

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
NUESTRA SEÑORA DE LA ASUNCIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍA**

**TAI 2**

**“Telefonía Satelital”**

**Carlos Enciso  
Jorge Crichigno**

## **Contenido:**

<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>3</b>
<b><u>SERVICIOS DE TELEFONÍA SATELITAL</u></b>	<b>3</b>
<b><u>TELEFONÍA SATELITAL RURAL</u></b>	<b>3</b>
FIGURA 1: RED VSAT	4
<b>ARQUITECTURA</b>	<b>4</b>
FIGURA 2: SISTEMA BANDA BASE	5
FIGURA 3: JERARQUÍA DEL HUB	5
FIGURA 4: HSP	6
FIGURA 5: MODULADOR	6
FIGURA 6: RECEPTOR	7
FIGURA 7: TERMINAL REMOTO	7
<b>MODO DE OPERACIÓN</b>	<b>8</b>
FIGURA 8: ENLACE VSAT	9
<b>ACCESO A INTERNET</b>	<b>9</b>
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA RED SATELITAL</b>	<b>9</b>
<b>EMPRESAS DE TELEFONÍA SATELITAL FIJA EN PARAGUAY</b>	<b>9</b>
<b><u>TELEFONÍA SATELITAL MÓVIL</u></b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE TELEFONÍA CELULAR</b>	<b>10</b>
FIGURA 9: CELDAS	11
FIGURA 10: ESTADOS	11
FIGURA 11: CANALES Y SUBSISTEMA CELULAR ESTACIÓN BASE	12
FIGURA 12: SUBSISTEMA CELULAR ESTACIÓN BASE	12
FIGURA 13: FDD Y TDD	13
FIGURA 14: GSM	13
<b>SISTEMAS SATELITALES DE COMUNICACIÓN MÓVIL</b>	<b>13</b>
<b>SISTEMA SATELITAL IRIDIUM</b>	<b>14</b>
FIGURA 15: CONSTELACIÓN IRIDIUM	15
FIGURA 16: CELDAS IRIDIUM	15
FIGURA 17: RED IRIDIUM	16
<b>COSTOS DEL SERVICIO Y DE LOS ACCESORIOS DE IRIDIUM EN PARAGUAY</b>	<b>16</b>
<b>DATOS POR DIAL-UP</b>	<b>17</b>
<b>DATOS DIRECTOS POR INTERNET</b>	<b>17</b>
<b><u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b>18</b>
<b>SITIOS WEB</b>	<b>18</b>

## **Introducción**

Con el inicio de la era espacial se revolucionó por completo el mundo de las telecomunicaciones. Los satélites artificiales (o simplemente satélites) son dispositivos construidos por el ser humano y puestos en órbita alrededor de la Tierra. La idea de utilizar un satélite en el espacio, que pueda recibir señales, amplificarlas y luego retransmitirlas de vuelta a la Tierra, se convirtió en un potente sistema de comunicación inalámbrico de larga distancia. Para establecer un sistema de comunicación satelital se necesitan estaciones espaciales, constituidas por los satélites en el espacio, y estaciones terrenas, constituidas por los equipos de comunicación en tierra. Para lograr una comunicación satelital, los satélites llevan puestos varios transponders (típicamente 32 unidades) que son dispositivos de comunicación que reciben y transmiten señales de radio frecuencia, el nombre del dispositivo es derivado de las palabras transmitter and responder. Cada uno de los transponders puede captar una señal de entrada de una banda de frecuencia dada, amplificarla y después difundirla a una frecuencia de salida distinta.

Generalmente, los satélites pueden ser puestos en órbitas LEO (Low Earth Orbit), MEO (Medium or Middle Earth Orbit), HEO (High Earth Orbit) o GEO (Geosynchronous or Geostationary Earth Orbit). Actualmente existen tres tipos de categorías de servicios de comunicación satelital: servicio fijo, servicio de difusión y servicio móvil, cada uno de ellos de acuerdo con las características inherentes al tipo de órbita que describen los satélites. El servicio fijo y de difusión están asociados con los sistemas GEO, mientras que los sistemas LEO, MEO y HEO están asociados con el servicio móvil. Existe un sin fin de aplicaciones en las que se pueden utilizar los servicios de comunicación satelital, una de las cuales es la telefonía satelital.

## **Servicios de telefonía satelital**

Básicamente existen dos tipos bien diferenciados de telefonía satelital: telefonía fija o rural y telefonía móvil o global, cada una de ellas está relacionada con el tipo de servicio de comunicación que ofrecen los sistemas satelitales. La telefonía satelital fija se basa en redes de comunicación de satélites geoestacionarios y la telefonía satelital móvil en redes de comunicación de satélites de órbita baja. Las características de cada uno de estos sistemas satelitales definen el tipo de telefonía satelital.

## **Telefonía satelital rural**

Una red de telefonía satelital fija está compuesta por: una estación central, canales de satélite y terminales remotos. Los satélites de comunicación geoestacionarios hoy en día son los más usados para proveer servicios de telefonía satelital fija. Los satélites GEO orbitan la Tierra directamente sobre el ecuador a una altura de 35.400 km aproximadamente. A esta altura, una vuelta completa alrededor de la Tierra toma 24 horas. De este modo, el satélite mantiene la zona de cobertura sobre la misma superficie de la Tierra todo el tiempo, y permanece fijo en el cielo desde cualquier punto sobre la superficie de la Tierra desde el cual se le visualice. Además del satélite GEO en el espacio, en tierra se necesitan de la estación central o hub y de los terminales de usuarios o VSAT (Very Small Aperture Terminal) para establecer una red de comunicación. La arquitectura de la red de comunicación satelital se puede apreciar en la figura 1.

