



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE
HIDALGO**

INSTITUTO DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA

**LIC. EN ING. EN ELECTRONICA Y
TELECOMUNICACIONES**

MONOGRAFIA:

SISTEMAS SATELITALES

MONOGRAFIA QUE PARA OBTENER EL TITULO DE LICENCIADA EN INGENIERIA EN ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES PRESENTA **TANIA EDALITH POSADAS HERNANDEZ.**

ASESOR: **ING. MARIANO ARUMIR RIVAS.**

PAHUCA DE SOTO, HGO., JUNIO 2009

INDICE

INDICE DE FIGURAS	I
INDICE DE TABLAS	II
DEDICATORIAS	III
OBJETIVO GENERAL	IV
OBJETIVOS ESPECIFICOS	V
JUSTIFICACIÓN	VI
CAPITULO I. INTRODUCCION	1
1.1. Reseña histórica de la comunicación vía satélite	2
1.2. Elementos de un sistema de comunicación	5
1.3. Funcionamiento de un enlace de sistema satelital	7
1.3.1. Transpondedor	8
1.3.2. Estación terrena	8
1.4. Secuencia en el lanzamiento de un satélite	9
CAPITULO II. SISTEMA SATELITAL	13
2.1. Orbitas	14
2.1.1. Dinámica orbital	14
2.1.2. Características de las orbitas	17
2.1.3. Tipos de orbitas	18
2.1.4. Asignación de frecuencias y espaciamento	22
2.1.5. Perturbaciones orbitales	23
2.1.6. Periodo e Inclinação orbital	24
2.1.7. Patrones orbitales	25
2.1.8. Cobertura	25
2.2. Estructura básica de un satélite	28
2.2.1. Clasificación de los satélites	28
2.2.1.1. Satélites naturales	28
2.2.1.2. Satélites artificiales	29
2.2.1.2.1. Anatomía de un satélite	30
2.2.1.2.1.1. Carga útil	31
2.2.1.2.1.2. Plataforma	31
2.2.1.2.2. Sistema de estabilización de un satélite	32
2.2.1.2.2.1. Hilador o axial	33
2.2.1.2.2.2. Triaxial	33
2.2.1.2.3. Orientación satelital	34
2.2.2. Transpondedor	35
2.2.3. Configuración de enlace	37

2.2.3.1. Condiciones ambientales	39
2.2.3.1.1. Atenuación por gases en la atmósfera	39
2.2.3.1.2. Atenuación por hidrometeoros	41
2.2.3.1.3. Cálculo de la relación ganancia a temperatura equivalente de ruido con lluvia	41
2.2.3.1.4. Temperatura equivalente de ruido	41
2.2.3.1.4.1. Densidad de ruido	42
2.2.3.1.5. Interferencia Solar	42
2.2.3.1.6. Interferencias intersatelitales	42
2.2.3.2. Perturbaciones	43
2.3. Tipos de los satélites	45
2.3.1. Satélites no geoestacionarios	45
2.3.2. Satélites geoestacionarios	46
2.3.2.1. Aplicaciones	46
2.3.2.1.1. Satélites de observación	46
2.3.2.1.2. Satélites de meteorología	47
2.3.2.1.3. Satélites de navegación	48
2.3.2.1.4. Satélites de teledetección	49
2.3.2.1.5. Satélites de comunicaciones (radio y TV)	49
2.3.2.1.6. Satélites militares y espías	50
2.3.2.1.7. Satélites científicos	51
2.3.2.1.8. Satélites de radioaficionados	52
2.3.2.2. Videoconferencia	53
CAPITULO III. SEMENTO ESPACIAL Y SEGMENTO TERRESTRE	55
3.1. Segmento espacial	56
3.1.1. Parámetros de un sistema satelital	56
3.1.1.1. Pérdida por reducción	56
3.1.1.2. Potencia isotropica radiada efectiva	57
3.1.1.3. Perdidas por propagación	58
3.1.1.4. Densidad de potencia	59
3.1.1.5. Potencia recibida	59
3.1.1.6. Relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido	59
3.1.1.7. Relación de portadora a densidad de ruido	60
3.1.1.8. Relación de la portadora a señal a ruido	60
3.1.1.9. Relación de energía de bit a densidad de ruido	60
3.1.2. Subsistemas de un satélite	62
3.1.2.1. Subsistema de estabilización	63
3.1.2.2. Subsistema de estructura	64
3.1.2.3. Subsistema de comunicaciones	65
3.1.2.4. Subsistema de antenas	66
3.1.2.5. Subsistema de propulsión	67
3.1.2.6. Subsistema de energía (potencia)	67
3.1.2.7. Subsistema de telemetría	69
3.1.2.8. Subsistema de control de orientación	69
3.1.2.9. Subsistema de control de temperatura	70
3.1.2.10. Subsistema de procesamiento de datos	71

3.2. Segmento terrestre	71
3.2.1. Estaciones terrenas	71
3.2.1.1. Estación master	75
3.2.1.2. Estación de alto capacidad	76
3.2.1.3. Estación de media capacidad	76
3.2.1.4. Estaciones rurales	77
3.2.1.5. Estación TVRO (TV receive only)	77
3.2.1.6. Estación VSAT	78
3.2.1.7. Estaciones móviles	79
3.2.2. Antenas	79
3.2.2.1. Ganancia de la antena	81
3.2.2.1.1. Ancho del haz	81
3.2.2.2. Tipos de antenas	82
3.2.2.3. Transmisores y receptores	85
3.2.2.4. Modelos básicos de un sistema satelital	88
3.2.2.4.1. Enlaces ascendente	89
3.2.2.4.2. Enlaces descendente	90
3.2.2.4.3. Enlaces cruzados	91
3.2.3. Sistema de supervisión y control	92
CAPITULO IV. FLOTA SATELITAL MEXICANA	93
4.1. SATMEX	94
4.2. El futuro de los satélites en México	111
CAPITULO V. TIPOS DE MODULACION	114
5.1. Tipos de modulación	114
5.1.1. Analógica	116
5.1.2. Digital	117
5.2. Principios de modulación	118
5.2.1. ASK	119
5.2.2. FSK	120
5.2.3. PSK	120
5.2.4. QAM	121
5.3. Técnicas de acceso y transmisión dúplex	121
5.3.1. FDMA	122
5.3.2. TDMA	122
5.3.3. CDMA	122
5.4. Bandas de frecuencia	123
5.5. Topologías de red	127
5.5.1. Punto a punto o enlace SCPC	127
5.5.2. Estrella o enlace VSAT	130
5.5.3. Malla o enlaces PAMA/DAMA	134
CONCLUSION (Horizonte de los sistemas satelitales)	137

GLOSARIO	139
CIBERGRAFIA según la NORMA APA	147
ANEXO Norma Internacional para la comunicación vía satelital	148

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ruta de comunicación	5
Figura 1.2 Sistemas de comunicación	6
Figura 1.3 Señal digital y analógica	6
Figura 1.4 Esquema general de un enlace satelital	8
Figura 1.5 Satélite listo para ser lanzado	11
Figura 2.1 Posicionamiento de la orbita en el espacio	15
Figura 2.2 Johannes Kepler (1571-1630)	16
Figura 2.3 Apogeo y perigeo de una trayectoria orbital celeste	16
Figura 2.4 Orbitas usadas por los sistemas satelitales	20
Figura 2.5 Orbitas elípticas	20
Figura 2.6 Orbita Molniya	21
Figura 2.7 Orbitas combinadas	21
Figura 2.8 Orbita ecuatorial circular	22
Figura 2.9 Orbita tundra	22
Figura 2.10 Cobertura global (Inmarsat)	26
Figura 2.11 Cobertura regional (Satmex 6)	26
Figura 2.12 Coberturas	27
Figura 2.13 Ejemplo de un satélite artificial	29
Figura 2.14 Cubo imaginario	30
Figura 2.15 Partes de un satélite artificial	30
Figura 2.16 Carga útil y plataforma de un satélite	32
Figura 2.17 Axial (por giro, spin)	33
Figura 2.18 Triaxial (giróscopos)	34
Figura 2.19 Tipos de transpondedores	36
Figura 2.20 Etapas básicas de un transpondedor	36
Figura 2.21 Atenuación atmosférica	38
Figura 2.22 Grafica del índice de atenuación, dB/Km	40
Figura 2.23 Altura de la atmosfera a nivel del mar	40
Figura 2.24 Desgaste de la señal por efectos de lluvia	41
Figura 2.25 Factor de ruido	42

Figura 2.26 Satélite de meteorología	48
Figura 2.27 Navstar GPS	48
Figura 2.28 Satélite de comunicaciones	50
Figura 2.29 Satélite militar	51
Figura 2.30 Videoconferencia	53
Figura 2.31 Diagrama de una videoconferencia	54
Figura 3.1 Potencia de salida de un amplificador	57
Figura 3.2 Factores que generan la PIRE	57
Figura 3.3 Huellas del satélite Satmex 5	58
Figura 3.4 Diagrama de radiación omnidireccional	63
Figura 3.5 Cuerpo del satélite	64
Figura 3.6 Estructura	65
Figura 3.7 Modulo de baterías recargables	68
Figura 3.8 Caras del cubo imaginario	71
Figura 3.9 Estación terrena común	72
Figura 3.10 Diagrama genérico de una estación terrena (transmisora/receptora)	74
Figura 3.11 Estación maestra	75
Figura 3.12 Clasificación normalizada de las antenas terrestres para estaciones de alta capacidad	76
Figura 3.13 Normalización de las antenas terrestres para estaciones de capacidad media	76
Figura 3.14 Estación VSAT	78
Figura 3.15 Esquema monohaz o multihaz	80
Figura 3.16 Reutilización de frecuencias de una antena multihaz	81
Figura 3.17 Angulo de tres decibeles	82
Figura 3.18 Prime focus (rend: 60%)	83
Figura 3.19 Cassegrain	83
Figura 3.20 Fuera de foco (off set) (rend: 75%)	83
Figura 3.21 Antena terrestre	85
Figura 3.22 Proceso de la señal en una antena	86

Figura 3.23 Configuraciones típicas de una estación de transmisión/recepción vía satélite de radiodifusión sonora	88
Figura 3.24 Modelo satelital	89
Figura 3.25 Modelo básico ascendente	89
Figura 3.26 Modelo básico descendente	91
Figura 3.27 Enlace cruzado	91
Figura 3.28 Estación del sistema de supervisión y control	92
Figura 4.1 Coberturas del satélite Solidaridad II	96
Figura 4.2 Coberturas del satélite Solidaridad II	96
Figura 4.3 Coberturas del satélite Solidaridad II	97
Figura 4.4 Coberturas del satélite Solidaridad II	97
Figura 4.5 Coberturas del satélite Solidaridad II	97
Figura 4.6 Coberturas del satélite Satmex 5	99
Figura 4.7 Coberturas del satélite Satmex 5	100
Figura 4.8 Coberturas del satélite Satmex 5	100
Figura 4.9 Coberturas del satélite Satmex 6	102
Figura 4.10 Coberturas del satélite Satmex 6	102
Figura 4.11 Coberturas del satélite Satmex 6	102
Figura 4.12 Coberturas del satélite Satmex 6	103
Figura 4.13 Coberturas del satélite Satmex 6	103
Figura 4.14 Coberturas del satélite Solidaridad II región 1C	104
Figura 4.15 Coberturas del satélite Satmex 5	104
Figura 4.16 ATS-3	106
Figura 4.17 Solidaridad II	108
Figura 4.18 Satmex 5	109
Figura 4.19 Cobertura del Solidaridad II	109
Figura 4.20 Satmex 6	110
Figura 5.1 Forma de onda senoidal	117
Figura 5.2 Señal discreta	117
Figura 5.3 Análisis de la modulación por corrimiento en la amplitud	119
Figura 5.4 Modulación de frecuencia	120
Figura 5.5 Modulación en fase	120

Figura 5.6 Proveedor INTELSAT	125
Figura 5.7 Reutilización de frecuencias por polarizaciones ortogonales	126
Figura 5.8 Reutilización de frecuencias en satélites geoestacionarios	127
Figura 5.9 Topología punto a punto	128
Figura 5.10 Ejemplo de enlace satelital	128
Figura 5.11 Antena	128
Figura 5.12 Feed	129
Figura 5.13 Antena master	129
Figura 5.14 Guías de onda	129
Figura 5.15 Estación móvil	129
Figura 5.16 HUB central	130
Figura 5.17 Configuración de red	130
Figura 5.18 Espectro	131
Figura 5.19 Formato de trama	131
Figura 5.20 Formato de trama	132
Figura 5.21 HUB	133
Figura 5.22 Diagrama de bloques de una estación HUB VSAT	133
Figura 5.23 Diagrama de bloques de una terminal remota VSAT	134
Figura 5.24 Red típica	134
Figura 5.25 Topología malla	135
Figura 5.26 Esquema de conexionado de la FiUBA	136

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Reseña histórica	2
Tabla 2.1 Parámetros de una orbita geoestacionaria ideal	19
Tabla 2.2 Principales perturbaciones en una orbita geoestacionaria	24
Tabla 2.3 Tipos de transpondedores	37
Tabla 3.1 Subsistemas de un satélite	62
Tabla 3.2 Caras del cubo imaginario	70
Tabla 3.3 Parámetros usados en estaciones terrenas	75
Tabla 4.1 Red Edusat	94
Tabla 4.2 Especificaciones técnicas del satélite Solidaridad II	95
Tabla 4.3 Especificaciones técnicas del satélite Satmex 5	99
Tabla 4.4 Especificaciones técnicas del satélite Satmex 6	101
Tabla 4.5 Redes de satélites de nueva generación	113
Tabla 5.1 Bandas de frecuencias satelitales	123
Tabla 5.2 Bandas de frecuencias utilizadas en Uplink	125
Tabla 5.3 Bandas de frecuencias utilizadas en Downlink	125
Tabla 5.4 Bandas de frecuencias de los satélites Mexicanos (Solidaridad I y II)	127

DEDICATORIAS

A DIOS

Por darme la familia que tengo, por ponerme en este camino y no dejarme sola ni un instante y por darme la fortaleza necesaria para llegar al lugar donde ahora me encuentro

A MIS PADRES

Por el gran apoyo que siempre me han brindado, por ser mis guías y por alentarme a seguir adelante, por el cariño que siempre me han dado, y especialmente a mi madre por ser una gran amiga y por el ejemplo que siempre me ha dado para superarme día con día porque sin ese ejemplo y esos sacrificios que has hecho esto no sería una realidad

A MI ENANO

Por que eres lo mas importante en mi vida por acompañar mis desvelos, por iluminar mi vida y ser el motor que me impulsa a ser mejor cada día por ser un niño maravilloso y compartir esta alegría conmigo

OBJETIVO GENERAL

Recopilar u ordenar información sobre los Sistemas Satelitales, que sirva como herramienta de consulta e investigación para todos aquellos que requieran consultar.

Reunir en un documento los fundamentos más actuales e importantes de los Sistemas Satelitales, incluyendo datos técnicos y normas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

La finalidad de la presente monografía es adquirir los conocimientos necesarios, para tener una visión de donde poder aplicarlos en el campo laboral.

Proporcionar la información y los conocimientos a los catedráticos y alumnos que requieran conocer sobre los Sistemas Satelitales, y de los avances tecnológicos en torno a ellos.

JUSTIFICACIÓN

El motivo principal de la presente monografía, es el proporcionar a la biblioteca de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo un documento acerca de Sistemas Satelitales que cubra las expectativas de información para los catedráticos y alumnos de la carrera de Licenciatura en Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones.

Proporcionar en la monografía información sobre la nueva tecnología, las tecnologías futuras y la normalización de los Sistemas Satelitales.

La aplicación práctica de los Sistemas Satelitales la encontramos en lugares como la escuela con las videoconferencias, educación a distancia, etc., además de la casa en Internet o en la televisión por sistema vía satélite, o más comúnmente en el celular que utilizamos todos los días.

En este documento el lector tendrá un panorama de la utilización de estos Sistemas.

CAPITULO I.

INTRODUCCION

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

En 1945 el escritor británico de ciencia ficción Arthur C. Clark en octubre de 1945 publicó en la revista británica *Wireless World* el artículo titulado “Extra-Terrestrial Relays”, en el cual incluía la propuesta de un sistema de comunicación global utilizando estaciones espaciales hechas por el hombre.

“Un satélite artificial a la distancia apropiada de la tierra puede hacer una revolución cada 24 horas, esto es, podría parecer estacionario sobre un punto de la superficie de la Tierra, y tendría un rango óptico de casi la mitad de la superficie terrestre. Tres estaciones repetidoras, con una separación entre sí, pueden dar cobertura de señales de radio y microondas a todo el planeta”.

Este sueño comenzó a transformarse en realidad con el desarrollo del primer satélite artificial: el SPUTNIK (satélite o compañero de viaje en ruso), el cual fue lanzado en octubre de 1957 en una órbita elíptica de baja altura. Este satélite sólo emitía un tono intermitente, y estuvo en funcionamiento durante 21 días, marcando así el inicio de la era de las comunicaciones vía satélite. Diez años más tarde fue lanzado por la Unión Soviética el sistema MOLNIYA. Fue la primera red satelital doméstica, consistía en una serie de 4 satélites en órbitas elípticas con cobertura de 6 horas por satélite.

Eso fue solo el principio.... [1]

1.1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

Tabla 1.1 Reseña histórica	
1957	4 de Octubre. Lanzamiento del primer satélite Sputnik I por la U.R.S.S. De 58 cm. de diámetro y órbita baja (LEO), emitía señales de radio de 31.5MHz y orbitaba la Tierra 16 veces cada 24 horas.
1958	Lanzamiento del primer satélite de USA (Explorer I), de 2m de largo y 14 Kg., diseñados para telemetría.
1960	Primeros experimentos de telecomunicación espacial con los satélites pasivos ECHOI y ECHOII. Eran esferas de 40 m de diámetro y 250 Kg. de peso.
1962	Lanzamiento de los satelites TELSTAR y RELAY (con amplificadores a bordo) de órbita baja. La órbita solo permite el enlace cuando las 2 estaciones terrenas están en visibilidad simultánea del satélite. Pero el 1er. satélite repetidor fue el COURIER, éste transmitía conversaciones y telegrafía, y aunque solo duró 70 días fue el primer satélite que usó celdas solares.
1963	Febrero. Lanzamiento del SYNCOM: primer satélite geoestacionario, lanzado por la NASA desde los E.U. Se utilizó para transmitir los Juegos Olímpicos de 1964. La órbita geoestacionaria permite al satélite permanecer fijo sobre un punto del ecuador, y por tanto permite enlaces permanentes.
1965	Lanzamiento del INTALSAT I: primer satélite geoestacionario

	comercial que permitió el enlace permanente vía satélite entre Europa y América. El mismo año la URRS lanzó el primer satélite de la serie MOLNYA.
1966/67	Lanzamiento del INTELSAT II (240 canales telefónicos o un canal de TV. Permitía el acceso múltiple).
1968	México se convierte en signatario del sistema Intelsat. Se construye la primera estación terrena en el estado de Hidalgo. Se realizan las transmisiones de los Juegos Olímpicos por televisión a color.
1968/69/70	Lanzamiento del INTELSAT III (1200 canales telefónicos más un canal de TV. Acceso múltiple).
1970	Comienza a utilizar capacidad en un satélite de Intelsat para servicios domésticos.
1971	INTELSAT IV (4000 canales telefónicos más dos canales de TV) y MOLNYA II (telefonía, telegrafía, radio y distribución de TV).
1982	La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) contrata a Hughes para construir el sistema satelital mexicano, "Morelos" (dos satélites geoestacionarios HS 376, estabilizados por cuerpo.
1985	17 de junio: Lanzamiento de Morelos I desde Cabo Cañaveral, a bordo de la misión tripulada 51-G de la NASA. El satélite alcanza exitosamente su posición orbital 113°W, con cobertura nacional. Construcción del Centro de Control Iztapalapa, ubicado en la Ciudad de México. 27 de noviembre: Lanzamiento de Morelos II desde Cabo Cañaveral, a bordo de un Atlantis (OV-104), en la misión tripulada de la NASA 61-B, en la que participó el primer astronauta mexicano. El satélite ocupa la posición orbital 116.8°W, con cobertura nacional.
1989	Se crea Telecomm (Telecomunicaciones de México), un organismo descentralizado que se convierte en el operador del Sistema Satelital Morelos.
1991	Mayo: Telecomm contrata a la empresa Hughes para la construcción del Sistema Satelital Solidaridad. Los dos satélites geoestacionarios HS 601 de estabilización triaxial se diseñan para ofrecer servicios de banda C en México, el sur de Estados Unidos y el resto de Latinoamérica, y servicios de banda Ku en México y Estados Unidos.
1993	17 de noviembre: Lanzamiento de Solidaridad 1 a bordo de un vehículo Ariane 4 desde Kourou, Guyana Francesa. Este alcanza exitosamente su posición orbital 109.2°W.
1994	17 de octubre: Lanzamiento de Solidaridad 2 a bordo de un Ariane 4 desde Kourou, Guyana Francesa. El satélite alcanza exitosamente su posición orbital 113°W.
1995	Se inicia el proceso hacia la privatización de la Sección de Servicios Fijos Satelitales de Telecomm (hoy Satmex). Entra en vigor la Reforma a la Ley de Telecomunicaciones.
1997	Se pide a Hughes la construcción del Morelos 2R (hoy Satmex 5) con cobertura en banda C y Ku en todo el Continente Americano. 26 de junio: La Sección de Servicios Fijos Satelitales de Telecomm

	<p>se registra bajo la legislación mexicana, y se constituye la empresa Satélites Mexicanos, S.A. de C.V. (Satmex). La empresa continúa siendo propiedad del Estado.</p> <p>Octubre: Después de realizarse una licitación pública, la alianza entre Principia y Loral Space & Communications adquiere 75% de Satmex. El gobierno retiene una participación de 25%, sin derecho a voto.</p> <p>Satmex atrae una inversión de US \$645 millones a México.</p>
1998	<p>Mayo: Se incorpora el nuevo equipo directivo de la empresa. Se integran las bases y herramientas de la nueva administración y dirección ejecutiva.</p> <p>4 de diciembre: Es puesto en órbita el quinto satélite mexicano llamado SATMEX V.</p> <p>5 de diciembre: Satmex 5 es lanzado al espacio a bordo de un vehículo Ariane 4L desde Kourou, Guyana Francesa.</p>
1999	<p>La consolidación del proceso de transformación trae como resultado la venta en su totalidad del Satmex 5.</p>
2000	<p>Satmex anuncia sus resultados financieros, excediendo la expectativa de los mercados internacionales con un 24% de aumento en los ingresos con respecto del año anterior.</p> <p>Se intensifica la participación de la compañía en foros de industria y financieros a nivel internacional.</p> <p>Se pierde el satélite Solidaridad 1 debido a un corto circuito generado por el crecimiento de filamentos de estaño en los relevadores del procesador redundante SCP2.</p> <p>Satmex contrata a Space Systems/Loral de Palo Alto, California, para la construcción de un satélite geoestacionario de alta potencia: Satmex 6.</p>
2001	<p>Comienza la construcción del satélite Satmex 6, que será lanzado a principios del 2003 en la posición orbital de 109.2° W.</p> <p>Primera Reunión del Grupo de Usuarios de Satmex en Cancún, México. Se presentó a los usuarios de Satmex un reporte acerca de la compañía y el plan de negocios para los años que vienen. Fue una gran oportunidad para escuchar la opinión de los usuarios acerca del servicio de Satmex.</p> <p>Inauguración de la Sala de Tecnología Satelital, patrocinada por Satmex en el Museo de las Ciencias Universum de la UNAM. Esta sala ocupa un área de más de 1300m², con más de 2100m² de estructura de diseño. Incluye, entre otras cosas, las últimas tecnologías en educación a distancia. UNAM y Satmex han acordado que la exhibición durará 10 años y estiman que será visitada por más de 10 millones de personas en este periodo de tiempo.</p>
2004	<p>Lanzamiento de AlternaTV para la distribución de programación latinoamericana a través de los sistemas de televisión de paga en los Estados Unidos, ampliando su oferta de programación a un paquete completo de señales latinoamericanas.</p>

2006	Satmex firma acuerdo para lograr reestructura financiera. El 27 de mayo se lanza el satélite Satmex 6 para ocupar la posición 113W. El satélite Solidaridad 2 se migra a la posición 114.9W
-------------	--

1.2. ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN

Se denomina “sistema” al conjunto de componentes o dispositivos físicos que interactúan entre sí, que aceptan señales como entradas, las transforman y generan otras señales a su salida.

