites, distribuidos en dos planos formando grupos de 5 en cada uno y 12 estaciones terrenas. Su órbita es circular intermedia, de 15 000 Km. Esta configuración permite la visión de dos o más satélites simultáneamente, a ángulos de elevación relativamente elevados y con desplazamiento más lento. Este desplazamiento lento reduce la frecuencia y complejidad de las transferencias de llamadas entre satélites, en comparación con el sistema LEO.

La mayor altura prolonga considerablemente la vida de los satélites respecto a los del sistema LEO. Además, reduce la cantidad de Nodos de acceso satelital (SAN) necesarios, sin disminuir la calidad de transmisión debido al retardo de la señal y permite menores interferencias de obstáculos terrestres. Se prevé retardos ida y vuelta de 200 mseg.

Se ha simplificado su diseño, realizando todas las funciones de conmutación, encaminamiento de las llamadas y tratamiento de las señales en la red terrestre. Ello posibilita el mejoramiento del servicio y agregado de otros nuevos.

Se establecen enlaces entre la terminal del usuario y un satélite, permitiendo llegado el caso la transferencia a otros satélites, en vistas de no perder la conexión. La interconexión de los SAN se realiza aprovechando las instalaciones existente en Tierra, conformando una malla terrena (red P), comercializada por empresas de la red de telefonía pública y operadores de telefonía celular y PCN.

Opera con tecnología bimodal, PCN celular - satélite, con sistema GSM, D-AMPS o de generación posterior. La selección del funcionamiento podrá ser automático o manual controlado por el usuario. Se utilizan las bandas de frecuencias en 2 / 2.2 GHz, para los enlaces de servicio (service links) y 5.2 / 6.9 GHz para los enlaces de alimentación (feeder links). La banda de frecuencias para los enlaces móviles es desde 1.9 á 2.2 GHz.

### **Proyecto TELEDESIC**

El proyecto Teledesic ha sido patrocinado por las empresas Microsoft Co. y Mc Caw Cellular Communications de USA. Tiene la característica de red celular digital, de cubrimiento mundial con asistencia del 95% de la superficie terrestre. Se ofrece aplicaciones fijas y /o móviles, terrestres, marítimas y aeronáuticas, con facilidades de ancho de banda bajo demanda, desde 16 Kb/s hasta 2 Mb/s.

Está constituido por una constelación de 840 satélites LEO, en órbitas con alturas de 700 Km. La red terrestre dispuesta en fibra óptica y coaxial, provee principalmente multiservicio mediante computadoras, desde telefonía a videoconferencias, con transmisión de bajo costo, similar a las primeras. La concepción de este sistema es proveer una red abierta a la comercialización por empresas privadas y gubernamentales, ofreciendo servicios desde el telefónico a imágenes médicas computarizadas de alta resolución. Se comercializa estos servicios, a altos volúmenes de llamadas, lo que permite ofrecer precios comparables a los de telefonía.

El Bit Error Rate (BER) es comparable a la red de fibra óptica, lo que permite manejar sus mismas aplicaciones y protocolos. Su baja órbita evita los retrasos de transmisión inherentes a los satélites geoestacionarios, además su alta frecuencia de trabajo, 20 / 30 GHz, permite el uso de terminales y antenas más pequeñas y de bajo consumo. El terminal portable, con plato parabólico de 16 cm á 1.80 m, puede enviar y recibir velocidades de transmisión, desde 16 Kb/s á 2.048 Mb/s. La conexión a la red pública y al Centro Teledesic de Operación y Control, se realiza con antenas cuyos diámetros varían entre 28 cm y 1.60 m, operando a 155.52 Mb/s, hasta 1.244 Gb/s.

Los centros de operación y control Teledesic, proveen conexión a la red pública, desde 155.52 Mb/s hasta 1.244 Gb/s, con antenas de 28 y 160 cm. El sistema requiere 860 satélites, pues opera en la parte superior del espectro, banda Ka, muy atenuada por la interferencia atmosférica, niebla o lluvia. La superficie terrestre se divide en 20 000 superceldas alineadas en bandas paralelas al Ecuador, que comprenden cada una 9 celdas menores. Un satélite cubre 64 superceldas. Dentro de una celda de 53 x 53 Km se soportan más de 1400 canales de voz de 16 Kb/s simultáneamente, 15 canales  $T_1$  (1.544 Mb/s) simultáneos.

La red utiliza acceso FDMA, de manera que la banda de frecuencias se divide en 9 canales, cada uno con una capacidad de 16 Kb/s y 2 Kb/s para control. Emplea protocolo ATM.

### **Proyecto ODISEY**

El proyecto Odissey Telecommunications International ha sido creado por la empresa TRW. Ofrece servicios de voz, datos, radiobúsqueda y radiolocalización, con cobertura mundial y una capacidad de 27 000 canales. Opera con 12 satélites que giran en 3 órbitas inclinadas, con altitud media aproximada de 10 500 Km (MEO).

La constelación inclinada permite la visualización global continua de 2 satélites. A la altura dada, el retraso máximo es de 84 mseg. La característica destacable es su compatibilidad con el servicio celular terreno. Cada satélite utiliza antenas multihaz. La cobertura esta dirigida a prestar servicio a las zonas industriales, de gran potencial de usuarios. Cada región podrá abarcar, por ejemplo todo el territorio europeo.

La utilización de órbitas de mediana altura, disminuye la cantidad de estaciones terrenas de acceso, necesarias para establecer la conexión con las redes públicas conmutadas. Además, así se asegura la visión con ángulos de elevación mayores, lo que reduce el efecto de obstrucciones. Por otra parte los satélites están sometidos a menores cambios termales y de radiación. La huella de la antena permanece relativamente fija y disminuye el requisito de cambio de circuitos entre celdas de un mismo satélite. Con ello se reduce también la posibilidad de pérdida de una comunicación.

La arquitectura más simple satelital, baja el costo y la complejidad de procesos a bordo. Se estima una tercera parte del costo, respecto al Iridium. La tecnología utilizada es CDMA. Inicialmente se instala 4 gateway en EUA, compuesto cada uno por 4 antenas de seguimiento de 3 m de diámetro (banda Ka), con equipamiento de telemetría y control, y vinculación a la red pública conmutada.

Opera en las bandas de:

- Ka entre satélite y estación terrena de acceso
- L (1610 - 1626.5 MHz) enlace ascendente terminal portátil - satélite
- S (2483.5 - 2500 MHz) para el enlace descendente satélite - terminal portátil

Los terminales portátiles, pasan automáticamente al modo satelital, cuando el modo celular no esta disponible. Estos tienen las mismas características físicas y de potencia que los celulares.

### **Sistema ORBCOMM**

Orbcomm es una sociedad propiedad de Órbital Sciences Co., que diseña, fabrica y comercializa productos espaciales y Teleglobe Inc. que opera una red de cable y satélites, que une Canadá con 230 países. Orbcomm lanzó sus dos primeros satélites en abril de 1995.