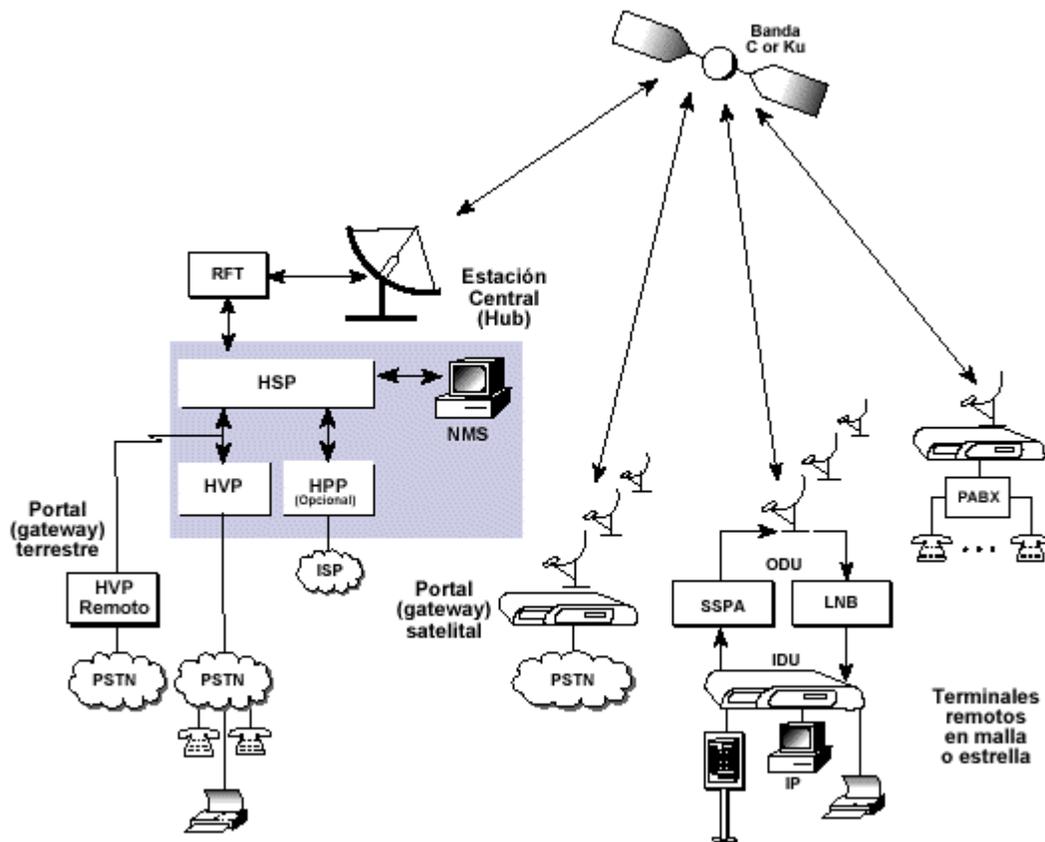
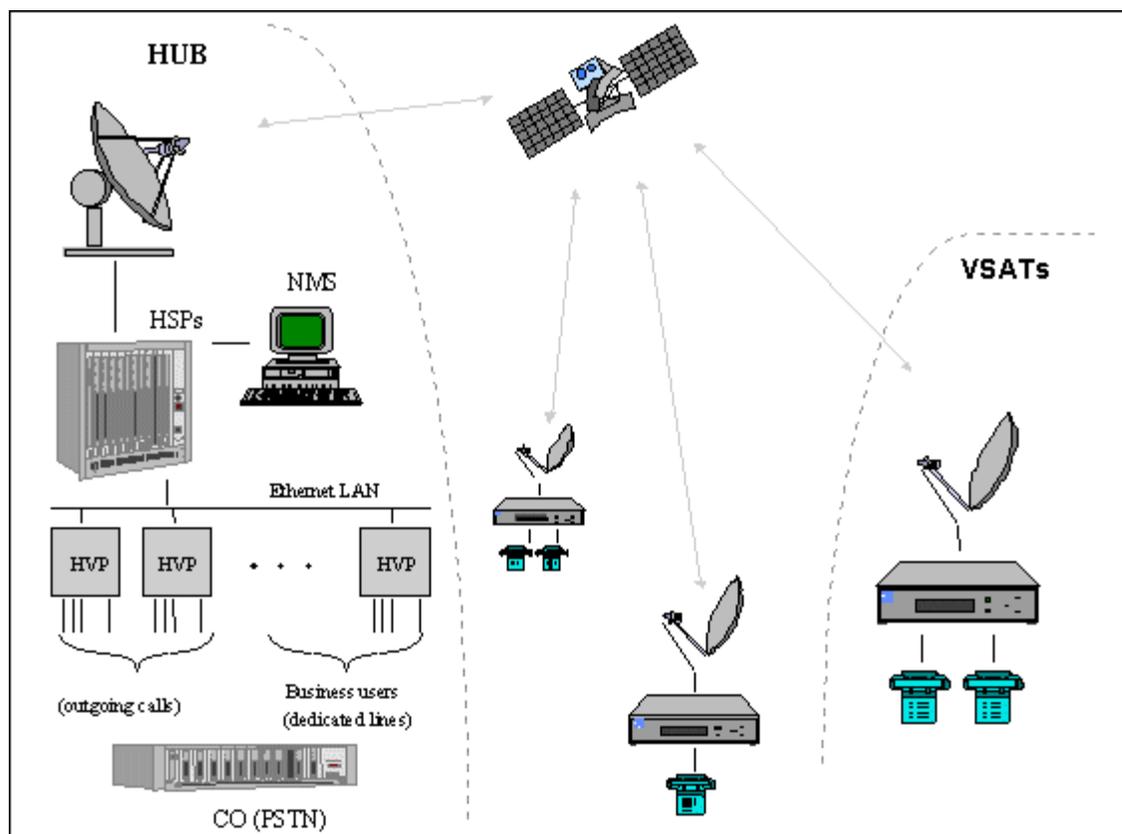