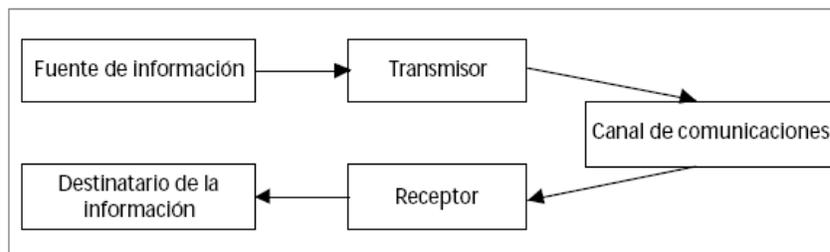


Fig. 1.1 Ruta de comunicación [18]

Un sistema de comunicación se describe como el conjunto de elementos que ordenadamente relacionados entre sí, tienen la capacidad de establecer la transmisión de un mensaje entre dos puntos independientes.

Los elementos fundamentales o indispensables que intervienen en el principio de comunicación son:

- a) Emisor o transmisor:** Es el elemento que inicia la comunicación; es el encargado de transmitir el mensaje el receptor o receptores puedan descifrar con facilidad para poder establecer el enlace de comunicación.
- b) Medio o canal:** Es el medio utilizado por el transmisor para hacer llegar el mensaje al receptor.
- c) Receptor:** Es el elemento encargado de recibir el mensaje transmitido por el emisor a través de un medio. Al recibirse el mensaje se cumple el ciclo de la comunicación. [18]

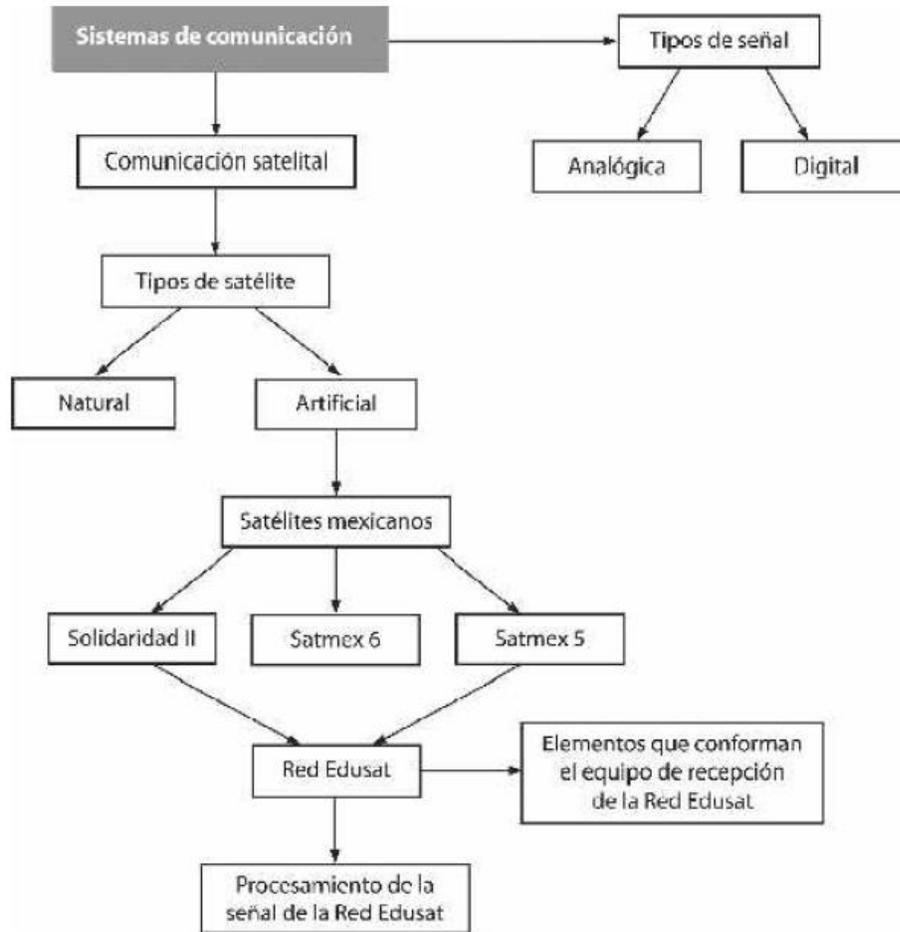


Fig. 1.2 Sistemas de comunicación [18]

En la figura 1.3 se representan: la entrada, el sistema que transforma la señal de entrada y la salida; como se observa la entrada de la señal es de tipo analógica, el sistema de comunicación se encarga de transformar este tipo de señal para que pueda salir una señal digital.

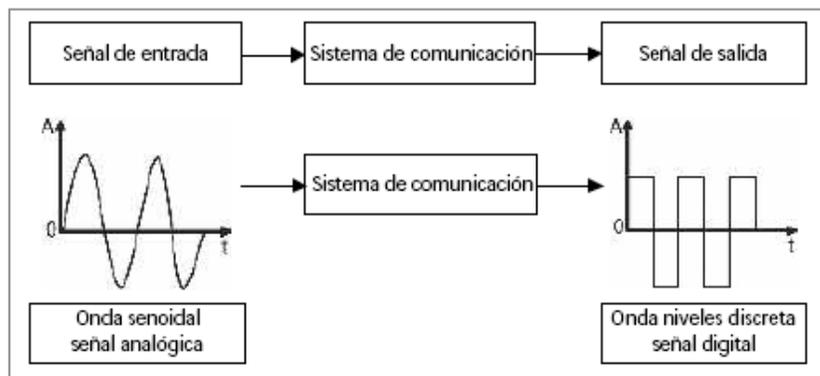


Fig. 1.3 Señales digital y analógica [18]

Existen dos tipos básicos de sistemas de comunicación: alámbrica e inalámbrica:

- Sistema alámbrico

Depende de un medio de transmisión física, utilizando conductores eléctricos de señal, tales como las líneas telefónicas domésticas, cable coaxial, fibra óptica.

- Sistema inalámbrico

No necesita de un medio físico entre el emisor y el receptor para llevar a fin el mensaje, ocupando como canal transmisor el espacio, por ejemplo la telefonía celular, las estaciones de radio y televisoras locales, la comunicación satelital. [18]

1.3. FUNCIONAMIENTO DE UN ENLACE DE SISTEMA SATELITAL

Básicamente un sistema satelital es un sistema repetidor. La capacidad de recibir y retransmitir se debe a un dispositivo receptor-transmisor llamado transponder, cada uno de los cuales escuchan una parte del espectro, la amplifica y retransmite a otra frecuencia para evitar la interferencia de señales.

Un sistema satelital consiste en un cierto número de transponder además de una estación terrena maestra para controlar su operación, y una red de estaciones terrenas de usuarios, cada uno de los cuales posee facilidad de transmisión y recepción.

El control se realiza generalmente con dos estaciones terrenas especiales que se encargan de la telemetría, el rastreo y la provisión de los comandos para activar los servicios del satélite.

Un vínculo satelital consta de:

- Un enlace tierra - satélite o enlace ascendente (uplink)
- Un enlace satélite - tierra o enlace descendente (downlink)

El satélite permanece en órbita por el equilibrio entre la fuerza centrífuga y la atracción gravitatoria.

Si se ubica el satélite a una altura de 35860 Km sobre el plano del Ecuador, estos giran en torno a la tierra a una velocidad de 11070 Km./hr, con un periodo de 24 hrs. Esto hace que permanezca estacionario frente a un punto terrestre, de allí su nombre de satélite geostacionario. De este modo las antenas terrestres pueden permanecer orientadas en una posición relativamente estable en un sector orbital.

Debido a su gran potencia los satélites para Tv necesitan de un espaciado de por lo menos 8 grados, para así evitar que el haz proveniente de la Tierra ilumine a los satélites vecinos también.

Los sistemas satelitales constan de las siguientes partes:

- Transponders
- Estaciones terrenas [3]

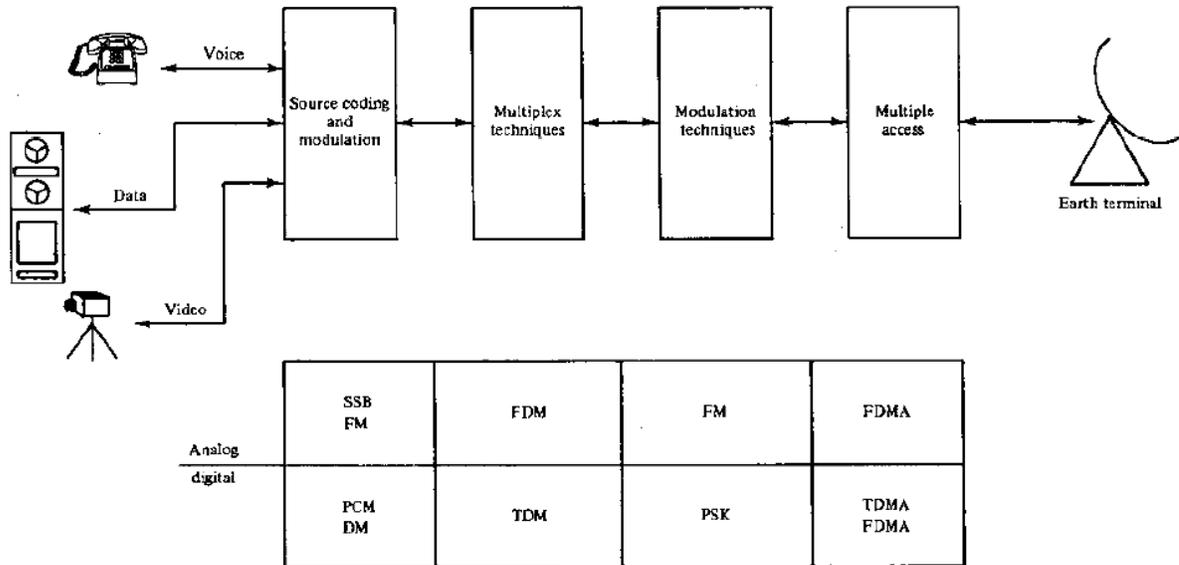


Fig. 1.4 Esquema general de un enlace satelital [17]

1.3.1. TRANSPONDEDOR

Es un dispositivo que forma parte del satélite, el cual cuenta con varias antenas que reciben y envían señales desde y hacia la tierra. Los satélites tienen transpondedores verticales y horizontales. El transpondedor tiene como función principal amplificar la señal que recibe de la estación terrena, cambiar la frecuencia y retransmitirla con una cobertura amplia a una o varias estaciones terrenas. Recoge la señal entrante de la antena receptora, ésta es amplificada por un LNA (amplificador de bajo ruido), que incrementa la señal sin admitir ruido. De la salida del LNA la señal es introducida a un filtro Pasa Banda (FPB) para eliminar lo que no pertenece a la señal original y luego esta señal se pasa a un convertidor de frecuencia (OSC) que reduce la señal a su frecuencia descendente, ésta pasa para su amplificación final a un HPA (amplificador de alta potencia, usualmente de 5 a 15 watts), que tiene un amplificador de potencia de estado sólido (SSPA) como amplificador de salida. Una vez concluido el proceso, la señal pasa a la antena descendente y se realiza el enlace con la estación receptora.

En la comunicación satelital es necesario que la señal que se envía a un Transpondedor determinado pueda recibirse por cualquier estación terrena situada en la zona de cobertura correspondiente. [18]

1.3.2. ESTACIÓN TERRENA

Las estaciones terrenas controlan la recepción con/desde el satélite, regula la interconexión entre terminales, administra los canales de salida, codifica los datos y controla la velocidad de transferencia.

Consta de 3 componentes:

- **Estación receptora:** Recibe toda la información generada en la estación transmisora y retransmitida por el satélite.
- **Antena:** Debe captar la radiación del satélite y concentrarla en un foco donde esta ubicado el alimentador. Una antena de calidad debe ignorar las interferencias y los ruidos en la mayor medida posible. Estos satélites están equipados con antenas receptoras y con antenas transmisoras. Por medio de ajustes en los patrones de radiación de las antenas pueden generarse cubrimientos globales (Intelsat), cubrimiento a solo un país (satélites domésticos), o conmutar entre una gran variedad de direcciones.
- **Estación emisora:** Esta compuesta por el transmisor y la antena de emisión. La potencia emitida es alta para que la señal del satélite sea buena. Esta señal debe ser captada por la antena receptora. Para cubrir el trayecto ascendente envía la información al satélite con la modulación y portadora adecuada.

Como medio de transmisión físico se utilizan medios no guiados, principalmente el aire. Se utilizan señales de microondas para la transmisión por satélite, estas son unidireccionales, sensibles a la atenuación producida por la lluvia, pueden ser de baja o de alta frecuencia y se ubican en el orden de los 100 MHz hasta los 10 GHz. [3]

1.4. SECUENCIA EN EL LANZAMIENTO DE UN SATÉLITE

La primera etapa suele llegar hasta los 100 Km. de altura; la segunda sitúa al satélite hasta una altura muy próxima a la de la orbita definitiva; las demás etapas llevan al satélite hasta su orbita estable, es decir, hasta una orbita en la cual sucede que, en cualquiera de sus puntos, la fuerza de atracción gravitatoria terrestre y la fuerza centrifuga se contrarrestan (peso relativo del satélite = 0). [4]

Los lanzamientos tienen costos muy elevados y se pueden realizar de tres formas diferentes: El primer método y mas costoso es colocar al satélite con un vector en la orbita geostacionaria. Éste método se aplica generalmente para satélites militares o de diseño muy sofisticado, pero no para las aplicaciones comerciales. El segundo método consiste en la utilización de un transbordador o lanzadera, solo disponible en la agencia espacial NASA. Este vehiculo espacial, que permite llevar varios satélites a bordo, se ubica en una orbita terrestre aproximada a los 200 kilómetros, y mediante una catapulta lanza desde allí el satélite al espacio exterior. Este una vez instalado en el espacio mediante un motor propio, se ubica en una orbita auxiliar de transferencia, denominada Orbita de Hoffman, hasta que alcanza la posición definitiva asignada en la orbita geosincrónica. El tercer método es similar al segundo, pero en lugar del transbordador, se emplea un vector que ubica al satélite en una orbita baja. Luego, desde allí, el procedimiento para llevarlo a su posición final, es muy similar al descrito en el primer método. [5]

El centro de lanzamiento de satélites debe estar situado lo más próximo al ecuador, con el fin de aprovechar la velocidad de rotación máxima de la Tierra durante un lanzamiento hacia el este, consagrando toda la capacidad propulsora del lanzador con

un mínimo de maniobras orbitales de cambio de plano, que resultan costosas en términos energéticos. Además la órbita de lanzamiento debe ser lo más reducida posible, nunca inferior a la latitud del paso de lanzamiento. [6]

Lanzadores espaciales

La misión de poner en órbita un satélite geoestacionario puede ser llevada a cabo por diferentes tipos de lanzadores. En la actualidad hay desarrollados dos tipos de tecnología: ELV (Expendable Launch Vehicles) y STS (Space Transportation System).

Tecnología ELV: Fue la primera que se desarrolló. La mayoría de lanzadores existentes se basan en esta tecnología. Sus dos principales propiedades son:

- El vehículo se pierde en cada lanzamiento, es decir, no es recuperable.
- No lleva tripulación humana.

El vehículo tiene la forma de un típico cohete espacial: cilíndrica, más ancho en la base inferior que en la superior, está formado por varias etapas o partes que se van soltando y cayendo a medida que su combustible se agota. La secuencia de lanzamiento incluye el desplazamiento de la lanzadera hasta la órbita de aparcamiento e inserta el satélite en una órbita de transferencia, a partir de aquí es ya él mismo el que debe encargarse de llegar a la órbita geoestacionaria. En esta tecnología el satélite se encuentra en el extremo superior de la lanzadera cubierto por el denominado FAIRING a modo de cascarón.

Tecnología STS: su desarrollo es posterior al de los ELV y viene motivado por un intento de reducir los costes de los lanzamientos. En contraste con los vehículos no recuperables, sus principales características son:

- La mayor parte de los componentes del lanzador son recuperables.
- Lleva tripulación humana.

Está formado por una nave con forma de avión y tamaño de un DC-9, que se ayuda en su despegue vertical por dos propulsores auxiliares ajenos a la nave. El conjunto se completa con un gran depósito de combustible. A él van sujetos tanto la nave como los propulsores auxiliares. Más tarde perderá tanto los propulsores como el depósito. Por lo que concierne al proceso de lanzamiento el satélite es liberado en la órbita baja. Con la tecnología STS las interfases entre el satélite y el lanzador son mucho más complicadas que en caso de vehículos no recuperables. En este caso la carga útil es transportada en la bodega del interior de la nave que tiene forma de avión. [4]

Durante el lanzamiento

Se utilizan básicamente materiales compuestos para formar la estructura por su ligereza, alta resistencia, y alta rigidez. Las estructuras que se usan mayoritariamente son desplegadas, estando la antena plegada durante el despegue y desplegándose una vez en el espacio. Otro de los puntos críticos en el diseño de la antena es la vibración. La vibración abarca un amplio rango de frecuencias y los picos de aceleración alcanzan varios cientos de m/s^2 . Para evitar que se produzca un

fenómeno de resonancia con un alto nivel de energía de vibración por el lanzamiento, se diseña la antena de tal forma que su frecuencia de resonancia más baja ronde los 30-50 Hz. Para llevar a cabo dicho objetivo se requieren materiales estructurales con un alto módulo específico.

Puntos de lanzamientos



Fig. 1.5 Satélite listo para ser lanzado [6]

La colocación de un satélite en órbita geosíncronica consiste básicamente en situarlo en una órbita de transferencia, inclinada y elíptica. Generalmente se efectúa mediante vehículos de lanzamiento de varias etapas. La inclinación viene determinada por las coordenadas de la base de lanzamientos y la elipticidad por la distancia de su apogeo; debiendo coincidir éste, con el radio de la órbita. Es muy importante optimizar la órbita de transferencia para evitar el consumo de combustible que permitirá mantenerlo más tiempo con vida. [6]

Cuatro son las fases que suelen ser necesarias para colocar a un satélite geoestacionario en su órbita preestablecida:

1.- Lanzamiento y puesta en órbita de aparcamiento. El satélite se sitúa en una órbita terrestre de baja altura. Esa altura y el tiempo de aparcamiento, dependen del vehículo propulsor empleado: Ariane, Delta, Atlas-Centauro, Space Shuttle, etc. El momento del lanzamiento está condicionado a determinados días pendientes de la posición del Sol y la Tierra (la "ventana de lanzamiento").

2.- Órbita de transferencia. Se consigue elíptica y bastante excéntrica activando la 3ª fase del vehículo lanzador, siendo una órbita intermedia en la que se consigue un apogeo de 36,000 Km.

3.- Encendido del motor de apogeo y órbita de deriva. El éxito del lanzamiento depende mucho de la adecuada activación del motor de apogeo. El impulso producido le permite transformar la órbita en ecuatorial y casi circular. Las maniobras que se realizan en la órbita de deriva para ir corrigiendo la posición del satélite, pueden durar hasta tres semanas.

4.- Órbita geoestacionaria. El satélite queda “fijo” en el espacio. Presentando pequeñas derivas en longitud producidas por la no esfericidad total de la Tierra y las derivas en latitud producidas por el efecto gravitatorio del Sol y de la Luna. Estas fuerzas perturbadoras se deben corregir periódicamente durante la vida operacional del satélite para mantenerlo “anclado”. [28]

CAPITULO II.

SISTEMA SATELITAL

CAPITULO II. SISTEMA SATELITAL

Los parámetros del sistema satelital son todos aquellos elementos que conforman al modelo del enlace. Estos parámetros se encuentran en todas las partes del mismo en las que se generen pérdidas de potencia, ya sean provocadas por la forma del terreno o por los aspectos que generan que las señales de radio se desgasten al cruzar el espacio libre, así como la atmósfera. [1]

2.1. ORBITAS

Aproximadamente tres cuartas partes del costo de un satélite está asociado a su lanzamiento y a su mantenimiento en órbita.