Es un sistema Little LEO, con capacidad de 18 canales. Esta formada por una constelación de 20 satélites dispuestos en órbitas inclinadas y polares. Ofrece servicios de datos, radiolocalización y radiobúsqueda, servicios de mensajería, vigilancia, monitoreo petrolífero y distribución de energía eléctrica, radiocomunicaciones marítimas, de ferrocarriles y camiones, radiolocalizaciones, no así de voz. Utiliza la banda de frecuencias VHF y técnica de acceso FDMA / TDMA.

### **Constelación LEO One**

LEO One USA Co. encara, suministrar comunicaciones de datos de bajo costo y alta calidad. La constelación de 48 satélites, esta distribuidos en 8 planos inclinados, espaciados con ángulos de 50° alrededor del Ecuador, de órbita circular baja LEO de 950 Km. Cada satélite pesa alrededor de 125 Kg. y tiene un período orbital de 104 min. e ilumina un área de 12 millones de Km<sup>2</sup>, aproximadamente la superficie de EUA. La vida útil de estos satélites esta calculada de 5 a 7 años.

Ofrece servicios celulares, paging bidireccional, telefonía celular y redes privadas de radio en forma global, con cobertura de almacenamiento y envío de todos los puntos entre los círculos Antártico y Ártico. Sus aplicaciones son de datos, monitoreo, control, mensajes cortos de alarma, validación de tarjetas de crédito, compras directas del hogar, facilidades industriales, marítimas, líneas de ferrocarriles, flotas de camiones, etc. Opera en banda de frecuencias, para enlaces:

Ascendente del gateway, de 148 a 150.05 MHz (50 000 b/s),  
 Descendente al gateway, de 400.15 a 401 MHz (50 000 b/s) (?),  
 Ascendente del terminal móvil, de 148 a 150.05 MHz (2400 - 9600 b/s),  
 Descendente al terminal móvil, de 137 a 138 MHz (24 000 b/s),

### **Proyecto TRITIUM**

El proyecto TRITIUM, es un sistema del tipo GEO formado por tres satélites. Su órbita geoestacionaria tiene una altura de 35 750 Km. Su capacidad es de 67 500 canales. Brinda servicios de voz y datos. Trabaja en bandas L y Ku, con técnica de acceso CDMA, aunque puede utilizar FDMA / TDMA.

### **Proyecto ELIPSO**

El proyecto ELIPSO, es un sistema del tipo LEO. Está formado por una constelación de 24 satélites, que giran en 4 órbitas elípticas inclinadas. Su capacidad es de 2 400 canales, con cobertura continua por encima de la latitud 25° del hemisferio norte y parcial debajo de ella, con exclusión de África, Australia y Sudamérica. Utiliza las bandas L y S, con técnica de acceso FDMA / CDMA.

Las instalaciones terrenas constan de 12 estaciones de control, seguimiento, telemetría, actuando como gateway a la red pública conmutada y usuarios privados. Brinda servicios de voz, datos y radiocomunicaciones.

### **Proyecto ARIES**

El proyecto ARIES, es un sistema del tipo LEO, que brinda servicios de voz, datos, fax y radiolocalización. Está formado por 48 satélites, distribuidos en 4 órbitas polares, opera a una altura de 1020 Km. Su capacidad mundial es de 2 400 canales. Utiliza las bandas L, C y S, con técnica de acceso SCPC / FDMA y TDM / CDMA. La técnica SCPC (Single Channel Per Carrier) se refiere al sistema de transmisión satelital, con un solo canal por portador.

El segmento terrestre consta de una estación máster de control y telemetría, un centro de control técnico - operacional y además las instalaciones de acceso (gateway), que llevan cada una, dos antenas de 6 m.

### **Sistema ECO - 8**

El sistema ECO - 8, es un proyecto brasileño, llevado a cabo por la empresa Telebras, la Agencia Brasileira del Espacio, el Instituto Nacional de Investigación Nacional y el Centro Técnico Aeroespacial. Es del tipo LEO y esta diseñado, utilizando constelación de 12 satélites, distribuidos en el plano que pasa sobre el Ecuador y con cobertura de área ecuatorial, nacional y regional. Su capacidad mundial es de 2 400 canales. Utiliza las bandas L, C y S, con técnica de acceso SCPC /FDMA y TDM /CDMA.

Se diferencia de otros sistemas MSS (de constelación), por el menor número de satélites y ser estos de menor peso, 200 Kg. No existe comunicación entre satélites, siendo la misma efectuada a través de la red terrestre. Tal procedimiento reduce la complejidad de su tecnología. Brinda servicios de voz y datos, entre terminales fijos o móviles. Su objetivo primordial, es dar servicios a las áreas rurales y /o remotas del país. Mediante su interconexión a la red pública conmutada ofrecerá vinculación mundial.

### **Sistema AGRANI**

El sistema ASC, Afro Asian Sattelite Communications Ltd. denominado Agrani, permite la telefonía móvil satelital. Mediante un satélite GEO y dos gateway, uno localizado en Gibraltar y otro en Bombay, se provee servicio regional bicontinental.

El satélite tiene un ángulo de elevación de 30° o mayor, ventaja respecto a los 20° de los sistemas LEO o MEO. El sistema GEO produce menos bloqueos por desniveles en el terreno, menor variación en el perigeo del satélite, señal uniforme y mayor ganancia de antena.

Al ser de naturaleza regional, el sistema permite el uso de antenas cuasidireccionales, con ventaja de ganancia de por lo menos 10 dB sobre los sistemas LEO o MEO. En éstos, se requieren antenas totalmente omnidireccionales, para alcanzar satélites ubicados en cualquier lugar del cielo. La alta ganancia de antena significa beneficios tales como mayor penetración en edificios y menor costo del terminal con relación señal / ruido aceptable.

También se puede proveer terminales montados en vehículos, con ganancias de 10 dB sobre los terminales portátiles, y que permite mayor capacidad de transmisión de datos.

El área de cobertura, se extiende desde el paralelo 30° N, hasta el 70° N (40° de latitud) y desde el meridiano 120° E hasta el 20° E (100° de longitud). La mayoría de las llamadas de tráfico internacional (90%), son originadas en esta zona de cobertura y dirigidas a destinos dentro de la misma zona. Solo el porcentaje restante (10%) es saliente al exterior de ella.

El satélite establecer alrededor de 300 haces, cada uno cubriendo un área de 200 a 400 Km de diámetro, dependiendo de la elevación del satélite local. Esto permite un factor de rehuso teórico normal de 8 y máximo de 20. Cada canal de 30 KHz utiliza 8 MHz de los 35 MHz de frecuencias disponibles en la banda L.

Su capacidad es de 16 000 llamadas simultáneas. Se utilizan 8 slots de multiplexación TDMA.

### **Sistema Spaceway**

El sistema Spaceway es diseñado y construido por Hughes Electronics Corporation. Este operador satelital comercial privado, dispone 19 naves espaciales en operación, para distribución de televisión por satélite, comunicaciones móviles y transmisión de datos a altas velocidades. Hughes desarrolló y opera DirecTV, que ofrece servicio de video digital satelital al hogar, proveyendo hasta 175 canales de programación a 2 millones de hogares en EE.UU.