Figura 1: Red VSAT

### Arquitectura

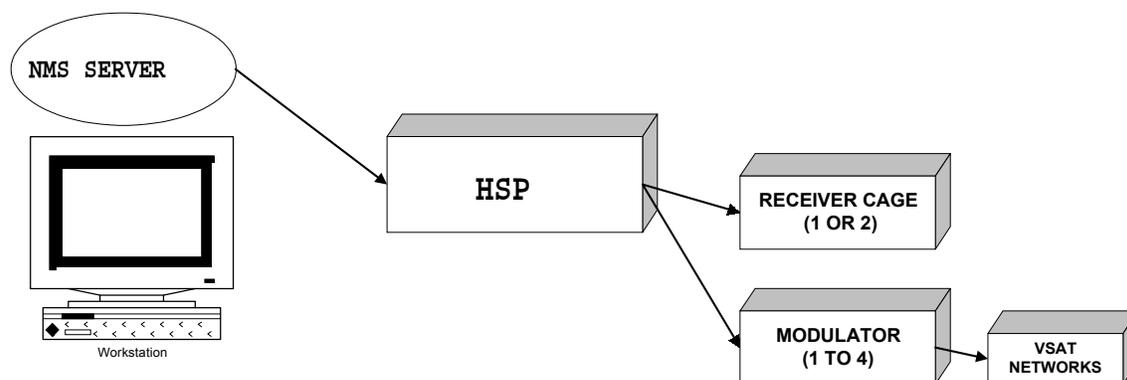
La estación central o hub es un componente clave del sistema de comunicación. El hub es el punto común de conexión entre los terminales de usuarios remotos a través del satélite. El mismo está compuesto por un equipo de radio frecuencia RFT (Radio Frequency Terminal), una antena y un sistema de banda base. El sistema de banda base es un conjunto de equipos que realizan un sin número de tareas y que tienen como principal objetivo el correcto funcionamiento de todo el sistema de comunicación satelital. Una función básica es la de procesar la señal de información original (voz) y transformarla a una señal de fácil propagación (señal de radio frecuencia). A este proceso se le conoce como modulación. El sistema de banda base incluye un procesador satelital del hub HSP (Hub Satelital Processor) que es el elemento central del sistema de banda base y a través del cual se conectan todos los demás módulos; un procesador de voz del hub HVP (Hub Voice Processor) mediante el cual el sistema de banda base se puede conectar a un PABX (Private Automatic Branch eXchange) o a un PSTN (Public Switching Telephone Network); un procesador de protocolo del hub HPP (Hub Protocol Processor) mediante el cual el sistema de banda base se puede conectar a un ISP (Internet Service Provider); y un sistema de gestión de redes NMS (Network Management System). El sistema de gestión de redes NMS permite el control y la administración de todo el sistema telefónico satelital. Por ejemplo, permite monitorear y configurar los terminales remotos VSAT; también permite

recopilar todos los registros de datos de llamadas desde los distintos sitios remotos, para luego realizar las operaciones de facturación. En la figura 2 se visualiza la red de telefonía satelital y el sistema de banda base.



**Figura 2: Sistema banda base**

En la figura 3 se observa la jerarquía de los equipos del sistema de banda base.



**Figura 3: Jerarquía del hub**

Como se puede ver, el NMS se encuentra en el nivel más alto de la jerarquía debido a la gran importancia de las funciones que realiza. El control y el monitoreo de todos los parámetros de las unidades remotas se lleva a cabo mediante el sistema de gestión de la red a través del enlace satelital. El operador del NMS puede actualizar nuevos parámetros y programas de los terminales VSAT y habilitar o deshabilitar las unidades remotas. Además,

los VSAT envían reportes de su estado al hub varias veces al día, de manera que el operador del NMS está actualizado con respecto a la situación de los equipos remotos.

El HSP está conformado por los siguientes componentes: de uno a cuatro moduladores para la transmisión satelital, uno o dos módulos receptores, un distribuidor de potencia por cada receptor, y una CPU (Central Processor Unit). En la figura 4 se observa un rack que contiene todos los componentes de un HSP.



**Figura 4: HSP**

La CPU controla todos los componentes del HSP, tales como los moduladores y los receptores. Durante el proceso de arranque la CPU realiza algunas tareas como la de cargar los parámetros y programas de los receptores, y la de determinar la frecuencia de salida de los transmisores satelitales. Durante la operación normal la CPU se comunica con los receptores, monitorea la telemetría y analiza las estadísticas, se comunica con los moduladores, y maneja todos los comandos del HSP.

Las entradas del modulador son flujos de datos y parámetros de control, tal como la frecuencia de salida del RFT. La salida del modulador es una señal con modulación PSK (Phase Shift Keying), esta señal es enviada al RFT para luego ser transmitida por la antena.



**Figura 5: Modulador**

En la figura 5 se observa la relación del modulador con la CPU y el RFT.

Los módulos receptores tienen una CPU, 18 tarjetas de recepción y un bus VME (VersaModule Eurocard bus) de 32 bits. Los receptores procesan las señales de entrada mediante el escaneo y la identificación de las señales enviadas por los terminales remotos, las demodulan, y las pasan al CPU del HSP para su futuro procesamiento. En la figura 6 se aprecia la relación entre el receptor, el RFT y la CPU del HSP. Entre el RFT y el receptor se encuentra el distribuidor de potencia, que se encarga de recibir la señal modulada, bajarla a frecuencias intermedias IF (Intermediate Frequency), amplificarla y luego enviarla a cada tarjeta de recepción del módulo receptor.



**Figura 6: Receptor**

El HVP es un subsistema que sirve de interfaz entre el sistema remoto VSAT y el equipo local PABX o el PSTN. El HVP está conformado por siete tarjetas VU (Voice Unit). Cada VU recibe la señal de audio de la voz de la línea telefónica, lo digitaliza, lo comprime, y lo envía como paquetes al HSP. También recibe los paquetes provenientes del HSP, los junta, los descomprime, luego reconstruye la señal de audio y la transmite por la línea telefónica.



**Figura 7: Terminal remoto**

Otra función importante del HVP es la de manejar la señalización de las llamadas.