2.1.1. DINÁMICA ORBITAL

La dinámica orbital trata el estudio de la trayectoria que sigue un satélite alrededor de la Tierra. Para obtener esta órbita se comienza simplificando el problema: se consideran la Tierra, supuesta esférica y homogénea, y el satélite como los únicos cuerpos que interactúan entre sí y se obtiene la órbita ideal que seguiría el satélite. La órbita así obtenida es una elipse, en uno de cuyos focos se encuentra la Tierra. Estas órbitas son conocidas como órbitas keplerianas, al ser Kepler quien estableció, al comienzo del siglo XVII, que las trayectorias que seguían los planetas alrededor del Sol eran elipses y no combinaciones de movimientos circulares como se había pensado desde Pitágoras.

La ecuación de movimiento (ecuación 2.1) se obtiene considerando que en el modelo simplificado anteriormente expuesto sólo existe la fuerza gravitatoria. Además, se debe verificar la segunda ley de Newton.

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} + \vec{r} \frac{\mu}{r^2} = 0$$

Ecuación 2.1

Para resolverla y obtener así la órbita del satélite, se necesitan seis constantes de integración (las condiciones iniciales). Teóricamente, las tres componentes de la posición y la velocidad en cualquier instante de tiempo se obtienen en función de la posición y la velocidad conocidas en un momento determinado. Alternativamente, la órbita se describe completamente con cinco constantes y un valor variante en el tiempo. Estas constantes se denominan elementos o efemérides orbitales (fig. 2.1) y son las siguientes:

a: semieje-mayor. Describe el tamaño de la elipse.

e: excentricidad. Define la forma de la elipse.

i: inclinación. Ángulo entre el plano de la órbita y el plano del ecuador.

ω : argumento del perigeo. Ángulo, medido a lo largo de la órbita, entre el nodo ascendente y el perigeo de la órbita (punto de la órbita en que la distancia a la Tierra es mínima)

M: anomalía media. Ángulo medido desde el perigeo hasta la posición del satélite, si éste describiera una órbita circular con igual período orbital que en la órbita real.

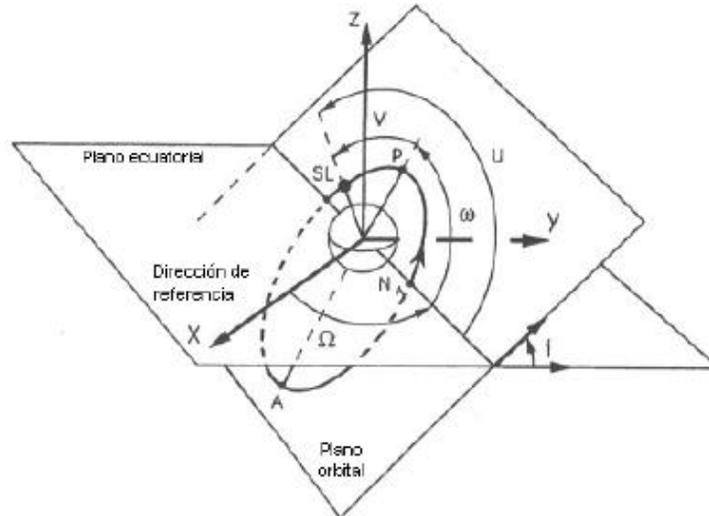


Fig.2.1 Posicionamiento de la órbita en el espacio [3]

La órbita kepleriana así descrita mantiene sus propiedades constantes con el tiempo. En la práctica, el satélite y la Tierra responden a muchas otras influencias incluyendo la asimetría del campo gravitatorio terrestre, los campos gravitatorios del Sol y la Luna, la presión de la radiación solar y otros factores. Éstos causan que la órbita real difiera de la kepleriana, si bien ésta proporciona una buena referencia acerca de la posición del satélite. Estas perturbaciones se tratan mediante la consideración de que los elementos orbitales varían con el tiempo.

Una vez conocida la posición del punto subsatélite, es interesante conocer cuando será visible el satélite desde un punto determinado de la superficie terrestre, con el fin de poder establecer enlaces con el mismo. Surgen así los conceptos de azimut y elevación para la estación terrena, y de huella para el vehículo espacial.

La dinámica orbital, es aplicada a los satélites artificiales, la cual está basada en la mecánica celeste, una rama de la física clásica, la cual comenzó con dos gigantes de la física: Kepler y Newton durante el siglo XVII. Lagrange, Laplace, Gauss, Hamilton, y muchos otros, también contribuyeron al refinamiento matemático de la teoría, empezando con las nociones básicas de la gravitación universal, las leyes de Newton del movimiento, y los principios de conservación de la energía y el movimiento. [3]

Las 3 leyes de Kepler y las leyes de gravitación universal y del movimiento se describen brevemente a continuación:

Leyes de Kepler



Fig. 2.2. Johannes Kepler (1571-1630) [1]

Las propiedades fundamentales de las órbitas son resumidas por las tres leyes del movimiento planetario de Kepler. Kepler descubrió esas tres leyes empíricamente, basadas en conclusiones de notas de extensas observaciones de Marte por Tycho Brahe. A través de estas leyes se estableció el movimiento planetario con respecto al sol; éstas son igualmente aplicables a los satélites con respecto a la tierra y son un buen punto de partida.

1. La órbita de cada planeta (satélite) es una elipse con el sol (tierra) en uno de sus focos. El punto de la órbita en el cual el planeta está más cerca del sol se denomina perigeo, y el punto donde está más lejos del sol se le denomina apogeo.
2. La línea que une al sol (tierra) con el planeta (satélite) barre áreas iguales en tiempos iguales.
3. El cuadrado del periodo de revolución es proporcional al cubo de su eje mayor.

Las primeras dos leyes fueron publicadas en 1609 y la tercera en 1619. [1]

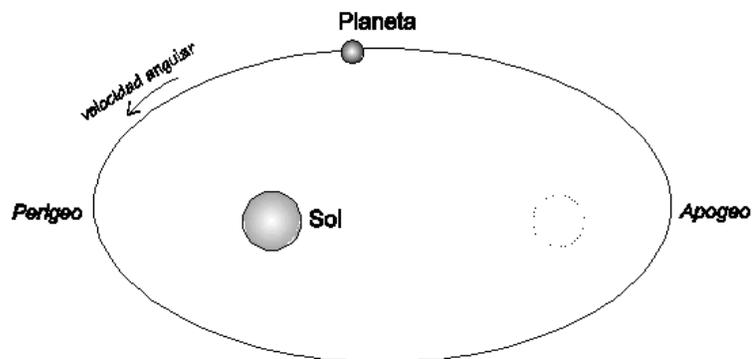


Fig. 2.3 Apogeo y perigeo de una trayectoria orbital celeste [1]

Leyes de Newton

Las leyes fundamentales de la física de la teoría de la mecánica orbital esta basada en la Ley de la gravitación universal y la segunda ley del movimiento de Newton. La ley de la gravitación universal establece que la fuerza de atracción entre dos cuerpos varía de acuerdo al producto de sus masas M y m e inversamente al cuadrado de la distancia r entre ellas y es dirigida a lo largo de una línea que conecta sus centros. Así:

$$F = - GMm/r^2$$

Ecuación 2.2

Donde G es la constante de gravitación universal. La segunda ley de Newton nos dice que la aceleración de un cuerpo es proporcional a la fuerza que actúa en ella e inversamente proporcional a sus masas,

$$F = ma = m dv/dt$$

Ecuación 2.3

Donde $a = dv/dt$ es la aceleración, v es la velocidad, y t es el tiempo. Estas leyes fueron publicadas en 1687. [1]

2.1.2. CARACTERISTICAS DE LAS ORBITAS

Un satélite es transportado a su órbita abordo de un cohete capaz de alcanzar la velocidad suficiente requerida para no verse influenciado por el campo gravitatorio terrestre.

Una vez conseguido esto, es virtualmente posible conseguir cualquier plano o altitud de la órbita mediante la utilización de modernos cohetes. El plano de la órbita se denomina inclinación.

Velocidad de la órbita:

Un satélite puede permanecer en su órbita sólo si su velocidad es lo suficientemente mayor como para vencer la gravedad y menor que la requerida para escapar de la gravedad. La velocidad del satélite es pues como un compromiso entre esos dos factores pero ha de ser absolutamente precisa para la altitud elegida.

$$V=K/(\text{sqrt}(r+a)) \text{ Km/s}$$

Ecuacion 2.4

Donde:

V =a velocidad de la órbita en kilómetros por segundo.

a =altitud de la órbita sobre la superficie de la tierra, en Km.

r =el radio medio de la tierra, aproximadamente 6371Km.

$K=630$

Aunque la tierra no es perfecta y su radio puede variar, vamos a tomar que posee un valor de 6371Km. La velocidad de un satélite con altitud de 200 Km necesitará una $V=177\text{Km/s}$.

La velocidad para un satélite con una altitud de 1075km será de $V=7.3\text{km/s}$ (satélite TRANSIT).

Periodo de la órbita:

El periodo que posee un satélite viene dado por la siguiente fórmula:

$$P=K(r+a/r)^{3/2} \text{ minutos}$$

Ecuación 2.5

Donde:

P=periodo de una órbita en minutos.

a=altitud de la órbita sobre la superficie terrestre.

r=radio medio de la tierra.

K=84.49.

El periodo para un satélite cuya altitud es de 200 Km es: P=88.45 minutos. [3]

2.1.3. TIPOS DE LAS ORBITAS

Existen varios tipos de órbitas de los satélites artificiales los cuales se clasifican:

a) De acuerdo a la distancia de la Tierra:

- Geosincrona
- Geoestacionaria (GEO)
- De baja altura (LEO)
- De media altura (MEO)
- Excéntricas

b) De acuerdo a su plano orbital con respecto al Ecuador:

- Ecuatorial
- Inclínada
- Polar

c) De acuerdo a la trayectoria orbital que describen:

- Circular
- Elíptica (Monlniya)

d) De acuerdo a la combinación de 2 de las anteriores:

- Elíptica inclinada
- Circular polar
- Ecuatorial circular

a) De acuerdo a la distancia de la Tierra:

Órbita Geosincrona: Es una órbita circular con un periodo de un día sideral (es el período de rotación de la Tierra sobre su eje por tanto un día sidéreo T= 23h 56min

4.1s= 86164.1s), es decir, un satélite geosíncrono es un satélite cuyo período de rotación alrededor de la Tierra es igual al período de rotación de la Tierra sobre su eje. El movimiento del satélite es no retrogrado (contrario a las agujas del reloj) si el sentido de giro es el mismo que el de la Tierra. Para tener este periodo la órbita debe tener un radio de 42,164.2 km. (desde el centro de la tierra).

Órbita Geoestacionaria (GEO): Este tipo de órbita posee las mismas propiedades que la geosíncrona, pero debe de tener una inclinación de cero grados respecto al ecuador y viajar en la misma dirección en la cual rota la tierra. Un satélite geoestacionario aparenta estar en la misma posición relativa a algún punto sobre la superficie de la Tierra, lo que lo hace muy atractivo para las comunicaciones a gran distancia, debido a que las antenas terrestres no necesitan seguir el movimiento del satélite. Pero a cambio de esto la distancia Tierra-Satélite es muy grande (aproximadamente 6 radios terrestres) lo que conlleva una gran atenuación, un gran retardo (por encima de 240 ms), antenas parabólicas costosas, amplificadores de bajo ruido y un elevado coste de puesta en órbita. Con sólo 3 satélites GEO se puede cubrir toda la superficie de la tierra,

Periodo del satélite (T)	23 hr, 56 min, 4 seg
Radio de la Tierra (r)	6,377 Km
Altitud del satélite (h)	35,779 Km
Radio de la Órbita (d = r+h)	42,157 Km
Inclinación (respecto al ecuador)	0
Velocidad tangencial del satélite (v)	3.074 km/seg
Excentricidad de la órbita	0

Órbita de Baja Altura (LEO): Estas órbitas se encuentran en el rango de 640 Km a 1,600 Km entre las llamadas región de densidad atmosférica constante y la región de los cinturones de Van Allen. Son órbitas típicamente circulares y su período varía entre 90 minutos y dos horas. Los ángulos de inclinación de las órbitas varían entre 45 y 90°. Los satélites de órbita baja circular son muy usados en sistemas de comunicaciones móviles y puede haber entre 50 y 100 satélites orbitando. Sus principales ventajas es que tienen un menor consumo, con potencias de transmisión bajas, y retardos pequeños (10 ms), además de tener estaciones terrestres de menor coste. En cambio la desventaja es que a diferencia de las órbitas geoestacionarias requieren estaciones terrestres que sigan el movimiento de los satélites. La baja altura de las órbitas LEO mejora la calidad de la señal y reduce el retardo de transmisión. Por otro lado, al tener órbitas más bajas, las huellas son muy cortas, por lo que son necesarios muchos satélites para cubrir la tierra entera en aplicaciones en tiempo real. Mientras un satélite desaparece tras el horizonte, ya debe haber otro apareciendo sobre el lado opuesto. Se requieren unos 40 satélites LEO's para cubrir toda la superficie de la tierra.

Órbitas de Media Altura (MEO): Son las que van desde 9,600 km hasta la altura de los satélites geosíncronos. El periodo de su órbita es de 6-8 horas. Son órbitas elípticas

(4000-15000 Km.) y puede tener unos 10 satélites orbitando, sin embargo consumen más que en una órbita LEO, por tanto el coste de la puesta en órbita es mayor y retardo en la señal que posteriormente será recibida por la estación terrestre también es mayor (70 ms). Los ángulos de inclinación de las órbitas son similares a los de las órbitas LEO (45° - 90°). Los satélites de órbita media son muy usados también en las comunicaciones móviles. Se requieren de 6 y 10 satélites MEO para cubrir toda la superficie de la tierra.

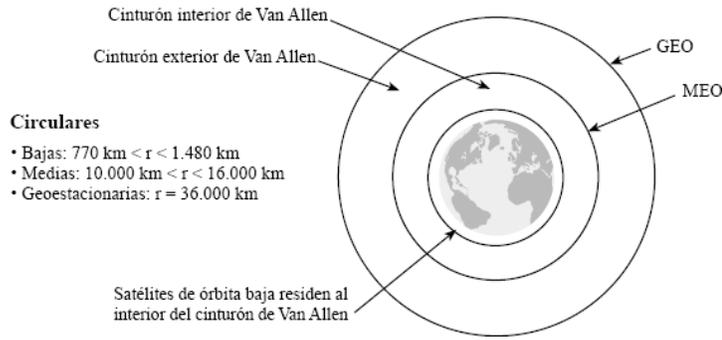


Fig. 2.4 Órbitas usadas por los sistemas satelitales [28]

b) De acuerdo a su plano orbital con respecto al Ecuador: [28]

Órbita Ecuatorial: En este tipo de órbita la trayectoria del satélite sigue un plano paralelo al ecuador, es decir tiene una inclinación de 0 .

Órbitas Inclinadas: En este curso la trayectoria del satélite sigue un plano con un cierto ángulo de inclinación respecto al ecuador.

Órbitas Polar: En esta órbita el satélite sigue un plano paralelo al eje de rotación de la tierra pasando sobre los polos y perpendicular la ecuador.

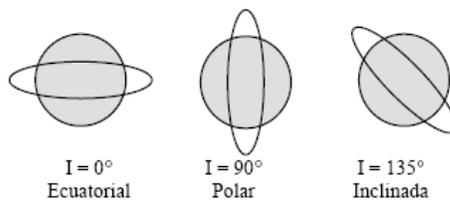


Fig. 2.5 Órbitas Elípticas

c) De acuerdo a la trayectoria orbital que describen:

Órbitas circulares: Se dice que un satélite posee una órbita circular si su movimiento alrededor de la tierra es precisamente una trayectoria circular. Este tipo de órbita es la que usan los satélites geosíncronos.

Órbitas elípticas (Molniya): Se dice que un satélite posee una órbita elíptica si su movimiento alrededor de la tierra es precisamente una trayectoria elíptica. Este tipo de órbitas poseen un perigeo y un apogeo. En los años sesenta comienza la era de los satélites. Por aquel entonces, los rusos utilizaron las llamadas órbitas Molniya, órbitas elípticas, para implantar una constelación de satélites que cubrían fundamentalmente el continente asiático. El problema de las órbitas elípticas es que en el apogeo pierde

velocidad, «iluminando» durante mucho tiempo la Tierra pero a la distancia más lejana, mientras que por el punto más cercano pasa muy rápidamente.

Para la orbita Molniya los parámetros típicos son los de la figura 2.6:

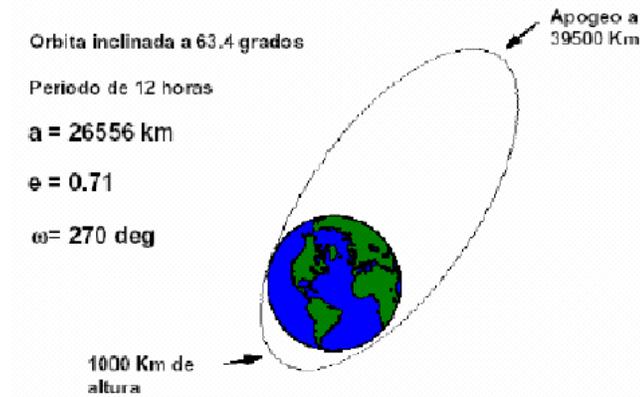


Fig. 2.6 Orbita Molniya [28]

d) De acuerdo a la combinación de 2 de las anteriores: [28]

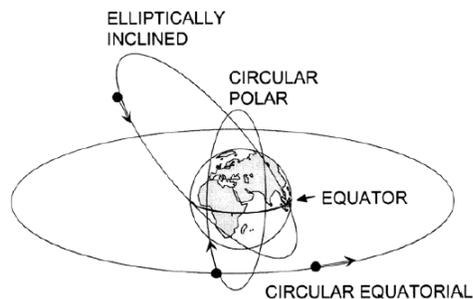


Fig. 2.7 Orbitas Combinadas [28]

Orbita elíptica inclinada: presenta características exclusivas que se han aprovechado en algunos sistemas de comunicación. La órbita elíptica tiene un ángulo de inclinación aproximado de 63° y un periodo orbital de 12hrs. (puede tener un periodo mayor). Deliberadamente se hace visible al satélite durante 8 de las 12 horas del periodo orbital con el fin de minimizar el problema de transferencia y ofrecer una substancial cobertura de las regiones templadas y polares. Usando tres satélites correctamente sincronizados es posible proporcionar cobertura ininterrumpida a una determinada región templada que no quedaría cubierta por estas orbitas. Es usada exclusivamente por los rusos para sus sistemas orbita y molniya. Dado que esta orbita se limita a regiones específicas (de elevada latitud), no se presta para una red mundial.

Orbitas circular polar: Orbita que puede ofrecer cobertura mundial utilizando una serie de satélites separados entre si en tiempo y ángulo orbital, lo que redundaría en inconvenientes técnicos, económicos y operativos. En términos de comunicaciones exige transferencia instantánea de información. Esta orbita no se utiliza para comunicaciones, no obstante, la emplean satélites de navegación, meteorológicos y de tele observación de recursos naturales.

Orbita ecuatorial circular: Orbita circular en el plano ecuatorial que permite utilizar un menor numero de satélites y de estaciones terrenas para cubrir la tierra. Por tener periodos orbitales prolongados (a gran altura) cuentan con mayor visibilidad mutua. Si la orbita esta a una altura de 35,860 km., por sobre la superficie de la tierra (el satélite efectúa una revolución completa de su orbita en 24hrs. y su velocidad de revolución es idéntica a la de la tierra) se dice que el satélite es sincrónico. Si su orbita queda sobre el ecuador y se mueve en la misma dirección de la superficie terrestre, pareciendo estar fijo sobre un punto de la tierra, se llama satélite geoestacionario. La orbita geosincronica es la mas utilizada por la mayoría de los satélites de comunicaciones comerciales existentes. Un sistema de tres satélites geoestacionarios en orbita ecuatorial circular permiten la comunicación a cualquier punto del globo, con la sola excepción de las regiones cercanas a los polos.

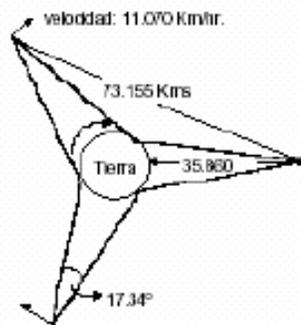


Fig. 2.8. Orbita Ecuatorial Circular [28]

Orbita tundra: Son orbitas elípticas inclinadas (típicamente 63.4°) con periodo de rotación de 24 horas. La excentricidad de la orbita es de 0.25 y el semieje mayor es de 42164 km. La siguiente figura 2.9 muestra la geometría de una de estas orbitas.

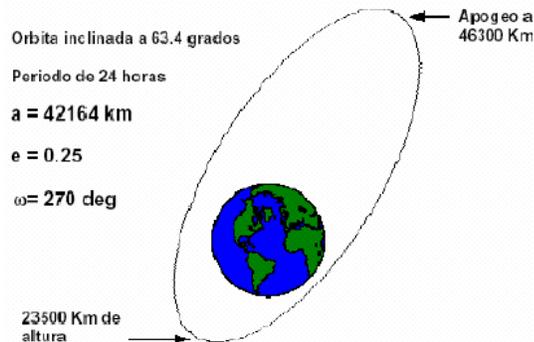


Fig. 2.9. Orbita Tundra [28]

2.1.4. ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS Y ESPACIAMIENTO

Los satélites geosíncronos deben compartir espacio y espectro de frecuencia limitados, dentro de un arco específico, en una órbita geoestacionaria, aproximadamente a 22,300 millas, arriba del Ecuador. La posición en la ranura depende de la banda de frecuencia de comunicación utilizada. Los satélites trabajando, casi o en la misma frecuencia,

deben estar lo suficientemente separados en el espacio para evitar interferir uno con otro. Hay un límite realista del número de estructuras satelitales que pueden estar estacionadas, en un área específica en el espacio. La separación espacial requerida depende de las siguientes variables:

- Ancho del haz y radiación del lóbulo lateral de la estación terrena y antenas del satélite.
- Frecuencia de la portadora de RF.
- Técnica de codificación o de modulación usada.
- Límites aceptables de interferencia.
- Potencia de la portadora de transmisión.