Se ha programado construir, lanzar y operar una constelación de 20 satélites geoestacionarios en 15 slots orbitales operando en las bandas Ka (18-30 GHz) y Ku (12-18 GHz). La red Spaceway, puede proveer velocidades de transmisión de hasta 150 veces, respecto a las líneas telefónicas convencionales. La banda Ka, utilizada por Spaceway es susceptible a atenuaciones por lluvia, que reduce su disponibilidad. Los satélites reutilizan el espectro hasta 12 veces por medio de haces. Por lo tanto, el ancho de banda de 500 MHz de cada satélite resulta en un ancho de banda útil de 6 Ghz. Cada haz cubre una superficie aproximada de 650 Km de diámetro y tiene un ancho de banda de 125 MHz. El BER (Bit Error Rate) de la transmisión es del  $10^{-10}$ .

Con conmutación a bordo de los satélites y estaciones terrenas que proveen interconexión con redes terrestres, la arquitectura del sistema conforma gran flexibilidad de conexión entre usuarios, permitiendo comunicaciones tanto de redes privadas, como de redes abiertas. El sistema es compatible con un amplio rango de estándares de transmisión terrestre como ATM, ISDN, Frame Relay y X.25.

### **Sistema Nahuelsat**

La firmás Aerospaziale Arianespace y Alenia Aerospazio, han elaborado el Nahuel 1A, primer satélite operado por Nahuelsat, ejecutora argentina. Se han firmado los convenios de reciprocidad con Telecom México, Satélite Solidaridad, HISPAST-1B y Embratel /Telebras con uso del Brasilsat. El satélite NAHUEL-1 ha sido lanzado el 30 de enero de 1997, desde la base en Kourou, Guyana Francesa, mediante el Ariane 4.

Los 18 transponders del NAHUEL operaron hasta 15 señales de televisión. Transmitiendo en la banda Ku, en modo de alta ganancia DFS (Densidad de Flujo de Saturación) lo que le permitió la recepción de imagen y voz de alta calidad para antenas de pequeño diámetro, base de los servicios de transmisión directa al hogar DTH-TV (Direct to Home) (Fig. 36).

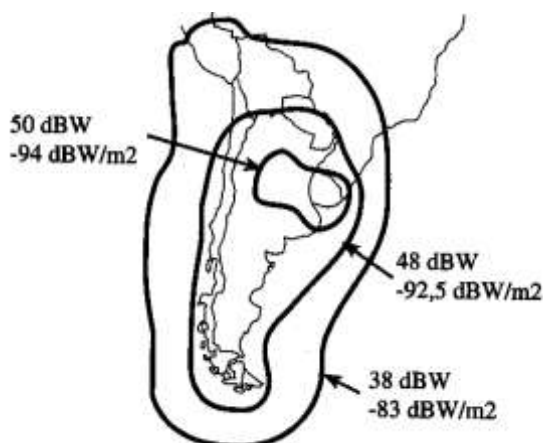


Fig. 36 - Región 1 del Satélite NAHUEL 1

Brindó los servicios de datos, televisión y voz. Este satélite cubre tres regiones:

Región 1 - Argentina, Chile, Uruguay, Paraguay, parte de Brasil y Bolivia.

Región 2 - Brasil y Países sudamericanos.

Región 3 - Incluye las regiones 1, 2 y Centroamérica, el Caribe y el área sur de EUA.

En la Región 1 ofreció los servicios de: Diect TV (DTH), desde 10 á 15 señales de TV por transpondedor, con terminales de pequeña apertura VSAT (Very Small Aperture Terminal) y acceso SCPC (Single Channel Per Carrier), de 720 á 900 portadoras y 64 Kb/s por transpondedor.

Los servicios de datos, se otorgaron mediante redes privadas o públicas, punto a punto, punto a multipunto, redes estrella, redes malla o acceso múltiple por asignación de la demanda DAMA (Demand Assignment Multiple Access). También se ofreció, servicios de videoconferencias, teleeducación, telemedicina, telefonía urbana y rural.

#### REGIÓN 1 DEL SATÉLITE NAHUEL 1

Ciudad	DTH	VSAT y SCPC
Buenos Aires	0.60 m	1.20 á 1.80 m
Córdoba	0.60 m	1.20 á 1.80 m
Salta y Jujuy	0.60 m	1.20 á 1.80 m
Posadas	0.90 m	1.20 á 1.80 m
Resto de Argentina	0.60 á 0.90 m	1.20 á 1.80 m
Santiago de Chile	0.60 m	1.20 á 1.80 m
Asunción	0.90 m	1.20 á 1.80 m
Montevideo	0.60 m	1.20 á 1.80 m

En la Región 2 permitió iluminar Brasil, Paraguay y Uruguay, brindando los mismos servicios detallados para la Región 1 (Fig. 37).

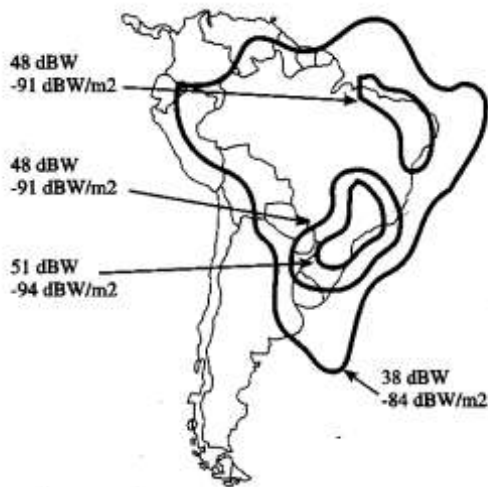


Fig. 37 - Región 2 del Satélite NAHUEL 1

#### REGIÓN 2 DEL SATÉLITE NAHUEL 1

Ciudad	DTH	VSAT y SCPC
Asunción	1.20 m	2.40 m á 3,80 m
San Pablo	0.50 m	1.20 m á 1.80 m
Río de Janeiro	0.60 m	1.20 m á 1.80 m
Recife	1.00 m	1.20 m á 1.80 m
Belen	1.20 m	1.80 m
Brasilia	0.60 m	1.80 m
Porto Alegre	1.00 m	1.80 m

En la Región 3 permitió iluminar desde el sur de USA hasta la República Argentina, brindando conjuntamente los servicios detallados para la Región 1 y 2 (Fig. 38).



Fig. 38 - Región 3 del Satélite NAHUEL 1

#### REGIÓN 3 DEL SATÉLITE NAHUEL 1

Ciudad	DTH	VSAT y SCPC
Asunción	1.20 m	1,80 m á 2.40 m
Miami	1.80 m	1.80 m
México	1.80 m	1.80 m
Quito	1.20 m	1.20 m á 1.80 m
Lima	1.80 m	1.80 m
Buenos Aires	1.20 m	1.20 m á 1.80 m
Montevideo	1.80 m	1.80 m
Santiago de Chile	1.20 m	1.80 m

El Satélite Nahuel 2, programado lanzar en 2005, fracasó en su intento de ponerlo en órbita, mientras que el Nahuel I, queda fuera de órbita al año de 2007.

La empresa Nahuelsat S.A., explotaba la posición orbital geostacionaria 72° Oeste a través del satélite NAHUEL-1, la que continuó ocupada hasta principios de 2010 por el satélite, hasta que éste cumplió su vida útil.