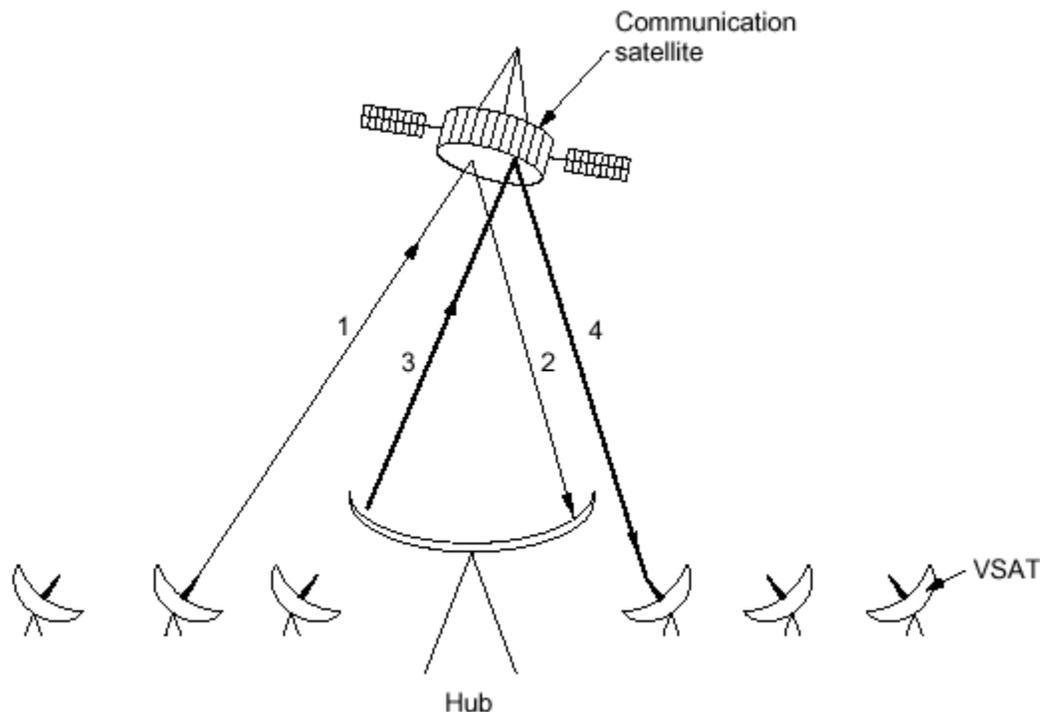
Los VSAT son microestaciones de bajo costo para la telefonía rural, que suministran servicios de voz, fax y datos a sitios remotos vía satélite. Los VSAT suministran transmisión de voz con calidad de larga distancia y representan la solución mas rentable para comunidades en sitios sin servicios disponibles de telefonía PSTN ni de fax, o en que los existentes son pocos confiables o muy costosos. El sistema es ideal para brindar servicios de telefonía pública y de emergencia en lugares inhóspitos. El VSAT está compuesto por una antena, que se caracteriza por ser pequeña, típicamente parabólica de 0.55 a 1.2 metros de diámetro, con una potencia de salida de hasta 1 W; por una unidad exterior ODU (Outdoor Unit), que tiene la función de recibir y transmitir señales de radio frecuencia (transceiver); por una unidad IDU (Indoor Unit) que brinda soporte de hasta 3 interfaces para telefonía; y por una unidad LNB (Low Noise Block) que elimina los ruidos y amplifica las señales de bajada del hub al VSAT. En la figura 7 se puede apreciar un equipo comercial VSAT.

### **Modo de operación**

La operación del sistema telefónico satelital es simple. Para realizar una llamada saliente (desde un VSAT), hay que levantar el tubo del teléfono y escuchar el tono de marcar. El usuario puede entonces ingresar el número del abonado al que desea llamar, dicho abonado puede ser un cliente PSTN o un cliente VSAT. El VSAT envía una solicitud al hub, pidiendo recursos de ancho de banda necesarios para realizar la llamada. Si no hay recursos disponibles se oye una señal de ocupado. Cuando el hub asigna los recursos se lleva a cabo la llamada. La llamada es enrutada al hub o al gateway (basado en VSAT), según el destino y la disponibilidad de los recursos. Para establecer una llamada entrante (hacia un VSAT), el usuario PSTN marca el número remoto, la llamada es enrutada por la PSTN al hub o al gateway. Cuando se asigna el ancho de banda necesario se establece un enlace satelital punto a punto entre el teléfono iniciador de la llamada y el sitio remoto. El primero recibe un tono de retorno como indicación de que el enlace se ha establecido con éxito. Si no hay ancho de banda disponible o el canal de voz de VSAT destino está ocupado, se envía una señal de línea ocupada al teléfono que originó la llamada.

Los sistemas VSAT no pueden comunicarse en forma directa unas con otras inicialmente, por ello necesitan que la comunicación se establezca primero a través del hub. Una vez que se establece el enlace, los VSAT se comunican directamente entre sí sin pasar por el hub (pero pasando siempre a través del satélite). El establecimiento inicial del enlace se esquematiza en la figura 8.

Como el satélite se encuentra a 35.400 km de distancia desde la superficie terrestre, esto significa que la señal debe recorrer una gran distancia hasta llegar a destino. Si bien las señales desde y hacia el satélite viajan a la velocidad de la luz, el retardo introducido a lo largo de la trayectoria es igualmente sustancial (típicamente 540 ms). En un VSAT, la entrada de voz analógica se digitaliza y se comprime a 4,8 o 6,4 kbps. La voz comprimida es empaquetada y transmitida al hub o a otro VSAT vía satélite. En el punto destino, una tarjeta de voz decodifica los paquetes de voz entrantes transformándolos en voz digitalizada, que es convertida nuevamente a forma analógica.



**Figura 8: Enlace VSAT**

### **Acceso a Internet**

Para tener acceso a Internet es necesario que el hub tenga un servidor HPP conectado a un ISP, tal como se indica en la figura 1. Utilizando un HPP se tiene un enrutamiento asimétrico. La velocidad de transmisión saliente del hub es de hasta 2 Mbps que contiene datos de IP. Las estaciones remotas transmiten una portadora entrante de hasta 53,6 kbps. El IP está multiplexado por tiempo con los datos de telefonía. Para las conexiones a la PC se usa el puerto Ethernet LAN (RJ-45) del VSAT.

### **Características de la red satelital**

El rango de frecuencias que se utiliza es el de la banda Ku, es decir, los enlaces descendentes o downlink entorno a los 11 GHz, y enlaces ascendentes o uplink alrededor de los 14 GHz. También se puede utilizar en la banda C de frecuencia, es decir, entorno a los 4 GHz para el downlink y 6 GHz para el uplink.

La interfaz del hub con el puerto de usuario generalmente es a través de enlaces E1 de tal manera que la velocidad de transmisión en bits puede estar entre 64 a 2.048 kbps.

El código de corrección de errores utilizado es el código convolucional o concatenada, Viterbi. La modulación utilizada para el hub es la QPSK o BPSK, y para los terminales remotos es una conjunción de TDMA y FDMA. La velocidad de transmisión puede estar entre 9,6 y 153,6 kbps.