Generalmente, se requieren de 3 a 6° de separación espacial dependiendo de las variables establecidas anteriormente.

Las frecuencias de la portadora, más comunes, usadas para las comunicaciones por satélite, son las bandas 6/4 y 14/12 GHz. El primer número es la frecuencia de subida (ascendente) (estación terrena a transponder) y el segundo número es la frecuencia de bajada (descendente) (transponder a estación terrena). Diferentes frecuencias de subida y de bajada se usan para prevenir que ocurra repetición. Entre mas alta sea la frecuencia de la portadora, más pequeño es el diámetro requerido de la antena para una ganancia específica. La mayoría de los satélites domésticos utilizan la banda 6/4 GHz. Desafortunadamente, esta banda también se usa extensamente para los sistemas de microondas terrestres. Se debe tener cuidado cuando se diseña una red satelital para evitar interferencia de, o interferencia con enlaces de microondas establecidas. [3]

2.1.5. PERTURBACIONES ORBITALES

Hay muchos efectos sutiles que perturban las orbitas satelitales terrestres, invalidando las simples orbitas predecidas por las ecuaciones de gravedad de los dos cuerpos. Algunos de los factores que perturban la orbita son:

- **Asimetría de la tierra:** provocan una deriva Este-Oeste del satélite.
- **Efectos solares y lunares:** Estos efectos del sol y de la luna son las fuerzas de gravedad mas influenciabes sobre los satélites además del campo propio de la tierra. La luna tiende a inclinar la orbita del satélite, también a originar marcas lo que provoca una deriva Este-Oeste del satélite. La atracción del sol combinada con la de la luna provoca una deriva Norte-Sur del satélite.
- **Influencia atmosférica:** se refiere a la fricción que un satélite encuentra a medida que pasa a través de las capas superiores difusos de la atmósfera de la tierra.
- **Presión de la radiación solar:** la presión de la radiación solar es causada por las colisiones entre el satélite y los fotones que irradian desde el sol, los cuales se absorben o se reflejan. [31]

Tabla 2.2 Principales perturbaciones de una órbita geoestacionaria	
CAUSA	EFEECTO
Atracciones de la luna y el sol.	Cambio en la inclinación de la órbita (0.75 a 0.95)
Asimetría del campo gravitacional terrestre (triaxialidad)	Cambios en la posición de longitud del satélite ("deriva", movimiento este-oeste), al alterar su velocidad.
Presión de la radiación solar	Acelera al satélite, cambio en la excentricidad de la órbita (la cual se manifiesta como una variación en longitud), ocasiona giros si la resultante no incide en el centro de la masa.
Estructura no homogénea	Giros alrededor de su centro de masa.
Campo magnético terrestre	Giros, pero menos significativos.
Impacto de meteoritos	Modificación de posición y orientación, posibles daños a la estructura.
Movimientos internos del satélites, (antenas, arreglos solares, combustible), etc.	Pares mecánicos variación del centro de masa

[28]

2.1.6. PERIODO E INCLINACION ORBITAL

Para determinar la órbita de un satélite artificial, y en general de cualquier astro del Sistema Solar, se necesita conocer su apogeo, perigeo, periodo orbital e inclinación de la órbita con referencia al plano del Ecuador terrestre.

El período orbital es el tiempo que tarda en efectuar una revolución completa sobre la Tierra. Su medición puede efectuarse de dos maneras:

1. **Periodo orbital:** Midiendo el tiempo que tarda en recorrer su órbita (de apogeo a apogeo). El resultado es fijo.
2. **Periodo de revolución:** Mesurando el tiempo empleado en cruzar dos veces consecutivas sobre el mismo meridiano. En este caso hay que considerar el desplazamiento propio de la Tierra mientras dura la revolución del satélite.

La inclinación de la órbita es el ángulo que forma su plano con el Ecuador. Si éste es 0° la trayectoria será ecuatorial. Por el contrario si mide los 90° será polar. [28]

2.1.7. PATRONES ORBITALES

Una vez lanzado, un satélite permanece en órbita debido a que la fuerza centrífuga, causada por su rotación alrededor de la Tierra, es contrabalanceada por la atracción gravitacional de la Tierra. Entre mas cerca gire de la Tierra, más grande es la atracción gravitacional y mayor será la velocidad requerida para mantenerlo alejado de la Tierra.

Los satélites de baja altitud tienen órbitas cercanas a la Tierra (160 a 480 km. de altura), viajan aproximadamente a 28,160 km. por hora. A esta velocidad, requieren aproximadamente 1 1/2 hrs. para girar alrededor de la Tierra. Consecuentemente el tiempo que el satélite esta visible en una estación terrestre en particular, es solamente 1/4 hora o menos por órbita.

Los satélites de altitud media (9,600 a 19,300 km. de altura), tienen un periodo de rotación de 5 a 12 hrs. y permanecen a la vista de una estación terrestre específica de 2 a 4 hrs. por órbita. Los satélites geosíncronos de alta altitud (30,570 a 40,200 km.), viajan aproximadamente a 11,070 km. por hora y tienen un período de rotación de 24 hrs., exactamente el mismo que la Tierra. De esta manera, permanecen en una posición fija, con respecto a una estación de la Tierra específica y tienen un tiempo de disponibilidad de 24 hrs.

Un satélite puede tomar tres trayectos, conforme gira alrededor de la Tierra:

1. Cuando gira en una órbita arriba del Ecuador, se llama órbita ecuatorial;
2. Cuando gira en una órbita arriba de los polos norte y sur (órbita polar), y
3. Cualquier otro trayecto orbital (órbita inclinada).

Un nodo ascendente, es el punto en donde la órbita cruza el plano ecuatorial de Sur a Norte; un nodo descendente, es el punto donde la órbita cruza el plano ecuatorial de Norte a Sur. La línea que une a los nodos ascendentes y descendentes por el centro de la Tierra, se llama línea de nodos.

2.1.8. COBERTURA

Los sistemas de satélites pueden ser en base a su cobertura: [3]

- Globales
- Regionales
- Domésticos

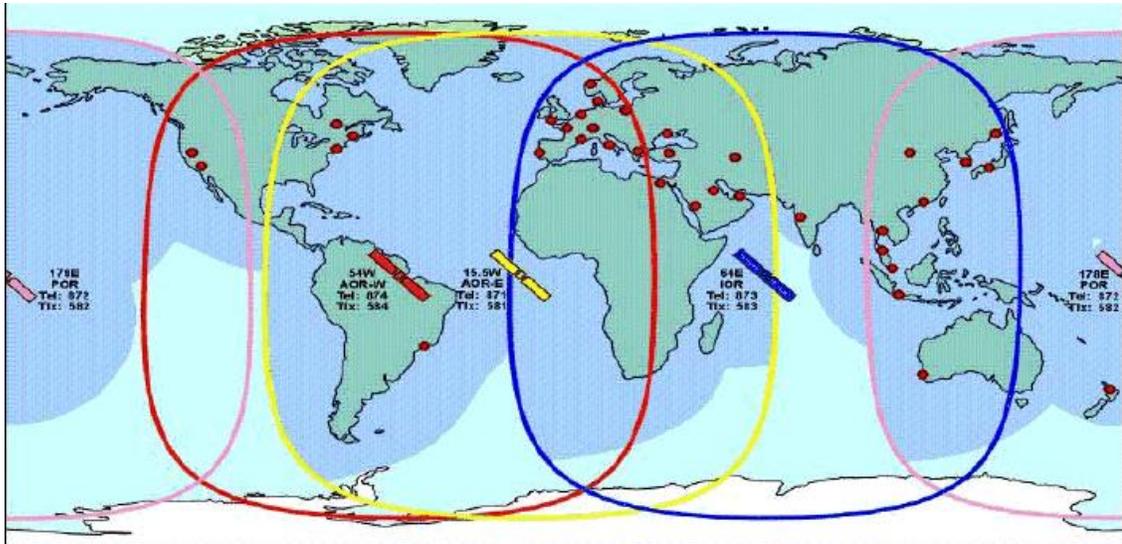


Fig. 2.10 Cobertura Global (Inmarsat) [3]

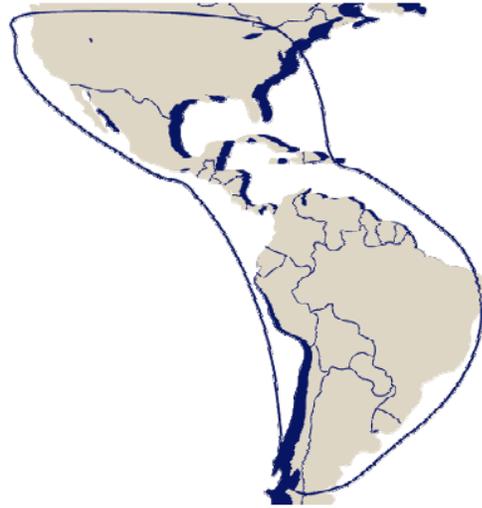


Fig. 2.11 Cobertura Regional (Satmex 6) [3]

La misión de un satélite de comunicaciones especifica la cobertura de una zona de servicio mediante unos objetivos mínimos de radiofrecuencia. Dentro de la zona de servicio se comprueban estos objetivos en un conjunto de coordenadas geográficas o puntos de referencia de la zona de servicio.

Contorno de la zona de servicio y contorno geométrico

El contorno de la zona de servicio hace referencia a la unión de los puntos de referencia de la zona de servicio tal y como son vistos desde la posición nominal del satélite (en ausencia de error de apuntamiento).

A cada punto del contorno de la zona de servicio se le asigna un área de incertidumbre que rodea todos los posibles desplazamientos del punto producidos por el movimiento del satélite. Se trata de un círculo centrado en el punto considerado con un radio igual al error angular de apuntamiento.

El contorno geométrico hace referencia al contorno que rodea la zona de servicio ensanchada por las áreas de incertumbre de sus puntos e incluye los efectos combinados de desapuntamiento debidos al movimiento del satélite y al desplazamiento del satélite respecto a la región geográfica considerada.

Cobertura global y reducida

Se alcanza cobertura global cuando el contorno geométrico de la zona de servicio rodea toda la parte visible de la tierra correspondiente a un determinado ángulo de elevación.

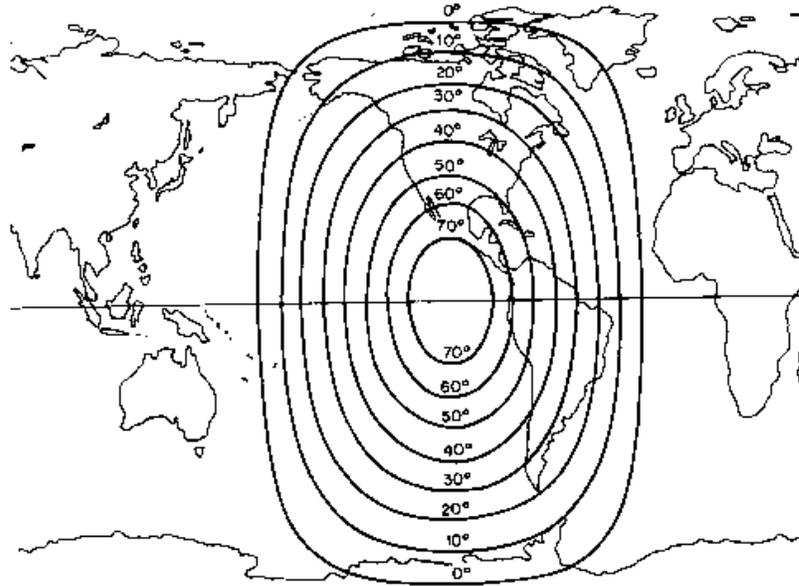


Figura 2.12 Coberturas [6]

Cuando la cobertura no es global se dice que es reducida y debe entonces referirse a una región específica de la tierra vista desde el satélite. Se define para la cobertura reducida un punto de referencia llamado centro de la cobertura. [6]

Un ejemplo de cobertura geoestacionaria es el sistema Inmarsat (internacional Maritime Satellite Organization) Organización Internacional fundada en 1979 con el fin de mejorar las comunicaciones marítimas e incrementar la seguridad gracias a los satélites. Funciona a modo de cooperativa, actualmente único proveedor de comunicaciones globales por satélites para aplicaciones comerciales, de urgencia y de seguridad tanto para móviles, terrestres y para la comunidad aeronáutica y marítima.

Un ejemplo de cobertura orbita baja (LEO) se utilizan los sistemas de comunicaciones globales: IRIDIUM y GLOBALSTAR. Sistemas que emplean satélites de orbita baja, pero distintas configuraciones. [8]

2.2. ESTRUCTURA BASICA DE UN SATELITE

2.2.1. CLASIFICACION DE LOS SATÉLITES

2.2.1.1. SATÉLITES NATURALES

Se denomina satélite natural a cualquier objeto que orbita alrededor de un planeta. Generalmente el satélite es mucho más pequeño y acompaña al planeta en su evolución alrededor de la Estrella que orbite (si orbita alguna).

En el caso de la Luna, tiene una masa tan similar a la masa de la Tierra que podría considerarse como un sistema de dos planetas que orbitan juntos (sistema binario de planetas). El satélite de comunicación más antiguo es la luna siendo un magnifico reflector de ondas de radio. Presentando los inconvenientes por que esta por encima de horizonte solo la mitad del día y por que se mueve por el cielo. Tal es el caso de Plutón y su satélite Caronte. Si dos objetos poseen masas similares, se suele hablar de sistema binario en lugar de un objeto primario y un satélite. El criterio habitual para considerar un objeto como satélite es que el centro de masas del sistema formado por los dos objetos esté dentro del objeto primario. El punto más elevado de la órbita del satélite se conoce como apoápside.

Por extensión se llama lunas a los satélites de otros planetas. También por extensión se llama satélite natural o luna a cualquier cuerpo natural que gira alrededor de un cuerpo celeste, aunque no sea un planeta. [10]

Clasificación de los satélites en el Sistema Solar

En el Sistema Solar se puede clasificar los satélites según:

- **Satélites pastores:** Cuando mantienen algún anillo de Júpiter, Saturno, Urano o Neptuno en su lugar.
- **Satélites troyanos:** Cuando un planeta y un satélite importante tienen en los puntos de Lagrange L_4 y L_5 otros satélites.
- **Satélites coorbitales:** Cuando giran en la misma órbita. Los satélites troyanos son coorbitales, pero también lo son los satélites de Saturno: Jano y Epimeteo que distan en sus órbitas menos de su tamaño y en vez de chocar intercambian sus órbitas.
- **Satélites asteroidales:** Algunos asteroides tienen satélites a su alrededor como Ida y su satélite Dactyl. El 10 de agosto de 2005 se anunció el descubrimiento de un asteroide Silvia que tiene dos satélites girando a su alrededor, Rómulo y Remo. Rómulo, la primera luna, se descubrió el 18 de febrero de 2001 en el telescopio W. M. Keck II de 10 metros en Mauna Kea. Tiene 18 km de diámetro y su órbita, a una distancia de 1370 km de Silvia, tarda en completarse 87,6 horas. Remo, la segunda luna, tiene 7 km. de diámetro y gira a una distancia de 710 km, tardando 33 horas en completar una órbita alrededor de Silvia.

Satélites en el Sistema Solar

En los planetas y planetas enanos del Sistema Solar se conocen 170 satélites, distribuidos:

Tierra: 1
 Marte: 2
 Júpiter: 63
 Saturno: 60
 Urano: 27
 Neptuno: 13
 Plutón: 3

Disnomia: Los planetas Mercurio y Venus no tienen ningún satélite natural. Sucesivas misiones no tripuladas han aumentado cada cierto tiempo estas cifras al descubrir nuevos satélites, y aún pueden hacerlo en el futuro. [10]

2.2.1.2. SATÉLITES ARTIFICIALES

Un satélite artificial es cualquier vehículo destinado a girar en torno a un planeta, especialmente la Tierra, colocado en órbita mediante un cohete polietápico (de varias etapas) o desde otro vehículo espacial. [4]

Capaz de recibir y transmitir señales en forma analógica o digital de alta calidad, a cualquier punto de la tierra. La mayoría de los satélites se colocan en el arco satelital; es decir, en la órbita geostacionaria a una altura aproximada de 36,000 Km. sobre el ecuador; su velocidad es igual a la de la rotación terrestre y giran sobre su propio eje; por ello, cada satélite parece inmóvil con respecto a la Tierra, permitiendo que las antenas fijas apunten directamente hacia cualquier satélite.

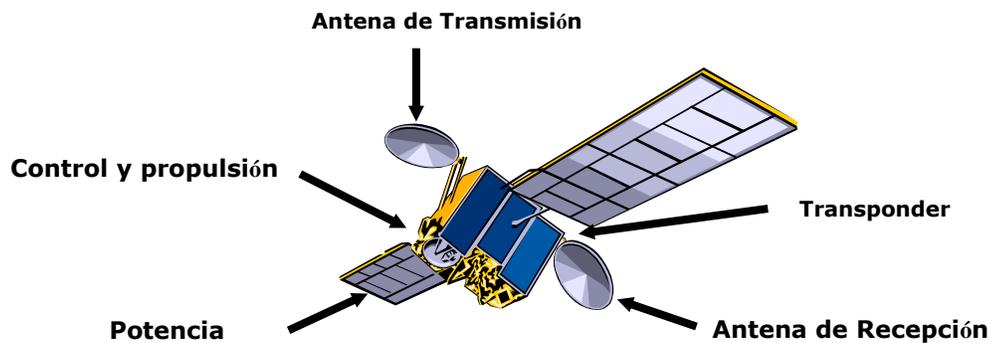


Fig. 2.13 Ejemplo de un satélite artificial [34]

Esta formado por transpondedores y suele tener entre 24 y 72. El satélite toma su energía de la radiación solar, cada uno tiene un tiempo de vida determinado que varía según la cantidad de combustible que posee. Dicho combustible sirve para mover al satélite cada vez que éste se sale de su órbita, si el satélite pierde su posición y no tiene combustible, no hay manera de regresarlo ya que es atraído por las fuerzas espaciales hasta que se pierde. El satélite tiene un margen bien determinado en el espacio, como un cubo imaginario de aproximadamente 75 Km. por lado, en el cual se desplaza sin salirse de control. [34]

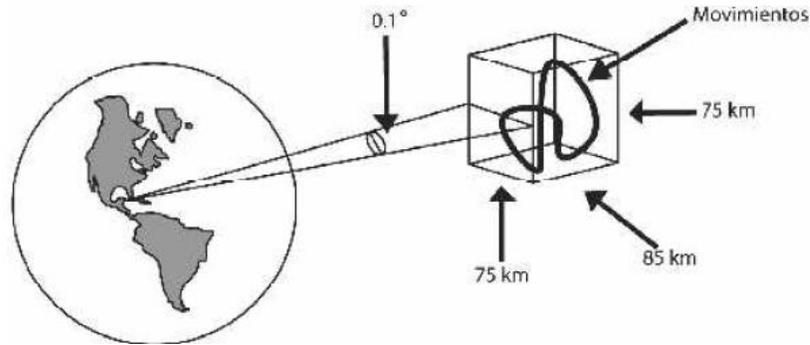


Fig. 2.14 Cubo imaginario [34]

El satélite esta conformado por las siguientes partes principales:

- Arreglo de paneles solares.
- Reflectores orientados al este y al oeste.
- Amplificador de antena.
- Sensores.
- Antena dipolo para banda L.
- Varios subsistemas para el control del satélite.

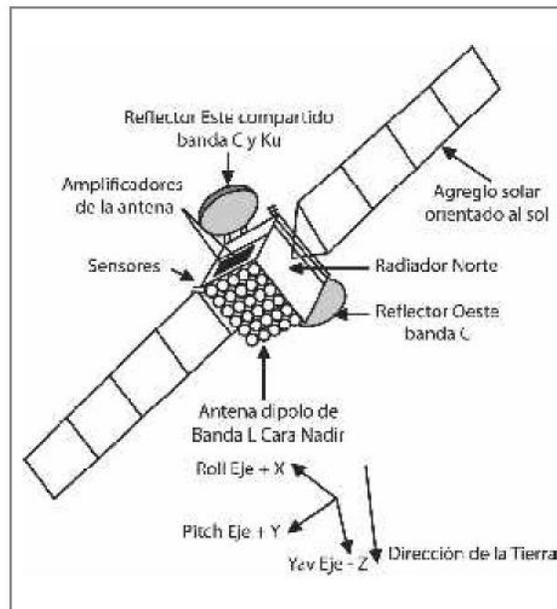


Fig. 2.15 Partes de un satélite artificial [34]

2.2.1.2.1 ANATOMIA DE UN SATELITE

Un satélite tiene dos secciones: la carga útil o sistema de comunicación (payload) y el sistema de plataforma (bus).

2.2.1.2.1.1. CARGA UTIL (DE COMUNICACIÓN)

La carga útil es la razón de ser del satélite, es aquella parte que recibe, amplifica y retransmite las señales con información útil. La carga útil es la información del usuario que será transportada a través del sistema.

Pero para que la carga útil realice su función, la plataforma debe proporcionar ciertos recursos: el *bus* proporciona potencia eléctrica, orientación, estabilidad, capacidad de control y de configuración al payload, (subsistema que se utiliza para los diferentes servicios y aplicaciones, como voz y datos, radiodifusión sonora, TV, Internet, telefonía rural y educación a distancia). El *bus* incluye mecanismos de control que apoyan la operación de carga útil.

El módulo de carga útil es aquel en que están instalados los instrumentos que justifican la misión espacial. Podemos encontrar desde cámaras hasta telescopios, pasando por detectores sensibles a fenómenos atmosféricos, antenas y amplificadores para comunicaciones, entre otros. Para los satélites de comunicaciones, la carga útil esta conformada por transpondedores (TXP). [28]

La carga útil es la razón de ser del satélite, es aquella parte del satélite que recibe, amplifica y retransmite las señales con información útil.