Se crea entonces la Empresa Argentina Soluciones Satelitales AR-SAT, la que programa poner en órbita al satélite Arsat 1, a ser lanzado a mediados del 2014 y que ofrecerá una amplia variedad de servicios en telecomunicaciones, como televisión, telefonía, Internet, con cobertura completa de Argentina, Chile, Uruguay y Paraguay.

Con los próximos lanzamientos del Arsat 2 y del Arsat 3 se programa cubrir todo el continente.



## A. 10. 11. 9. Consideraciones sobre los sistemas satelitales

Las órbitas circulares ofrecen áreas de cobertura iguales para los hemisferios sur y norte. Los costos de lanzamiento para las bajas de altura de los sistemas LEO son significativamente menores que para las órbitas altas de otros sistemas.

Cuando las órbitas son elípticas, es posible que los satélites sean lanzados a su punto de órbita más cercano a la Tierra, a diferencia de cuando las órbitas son circulares, donde los puntos de sus trayectorias son todos equidistantes de la superficie terrestre. Los sistemas GEO y HEO, han sido ampliamente utilizados para telefonía internacional y distribución de televisión. GEO en los países “occidentales” y HEO en Rusia y asociados.

El aumento del costo de un satélite geoestacionario, por aumento de su capacidad y masa, así como la congestión de sus órbitas, condujeron a la consideración de los sistemas LEO o MEO, para aplicaciones comerciales.

Al no poder ser satisfechas necesidades militares con los sistemas geoestacionarios, se crearon sistemas de satélites múltiples (MSS). Los mismos proveen un alto grado de redundancia, lo que permite que la falla en uno de los satélites, no signifique la pérdida completa de la información.

La interconexión de los satélites con las redes terrestres, se realizan mediante estaciones (gateways), donde se realizan funciones tales como conversión de protocolos, control de flujo, direccionamiento y enrutamiento, fragmentación de paquetes, etc.

La cobertura podrá ser global, continental o nacional, con clientes móviles, fijos, o de la red pública conectada a las estaciones terrenas. La gestión de la red puede ser centralizada en estaciones terrenas o distribuidas a bordo de los satélites.

Los sistemas en tiempo real, deben mantener una cobertura continua, por ello deben corresponderse las configuraciones de órbitas y/o constelaciones a las redes terrestres.

Para los sistemas en tiempo diferido, no es necesario una cobertura continua del área de servicio. Se transmiten solo mensajes digitalizados, que son almacenados en los mismos satélites o en las estaciones terrenas, antes de su distribución. Se emplean métodos de almacenamiento de los mensajes en los satélites y /o en las estaciones terrenas. En el primer caso, se aumenta la complejidad y costo de los satélites, además se puede limitar la capacidad del sistema.

La integración de las redes terrestres, debe satisfacer el interfuncionamiento de los distintos sistemas y el esquema de numeración, para cada tipo de suscriptor.

Los sistemas de satelitales móviles como en los sistemas de órbita baja LEO, proceden según tres pasos diferenciados:

- (a) Tan pronto como aparece el satélite en el horizonte, la estación base envía la petición de recursos al satélite y sigue una negociación entre satélite y estación,
- (b) Se asigna los recursos, el haz y la banda de frecuencia, la estación sigue al satélite y se encamina el tráfico,
- (c) Se deshace el enlace y se liberan los recursos tras su utilización.

Todos los sistemas de constelación (MSS), utilizan antenas multihaz y en mayor nivel de procesamiento de señal en Tierra. Los sistemas de control o supervisión, telecontrol, telemando y telesupervisión son denominados genéricamente SCADA y utilizan terminales de muy pequeña apertura de haz VSAT, los que pueden ser fijos o móviles.

Se introducen nuevas bandas de frecuencias, como la banda Ka en 20 GHz / 30 GHz para sistemas satelitales.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS

SISTEMA	IRIDIUM	ODYSSEY	GLOBALSTAR	ARIES
Uplink MHz	1615.5-1626.5	1615.5-1626.5	1610-1626.5	1615.5-1626.5
Downlink MHz	1615.5-1626.5	2483.5-2500	2483.5-2500	1615.5-1626.5
Cant. satélites	66	12	48	48
En servicio	1998	1999	1998	1998
Años de vida	5	10	7.5	5
Tipo	BIGLEO	MEO	BIGLEO	LEO
Acceso	TDMA	CDMA	CDMA	CDMA/TDMA
Modulación	QPSK	M PSK	64 ARY PSK	M PSK

### A. 10. 11. 9. Tendencias futuras de los sistemas satelitales

Las tendencias actuales apuntan a una cobertura mundial de las telecomunicaciones satelitales, mediante la creación de una desregulación total. El mercado requiere niveles de eficiencia espectral cada vez superiores. Todos los sistemas de constelación (MSS), utilizan antenas multihaz y en mayor nivel procesamiento de señal en tierra. Los terminales de Inmarsat fueron disminuyendo en tamaño hasta llegar a la unidad Inmarsat M, obteniendo uno más pequeño que una laptop y que pesa menos de 4 Kg.

Arriba de 40 principales aerolíneas, representando más del 85 % de la capacidad de transporte de pasajeros mundiales, están dotadas con equipos de comunicaciones satelitales. Lo mismo sucede con las flotas de transportes terrestres, mientras que en la navegación marítima su aplicación es prácticamente total.

Los sistemas móviles computan aplicaciones significativas en roaming celular, telefonía y datos, continuarán el desarrollo de utilidades rurales, marítimas, ferroviarias, aeronáuticas, administración de flotas de camiones con suministro de control telemando, telemedida y telecontrol que utilizan terminales de muy pequeña apertura de haz tipo VSAT, fijos o móviles.

Los sistemas móviles proceden según tres pasos diferenciados: a) Aparece el satélite en el horizonte, la estación base envía la petición de recursos al satélite y sigue una negociación entre satélite y estación. b) Se asigna los recursos, el haz y la banda de frecuencia. La estación sigue al satélite y se encamina el tráfico. c) Deshace el enlace y se liberan los recursos, tras su utilización (Fig. 39).

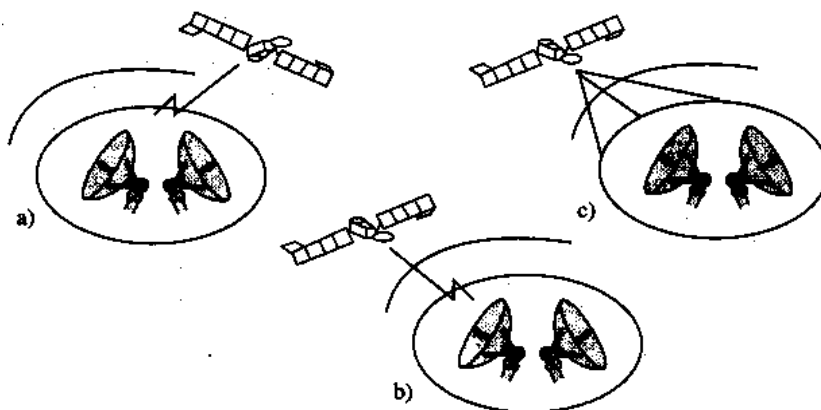


Fig. 39 - Seguimiento de un satélite móvil

Ininterrumpidamente se está incorporando al mercado satelital, nueva tecnología de computación.