### **Empresas de telefonía satelital fija en Paraguay**

En la actualidad ya existen varias empresas en el mercado paraguayo que están ofreciendo servicios de telefonía satelital rural, y al parecer hay otras en camino. En particular las

empresas AGZ División Satelital y Ñandatel Telefonía Digital utilizan la arquitectura de la red de teléfonos satelitales VSAT. La diferencia entre estas empresas radica en la marca de los equipos que utilizan, el resto es similar. Estas empresas tienen licencia para brindar servicios de telefonía pública solamente en el interior del país, en las zonas donde no llega la red de telefonía pública de COPACO S.A., esto significa que por ejemplo en la región central no se puede instalar ningún teléfono público satelital. La empresa AGZ División Satelital cuenta con una red de aproximadamente 250 unidades remotas VSAT, teniendo en cuenta que por cada unidad se utiliza en promedio dos de las tres interfaces disponibles, la población total de teléfonos públicos satelitales de esta empresa es de 500 unidades aproximadamente. Estas unidades se encuentran agrupadas en 5 grandes zonas del territorio nacional. El número de abonado de estos teléfonos comienza con el 0891 (no confundir con el 0981) y luego le siguen 4 dígitos más. El sistema de facturación es a tarjeta de impulsos. Estas tarjetas pueden ser de 10, 30 o 70 impulsos teniendo un costo de 6.000, 11.000 y 18.000 Gs respectivamente (montos aproximados). Para realizar la llamada se introduce la tarjeta de impulsos en el teléfono y se opera como un teléfono público común y corriente. El sistema va descontando los impulsos de la tarjeta a medida que se los usa. Por ejemplo, si se realiza una llamada de un VSAT a otro VSAT, se descuenta 1 impulso por minuto, es decir, en este caso una tarjeta de 10 impulsos puede llegar a durar 10 minutos. Pero si se realiza una llamada a un teléfono celular, se descuenta 5 impulsos por minuto, esto hace un costo de 3000 Gs el minuto. El costo de una llamada desde un VSAT a un abonado de COPACO S.A. depende de la distancia de separación entre el VSAT y el abonado. Lo mismo si es una llamada internacional. Si se llama desde un abonado de COPACO S.A. a un VSAT, la llamada cuesta 90 (costo COPACO S.A.) más 60 (recargo), es decir, 150 Gs el minuto.

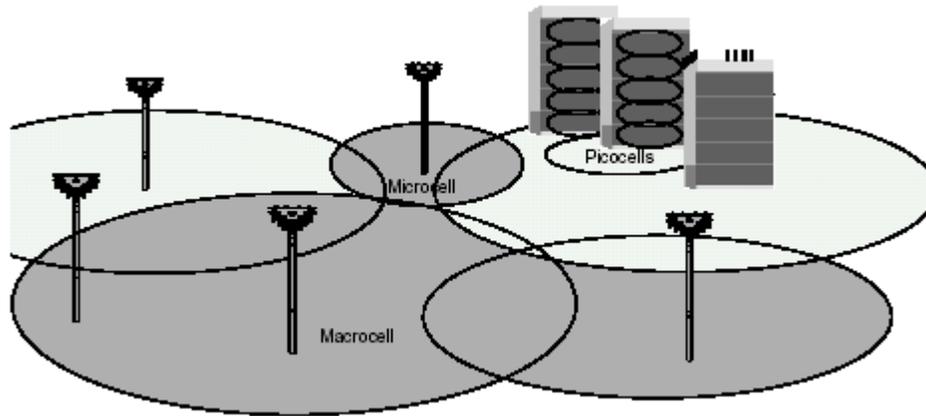
### **Telefonía satelital móvil**

La meta básica de la telefonía satelital global es proporcionar servicio mundial de telecomunicaciones usando aparatos manuales que se comunican directamente con los satélites. El sistema puede proporcionar servicios de voz, datos y navegación en todos los rincones del planeta.

Antes de entrar en detalles con los sistemas satelitales Iridium, se da una breve introducción al sistema telefónico celular, pues los mismos conceptos son aplicados a la telefonía satelital.

### **Introducción al sistema de telefonía celular**

El concepto básico de telefonía celular es que, teniendo un espectro finito, o ancho de banda finito, se puede utilizarlo de manera eficiente en un área geográfica si se divide la región en un número de pequeñas celdas o células, como se muestra en la figura 9.

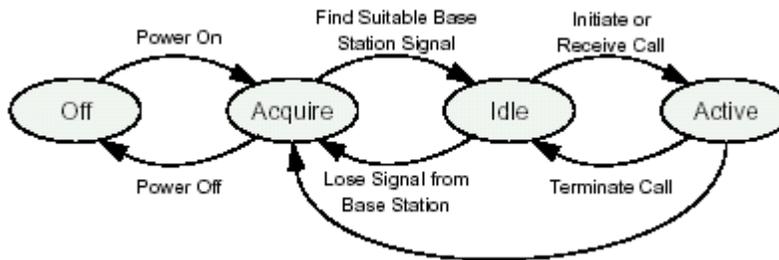


**Figura 9: Celdas**

En los sistemas de telefonía celular tradicionales, cada celda usa una porción del espectro. Las celdas que estuvieran lo suficientemente separadas podrían utilizar el mismo espectro, siempre y cuando no causen interferencias.

El usuario se comunica con la estación base en cada celda a través de un conjunto de canales lógicos los cuales son usados para acceso y tráfico.

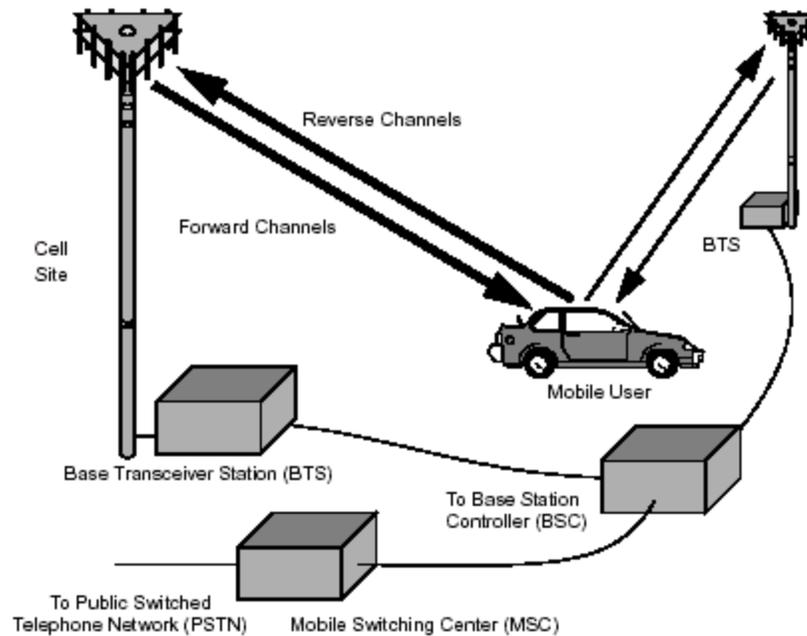
Cuando un usuario está transmitiendo o recibiendo alguna señal de voz, datos o fax, la unidad está en estado activo. Un usuario que está preparado para recibir o hacer una llamada, pero no está activo, está en el estado idle, como se muestra en la figura 10.