Es el elemento funcional más importante para su uso en telecomunicaciones. Consta de transpondedores y antenas de comunicaciones. En ocasiones cuenta con elementos de procesamiento y conmutación a bordo. [6]

2.2.1.2.1.2. PLATAFORMA

Pero para que la carga útil realice su función, la plataforma debe proporcionar ciertos recursos:

- La carga útil debe estar orientada en la dirección correcta.
- La carga útil debe ser operable y confiable sobre cierto periodo de tiempo especificado.
- Los datos y estados de la carga útil y elementos que conforman la plataforma deben ser enviados a la estación terrestre para su análisis y mantenimiento.
- La órbita del satélite debe ser controlada en sus parámetros.
- La carga útil debe de mantenerse fija a la plataforma en la cual está montada.
- Una fuente de energía debe estar disponible, para permitir la realización de las funciones programadas. [26]

La plataforma se compone de estos elementos:

- Estructura.
- Subsistema de Estabilización.
- Subsistema de Potencia.
- Subsistema de Control Térmico.

- Subsistema de Telemetría, Comando y Control (TT&C).
- Subsistema de Procesamiento de Datos
- Subsistema de Propulsión.

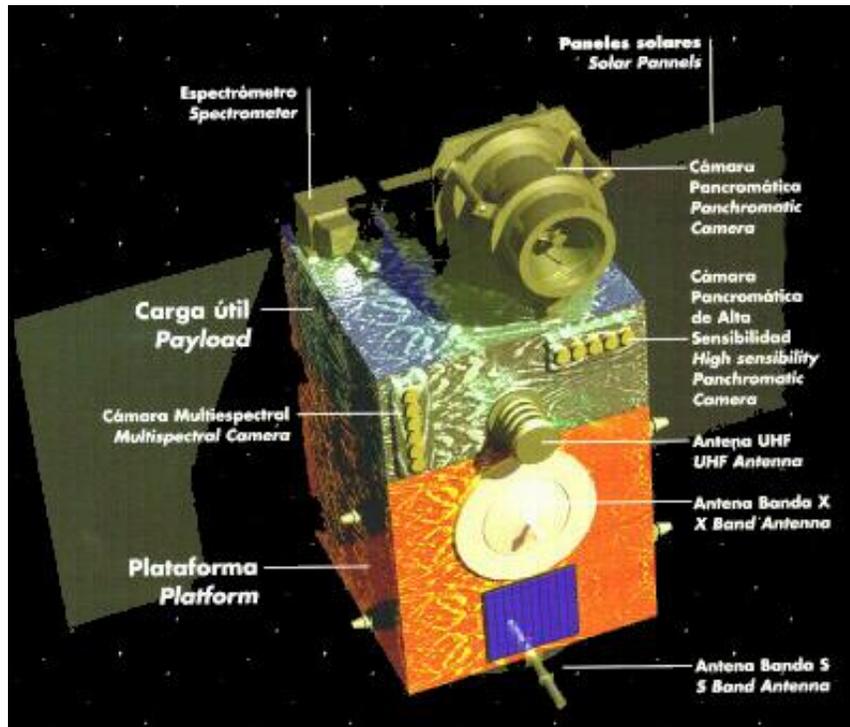


Fig. 2.16 Carga útil y plataforma de un satélite [26]

2.2.1.2.2. SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN DE UN SATELITE

Durante su vida útil, los satélites están sometidos permanentemente a distintas fuerzas, por lo que es necesario estabilizarlos para que mantengan sus parámetros orbitales dentro de los límites adecuados. Esto significa que el satélite siempre debe estar ubicado en la posición correcta y también perfectamente orientado, con respecto a la superficie de la tierra, de forma tal que ilumine la zona para la cual ha sido dispuesto. [5]

- Estabilización triaxial
- Estabilización axial (por Spin)
- Estabilización Pasiva
- Estabilización Nula [6]

Hay dos clasificaciones principales para los satélites de comunicaciones: hiladores (spinners o por giro) y satélites estabilizadores de tres ejes.

2.2.1.2.2.1. HILADOR o AXIAL

Los satélites estabilizados por giro son cilíndricos y llevan las celdas solares montadas sobre la mayor parte de su superficie, envolviendo casi totalmente su perímetro. En estos satélites estabilizados por giro o por rotación, cada vez mas en desuso no todas las celdas solares están expuestas al Sol en todo momento, y solamente se aprovecha una parte de ellas para efectuar la conversión a electricidad; de hecho el porcentaje aprovechado en cada instante es de aproximadamente un tercio a consecuencia de la parte oculta al Sol y la pared curva del cuerpo cilíndrico del satélite sobre el cual están montadas las celdas.

Los satélites espinar (spinners), utilizan el movimiento angular de su cuerpo giratorio para proporcionar una estabilidad de giro. [7]

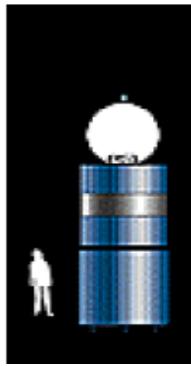


Fig. 2.17 Axial (por giro, spin) [7]

2.2.1.2.2.2. TRIAXIAL

En cambio, los satélites con un estabilizador de tres ejes, no tienen una geometría cilíndrica sino que se asemejan a un “cubo” o caja paralelepípeda, y normalmente emergen dos largos paneles solares de sus costados en forma de alas y permanece fijo en relación a la superficie de la Tierra, mientras que el subsistema interno proporciona una estabilización de giro.

Los satélites de cuerpo fijo con estabilización triaxial, en su interior hay volantes inerciales que actúan como giróscopos y que mantienen estable al satélite sin necesidad de que este gire. Sus paneles solares cuentan con un mecanismo para orientarse constante y óptimamente hacia los rayos del Sol; esto permite aprovechar al máximo las celdas, y todas al mismo tiempo, ya que la eficiencia de conversión es función del ángulo de incidencia de los rayos del Sol sobre ellas. Por tal este tipo de satélites brindan mayor capacidad de generación de energía eléctrica que la de los estabilizados por rotación, e invariablemente se opta por ellos cuando los requisitos de potencia lo exigen; tal es el caso de la mayoría de los satélites actuales, que necesitan varios kilowatts de potencia para operar eficaz y económicamente. [7]

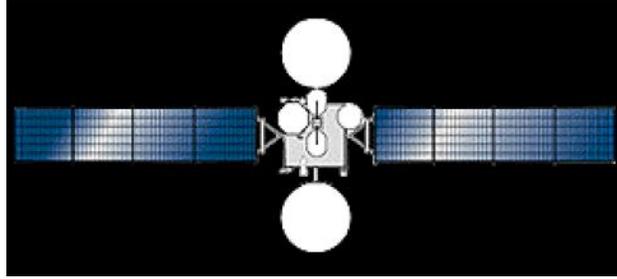


Fig. 2.18 Triaxial (giróscopos) [7]

2.2.1.2.3. ORIENTACION SATELITAL

Latitud-Longitud. Para describir el paso de un satélite orbitando, debemos designar un punto de observación (o de referencia). Este punto podrá tratarse de un lugar distante, tal como una estrella, o un punto en la superficie de la tierra, o también el centro de la Tierra, que a su vez es el centro de gravedad del cuerpo principal.

En caso de tomar como lugar de observación un punto en la superficie de la Tierra, debemos estar en condiciones de localizar dicho punto mediante algún método.

Este método de localización es a través de un trillado imaginario (denominados meridianos); líneas que conforman un cuadrículado sobre la superficie terrestre:

- Las líneas verticales se denominan Longitud. Se extienden del Polo Norte al Polo Sur; son círculos iguales al contorno de la Tierra que se intersectan en los polos. Se ha definido por convención, como primer meridiano o Longitud cero grados, al que pasa por la ciudad de Greenwich, tomando su nombre; y
- Las líneas horizontales se denominan Latitud. Son 360 líneas, lo que equivale a 18 círculos completos. De esta manera se componen los 360 grados de Longitud, partiendo desde la línea de Longitud 00 hacia el Este. Las líneas de Latitud son círculos paralelos y horizontales, siendo el círculo mayor el ubicado en la línea del Ecuador, denominado Latitud cero grados.

De esta forma existen 90° hacia el hemisferio Norte, denominados Latitud Positiva y 90° hacia el hemisferio Sur, denominados Latitud Negativa. Por lo tanto mediante la intersección de las coordenadas de Latitud y Longitud podremos localizar cualquier punto sobre la superficie de la Tierra.

También de este modo puede ser estimada la posición de un satélite en el espacio: con Latitud, Longitud y una altura, que estará referida a un punto sobre la Tierra (la intersección de la recta que une al satélite con el centro de la Tierra y la superficie terrestre).

Ángulos de Vista. Para orientar una antena desde una estación terrena hacia un satélite, es necesario conocer los ángulos de vista, que son: ángulo de elevación y azimut.

Ángulo de elevación. Es el ángulo formado entre la dirección de viaje de una onda radiada desde una antena de estación terrena y la horizontal, o el ángulo de la antena de la estación terrena, entre el satélite y la horizontal. Entre más pequeño sea ese ángulo de elevación, mayor será la distancia que una onda propagada debe pasar por la atmósfera de la Tierra. Como cualquier onda a través de la atmósfera terrestre, sufre absorción y también puede contaminarse severamente por el ruido. Si el ángulo de elevación es demasiado pequeño y la distancia de la onda dentro de la atmósfera de la Tierra es demasiado larga, la onda puede deteriorarse hasta el grado de proporcionar una transmisión inadecuada. Generalmente, 5° es considerado como el mínimo ángulo de elevación aceptable.

Azimut. Es el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena. Se toma como referencia el Norte como cero grados, y si continuamos girando en el sentido de las agujas del reloj, hacia el Este, llegaremos a los 90 de Azimut. Hacia el Sur tendremos los 180 de Azimut, hacia el Oeste los 270 y por último llegaremos al punto inicial donde los 360 coinciden con los 00 del Norte. El ángulo de elevación y el azimut, dependen ambos, de la latitud de la estación terrena, así como el satélite en órbita. [28]

2.2.2 TRANSPONDEDOR

Parte esencial del subsistema de comunicaciones de un satélite que tiene como función principal amplificar la señal que recibe de la estación terrena, cambiar la frecuencia y retransmitirla nuevamente a una estación terrena ubicada dentro de su área de cobertura, cuenta con varias antenas que reciben y envían señales desde y hacia la Tierra. Los satélites tienen Transpondedores verticales y horizontales. Sus principales características son su factor de ruido, su linealidad y su potencia de salida. [14]

Es el encargado de amplificar cada canal de comunicaciones de manera independiente y aislada, del resto de canales y frecuencias a las que opera el satélite. Podemos clasificar estos en dos tipos: los regenerativos y los transparentes. Los primeros procesan la señal en banda base, requiriendo un proceso de demodulación y modulación. Permitiendo la separación y adición de los contenidos en baja frecuencia, posibilitando el desacoplo de las entradas y salidas. Los segundos carecen de algún procesamiento de la señal, solo la amplifican y la retransmiten.

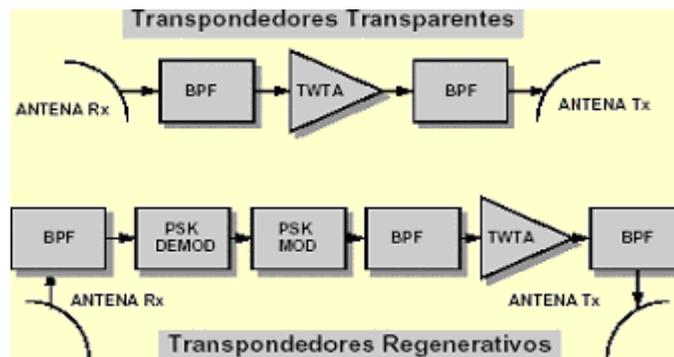


Figura. 2.19 Tipos de transpondedores. [25]

El transpondedor esta constituido por un filtro pasabandas (FPB), el cual se encarga de limpiar el ruido que la señal adquiere en la trayectoria de subida, además de que servirá como seleccionador de canal, ya que cada canal satelital requiere un transpondedor por separado. Le sigue un amplificador de bajo ruido (LNA) y un desplazador de frecuencia, el cual tiene la función de convertir la frecuencia de banda alta de subida a banda baja de salida, después seguirá un amplificador de baja potencia el cual amplificara la señal de RF para el enlace de bajada, las señal será filtrada y regresada hacia la estación terrena. La figura 2.20 muestra el transpondedor ubicado en el satélite. [1]

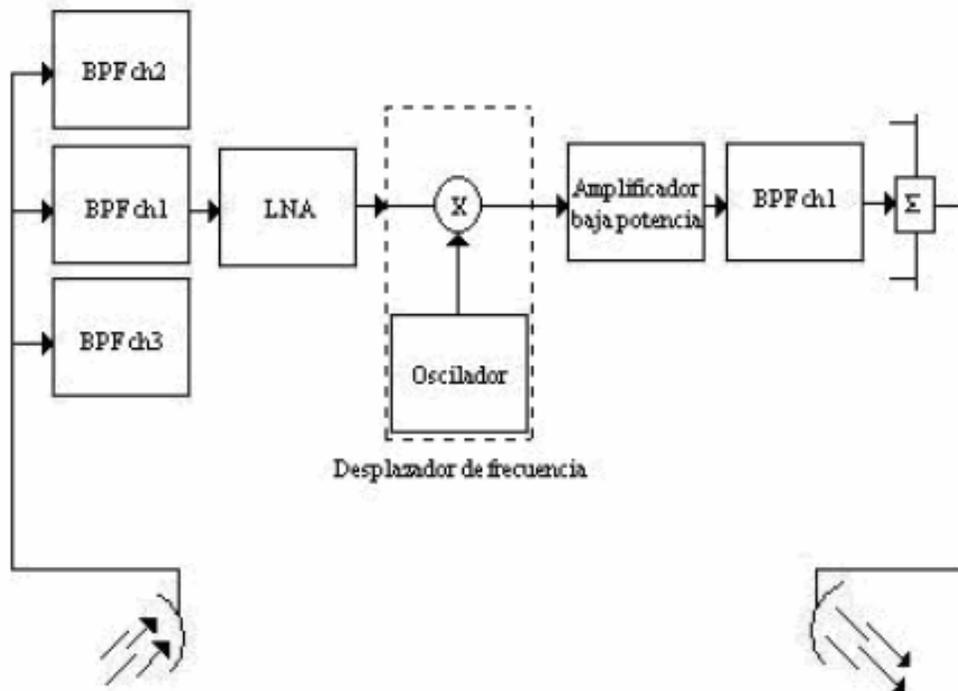


Fig. 2.20 Etapas básicas de un transpondedor [1]

Recoge la señal entrante de la antena receptora, ésta es amplificada por un LNA (amplificador de bajo ruido), que incrementa la señal sin admitir ruido. De la salida del LNA la señal es introducida a un filtro Pasa Banda (FPB) para eliminar lo que no pertenece a la señal original y luego esta señal se pasa a un convertidor de frecuencia (OSC) que reduce la señal a su frecuencia descendente, ésta pasa para su amplificación final a un HPA (amplificador de alta potencia, usualmente de 5 a 15 watts), que tiene un amplificador de potencia de estado sólido (SSPA) como amplificador de salida. Una vez concluido el proceso, la señal pasa a la antena descendente y se realiza el enlace con la estación receptora.

Y sus principales funciones son:

- **Recibir y transmitir señales.**
- **Aumentar la potencia de las señales.** Este proceso es indispensable, ya que sin la potencia suficiente la información llegará en forma deficiente o simplemente no se recibirá.

- **Disminuir la frecuencia e invertir la polaridad.** Son dos maneras de evitar que las señales, tanto de ascenso como de descenso, se interfieran y de que existan pérdidas en la información. [18]

Subsistemas del transpondedor:

- Conmutador TDMA con capacidad para 20,000 switches
- Computadora a bordo del satélite (Satellite Power PC)
- Amplificador de potencia HPA del satélite: TWTA en banda Ku de 250W
- Amplificador de potencia HPA del satélite: TWTA en banda Ku de 120W con fuente de poder
- Amplificador de potencia HPA del satélite: TWTA doble en banda Ku de 140W c/u
- Antenas:
- Antena desfundable, para comunicaciones móviles, 12m se puede reducir a 1.2m por 0.9m.
- Antena UHF para aplicaciones militares. polarización circular.
- Antenas en cámara anecoica probando directividad y patrón de radiación. [6]

Transpondedor	Estructura	Ancho de banda	Banda
Tipo N	Angosto	36 MHz	C 6/4 GHz
Tipo W	Ancho	72 MHz	C 6/4 GHz
Tipo Ku	Ancho	54 o 108 MHz	Ku 14/12 GHz
Tipo Ku	angosto	36 MHz	Ku 14/12 GHz

2.2.3. CONFIGURACIÓN DE ENLACE

Factores en el diseño de enlaces satelitales:

- Peso del satélite (limita el tamaño de las celdas y \ la potencia).
- Bandas de frecuencia asignadas.
- Dimensiones máximas del satélite y de las antenas terrenas.
- Técnica de acceso múltiple para compartir el espectro.

El enlace descendente es crítico ya que la potencia que transmite el satélite está limitada. La distancia del satélite introduce grandes pérdidas 36,000 km introduce 90 dB de pérdidas. Las potencias recibidas no exceden 100 dBW. La señal debe exceder entre 5 y 25 dB el nivel ruido del receptor. [30]

Los factores que intervienen en los enlaces ascendentes y descendentes

Se trata de definir los factores que intervienen en los enlaces entre el suelo y el satélite (ascendente) y entre el satélite y el usuario en el suelo (descendente).

Potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE):

Una antena isotrópica emite en todas las direcciones de la esfera. Una antena colocada en el foco de una parábola emite un fino haz que contiene toda la potencia del emisor, con lo que la potencia en vatios por metro cuadrado es mucho más importante y recibe el nombre de ganancia de la antena (G). Cuanto mayor es la antena, más estrecho será su haz radiado. La dimensión de la antena en el suelo no está limitada, mientras que la del satélite debe caber en la cofia de la lanzadera. La PIRE se calcula conociendo la potencia del emisor y la ganancia de la antena y se expresa en decibelios de la forma:

$$\text{PIRE} = 10 \log (P_t \times G)$$

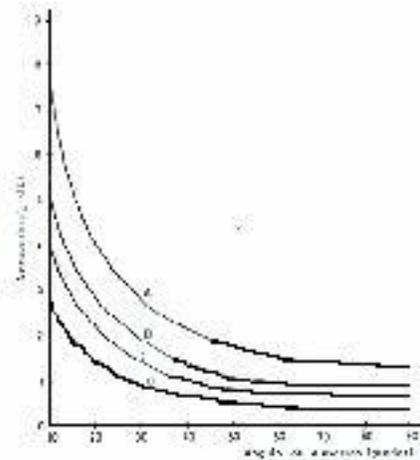
Debilitamiento durante el trayecto:

Fig. 2.21 Atenuación atmosférica [6]

Comprende:

- El debilitamiento en el espacio libre, que es función de la frecuencia y de la distancia.
- El debilitamiento debido a la absorción atmosférica, que varía entre 1,5 dB para el 99% del mes más desfavorable y 4,5 dB durante el 0,1% del mes más desfavorable.

Ganancia a la entrada del receptor:

La ganancia de una antena se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia y la densidad de potencia que radiaría a la misma distancia una antena isotrópica con la misma potencia entregada.

Relación C/N (carrier / noise o portadora / ruido):

Es la relación entre la potencia de la señal recibida (C) en la banda de frecuencia (B) del receptor y la potencia (N) del ruido que viene dada por la expresión $N=kTB$:

$$\text{C/N} = E + G - A - 10 \log T - 10 \log B - 10 \log k$$

Donde:

E = PIRE (dBW)

G = ganancia de la antena en dB,

A = atenuación global en dB

T = temperatura de ruido de la antena y del cabezal LNB
 B = anchura de banda FI del receptor (Mhz)
 k = constante de Boltzmann.

Factor de calidad G/T de la estación:

Este factor permite elegir la antena más conveniente en función de C/N.

$$(G/T) \text{ dB} = C/N + E + A + 10 \log B + 10 \log k$$

Enlace ascendente:

Los mismos parámetros son aplicables tanto al enlace ascendente como al descendente: PIRE, debilitamiento en el espacio libre, debilitamiento debido a la absorción atmosférica, ganancia en la entrada del receptor y relación C/N. Sin embargo el problema que ha de resolverse en cada caso es muy diferente. La estación terrestre no está limitada ni por la potencia del emisor ni por la dimensión de la antena. [6]

2.2.3.1. CONDICIONES AMBIENTALES

Posibles imperfecciones en un canal de comunicación son: ruido impulsivo, ruido térmico, tiempo de propagación, función de transferencia de canal no lineal, caídas súbitas de la señal (microcortes), limitaciones en el ancho de banda y reflexiones de señal (eco). Muchos de los modernos sistemas de telecomunicación obtienen ventaja de algunas de estas imperfecciones para, finalmente, mejorar la calidad de transmisión del canal. [10]

Para fines de un diseño más exacto es necesario conocer no solo los efectos básicos de propagación de las ondas de radio, sino también la ubicación en donde se efectuar el enlace para así poder definir como influyen los aspectos climáticos sobre el cálculo del presupuesto de enlace. La atenuación de ondas de radio en la atmósfera se debe principalmente a dos efectos:

- Atenuación por gases en la atmósfera L_g
- Atenuación por hidrometeoros L_r

2.2.3.1.1. ATENUACIÓN POR GASES EN LA ATMÓSFERA

La atenuación por gases atmosféricos L_g se obtiene de calcular el índice de atenuación Abs de la curva que se muestra en la figura 2.22, la cual indica el índice en (dB/Km) contra la frecuencia de transmisión. Nótese que en la curva a frecuencias aproximadas a los 22.235GHz, 53.5GHz y 65.2GHz generan una gran cantidad de pérdidas en potencia, por lo que las bandas de comunicaciones comerciales han decidido desecharlas y no tomarlas en cuenta para efectos de comunicaciones satelitales. El índice de atenuación será multiplicado por la distancia de la trayectoria atmosférica d_{at} . La ecuación 2.1 sirve para calcular la distancia de la trayectoria atmosférica, la cual depende del ángulo de elevación de la antena así como de la altura de la atmósfera, las cuales se pueden observar en la figura 2.23. [3]

La altura será considerada de 10 km debido a que ésta es la altura de la atmósfera a nivel del mar.