Cada año ocurren caídas de precios con la aparición de nuevas generaciones de hardware, mientras que continuamente se está recibiendo productos másivos de software. Nuevos desarrollos prominentes, se refieren a las arquitecturas de transmisión. Por ejemplo es posible combinar cientos de canales de audio en una misma trama de datos, reconfigurando y redireccionando cada uno de los canales en forma instantánea a medida que se necesita. Otro ejemplo es la introducción de nuevas bandas de frecuencias, por ejemplo la banda Ka en 20 GHz / 30 GHz para sistemas satelitales.

### A. 10. 12. Sistema PCS

El sistema denominado en USA como, servicio de comunicaciones personales PCS (Personal Communications Service), parte de la idea en mantener un único número aún en diferentes estadios, en teléfonos móviles o cualquier fijo, domiciliario, en la oficina, de en viaje. Los PCN utilizan tecnología celular, pero con microceldas, entre 50 y 100 m de diámetro. Por ello emplea baja potencia, 0.25 W.

Este sistema celular digital de USA denominado allí como PCS, en Europa se le llama como, red de comunicación personal PCN (Personal Communication Nertwork) y en Japón es llamado como DCS-1800 (Digital Celular System 1800).

Opera en las bandas de 1710 á 1785 MHz para emisión y 1805 á 1880 MHz para recepción del móvil. Se basa en la norma GSM para 900 MHz. Utiliza los sistemas FDMA/ TDMA/ TDD, con 8 canales por portadora y con 374 portadoras. Las celdas son inferiores a 1 Km en áreas urbanas y 8 Km en rurales.

El método PCS-1900 deriva del DCS-1800 y del GSM del ETSI europeo, con modificaciones según requerimientos de normás de USA. Utiliza la técnica de acceso TDMA, siendo totalmente digital. Trabaja con cuadros de 8 ráfagas, 8 usuarios por canal. La Fase 2 y Fase 2 Plus son más evolucionada, con mayores capacidades de servicio y funcionalidad.

La Comisión Federal de Comunicaciones FCC (Federal Communications Commission), de USA, al abrir el mercado a nuevos operadores en competencia, asigna la banda de 1.9 GHz para las PCS, en subasta pública.

La FCC asignó 140 MHz para los PCS, entre las frecuencias de 1850 y 1990 MHz. La porción entre 1850 y 1910 MHz se destina para emisión y entre 1930 a 1990 MHz para recepción de los móviles. Cada porción se divide a su vez en tres bandas A, B y C, de 30 MHz cada una (15 MHz para emisión y 15 MHz para recepción) y en tres bandas D, E y F, de 10 MHz (5 Hz para emisión y 5 MHz para recepción). Al dividir el espectro en dos para la transmisión estamos indicando que se utiliza el duplexado por división de frecuencias FDD.

En USA las bandas A y B se asignan a grandes áreas geográficas, nivel de estados (51 licencias), mientras que las bandas C, D, E y F son asignadas a áreas de alcance básico (493 licencias).

La porción entre 1910 y 1930 MHz, esta dividida a su vez en dos partes, para uso asíncrono y síncrono, donde se utiliza modulación por división de tiempo TDD. Esta porción se utiliza sin asignación de licencia. En México, Chile y Argentina se ha determinado utilizar idénticas bandas de 1850 a 1910 MHz y de 1930 a 1990 MHz (Fig. 40).

- A, B, C            15 MHz ascendente
- A', B', C'        15 MHz descendente
- D, E, F            5 MHz ascendente
- D', B', C'        5 MHz descendente

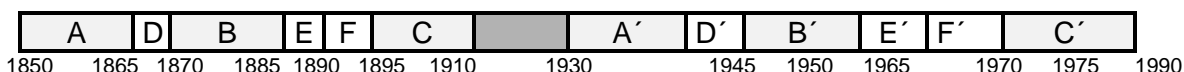


Fig. 40 - Banda de 1.9 GHz para los PCS

Veamos como ejemplo algunos de los primeros sistemas analógicos y de sistemas digitales:

#### SISTEMAS NORMALIZADOS ANALÓGICOS

	EUA	JAPON	INGLATERRA	FRANCIA
Denominación	AMPS	-	TACS	-
Estación base	870-890	870-885	890-905	425-428
Móvil	825-845	925-940	890-905	415-418
Acceso	FDMA / FDD	FDMA / FDD	FDMA / FDD	FDMA / FDD
Telefonía	FM	FM	FM	FM
Modulación	FSK	FSK	FSK	FSKR

#### SISTEMAS NORMALIZADOS DIGITALES

	EUA	JAPON	EUROPA
Denominación	D-AMPS	JDC	GSM
Estación base	824-849	940-956	890-915
Móvil	869-894	810-826	935-960
Acceso	TDMA / FDD		TDMA / FDD
Modulación	DQPSK	DQPSK	GMSK

### A. 10. 13. ATM Inalámbrico

Se estima que la influencia de la tecnología IP/ATM sobre sistemas móviles se apreciará efectivamente con el desarrollo de los, sistema de telecomunicación móvil universal, UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) y el, sistema de telecomunicaciones móvil público futuro FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunication System), proveyendo telecomunicaciones móviles de hasta los 20 Mb/s (Fig. 41).

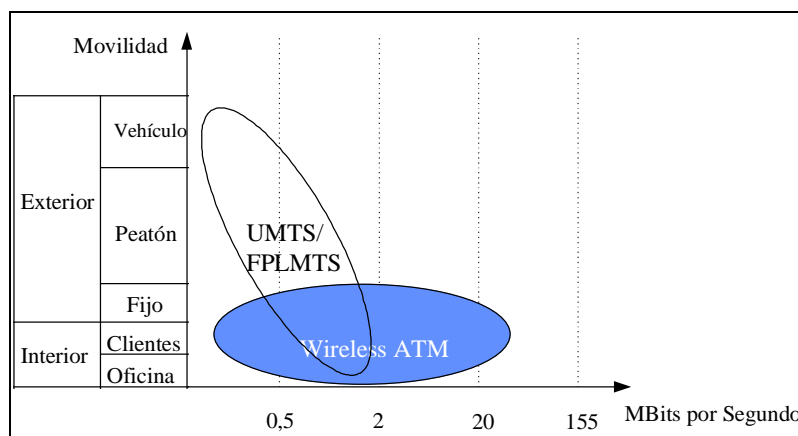


Fig. 41 - Proyección de los sistemas ATM inalámbricos

#### A. 10. 13. 1. Relación entre las tecnologías ATM y el PCS

Los servicios de comunicaciones personal PCS (Personal Communications Service) se basa en la utilización del acceso inalámbrico fijo y móvil, con participación de las redes satelitales y también cableadas.

Por lo tanto, el sistema deberá tener la capacidad de localizar a una persona, sin importar su ubicación y acomodar las conexiones dinámicamente, acompañando a la movilidad del usuario.

Las redes de banda ancha ATM, se caracterizan por llevar tráfico de servicios multimedia, asignando el ancho de banda requerido por el servicio solicitado. Los recursos de la red son repartidos estadísticamente entre los usuarios y solo se consume lo requerido.