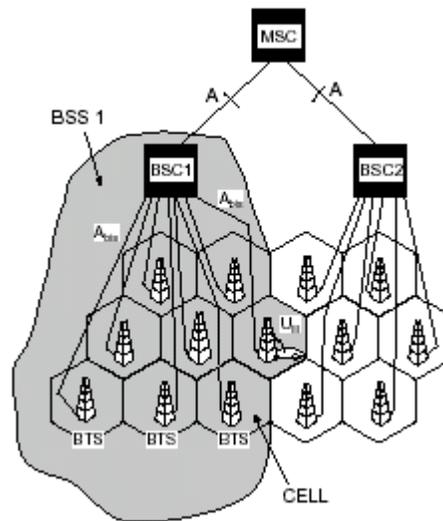
**Figura 10: Estados**

El número de usuarios que puede soportar el sistema en un área está limitado por el espectro disponible y por la tecnología de interfaz de aire utilizada.

En los sistemas inalámbricos, el enlace de radio desde la estación base al receptor portable es conocido como canal de bajada (downlink) o canal directo (forward). El enlace por el cual la unidad portable transmite y la estación base recibe se llama canal de subida (uplink) o canal de reversa (reverse link). Típicamente, los canales de subida y bajada son divididos en diferentes tipos de canales. Los canales de control y acceso sirven para manejar funciones de control y llevar a cabo o recibir una llamada nueva. Los canales de datos son usados para voz y datos en general. Estos canales son ilustrados en la figura 11. En la figura 12 se muestra el mismo subsistema desde una óptica mas amplia. Estas pertenecen al subsistema celular estación base.



**Figura 11: Canales y subsistema celular estación base**

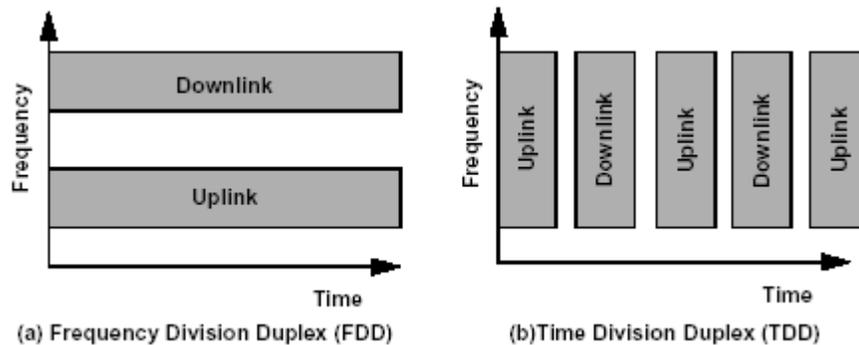


**Figura 12: Subsistema celular estación base**

El MSC (Movil Switch Center) se encarga de enrutar las llamadas, tasación, comunicación con la base de datos, del control de las BSC (Base Station Controller) y del Handover, que es un concepto muy importante. Handover es el proceso que se produce cuando un usuario se está moviendo, y cambia de una celda a otra. Este proceso implica que la comunicación al teléfono móvil posiblemente se hará a través de una nueva BTS (se puede dar el caso de que una BTS cubra más de una celda). La MSC es el agente “inteligente” del sistema. El BSC administra los recursos de hardware y software en la interfaz de radio, asignación de canales de radio a las llamadas, configuración de cada celda bajo su control. Por su parte, la

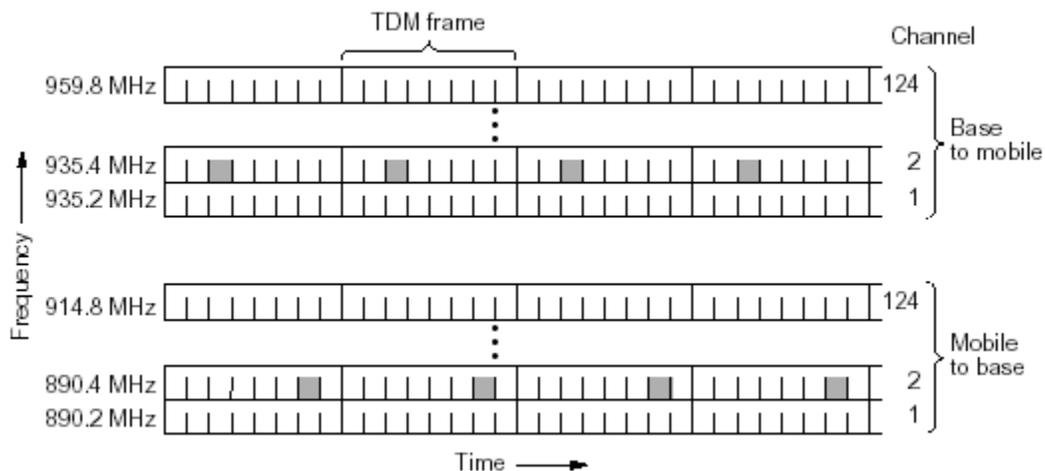
BTS (Base Transceiver Station) está compuesta por los transceptores que controlan la interfaz de radio con el teléfono móvil, y se comunican con estos.

En muchos sistemas, los canales de subida y de bajada están separados en el dominio de la frecuencia. Esta técnica es llamada FDD (Frequency Division Duplex). Otros sistemas usan la misma frecuencia para ambos canales, pero se multiplexan por división de tiempo, de tal manera que las ranuras de tiempo son repartidas. Este método se conoce como TDD (Time Division Duplex). Estos conceptos se ilustran en la figura 13.



**Figura 13: FDD y TDD**

Otro método muy utilizado, como por ejemplo en la telefonía celular GSM y en telefonía satelital, es la conjunción de ambos métodos anteriormente citados. Es decir, la existencia de varios canales que están separados en el dominio de la frecuencia (FDMA, Frequency Division Múltiple Access), y cada canal a su vez tiene ranuras de tiempo, en las que se introducen los datos (TDMA, Time Division Múltiple Access). La figura 14 ilustra los canales del sistema GSM en la banda de 900 MHz.