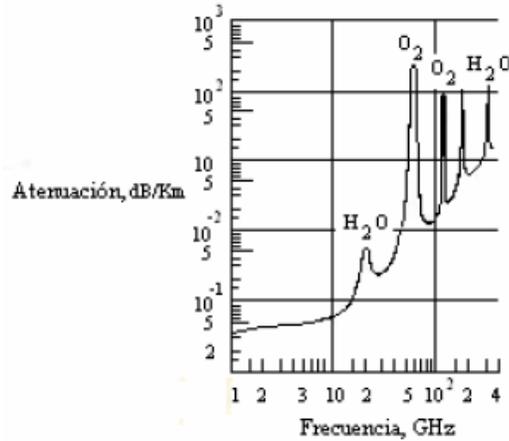


Figura 2.22 Grafica del índice de atenuación, dB/Km. [3]

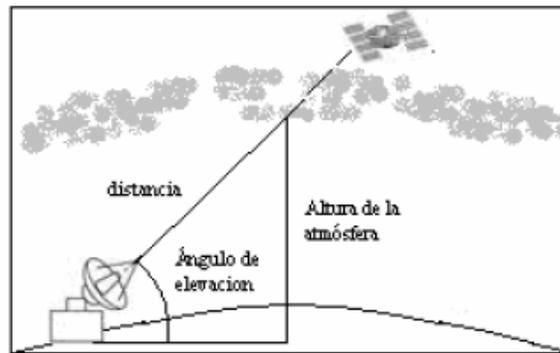


Figura 2.23 Altura de la atmósfera a nivel del mar. [3]

La atenuación atmosférica por cielo claro (sin lluvia) se debe principalmente a efectos de absorción de energía de la onda de radio por efectos de resonancia en las moléculas de vapor de agua H₂O y de oxígeno O₂. La atenuación por cielo libre depende del ángulo de elevación de la antena, donde a ángulos bajos se generan mayores pérdidas y a ángulos altos menores pérdidas.

$$d_{\square} = \frac{10 \text{ Km}}{\text{sen}(\text{Elevación})}$$

Ecuación 2.1

La ecuación 2.2 muestra cómo se obtiene el cálculo de las pérdidas por gases atmosféricos y estas pérdidas son el producto de la curva del índice de atenuación por la trayectoria atmosférica. El resultado de las pérdidas por gases se obtendrá en decibeles. [3]

$$L_g = (\text{Abs})(d_{\square})$$

Ecuación 2.2

2.2.3.1.2. ATENUACIÓN POR HIDROMETEOROS

La atenuación por lluvia es un factor que puede llegar a disminuir una señal de radio considerablemente. La figura 2.24 muestra el desgaste que sufre la señal al cruzar por una cortina de lluvia.

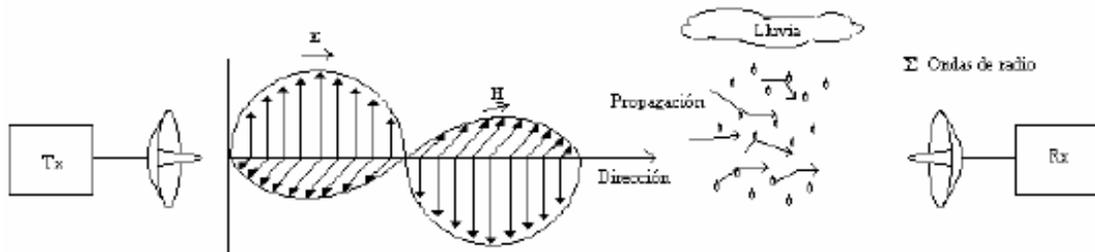


Figura 2.24 Desgaste de la señal por efectos de lluvia [3]

Se le conoce como atenuación por hidrometeoros L_r a cualquier meteoro compuesto de agua, ya sea lluvia, granizo o nieve. La lluvia empieza a causar disminución de potencia a partir de frecuencias mayores de 3GHz, esto ocurre debido a efectos de refracción y dispersión.

Dependiendo de la región geográfica donde se encuentre la estación terrena, la atenuación por lluvia puede ser menor o mayor, esto se basa en las estadísticas de intensidad de lluvia, tamaño de gota y presión atmosférica.

La cantidad de lluvia R en (mm/hr) que cae en cada es diferente en cada zona de los distintos continentes. Al conocer la región de lluvia donde se encuentra las estaciones terrenas y se conocen las frecuencias de transmisión se podrán obtener los valores de la atenuación por lluvia de ese lugar. [3]

2.2.3.1.3. CÁLCULO DE LA RELACIÓN GANANCIA A TEMPERATURA EQUIVALENTE DE RUIDO CON LLUVIA

Las pérdidas por lluvia generan grandes pérdidas en las señales de radio. Otro factor que se ve afectado por la lluvia es la temperatura equivalente de ruido, por lo cual se verá afectado todo el presupuesto de enlace. [3]

2.2.3.1.4. TEMPERATURA EQUIVALENTE DE RUIDO

En los sistemas de comunicaciones existe un parámetro que se conoce como índice de ruido, éste es producido por todos los objetos cuya temperatura esté por encima del cero absoluto. El ruido térmico también se conoce como ruido de Jonson, esto en honor a J.B. Jonson de los laboratorios Bell, que lo descubriera en el año de 1928. El índice de ruido es útil para sistemas de microondas terrestres, pero para las comunicaciones satelitales tiene que ser más preciso al calcular las variaciones de ruido. Para efectuar

el cálculo de la temperatura equivalente de ruido se requiere de otros parámetros como la temperatura ambiente T , así como el factor de ruido F . [1]



Figura 2.25 Factor de ruido [1]

2.2.3.1.4.1. DENSIDAD DE RUIDO

Se conoce como la cantidad de potencia de ruido normalizado a un ancho de banda de 1Hz, siendo ésta la relación entre la potencia de ruido generada por un amplificador. La ecuación 2.3 muestra la densidad de ruido.

$$N_o = \frac{N}{B} = \frac{KTeB}{B} = KTe$$

Ecuación 2.3

2.2.3.1.5. INTERFERENCIA SOLAR

Cuando el sol pasa a través del haz de la antena de una estación terrestre, el nivel de ruido del receptor aumentará significativamente interfiriendo o impidiendo la operación normal.

Este efecto es predecible y puede causar interferencia por 10min, al día y por alrededor de 0.02% de un año promedio.

Una estación terrena receptora no puede hacer nada por mejorar esto, excepto esperar que el sol se mueva fuera del lóbulo principal de radiación de la antena.

Esto siempre ocurre el día, cuando los circuitos transportan tráfico obligando a disponer de canales alternativos.

En cuanto a los fenómenos que dificultan las comunicaciones vía satélite, se han de incluir también el movimiento aparente en ocho de los satélites de la órbita geoestacionaria debido a los balanceos de la Tierra en su rotación, los eclipses de Sol en los que la Tierra impide que el satélite pueda cargar las baterías y los tránsitos solares, en los que el Sol interfiere las comunicaciones del satélite al encontrarse éste entre el Sol y la Tierra.

2.2.3.1.6. INTERFERENCIAS INTERSATELITALES

No es conveniente poner muy próximos en la órbita geoestacionaria dos satélites que funcionen en la misma banda de frecuencias, ya que pueden interferirse. En la banda C

la distancia mínima es de dos grados, en la Ku y la Ka de un grado. Esto limita en la práctica el número total de satélites que puede haber en toda la órbita geoestacionaria a 180 en la banda C y a 360 en las bandas Ku y Ka. La distribución de bandas y espacio en la órbita geoestacionaria se realiza mediante acuerdos internacionales en la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). [28]

2.2.3.2. PERTURBACIONES

La comunicación a través de cualquier medio se ve expuesta a numerosas inclemencias que afectan al contenido final de la información recibida. El conocimiento de estos fenómenos permite detectarlos, evitarlos o corregirlos. Por tanto, es necesario definirlos y se comienza de la forma más genérica.

Se define como perturbación todo conjunto de actuaciones externas e internas sobre el sistema de transmisión, que provocan que la señal recibida por la fuente colectora no sea exactamente igual a la enviada por la fuente emisora. Una perturbación puede ser generada en el interior del sistema de transmisión (sistema perturbado) o provenir del exterior, de otro sistema, que se denomina sistema perturbador.

Existen varios tipos de perturbaciones, que se pueden clasificar en los siguientes grupos:

1. Distorsión Lineal.
2. Distorsión no lineal.
3. Diafonía.
4. Ruidos.
5. Interferencias.
6. Ecos.

En general, tanto las distorsiones como la diafonía son perturbaciones internas, mientras que el ruido y las interferencias son externas. No obstante, algunos tipos de diafonía y ruido pueden considerarse perturbaciones externas e internas, respectivamente.

Las distorsiones se producen siempre en presencia de la señal; las diafonías, ruidos e interferencias existen, en cambio, con independencia de la presencia de la señal.

Existe una diferencia fundamental entre los ruidos y los otros tipos de perturbaciones; en efecto, los ruidos puede decirse que tienen siempre carácter aleatorio, sea en su aparición, sea en sus características de amplitud o de fase.

En cambio, las distorsiones y diafonías tendrán normalmente el carácter de las señales originadas por las fuentes de los sistemas de transmisión perturbados y en su caso perturbador.

Diafonía

Esta perturbación es propia de sistemas de transmisión que utilizan como medio de transmisión líneas metálicas sin blindaje y es debido al acoplamiento electromagnético

entre dichas líneas. No obstante, la aplicación de este término es apropiada cuando se trata de perturbaciones producidas entre sistemas homogéneos. Las perturbaciones producidas por otros sistemas de distinta naturaleza se consideran como ruidos o interferencias.

Ruidos

Se pueden definir como todo tipo de señal que no fue enviada desde la fuente, pero, por estar presente dentro de la banda de la señal transmitida y con niveles perceptibles, perturba la recepción de ésta. Bajo esta denominación general podrían entrar algunas perturbaciones de las ya vistas, aunque, debido a que actúan bajo mecanismos bien diferentes a los otros ruidos, se ha considerado conveniente separarlas. Así pues, una vez excluidas las distorsiones y las diafonías, al resto de las posibles perturbaciones de origen electromagnético que aparezcan sobre la señal se denominarán ruidos.

Tipos de ruidos

— **Ruido térmico.** Es una perturbación de carácter aleatorio que aparece de forma natural en los conductores por agitación térmica de los electrones; es dependiente de su temperatura, aumentando la potencia del mismo con ella. Se suele denominar ruido blanco debido a que, en la gama de frecuencias particular de trabajo, se puede considerar con densidad espectral uniforme.

El ruido térmico es independiente de la frecuencia. No obstante en telefonía, al medirlo, se realiza una ponderación dando a cada frecuencia un peso en función del efecto producido en el oído humano. El nivel de ruido se expresa en dBmW, que representa la relación en decibelios entre la potencia de ruido y la de una señal de 1 mW, tomada como nivel de referencia.

— **Ruido impulsivo.** Es de carácter aleatorio en cuanto a su aparición; suele darse como impulsos de corta duración, de amplitud variable, pero comparable con la señal, con un amplio espectro de frecuencias. Es producido normalmente por inducciones, consecuencia de conmutaciones electromagnéticas.

— **Ruido de interferencia.** Es el tipo de ruido producido sobre una línea de comunicaciones, por otras circundantes o, en general, por cualquier fuente de radiación electromagnética que, por la proximidad, afecta negativamente. Todo el mundo ha sufrido alguna vez la intromisión de ruidos al utilizar el teléfono, producidos por la presencia cercana de una emisora de radio.

Habitualmente se evita con un adecuado blindaje de la línea de comunicaciones.

— **Ruido de cuantificación.** Es inherente a los métodos de transmisión de señales previamente cuantificadas, como es el de la codificación de señales analógicas mediante señales digitales.

Interferencias

Interferencia es un término particularmente utilizado en sistemas radioeléctricos y que, en principio, puede atribuirse a alguno de los tipos de ruido ya comentados. No obstante, se aplica específicamente a aquellos casos de influencia de sistemas radioeléctricos, cuyo espectro incluya frecuencias perturbadoras para un determinado sistema radioeléctrico, por coincidir sobre la banda de transmisión de éste.

Algunos casos de ruidos de tipo atmosférico o cósmico pueden ser considerados como interferencias (por ejemplo las descargas eléctricas).

Ecos

Es una perturbación frecuente de la red telefónica conmutada. Consiste en una señal de las mismas características que la original, pero atenuada y retardada respecto a la misma. Se produce por desequilibrio en los transformadores híbridos de conversión de dos a cuatro hilos, así como en cualquier punto en que existe una reflexión de energía por desadaptación de impedancias. Este fenómeno cobra especial importancia cuando la distancia es grande, como en comunicaciones intercontinentales por cable submarino o vía satélite. [19]

2.3. TIPOS DE SATELITES

2.3.1. SATÉLITES NO GEOESTACIONARIOS

Satélites no geoestacionarios. Que a su vez se dividen en dos:

- Los Medium Earth Orbit (MEO), ubicados en una órbita terrestre media a 10 mil km de altitud.
- Los Low Earth Orbit (LEO), localizados en órbita más baja, entre 250 y 1,500 km. de altitud.

Tanto los satélites MEO como los LEO, por su menor altitud, tienen una velocidad de rotación más rápida que la terrestre y se emplean para servicios de percepción remota, telefonía, etc.

Un satélite es geoestacionario, o bien recorre una órbita geoestacionaria, cuando parece que permanece inmóvil sobre un determinado punto de nuestro globo. Es decir, gira en un patrón circular, con una velocidad angular igual a la de la Tierra, coincidiendo su movimiento con el de giro de la Tierra: de Oeste a Este. Para obtener este efecto son necesarias dos condiciones:

1. Que la órbita del satélite se encuentre sobre el plano del Ecuador terrestre, y
2. Que el período orbital sea sincrónico con la rotación de la Tierra.

En otros términos, que el satélite realice una vuelta alrededor de nuestro planeta al mismo tiempo que éste efectúa una rotación completa alrededor de su propio eje.

Suspendido y quieto entre dos continentes, un satélite de telecomunicaciones puede actuar de puente-radio para comunicaciones telefónicas, para transmisiones dadas o para la difusión mundial de señales de televisión. Son suficientes tres satélites geoestacionarios, colocados a una distancia de 120 grados el uno del otro, para cubrir todo el globo y asegurar un sistema de comunicaciones mundial.

En realidad, a causa de las influencias gravitacionales de la Luna y del Sol, el satélite no se queda exactamente fijo en un punto geográfico sobre la Tierra, sino que tiende a

desplazarse. Para volver a la posición deseada, el satélite está provisto de pequeños motores a chorro que le hacen realizar las maniobras de corrección de posición a través de la orden enviada desde la Tierra.

Una ventaja obvia es que están disponibles para todas las estaciones de la Tierra, dentro de su sombra, 100% de las veces. La sombra de un satélite incluye todas las estaciones de la Tierra que tienen un camino visible a él y están dentro del patrón de radiación de las antenas del satélite. Una desventaja obvia es que a bordo, se requieren dispositivos de propulsión sofisticados y pesados para mantenerlos fijos en una órbita.

Esto supone una comunicación constante, las 24 horas y sin necesidad de ningún seguimiento de las estaciones terrenas. Basta con ajustar las antenas una sola vez; por ello, estos satélites reciben el nombre de estacionarios.

Vistos desde la tierra, los satélites que giran en esta órbita parecen estar inmóviles en el cielo, por eso se les llama geoestacionarios. Como ya vimos, esto tiene dos ventajas para las comunicaciones: permite el uso de antenas fijas, pues su orientación no cambia y asegura el contacto permanente con el satélite. [28]

2.3.2. SATÉLITES GEOESTACIONARIOS

Satélites geoestacionarios (GEO); se ubican en la órbita del mismo nombre, sobre la línea del Ecuador y a una altitud de 36 mil km. Utilizados para la transmisión de datos, voz y video. [28]

2.3.2.1. APLICACIONES

Lo más común para clasificar a los satélites es por el uso que se les da. De acuerdo con esto son:

- De observación
- De meteorología (como los GOES)
- De navegación (como los IRIDIUM y los GPS)
- De teledetección
- De comunicaciones (como los Morelos y los solidaridad de México)
- Militares y espías
- Científicos
- De radioaficionados
- Videoconferencia
- Educación a distancia

2.3.2.1.1. SATÉLITES DE OBSERVACIÓN

Satélites de reconocimiento, denominados popularmente como satélites espías, son satélites de observación o comunicaciones utilizados por militares u organizaciones de

inteligencia. La mayoría de los gobiernos mantienen la información de sus satélites como secreta. [10]

2.3.2.1.2. SATÉLITES DE METEOROLOGÍA

Son satélites utilizados principalmente para registrar el tiempo atmosférico y el clima de la Tierra. [10]

Estos satélites, aunque se puede afirmar que son científicos, son aparatos especializados que se dedican exclusivamente a la observación de la atmósfera en su conjunto. La comprensión de la física dinámica atmosférica, el comportamiento de las masas nubosas o el movimiento del aire frío o caliente resultan indispensables para realizar predicciones del clima, pues sus efectos impactan de manera irremediable las actividades de los seres humanos aquí en la Tierra.

El primer satélite meteorológico fue el Tiros-1 (lanzado en abril de 1960); luego le siguieron los ESSA, ITOS, Nimbus, NOAA y Meteor, por mencionar algunos. A estos artefactos se debe el descubrimiento del agujero en la capa de ozono. Algunos de éstos se colocan en órbitas no geoestacionarias, como los que pasan sobre los polos de la Tierra y posibilitan una cobertura de toda la superficie de ella. Otros satélites meteorológicos de órbita geoestacionaria como el SMS, GOES y Meteosat pueden cubrir todo un hemisferio y permiten seguir el comportamiento de fenómenos como la temporada de huracanes, el avance de las grandes borrascas, los frentes fríos, el conocimiento de la temperatura de la atmósfera en cada nivel altimétrico, la presión, la distribución del vapor de agua y, con ello, el porqué de las sequías o los efectos de la contaminación, entre muchos otros fenómenos más.

Hoy en día, la Organización Meteorológica Mundial coordina la recolección, procesamiento y difusión de información y datos meteorológicos y oceanográficos provenientes de una constelación de satélites meteorológicos tanto geoestacionarios como de órbita polar, enlazados a 10 mil estaciones terrenas y mil estaciones de observación en altitud, además de otras fuentes de información meteorológica, provenientes de barcos, aeronaves, boyas y otros artefactos que trabajan de manera coordinada para transmitir diariamente a todo el mundo, en tiempo real, más de 15 millones de caracteres de datos y 2 mil mapas meteorológicos. [12]



Fig. 2.26 Satélite de meteorología [12]

2.3.2.1.3. SATÉLITES DE NAVEGACIÓN

Utilizan señales para conocer la posición exacta del receptor en la tierra. [10]

Desarrollados originalmente con fines militares al marcar el rumbo de misiles, submarinos, bombarderos y tropas, ahora se usan como sistemas de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) para identificar locaciones terrestres mediante la triangulación de tres satélites y una unidad receptora manual que puede señalar el lugar donde ésta se encuentra y obtener así con exactitud las coordenadas de su localización geográfica.

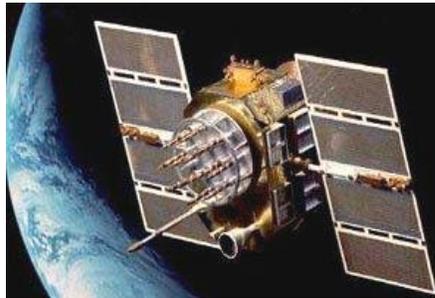


Fig. 2.27 Navstar GPS [12]

Los satélites actuales dedicados a esta tarea (Transit, Navstar GPS, Tsikada, Parus, Uragan, etc.) utilizan frecuencias bajas y medias que están abiertas al público, lo cual ha posibilitado la aparición de múltiples receptores comerciales. Una de las aplicaciones de estos satélites la realiza con éxito la navegación aérea, que está empezando a aprovecharla en los aterrizajes de las aeronaves, ello le supone una guía económica y muy segura para esas actividades.

En los sistemas GPS, tanto el satélite como el equipo receptor en Tierra emiten una señal con una determinada frecuencia, ambas sincronizadas gracias a los relojes atómicos que dichas unidades poseen, el receptor recibe la señal del satélite que se halla a gran altitud, la distancia entre ambos equipos hace que la señal proveniente del satélite llegue con una diferencia de fase con respecto a la señal emitida por el receptor. La medición de esta diferencia en las fases permite calcular la distancia que separa al equipo en Tierra del satélite. Utilizando tres satélites a la vez, podemos obtener las coordenadas de latitud, longitud y altitud del equipo receptor en Tierra. Usando un cuarto satélite es, incluso, posible conseguir datos sobre la velocidad con la que nos desplazamos y el nivel de precisión aumenta mucho.

Otra faceta de los satélites de navegación se encuentra en la búsqueda y el rescate (COSPAS/SARSAT). En estos casos los receptores son vehículos dedicados a otras tareas, que además están equipados con receptores especiales. Cuando una embarcación se pierde en alta mar, puede enviar señales que el satélite recibirá y reenviará al puesto de rescate más próximo, incluyendo sus coordenadas aproximadas. [12]

2.3.2.1.4. SATÉLITES DE TELEDETECCIÓN

Éstos observan el planeta mediante sensores multispectrales, esto es que pueden sensor diferentes frecuencias o "colores", lo que les permite localizar recursos naturales, vigilar las condiciones de salud de los cultivos, el grado de deforestación, el avance de la contaminación en los mares y un sinfín de características más.