Ambas situaciones son salvadas mediante la técnica de conmutación ATM combinada con las tecnologías de CDMA. La combinación CDMA/ ATM se ha demostrado ser la mejor en términos de eficiencia espectral, retardos en comunicaciones vocales, etc.

Se requiere emplear las técnicas de compresión, para el uso más eficiente del ancho de banda, según el servicio solicitado y si se tratase de transmisión de datos se requiere un mejor control de errores. Luego, la red necesitará saber que servicios se irán a transportar para utilizar la codificación conveniente.

Los beneficios de ATM para servicios móviles son:

- Cumplir con tráficos complejos y variables de señalización, gestión, handover, etc.
- Provisión de servicios flexible orientada a la demanda.
- Emplear interfaces simples tanto para redes públicas, como las LAN o MAN.

Los inconvenientes son:

- Usar mecanismos complejos para el seguimiento del usuario.
- Emplear supervisión y control (policing) en el uso de las conexiones.
- Poseer rendimiento dependiente de las proporciones del tráfico fijo y móvil.

Utilizando herramientas de simulación por modelado, se ha pronosticado un aumento de tráfico tal que, se requerirá en el futuro cercano, más que la duplicación de la potencia de procesamiento de los conmutadores ATM.

## **A. 10. 14. Diseños de Telecomunicaciones Rurales**

Los beneficios socio económicos aparejados por la telefonía rural permiten:

- Facilitar la integración de comunidades aisladas al contexto nacional.
- El acceso de la medicina y educación.
- Mayores oportunidades del mercado de trabajo y comerciales.
- Reducir la migración a las grandes ciudades.

Los abonados rurales se caracterizan fundamentalmente por su distribución geográfica diseminada y de muy bajo valor de tráfico cursado:

- Con baja densidad de abonados potenciales.
- Solicitudes de abonados alejados o aislados de las áreas urbanas
- Grupos de abonados separados geográficamente entre si.
- Abonados pendientes diseminados en grandes áreas.
- Usuarios con valor de tráfico muy bajo, bajo o medio.
- Carente, precario o de difícil provisión de energía eléctrica.

Uno de los problemas, es derivado de la disponibilidad de fuente de energía eléctrica, que en algunos casos podrá ser permanente pero que en general son provistas por horas.

Por ello se requieren, equipos generadores suficientes y el aprovisionamiento del combustible necesario (gasolina, gas natural o gas oíl). Una de las soluciones, es proveer otros tipos de fuentes, como por paneles solares o sistemas eólicos.

Las redes rurales deberán contemplar:

- Tener una conformación e instalación simple
- Reducir los problemas de interconexión, provisión de energía y facturación
- Minimizar las funciones de operación y mantenimiento
- Confiabilidad de continuidad y calidad de servicio, similar a las redes cableadas

Estas redes podrán estar conformadas por:

- Líneas bifilares de alambre desnudo
- Radio de onda corta (HF)
- Radio de baja capacidad en VHF, UHF o SHF
- Sistemas celulares operados como redes fijas
- Sistemas rurales de microondas
- Sistemas híbridos cobre radio
- Sistemas satelitales rurales

La infraestructura necesaria debe disponer de:

- Antenas de baja resistencia al viento
- Contenedores para baterías, protecciones y pararrayos independientes
- Servicio semipúblico o comunitario

El proyectista de red rural deberá tener en cuenta aplicar los criterios de evaluación económicos y técnicos siguiendo la estrategia siguiente:

- Evaluar la demanda de servicio, su categoría y ubicación.
- Definir donde localizar el servicio, sistemas y equipos complementarios.
- Precisar el tipo de servicio a brindar semipúblico, comunitario, domiciliario.
- Evaluar el medio de transmisión.
- Estudiar la concentración y distribución de la red.
- Adecuar los cálculos económicos y de factibilidad.
- Seleccionar el equipamiento más adecuado.
- Confeccionar los procesos de adquisición e implementación.

## **A. 10. 14. 1. Selección del sistema rural**

En el diseño de un sistema rural con acceso inalámbrico se deberá evaluar la conveniencia de uso de distintas alternativas de sistemas. Los mismos podrán ser del tipo monocal, de multiacceso analógico o multiacceso digital.

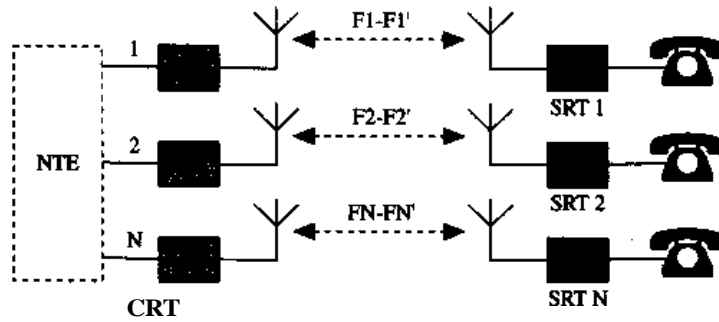
### **Sistema monocal**

En la selección de un sistema rural se deberá evaluar distintas alternativas de sistemas, como ser del tipo monocal, de multiacceso analógico o multiacceso digital.

Un sistema monocal representa un alto costo para dar servicio a un único cliente, salvo que se trate de un cliente calificado de alto tráfico.

En caso contrario, deberá ser empleado solo como alimentador de un sistema concentrador, complementándolo con un sistema multicanal de distribución.

Este sistema podrá ser útil para acceder a un grupo poblacional de bajos recursos que opte por un servicio semipúblico o comunitario (Fig. 42).



Donde:

- NTE: Central Terminal Cercana
- CRT: Terminal Radioeléctrico Centralizado
- SRT: Terminal Radioeléctrico de Abonado

Fig. 42 - Monocanal de asignación exclusiva

Un establecimiento rural, aserradero, granja o tambo podrá asimismo necesitar servicios especiales tales como ser, transmisión de datos por lo menos de 64 Kb/s, con empleo de fax, PC, Internet, etc.

Un sistema monocanal, punto a punto, incluye un aprovisionamiento mínimo: de:

- Un equipo terminal telefónico
- Una antena yagi y eventualmente poste autosoportado
- Una unidad de señalización e interfase telefónica
- Una unidad de emisión y recepción telefónica
- Una unidad de alimentación eléctrica
- Una unidad de filtro duplexor.

Las características del equipo podrán ser:

- Banda de operación: 165 - 174 MHz (VHF)  
246 - 260 MHz (VHF)  
409 - 425 MHz (UHF)
- Ancho de banda: 300 Hz á 3400 Hz.
- Separación entre Tx y Rx de: 1,5 MHz - 4,6 MHz.
- Potencia de salida en duplexor: 1,2 W á 10 W.
- Alimentación: 220 V, 24 V, o 48 V.
- Pararrayos y puesta a Tierra de 1 á 5 Ohm.

**Sistema multiacceso analógico**

Si se emplea un sistema compartido de multiacceso analógico, con el objetivo de vincular clientes diseminados y de escaso desarrollo, la configuración será de acceso múltiple, punto a multipunto (Fig. 43).