**Figura 14: GSM**

### Sistemas satelitales de comunicación móvil

Los sistemas satelitales hoy en día se desarrollan para comunicación directa a dispositivos de sistema de comunicación personal PCS (Personal Communication System), ya sea

téfonos portátiles y terminales de datos móviles. En general, estos dispositivos usan pequeñas antenas no direccionales que emiten señales de muy poca potencia, y deben recibir señales fuertes, pues no tienen una gran capacidad de amplificación. En consecuencia, es necesario que la señal del satélite sea fuerte en la localidad del usuario para que este pueda recibir datos, y además, que el satélite pueda recibir la señal que envía el usuario, en caso que este quiera transmitir datos. Esto se puede lograr si la distancia al satélite es relativamente pequeña, de 640 a 1.920 km (la señal se atenúa con el cuadrado de la distancia). Por lo tanto, los satélites de órbita baja, proporcionan una solución a este problema. Otras soluciones son los satélites de órbita media (8.000 km de altitud) y satélites de órbita elevada (16.000 km de altitud) con grandes antenas de alta ganancia. La tabla 1 muestra algunos de los sistemas LEO/MEO/HEO:

	Sistema			
	Globalstar	Immarsat P	Iridium	Odyssey
Propietario(s)	Loral/Qualcom m	ICO Global	Motorola	TRW
Costo del desarrollo (miles de millones de \$)	1,6	2,6	3,4	1,3
Órbita	LEO	HEO	LEO	MEO
Altitud de la órbita (millas)	880	11895	485	6450
Número de satélites	48	10	66	12
Frecuencias ascendentes/ Descendentes (GHz)	1,6/2,4	2,4/2,4	1,6/1,6	1,6/1,6
Año de servicio	1997	2000	1998	1998

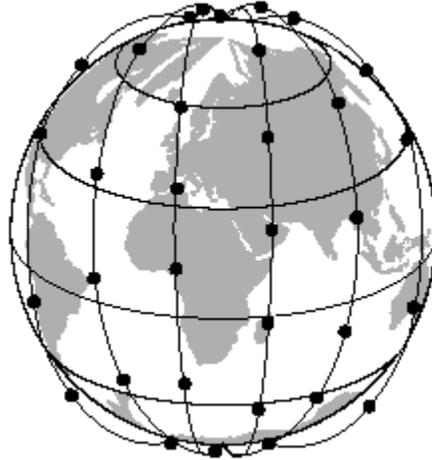
Tabla 1

Los sistemas satelitales usan la tecnología de telefonía celular que se ha explicado en la sección anterior. La idea principal de tales sistemas es que, a diferencia de los sistemas celulares, en los que las celdas o células permanecen fijas y el usuario tiene movilidad, de tal manera a cambiarse de una celda a otra para su cobertura, en el sistemas satelital las celdas son móviles, pues el satélite que lo barre está en movimiento (satélite de órbita baja). La red de satélites cubre toda la Tierra, y un satélite puede tener más de una celda a su cargo (de hecho generalmente tiene alrededor de 50 haces puntuales por satélite). Es decir, los satélites actúan análogamente a las antenas de transmisión de los sistemas celulares. Cuando un satélite deja de barrer un área determinada en Tierra, otro satélite barre dicha área, y si produce la conmutación. Es decir, el fenómeno es muy similar a la telefonía celular, pues en ambos casos hay un movimiento relativo entre el usuario y la estación base. El primer sistema LEO para servicio de telefonía móvil, y quizás el más conocido, es Iridium.

### Sistema satelital Iridium

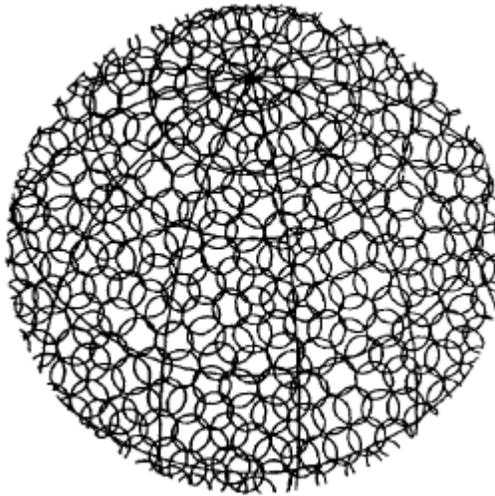
Este sistema consiste en 66 satélites que orbitan a una altura de 780 km de la superficie. Con órbitas a esta altura, el periodo orbital es de 100 minutos con 28 segundos.

Los satélites se disponen en collares norte sur, con un satélite cada 32 grados, de tal manera que la Tierra entera se cubre con seis collares de satélites, como se observa en la figura 15.



**Figura 15: Constelación Iridium**

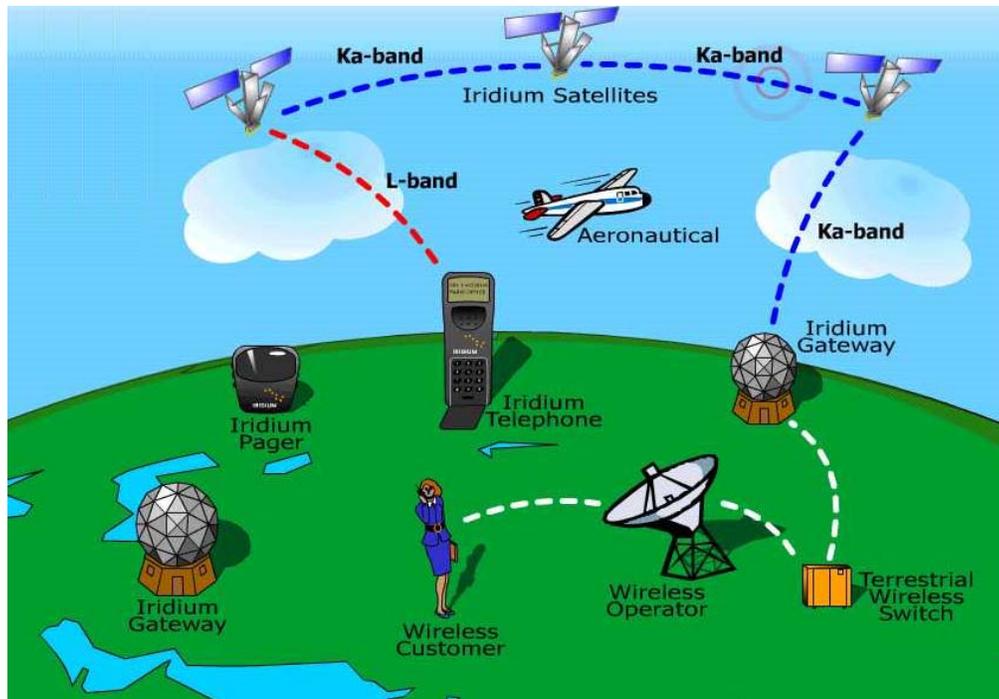
Con tal arreglo, cada satélite tiene un máximo de 48 haces puntuales, con un total de 1.628 celdas sobre la superficie de la Tierra. El diámetro de la celda es de aproximadamente 50 km. La figura 16 ilustra dicha situación.