El aumento de la resolución (que permite ver con mayor claridad detalles más pequeños de la superficie) está llegando a extremos insospechados, a tal punto que las fotografías que obtienen pueden tener una clara aplicación militar. Para un mejor aprovechamiento de sus capacidades, los satélites de teledetección se suelen colocar en órbitas bajas y polares, a menudo sincronizadas con el Sol. Desde ellas, enfocan sus sensores, que son capaces de tomar imágenes en varias longitudes de onda o bandas espectrales. El satélite toma constantemente imágenes a su paso, engrosando los archivos que se pondrán a disposición del público y servirán como un acervo histórico de la evolución de la superficie terrestre. [12]

2.3.2.1.5. SATÉLITES DE COMUNICACIONES (RADIO Y TV)

Son los empleados para realizar telecomunicación. Suelen utilizar órbitas geosíncronas, órbitas de Molniya u órbitas bajas terrestres. [10]

Se ubican en la intersección de la tecnología del espacio y la de las comunicaciones. Constituyen la aplicación espacial más rentable y, a la vez, más difundida en la actualidad. Las transmisiones en directo vía satélite ya son parte de nuestra cotidianidad, por lo que no tienen ningún carácter especial. Para la difusión directa de servicios de televisión y radio, telefonía y comunicaciones móviles sólo son necesarios sencillos receptores y antenas parabólicas cada día más pequeñas. [12]



Fig. 2.28 Satélite de comunicaciones [12]

El satélite para la transmisión de TV

Las transmisiones de televisión tanto las captadas por antena, como las que llegan por medio de un cable en la modalidad de Video-Cable, tienen sus portadoras situadas en las bandas VHF o UHF. La utilización de estas frecuencias permite la recepción en óptimas condiciones hasta distancias que no superen el horizonte óptico, tal cual se divisaría desde la antena transmisora. En consecuencia la recepción de programas

televisivos fuera de los límites expresados, se caracteriza por dificultades técnicas, y en ciertos casos por la inseguridad de lograrla en la oportunidad deseada. En áreas alejadas de las grandes ciudades, para la recepción de la señal se debió instalar antenas muy elaboradas y de altos costos, para así mejora, hasta donde fuera posible la calidad de recepción. Este sector de televidentes se vera ahora beneficiado con la televisión por satélite. Podrá ver imágenes dotadas de la misma calidad y acompañadas por el mismo sonido irreprochable, que caracteriza a las que son captadas por televisores instalados dentro del área de servicio óptimo de transmisores.

Esta técnica se fundamenta en transmitir desde el lugar de origen del programa, a un satélite de comunicación. Este esta equipado con receptores y por cierto, con transmisores capaces de volver a dirigir a la tierra a la misma transmisión. Un satélite de transmisión directa permite al usuario recibir directamente señales para su retransmisión. Esta clase de satélites poseen una antena que debe quedar apuntando a una área determinada toda el tiempo, y las técnicas deben ser mas sofisticadas. Sin embargo, el satélite solo tiene una cantidad limitada de energía eléctrica a su disposición. Así, las dimensiones de la región sobre la tierra cubierta por la antena de transmisión es más pequeño que la región que abarcan todos los países en la C.E.E. (Comunidad Económica Europea). Sin embargo, la recepción a través del área es posible con discos parabólicos de aprox. 90 cm. de diámetro.

¿Que es DIRECTV?

DirecTV es el primer sistema digital de entretenimiento directo al hogar vía satélite que se transmitía en México, América del Sur y áreas del Caribe. DirecTV ofrecía una espectacular selección de programación que incluía películas, deportes, eventos exclusivos, noticias, programas infantiles, canales educativos y muchas alternativas más. La tecnología digital de vanguardia brindaba la nitidez de imagen de un disco láser y la pureza del audio de un disco compacto con alta calidez para disfrutar el hogar. La programación de DirecTV y sus servicios especiales, estaban disponibles a través de una serie de guías interactivas en pantalla, que ofrecían lo más avanzado en selección y control sobre la programación elegida. Las antenas se podían instalar en cualquier lugar que permitía un ángulo de visión despejada hacia el noroeste para la orientación de su satélite. [23]

2.3.2.1.6. SATÉLITES MILITARES Y ESPÍAS

Son aquellos que apoyan las operaciones militares de ciertos países, bajo la premisa de su seguridad nacional. La magnitud de sus programas espaciales militares es tan grande y secreta que hasta hace poco sólo se podía valorar por el número de lanzamientos que suponía.



Fig. 2.29 Satélite militar [12]

Uno de los aspectos fundamentales del equilibrio armamentista durante la Guerra Fría fue la posibilidad de una respuesta adecuada ante cualquier ataque enemigo. Para ello, era necesario conocer con la suficiente antelación el despegue de un misil desde cualquier punto del globo terráqueo. Entonces, se fabricaron los satélites de alerta inmediata, que detectan cualquier lanzamiento, tanto de cohetes comerciales como militares.

En un principio, E.U. inició esta actividad utilizando grandes antenas terrenas, después lanzaron satélites del tipo Midas o DSP, los cuales poseen sensores infrarrojos que detectan el calor producido por los gases del escape de los motores de un misil. Dado que el tiempo de funcionamiento de los motores de uno de estos vehículos suele ser inferior a los 10 ó 15 minutos, la detección debe hacerse lo antes posible, dando tiempo a responder al ataque. Rusia, por su parte, usa los satélites Oko y Prognoz.

Los océanos son un escenario en el que se han desarrollado espectaculares batallas navales y un lugar en el que patrullan barcos y submarinos de todas clases. Estos últimos pueden estar equipados con misiles nucleares y su movilidad y ocultación bajo el agua los hace muy peligrosos. Por eso, se han desarrollado satélites que tratan de localizarlos. Es el caso de los White Cloud americanos o los RORSAT/EORSAT soviéticos.

Algunos satélites especiales -cuya identidad es protegida con mayor recelo- pueden realizar escuchas electrónicas (elint o inteligencia electrónica) que permiten captar conversaciones telefónicas o radiofónicas desde enormes distancias. Algunas de ellas podrían consistir en órdenes de ataque, las cuales hay que interceptar. Es tal el éxito de estos satélites que muchas de las transmisiones deben ser codificadas. Destacan aquí los programas Jumpseat, Chalet/Vortex, Orion, Magnum/Aquacade, Tselina, etcétera. [12]

2.3.2.1.7. SATÉLITES CIENTÍFICOS

Empezaron a lanzarse en la década de los años 50, y hasta ahora tienen como principal objetivo estudiar la Tierra -superficie, atmósfera y entorno- y los demás cuerpos

celestes. En el inicio de la exploración espacial, se consideró prioritario conocer las condiciones que imperaban sobre un objeto que girara repetidamente alrededor del planeta. Esto era necesario, pues poco tiempo más tarde el propio hombre debería viajar al espacio. Estos aparatos permitieron que el conocimiento del Universo sea mucho más preciso en la actualidad.

Los satélites Echo I no sólo fueron útiles para experimentar técnicas de comunicación pasivas, sino que proporcionaron buena información sobre la densidad de la atmósfera a diversas altitudes. El satélite Explorer I detectó los cinturones de radiación (Van Allen) que rodean la Tierra. Otros de sus hermanos ayudaron a establecer la abundancia de micrometeoritos en los alrededores del planeta, factor importante para tener en cuenta antes de lanzar una astronave tripulada y, además, estudiaron ampliamente los campos geomagnéticos, la cantidad de radiación, la ionosfera terrestre y la densidad atmosférica, entre otras muchas investigaciones.

Una rama de la ciencia que se ha visto beneficiada por las actividades en el espacio es la Geodesia. Los satélites geodésicos han permitido conocer con exactitud la forma de los continentes, así como el lentísimo pero constante movimiento de las placas terrestres. Asimismo, los satélites oceánicos han explorado el fondo marino, revelando gran cantidad de información: el Seasat (lanzado en 1978), equipado con un radar especial, fue uno de los aparatos dedicados a este tipo de investigación. [12]

2.3.2.1.8. SATÉLITES DE RADIOAFICIONADOS

El GPS, servicios meteorológicos, de inteligencia, etc., son desarrollados en satélites de órbitas circulares y elípticas, tal como lo son los servicios de los radioaficionados.

Un satélite de radioaficionados ayuda a establecer comunicación entre dos radioaficionados, y usando otros medios y vías de propagación no podrían hacerlo o les sería más difícil. Equivaldría a una repetidora, con las características que es móvil y que por lo tanto puede ser usada por personas de todo el mundo en determinados momentos y circunstancias.

Organizaciones de radioaficionados pusieron en órbita el 12 de diciembre de 1961 el denominado OSCAR –Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio-, que también fue el primer satélite no gubernamental de la historia-, para comunicaciones entre ellos. Posteriormente pusieron mas satélites pequeños en órbita, aprovechando a manera de “raid”, “raite”, “push”, “llevada” o “aventón” los lanzamientos originalmente destinados para otros vehículos espaciales. [12]

2.3.2.1.9. VIDEOCONFERENCIA



Fig. 2.30 Videoconferencia [12]

La videoconferencia es una tecnología que proporciona un sistema de comunicación bidireccional de audio, video y datos que permite que las sedes receptoras y emisoras mantengan una comunicación simultánea interactiva en tiempo real. Para ello se requiere utilizar equipo especializado que te permita realizar una conexión a cualquier parte del mundo sin la necesidad de trasladarnos a un punto de reunión.

La videoconferencia involucra la preparación de la señal digital, la transmisión digital y el proceso de la señal que se recibe. Cuando la señal es digitalizada esta se transmite vía terrestre o por satélite a grandes velocidades.

Para que la videoconferencia se realice se debe de comprimir la imagen mediante un CODEC. Los datos se comprimen en el equipo de origen, viajan comprimidos a través de algún circuito de comunicación, ya sea terrestre o por satélite y se descomprime en el lugar de destino.

Aplicaciones

Hoy en día la videoconferencia es una parte muy importante de las comunicaciones es por esa razón que día con día se van descubriendo nuevas aplicaciones de esta tecnología entre las aplicaciones más comunes dentro de la educación tenemos:

- Educación a distancia
- Investigación y vinculación
- Reuniones de academia
- Formación continua
- Reunión ejecutiva
- Simposium
- Congresos
- Conferencias
- Cursos
- Seminarios
- Otros

La utilización del satélite como medio de transmisión permite independizar completamente el servicio de la red terrestre, consiguiendo el acceso inmediato en el área de cobertura, así como una fiabilidad de la comunicación superior a la red terrestre.

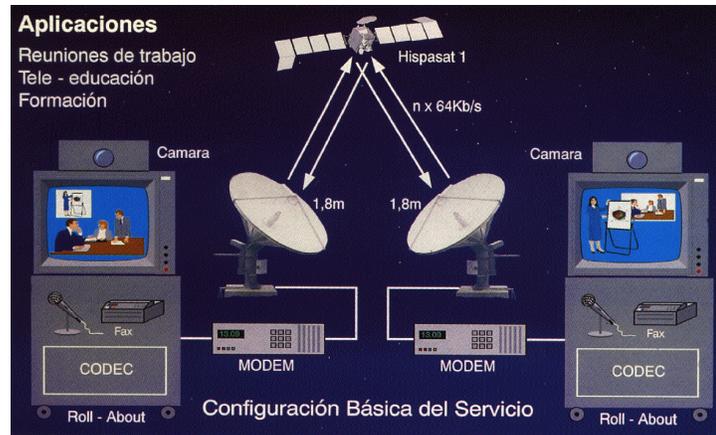


Fig. 2.31 Diagrama de una videoconferencia

El equipo necesario está formado por:

- Terminal: Codec, monitor, cámaras, micrófonos, periféricos.
- Módem de satélite.
- Equipo de Radiofrecuencia: Amplificador, convertor, antena.

El conjunto de estos elementos es completamente transportable y de fácil instalación.

Ventajas:

- Ahorro de tiempo y costes en viajes y desplazamientos
- Disponibilidad del personal para las reuniones
- Acelera la toma de decisiones
- Aumenta la eficacia de las reuniones
- Permite reuniones simultáneas en lugares distintos (Multiconferencia)
- Facilidad de manejo
- Coste independiente de la distancia
- Posibilidad de contratar en modo ocasional [12]

CAPITULO III.

SEGMENTO ESPACIAL
Y
SEGMENTO TERRESTRE

CAPITULO III. SEGMENTO ESPACIAL Y SEGMENTO TERRESTRE

3.1. SEGMENTO ESPACIAL

Es la parte que se refiere a las comunicaciones en el espacio abierto, el módulo de comunicaciones que se encarga principalmente de los equipos y funciones necesarios en el satélite para poder establecer las comunicaciones con las estaciones en tierra. [25]

Satélite de comunicaciones. Esta compuesto esencialmente por conjuntos de repetidores de señales radioeléctricas o transpondedores (formado por receptor, amplificador y transmisor) y por sistemas de apoyo. Los equipos de comunicaciones, incluyendo antenas y repetidores constituyen, la carga útil del satélite. Entre los sistemas de apoyo, se pueden mencionar: control térmico, sistema de energía, estructura, sistema de propulsión, sistema de control y sistema de estabilización.

Estación TT&C. Elemento que posee todos los equipos necesarios para mantener al satélite en su posición orbital, posibilitando la realización desde tierra de todas las operaciones necesarias para tal fin. Esta estación se halla ubicada dentro de la zona de servicio y es propiedad del dueño del satélite.

Lanzadores. Los países con mayor capacidad de poner satélites en orbita geoestacionaria son: Francia, EEUU, Japón. India, china, solo los EEUU (NASA) y Francia (ARIANESPACE), colocan satélites de terceros países en orbita. [3]

3.1.1. PARÁMETROS DE UN SISTEMA SATELITAL

Los parámetros del sistema satelital son todos aquellos elementos que conforman al modelo del enlace. Estos parámetros se encuentran en todas las partes del mismo en las que se generen perdidas de potencia, ya sean provocadas por la forma del terreno o por los aspectos que generan que las señales de radio se desgasten al cruzar el espacio libre, así como la atmósfera. [1]

3.1.1.1. PÉRDIDA POR REDUCCIÓN

Los amplificadores de potencia que se utilizan en las estaciones terrestres, así como los tubos de onda viajera (TWT) que se usan en los satélites, son dispositivos no lineales; la ganancia de éstos depende de la potencia de entrada de la señal. La figura 3.1 muestra la gráfica característica de la potencia de salida en función de la potencia de entrada para un amplificador de potencia (HPA).

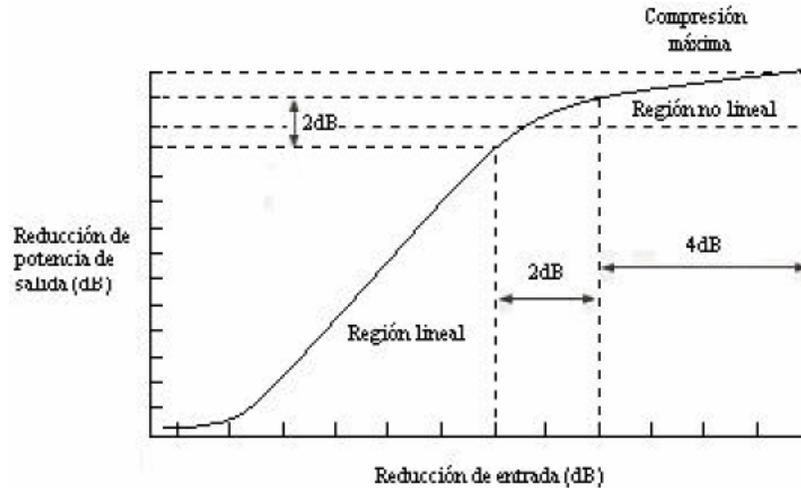


Fig. 3.1 Potencia de salida de un amplificador. [1]

Para poder reducir la cantidad de distorsión por intermodulación, es necesario reducir la potencia de entrada unos cuantos decibeles, para que el HPA trabaje en una región más lineal. [1]

3.1.1.2. POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EFECTIVA

La potencia isotrópica radiada efectiva **PIRE**, es una medida que indica la fuerza con que una señal es transmitida hacia un satélite o hacia una estación terrestre. La ecuación 3.1 muestra que la potencia isotrópica radiada efectiva es la combinación de la potencia del transmisor con la ganancia de la antena. La fig. 3.2 muestra la ubicación donde se genera la potencia isotrópica radiada efectiva. [1]

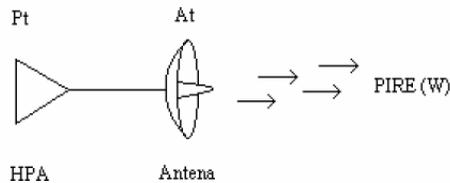


Fig. 3.2 Factores que generan la PIRE [1]

$$PIRE = P_t A_t$$

Ecuación 3.1

Potencia isotrópica radiada efectiva en decibeles

$$PIRE (dB) = 10 \text{ Log } (P_t A_t)$$

Ecuación 3.2

$PIRE$ = Potencia isotrópica radiada efectiva (dB)

P_t = Potencia de entrada a la antena (Watts)

A_t = Ganancia de la antena de transmisión (dB)

Entre el amplificador y la antena se generan pérdidas causadas por los cables que unen a estos dos elementos. La ecuación 3.3 muestra cómo se calculan las pérdidas generadas por cables.

$$L_c = 10 \log \rho \left(\frac{1}{\pi r} \right)$$

Ecuación 3.3

L_c = Pérdidas en el cable

l = Longitud del cable

Para el cálculo descendente de un enlace satelital es común utilizar las huellas de los satélites, para así obtener la potencia isotrópica radiada efectiva y de las cartas del satélite obtener la potencia del transpondedor, para así calcular la ganancia de la antena y continuar con los cálculos del enlace. La figura 3.3 muestra las huellas y distintos PIRE que ofrece el satélite Satmex 5.

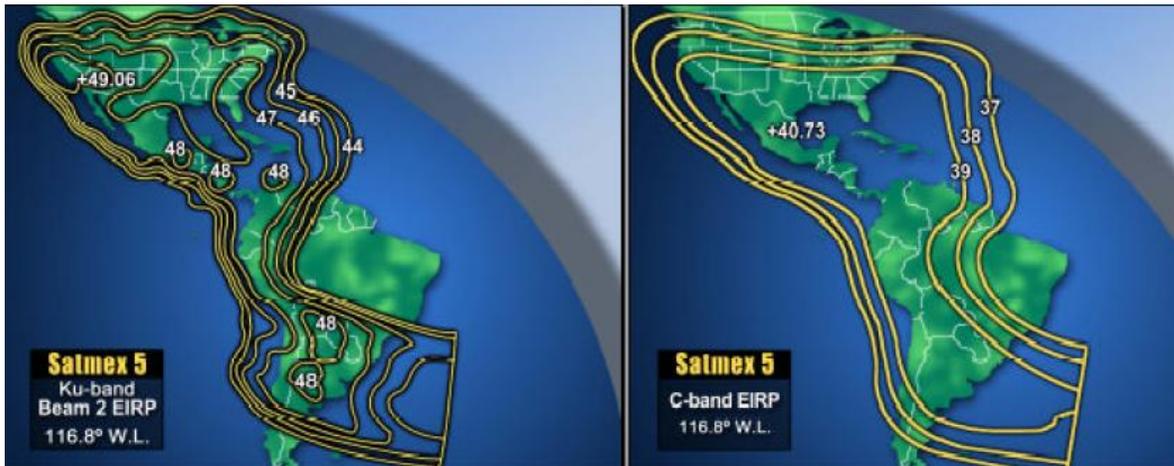


Fig. 3.3 Huellas del satélite Satmex 5. [1]

3.1.1.3. PERDIDAS POR PROPAGACIÓN

El cálculo en el enlace de comunicaciones satelitales es necesario para determinar el balance de pérdidas y ganancias en potencia de la señal radiada. El diseño correcto de un enlace de radio asegura la recepción de una señal de buena calidad, evitando así el desperdicio de recursos. Es por esto que se necesitan conocer todos los aspectos que afectan a las señales de radio, desde que se transmiten hasta que se reciben. Por este motivo las pérdidas de propagación juegan un papel muy importante en el diseño de un enlace satelital. Las pérdidas por propagación en el espacio libre L_p se refieren a que la energía se reparte mientras la señal se propaga alejándose de la fuente, por lo que se produce una menor densidad de potencia a mayor distancia. La ecuación 2.9 muestra las pérdidas por propagación en el espacio libre.

$$L_p(\text{dB}) = 10 \text{ Log} \left(\frac{4\pi Df}{c} \right)^2 = 20 \text{ Log} \frac{4\pi Df}{c}$$

Ecuación 3.4 Pérdidas por propagación en el espacio libre.

3.1.1.4. DENSIDAD DE POTENCIA

Para determinar la densidad de flujo a la distancia del satélite se aplica la ecuación 3.5, tomando en cuenta que r representa el rango o la distancia del radio enlace. [1]

$$C' (\text{dB}) = 10 \text{ Log} \left(\frac{P_{tx} A_{tx}}{4r^2 \pi} \right)$$

Ecuación 3.5

C' = Densidad de flujo (dBW/m²)

P_{tx} = Potencia de transmisión

A_{tx} = Ganancia de la antena transmisora

r = Rango del radioenlace (Km)

3.1.1.5. POTENCIA EN EL RECEPTOR

Para obtener la potencia en el receptor de un enlace de radio, se requiere de la ganancia de la antena receptora, esto es con el fin de que la densidad de flujo de la potencia se convierta en potencia eléctrica.