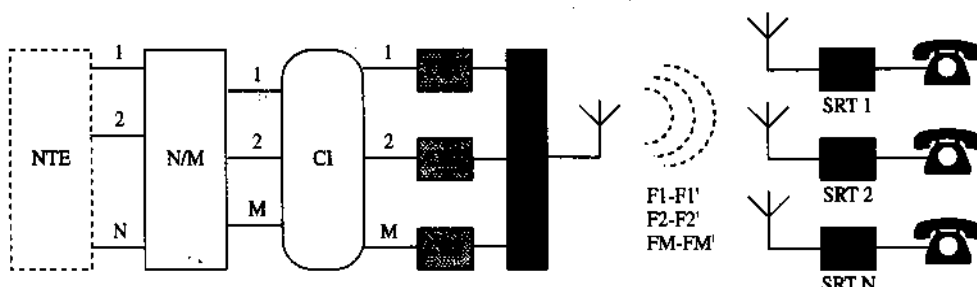


Fig. 43 - Canal compartido de acceso múltiple

Donde:

NTE: Central Terminal Cercana  
 CRT: Terminal Radioeléctrico Centralizado  
 SRT: Terminal Radioeléctrico de Abonado  
 CI: Interfaz entre Canales

El equipamiento mínimo, está formado por la estación base que comprende:

- Una antena omnidireccional y eventualmente poste autoportado
- El equipo concentrador, conmutador y de control
- Las unidades de emisión y recepción telefónica
- La unidad de alimentación eléctrica
- Una unidad de filtro duplexor

Las características del equipo podrán ser:

- Banda de operación: 165 - 174 MHz (VHF)  
 246 - 260 MHz (VHF)  
 409 - 425 MHz (UHF)
- Ancho de banda: 1 a 2 MHz.
- Probabilidad de pérdida de llamada de 1% a 5%.
- Tráfico del orden de 0.2 a 0.03 Erlang / línea.

Las estaciones de abonado dispondrán de similar equipamiento que un monocanal.

Se podrán disponer distintas instalaciones para un sistema de radiotelefonía rural de acceso múltiple, como ser el sistema RTRAM, se muestra en las siguientes figuras (Figs. 44, 45 y 46).

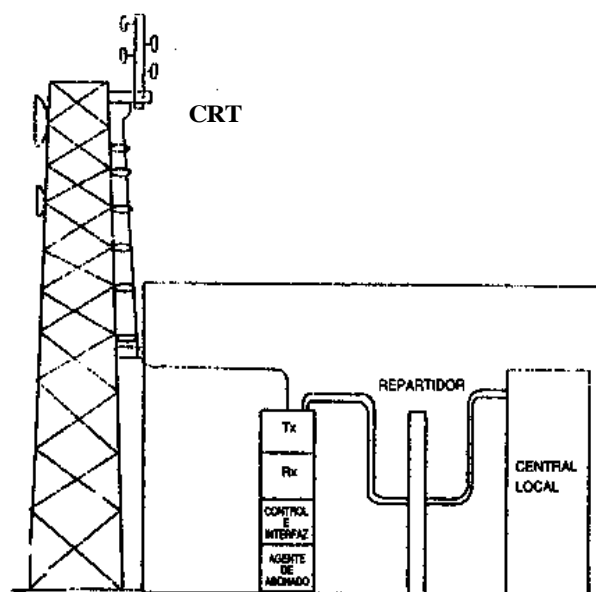


Fig. 44 - Configuración típica de estación terminal



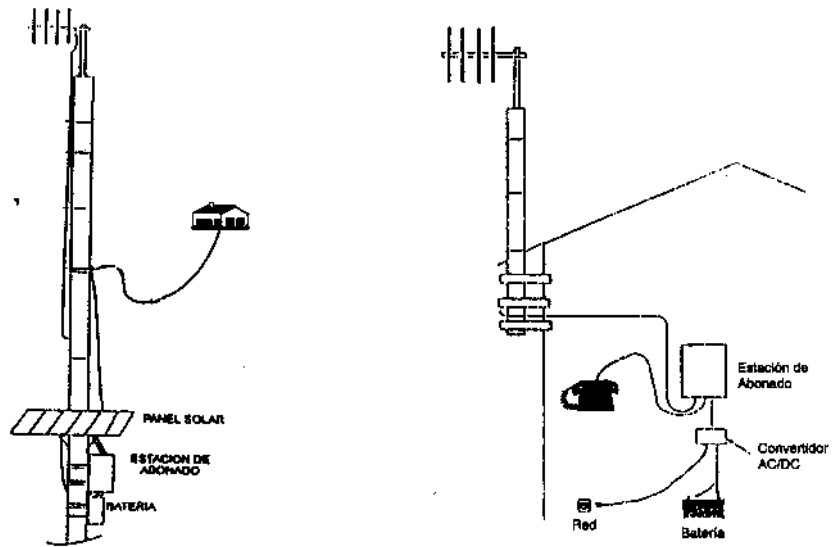


Fig. 45 – Configuraciones terminales en contenedor y en domicilio del abonado

**A. 10. 14. 1. 3. Sistemas multiacceso digitales**

Los sistemas multiacceso digitales, utilizan la modulación PSK en cuadratura QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) y técnica de acceso por división de tiempo TDMA. En particular, se dispone de un núcleo básico formado por un concentrador digital de radio. Es operado, como sistema punto multipunto con, acceso múltiple por división en el tiempo, con asignación por demanda (TDMA/ DA).

En el enlace, estación central - estación de abonado, la trama TDM de 30 ó 60 canales, utiliza una portadora de una sola frecuencia. Cada abonado envía su ráfaga de información TDMA en el intervalo de tiempo que tiene asignado.

Este sistema es adecuado, para los casos de núcleos poblacionales geográficamente dispersos, con mediana o elevada concentración de abonados. Permite flexibilidad de diseño, fiabilidad de operación y posibilidad de ampliación. El método se compone de la estación central, estaciones de abonado multicanales y de repetidoras (Fig. 46).

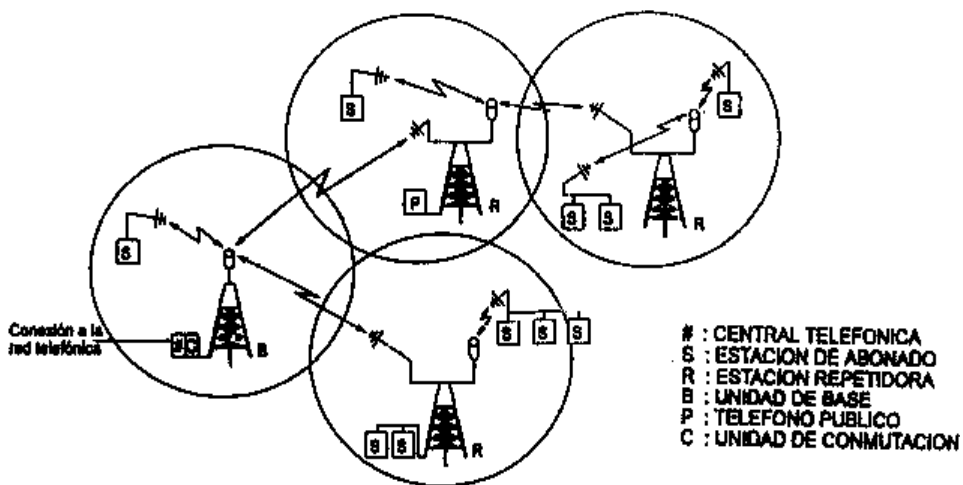


Fig. 46 - Configuración básica de un sistema multiacceso digital TDMA

Los parámetros que influyen en la cobertura de un enlace de radio dependerán de:

- Las ganancias de las antenas expresadas en dB ( $G_1$  y  $G_2$ ),
- Las alturas que alcancen las antenas, en m ( $H_1$  y  $H_2$ ), según sus ubicaciones en el terreno y alturas propias,
- Las longitudes de las líneas desde las antenas hasta los equipos, en m ( $L_1$  y  $L_2$ ),
- La distancia entre estación base y abonado, en Km ( $D$ ) y
- La potencia del equipo transmisor, en W ( $P$ ).