**Figura 16: Celdas Iridium**

Las frecuencias se reutilizan cada 3 celdas, como la telefonía celular. Cada celda tiene 174 canales dúplex, para un total de 283.272 canales en todo el mundo. Los enlaces ascendentes y descendentes funcionan en la banda L de frecuencia, a 1.616 - 1.626,5 MHz. Para la comunicación entre satélites se utiliza la banda Ka de frecuencias, a 23,18 - 23,38 GHz, y para la comunicación satélites y centrales terrestres también se usa la banda Ka de frecuencia, a 19,4 - 9,6 GHz para enlaces descendentes y 29,1 - 29,3 GHz para enlaces ascendentes.

La figura 17 muestra una hipotética situación en la que un usuario móvil Iridium llama a un usuario conectado a una red de Tierra.



**Figura 17: Red Iridium**

En la figura 17, el usuario hace una llamada a través del teléfono Iridium. Esta, similarmente al teléfono celular, se transmite a su estación base, que corresponde al satélite que está barriendo el área de cobertura donde se encuentra el usuario. La conexión se lleva a cabo a través de la banda L, como lo habíamos dicho anteriormente. Al llegar la señal al satélite, esta se transmite por la red satelital al satélite cuya cobertura sea región de la Tierra donde está el teléfono destino. En dicho lugar, la señal baja del satélite a un gateway Iridium, cuya función es interconectar la red satelital Iridium con la red telefónica pública a la que está conectado el usuario destino. A partir allí, la señal se transmite a un conmutador en tierra (Terrestrial Switch) que se encargará de enrutar la llamada al destino adecuado.

La señal que parte del teléfono satelital utiliza una multiplexación híbrida igual a la utilizada por el sistema celular GSM que se ha explicado anteriormente, es decir, TDMA y FDMA (ver figura 14). La velocidad de transmisión es de 2.4 kbps, ya sea para voz o para datos, y se utilizan algoritmos de compresión, de tal manera que las velocidades son de aproximadamente 10 kbps, dependiendo de las aplicaciones.

### **Costos del servicio y de los accesorios de Iridium en Paraguay**

En nuestro país, si se desea un servicio de telefonía satelital Iridium, la alternativa que el mercado local ofrece es el teléfono 9500 de la serie Motorola Satellite Series, vendido por la empresa Radio Shack, a precio de 1.100 dólares americanos. Con este dispositivo, las llamadas satelitales son enrutadas directamente desde el teléfono a los satélites que orbitan la Tierra. Son dispositivos ligeros, con un peso menor a 500 gramos, y pueden proveer hasta 2 horas de conversación continua.

Para el servicio de datos Iridium, es necesario un kit que permite la conexión del teléfono satelital a una computadora a través del puerto serial RS-232. Este kit tiene un costo de 77 dólares americanos, y es vendido también por la empresa Radio Shack. De esta manera, el

usuario puede conectarse a Internet o a su red corporativa virtualmente desde cualquier lugar del mundo. La configuración de la PC hace posible tipos diferentes de conexiones, dependiendo de las necesidades: Datos por Dial-Up o Datos Directos por Internet.

**Datos por dial-up**

Permite la conexión por dial-up desde una PC, a través del teléfono Iridium a otra computadora, red corporativa/LAN o a un Proveedor de Internet. Este servicio ofrece una velocidad de 2,4 kbps.

**Datos directos por Internet**

Provee conectividad desde una PC, a través de un teléfono Iridium, directamente a Internet, pasando por servidores exclusivos de las puertas de enlace Iridium. Este servicio utiliza una compresión transparente, obteniendo una velocidad de alrededor de 10 kbps, dependiendo del contenido (gráficos e imágenes pueden resultar más lentos).

El sistema de pago por el servicio satelital es a través de tarjetas, similar al servicio telefónico celular, es decir, el usuario debe comprar una tarjeta, cuyos precios son de 100, 200 o 300 dólares (las tarjetas se venden en Paraguay en la empresa Radio Shack). Y el costo de la llamada es de 1,50 dólares por minuto.

## **Bibliografía**

Tanenbaum, Andrew S. "Redes de Computadoras"  
Tercera Edición, 1997  
Prentice Hall  
ISBN 968-880-958-6

Tomasi, Wayne "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas"  
Segunda Edición, 1996  
Prentice Hall  
ISBN 968-880-674-9

Liberti, Joseph Jr. and Rappaport, Theodore S. "Smart Antenas for Wireless Communications, IS-95 and Third Generation Applications"  
1999  
Prentice Hall  
ISBN 0-13-719287-8

Stallings, William "Comunicaciones y Redes de Computadoras"  
Sexta Edición, 2000  
Prentice Hall

Proakis, Jhon G. "Communication Systems Engineering"  
1994  
Prentice Hall  
ISBN 0-13-158932-6

Couch II, Leon W. "Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos"  
Quinta Edición, 1997  
Prentice Hall  
ISBN 0-13-522583-3

## **Sitios web**

<http://www.webopedia.com>  
<http://www.stratosglobal.com>  
<http://www.presscom.com/global.htm>  
<http://www.globalstar.com/technology.html>  
<http://www.uninet.com.py/iridium/index.html>  
[http://www.gilat.com/technology\\_introduction.asp](http://www.gilat.com/technology_introduction.asp)  
<http://www.monografias.com/especiales/comunicamov>  
[http://www.iridium.com/corp/iri\\_corp-understand.asp](http://www.iridium.com/corp/iri_corp-understand.asp)  
[http://obelix.umh.es/99-00/teleco\\_sist/msat1/public\\_html/index.htm](http://obelix.umh.es/99-00/teleco_sist/msat1/public_html/index.htm)  
<http://www.monografias.com/trabajos/videoconferencia/videoconferencia.shtml>