En la figura se ilustra la posición para cada uno de estos parámetros (Fig. 47).

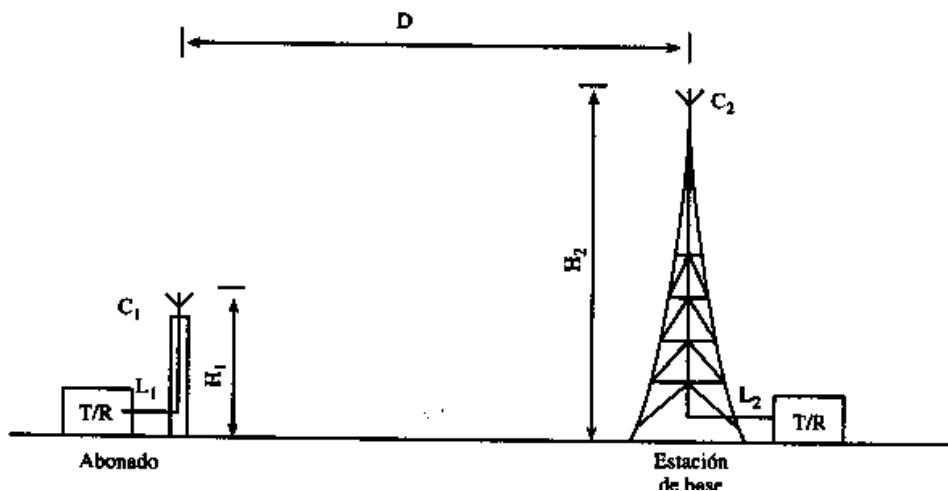


Fig. 47 - Parámetros para el cálculo de un enlace de radio

En la figura se muestra la ubicación de los distintos emplazamientos a proveer para un sistema TDMA (Fig. 48).

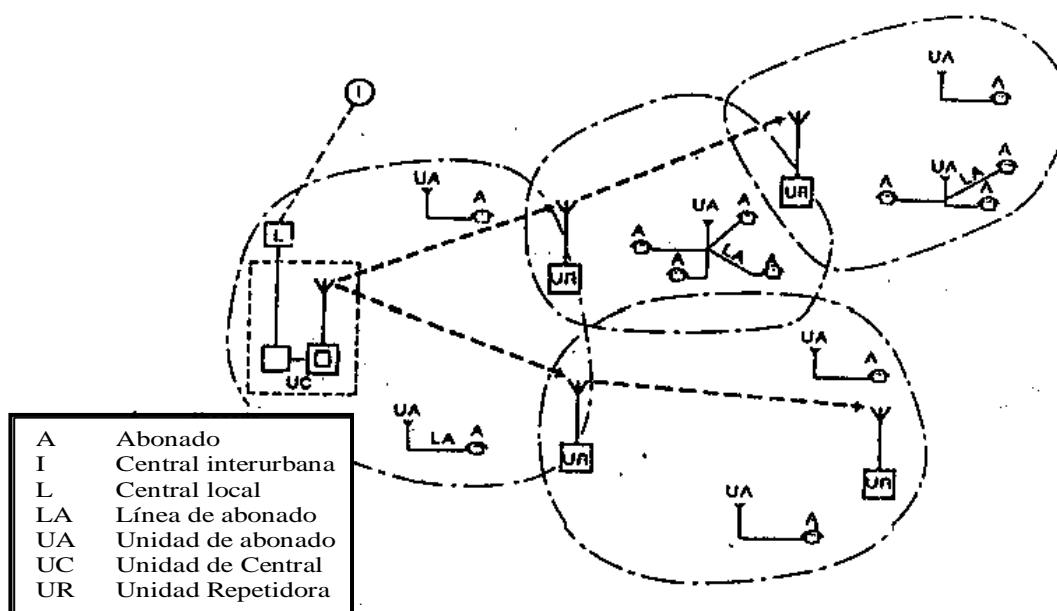


Fig. 48 - Configuración rural típica para un sistema TDMA

Un sistema rural podrá emplear una red interurbana de microondas, al que se le implementa un acceso en UHF (Fig. 49).

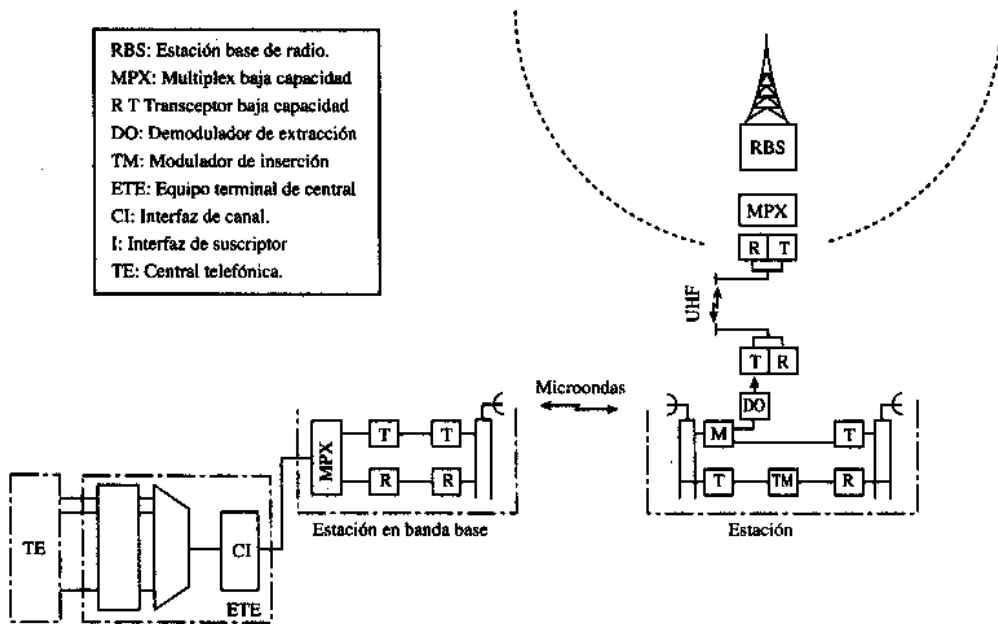


Fig. 49 - Sistemas de microondas y UHF para abonado rural

---ooo0ooo---