La ecuación 3.6 expresa como se muestra la potencia en el receptor a la distancia del satélite. [1]

$$P_{rx} (\text{dB}) = 10 \text{ Log} \left(\frac{P_{tx} A_{tx} A_{rx}}{4r^2 \pi} \right)$$

Ecuación 3.6

P_{rx} = Potencia en el receptor (dBW/m)

P_{tx} = Potencia de transmisión (dBW)

A_{tx} = Ganancia de la antena transmisora

A_{rx} = Ganancia de la antena receptora

r = Rango del radioenlace (Km)

3.1.1.6. RELACIÓN DE GANANCIA A TEMPERATURA EQUIVALENTE DE RUIDO

La relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido G/T_e , es una cifra de mérito que sirve para demostrar la calidad de recepción de un satélite o una estación terrena. La ecuación 3.7 se considera como la relación entre la ganancia de la antena receptora y la temperatura equivalente de ruido. [3]

$$\frac{G}{T_e} = \frac{AR_x}{T_e}$$

Ecuación 3.7

Relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido en decibeles

$$\frac{G}{T_e} \text{ (dB)} = 10 \text{ Log} \left(\frac{AR_x}{T_e} \right)$$

Ecuación 3.8

G/T_e = ganancia a temperatura equivalente de ruido (dBK⁻¹)

AR_x = ganancia de la antena receptora (adimensional)

T_e = Temperatura equivalente de ruido (°K)

3.1.1.7. RELACIÓN DE PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO

La relación de portadora a densidad de ruido **C/No** es la relación de la potencia de portadora de banda ancha (potencia combinada de la portadora y sus bandas laterales asociadas) entre la densidad de ruido presente en un ancho de banda de 1Hz. La ecuación 3.9 muestra la relación de portador a densidad de ruido. [1]

$$\left(\frac{C}{N_o} \right) = \frac{C}{KT_e}$$

Ecuación 3.9

3.1.1.8. RELACIÓN DE LA PORTADORA A SEÑAL A RUIDO

Para realizar el diseño correcto de un enlace satelital se requieren de todos los factores antes mencionados y, para poder calcular la cantidad de potencia que se transmite en una comunicación satelital, se utiliza la relación de la portadora a la señal de ruido **C/N**. esta relación se encarga de reunir todos los tipos de perdidas y ganancias mostrando la eficiencia e un enlace. La ecuación 3.10 sirve para saber la cantidad de potencia transmitida en el enlace. [3]

$$\left(\frac{C}{N} \right) = \frac{C}{N_o} - BW$$

Ecuación 3.10

3.1.1.9. RELACIÓN DE ENERGÍA DE BIT A DENSIDAD DE RUIDO

Es importante mencionar que para que un HPA trabaje adecuadamente tiene que estar al borde de la saturación. Para sistemas satelitales la potencia saturada de salida (Pt), se expresará generalmente en dbW.

En la actualidad los satélites modernos utilizan los siguientes tipos de modulación: por conmutación de fase (PSK) y por amplitud cuadrática (QAM). Estos tipos de modulación pueden codificar varios bits en un solo elemento de señalización, por lo tanto éste puede ser un parámetro más indicativo que la potencia de la portadora. A este elemento se le conoce como energía por bit **E_b** . La ecuación 3.11 define la energía por bit.

$$E_b = P_t T_b$$

Si

$$T_b = \frac{1}{f_b}$$

$$E_b = \frac{P_t}{f_b}$$

Ecuación 3.11

E_b = energía por bit (joules por bit)

P_t = potencia total saturada de salida (watts o joules por segundo)

T_b = tiempo de un solo bit (segundo)

f = frecuencia de bits (hertz)

La relación de energía de bit a densidad de ruido **E_b/N_0** sirve para comparar sistemas digitales que utilizan distintas frecuencias de transmisión, así como esquemas de modulación o técnicas de codificación. La ecuación 3.12 muestra que la relación energía de bit a densidad de ruido esta dada de la siguiente manera. [1]

$$\left(\frac{E_b}{N_0} \right) = \frac{\frac{C}{f_b}}{\frac{N}{B}} = \frac{CB}{Nf_b}$$

Ecuación 3.12

Esta relación es adecuada para sistemas digitales, pero con fines de facilitación es mas útil medir la relación de potencia de portadora de banda ancha a densidad de ruido y convertirla a **E_b/N_0** . De esto se obtiene la ecuación 3.13. [1]

$$\left(\frac{E_b}{N_0} \right) = \left(\frac{C}{N} \right) \left(\frac{B}{f_b} \right)$$

Ecuación 3.13

Se dice que la relación **E_b/N_0** es independiente de la técnica de codificación, del esquema de modulación y del ancho de banda, esto siempre y cuando no sea modificada la potencia total por portadora **C** y la velocidad, en bps, para no alterar la energía por bit **E_b** , al igual que se espera que la temperatura permanezca constante para que la densidad de ruido tampoco sea alterada.

3.1.2. SUBSISTEMAS DE UN SATELITE

Un satélite generalmente se diseña en varios subsistemas para que al ser puesto en órbita pueda ser controlado desde la tierra. Cuenta con los subsistemas de estabilización, des estructura, comunicaciones, antenas, propulsión, energía (potencia), telemetría y comando, control de orientación, control de temperatura y procesamiento de datos.

Tabla 3.1 SUBSISTEMAS DE UN SATELITE		
SUBSISTEMA	FUNCION	PRINCIPALES CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS
Comunicaciones Transpondedores Antenas	Recibir, amplificar, procesar y retransmitir señales; capturar y radiar señales.	Potencia del transmisor, ancho de banda, G/T, ancho del haz, orientación, ganancia, saturación de densidad de flujo de portadora.
Estructura	Sostiene al satélite durante el lanzamiento y el entorno orbital.	Frecuencias de resonancia, fuerzas estructurales.
Control de Altitud	Mantiene las antenas apuntadas a las estaciones terrestres y las celdas solares al Sol.	Tolerancias de role, pitch y yaw,
Control Térmico	Mantiene los rangos de temperatura adecuados durante la vida del satélite, con y sin eclipses.	Rango de temperatura media del satélite y rangos para componentes críticos.
Propulsión	Mantiene la posición orbital, controla las correcciones de altitud, cambios orbitales y despliegue en la órbita inicial.	Impulso específico, masa de propelente y aceleración.
TT&C	Monitoriza el estado del satélite, sus parámetros orbitales, y controla sus operaciones.	Precisión de medidas de velocidad y posición, número de puntos de telemetría y número de comandos.
Satélite Completo	Proporcionar operaciones de comunicaciones satisfactorias en la órbita deseada.	Masa, potencia primaria, tiempo de vida, fiabilidad, número de canales y tipos de señales.

3.1.2.1. SUBSISTEMA DE ESTABILIZACIÓN

Este subsistema controla la estabilidad del satélite durante la fase de giro sobre su eje mediante el uso de señales sensoras de estabilidad, condicionadores de señal e inyectores. Tiene dos modos de control, fino (dentro de los 0.1°) y grueso (dentro de los 3°). [2]

Es de sumo interés el conseguir que el satélite se encuentre estabilizado; es decir, que el sistema de referencia real coincida con el sistema ideal (ejes de roll, pitch y yaw). Para ello, la nave espacial incorpora un sistema de estabilización y control de la órbita (Attitude and Orbit Control System -AOCS). La estabilización se puede realizar de dos formas:

- Estabilización en rotación o en espín (spin stabilisation),
- Estabilización en tres ejes.

La técnica de estabilización en espín consiste en dotar al satélite (o a parte de él) de un movimiento de rotación de varias decenas de revoluciones por minuto alrededor de uno de sus principales ejes con mayor momento de inercia. Así, resulta difícil que dicho eje se desvíe de su dirección debido a que el momento angular creado tiende a ser fijo en el espacio (conservación del momento angular). Téngase en cuenta que sólo estamos fijando un eje mecánico con el eje del sistema de referencia ideal (el eje de pitch). Esta técnica no sólo se usó en la primera generación de satélites de comunicación, sino que recientemente se aplicó en INTELSAT VI o Brasilsat. La antena gira con el satélite y no se consigue el apuntamiento en la dirección deseada. Para paliar lo anterior se puede:

- Usar una antena con un diagrama de radiación uniforme en la dirección perpendicular al eje de giro. Así, en el caso de un satélite geoestacionario se precisaría una antena omnidireccional en el plano del ecuador. Esta solución es fácil pero ineficiente debido a la baja directividad de este tipo de antenas. Telstar, el primer satélite activo de comunicaciones, utilizaba una antena casi isotrópica (uniforme en todo el espacio).

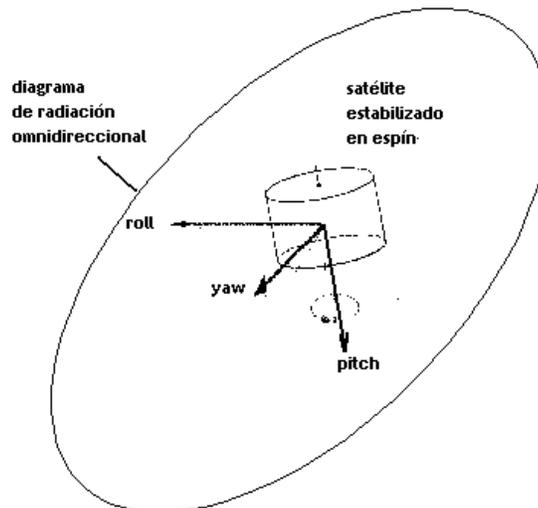


Fig. 3.4 Diagrama de radiación omnidireccional [2]

- Usar una antena contrarrotatoria (despun antena). En este tipo de antenas, el diagrama de radiación rota en sentido contrario al del satélite para contrarrestar su movimiento. Ello se puede hacer de forma mecánica (moviendo la antena) o electrónica (actuando en la alimentación de la misma). Este punto se tratará con más detalle en el capítulo de Sistema de Apuntamiento de la Antena (Antenna Pointing System -APS).

La técnica de estabilización en tres ejes tiene como objetivo la alineación total del sistema de referencia mecánico del satélite con los ejes de roll, pitch y yaw. Es decir, el satélite siempre está orientado en una dirección determinada. El grado de desestabilización del satélite se mide por los ángulos que forman cada uno de los ejes mecánicos del cuerpo de la nave con sus correspondientes ejes en el sistema de referencia (ángulo de roll, ángulo de pitch y ángulo de yaw).

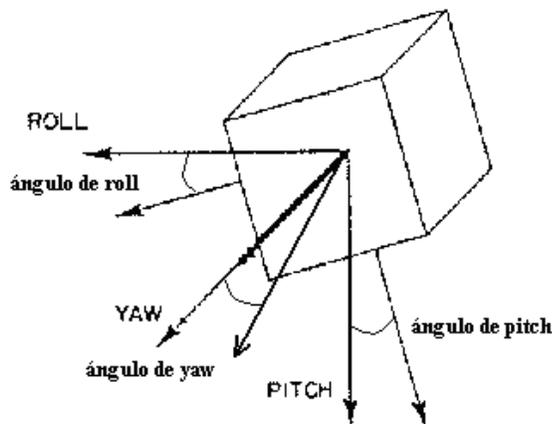


Fig. 3.5 Cuerpo del satélite [2]

Con el sistema de estabilización en tres ejes se puede llegar a conseguir una exactitud de $0'03^{\circ}$ para el ángulo de roll, $0'02^{\circ}$ en el ángulo de pitch y $0'3^{\circ}$ en el ángulo de yaw. De esta forma, si la ganancia de la antena no es muy elevada, es suficiente con el propio sistema de estabilización (attitude system) para mantener la dirección de apuntamiento. Sin embargo, cuando se requiere gran precisión debido al uso de antenas de elevada directividad, es necesaria la utilización de un sistema de apuntamiento de la antena independiente del sistema de referencia del satélite. De él se habla en el capítulo correspondiente.

El error de apuntamiento se mide en el sistema de referencia "true view". La magnitud del error se calcula en cada eje (x e y) de forma independiente. Al final de este capítulo se presentan los criterios para el cálculo del error de apuntamiento total. [6]

3.1.2.2. SUBSISTEMA DE ESTRUCTURA

Este subsistema se encarga de la parte física del satélite es decir:

- La estructura de soporte, tornillos, etc.
- Proteger y retener los componentes en su sitio durante el lanzamiento y su vida en órbita.

Se encarga del soporte mecánico de los equipos. [14] La estructura puede tener muy distintas formas, pero que siempre se construye con metales muy ligeros que a la vez tienen gran resistencia. [26]

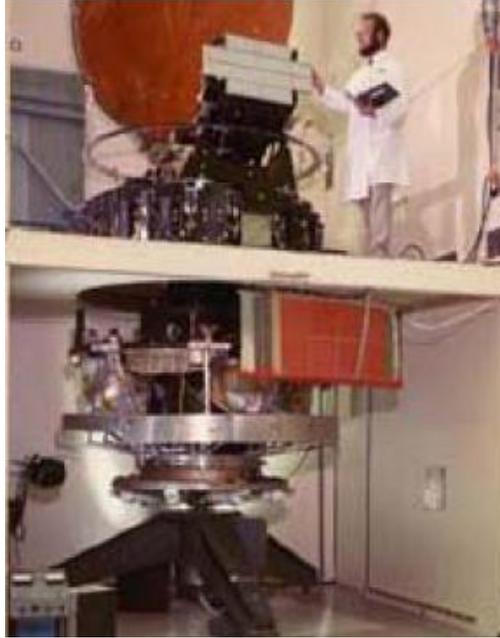


Fig. 3.6 Estructura [26]

3.1.2.3. SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

El subsistema de comunicaciones esta compuesto básicamente por antenas, transponder y amplificadores de potencia.

- **Antenas:** Las antenas son las que permiten captar las señales provenientes de la tierra, a través de los enlaces ascendentes (uplink), y retransmitirlas hacia ella a través de los enlaces descendentes (downlink). Deben ser de bajo peso y de pequeñas dimensiones y, además, deben satisfacer los requerimientos de los subsistemas de seguimiento, telemetría y control. Según su uso pueden ser de cobertura global, de cobertura hemisférica o direccionales (spot). Las primeras son típicas para trabajar en la denominada Banda C, y normalmente permiten cubrir hasta un tercio de la superficie terrestre, con las limitaciones ya mencionadas en cuanto a las latitudes más altas. Las segundas están diseñadas especialmente para servir a una determinada zona, no superior a un 15 o a un 20% de la superficie terrestre; también son muy utilizadas en Banda C. las terceras son antenas direccionales denominadas spot y están especialmente preparadas para atender zonas de alto trafico mediante haces muy diseccionados que permiten colocar señales mas potentes, lo que facilita la recepción en tierra con antenas de menor ganancia. Lógicamente, la direccionalidad hace que la superficie cubierta con éstas sea en general muy reducida. [5] A pesar de que son parte del subsistema de comunicaciones, se les considera por separado dada la complejidad que presentan. [30]

- **Transponder.** Los transponder son equipos de comunicaciones que reciben las señales de la Tierra a través del enlace ascendente (uplink), cambian la frecuencia de la señal recibida (para permitir su retransmisión), las amplifican y luego las retransmiten otra vez a la Tierra mediante el enlace descendente (downlink). El nombre de transponder se ha generalizado para designar a la totalidad del subsistema de comunicaciones que lleva un satélite. En realidad, en un satélite existen N transponder que atienden, cada uno, a un determinado número de enlaces. Todos los transponder tienen igual ancho de banda y la salida fuera de servicio de uno de ellos no afecta al resto. Estos equipos incluyen casi siempre facilidades de multiplexado y demultiplexado de los canales, sean éstos de voz, datos o video. Los transponder manejan varios anchos de banda; los más usuales son 36 MHz, 70 MHz y 140 MHz para los denominados de gran ancho de banda. El número de transponder que tiene cada satélite varía según la banda de trabajo, su utilización y el tipo de órbita en que está colocado.

- **Amplificadores de potencia:** estos equipos, incluidos en los transponder, tienen por finalidad amplificar las señales que llegan a través del enlace ascendente de manera que las señales recibidas puedan ser enviadas nuevamente a la Tierra, con la potencia necesaria que permita su recepción. Las señales llegan al satélite con muy baja potencia, por lo que esta parte es de vital importancia para que la señal, convenientemente reconstruida, pueda ser nuevamente utilizada. Entre las características más importantes de estos amplificadores, se puede señalar que deben generar muy poco ruido propio. Su potencia varía de acuerdo con la banda de trabajo, siendo para la Banda C, del orden de los 50W y para la Banda Ku del orden de los 100W, para satélites geoestacionarios. [5]

Este permite ampliar y diversificar los servicios de comunicación satelital que actualmente existen, así como optimizar el uso del segmento espacial al permitir nuevas técnicas de explotación; también permite manejar las regiones de cobertura para la comunicación en diferentes bandas, como la banda C, Ku y L. [18]

3.1.2.4. SUBSISTEMA DE ANTENAS

Las características fundamentales que todas las antenas embarcadas en satélites deben tener son su ligereza, su alta rigidez y su resistencia a deformaciones ante variaciones térmicas. Estas características son necesarias tanto en el lanzamiento como una vez que nos encontremos en el espacio, ya que las condiciones del entorno exterior afectan a las antenas.

En el espacio

El espacio se caracteriza por una presión extremadamente baja (del orden de 10^{-6} Pa en una órbita de 500 Km) y por bajísimas temperaturas (aproximadamente -200°C sin ninguna radiación solar en una órbita geoestacionaria). El empleo de materiales compuestos que contienen polímeros hace que la transferencia de calor sea complicada dada la baja conductividad calorífica de éstos. No obstante, la suma de las bajas temperaturas y de la radiación solar en el espacio producen zonas de alta y baja temperatura en la misma antena, lo que conlleva a una degradación de los materiales y a una deformación de la antena. Para evitar esta degradación la antena es controlada

térmicamente y se emplean materiales con bajo coeficiente de dilatación. En lo que respecta a la degradación del material, se produce por la colisión de protones y de electrones. En general metales y cerámicas presentan una buena resistencia frente a la radiación mientras que los materiales químicos son más vulnerables porque su estructura molecular cambia fácilmente. [6]

Emiten y transmiten las señales de RF. Sus características son ganancia y cobertura. [14]

3.1.2.5. SUBSISTEMA DE PROPULSIÓN

Este subsistema contiene los subsistemas de apoyo a la plataforma y carga útil que están en las caras del cubo. Además de los sistemas eléctricos o químicos que mantienen al satélite en su posición orbital correcta ya que cuando los satélites se salen de su orbita continuamente por efectos gravitacionales del sol y la luna, además de viento solar o fuerzas magnéticas el subsistema de propulsión dispara pequeños cohetes controlados o maquinas para regresar a su posición y orientación original. [6]

Esta compuesto por múltiples motores o impulsores de bajo empuje, que sirven al satélite para realizar pequeñas correcciones y cambios de velocidad para controlar su orientación en el espacio y proporcionar el control adecuado de los parámetros de la orbita. Últimamente, se están usando en estos motores otros métodos de propulsión como la eléctrica o iónica, cuyo bajo empuje, pero elevado impulso específico, los hace mas eficientes y muy económicos en cuanto al consumo de combustible. [26]

Consiste en dos tanques de combustible y dos grupos de inyectores redundantes. Dentro del satélite hay tres tipos de inyectores catalíticos y electrotérmicos de hidracina. Los inyectores convencionales se usan para la estabilización y manejo del giro sobre el eje del satélite. Los inyectores electrotérmicos se usan para el aparcamiento norte/sur. Estos inyectores operan con un impulso de 304 sg. con bajo consumo de potencia. [2]

3.1.2.6. SUBSISTEMA DE ENERGÍA (POTENCIA)

Este subsistema genera electricidad en los paneles solares para operar los subsistemas de comunicaciones y otros. Recientes avances en tecnología de celdas solares ha logrado producir celdas con 22 a 27% de eficiencia. El uso de reflectores en los paneles incrementa la recepción de energía solar por el satélite. [6]

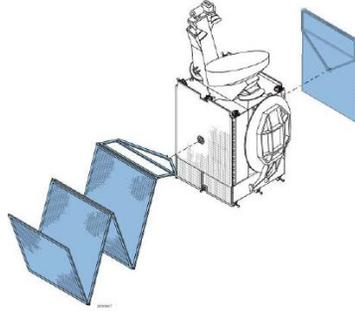


Fig. 3.7 Módulo de baterías recargables [6]

La fuente de energía de los satélites está constituida por celdas solares de alto rendimiento que están instaladas en paneles solares para captar adecuadamente los rayos provenientes del sol. En el caso de los satélites geoestacionarios, las celdas pueden captar una potencia del orden de los 200 W/m^2 , dependiendo de los daños que durante su vida útil puedan recibir a causa de los micrometeoritos que constantemente las atacan, por lo tanto, a medida que transcurre la vida útil del satélite, este valor se va reduciendo paulatinamente. Luego de recibida la energía del sol y transformada en energía eléctrica, esta debe ser almacenada en baterías y luego distribuida para poder alimentar a la totalidad de los componentes eléctricos del satélite. Las baterías son generalmente del tipo níquel/cadmio, aunque permanentemente se están estudiando materiales que permitan un mayor número de recargas antes de ir perdiendo capacidad de almacenaje y un menor rendimiento. [5]

Este subsistema genera y distribuye potencia eléctrica de corriente directa para soportar las operaciones del satélite durante todas las fases de la misión, son 2 arreglos separados de celdas solares dispuestas en las 2 alas del satélite, conectadas en serie-paralelo que convierten la energía fotónica radiada desde el sol directamente a energía eléctrica. La fuente primaria es proporcionada por radiación solar a través de las celdas solares de alta densidad hasta el fin de su vida. [18]

Como fuente de energía secundaria, las baterías de níquel-hidrógeno proveen energía suficiente para alimentar a los sistemas e instrumentos cuando la energía proveniente del sol no puede ser aprovechada, esto ocurre por ejemplo, durante eclipses; éstas son cargadas poco antes del lanzamiento y de ellas depende la vida del satélite. La fuente primaria de energía para el satélite lo constituyen las celdas solares que son colocadas en grupos para conformar lo que se conoce como panel solar. Los paneles, por sus grandes dimensiones y su relativa fragilidad, deben permanecer plegados durante el despegue. Su apertura añade otro factor de incertidumbre durante la puesta en órbita del satélite. Una vez en posición y perfectamente orientados, empiezan a proporcionar energía a los sistemas, que hasta entonces han debido usar baterías. Esta energía es administrada por un sistema especial que regula el voltaje y la distribuye de forma adecuada al resto de componentes. Cuanto mayor es el número de celdas agrupadas, más potencia puede generarse. Aunque es verdad que estas suelen deteriorarse con el paso del tiempo, ahora los constructores de satélites colocan un número suplementario de ellas para garantizar que proporcionaran suficiente electricidad, incluso, durante el último periodo de su vida útil. [26]

3.1.2.7. SUBSISTEMA DE TELEMETRÍA

Se encarga de hacer contacto con las estaciones terrenas con el fin de recibir órdenes de ellas y darles seguimiento. Esto permite el correcto mantenimiento de los subsistemas del satélite. [26] Envía a la tierra la información de los estados de operación de los diversos equipos del satélite así como también la posición del satélite, la cual va al Codificador de Telemetría. La señal codificada es transmitida por la antena Beacon a la estación de TT&C y con la recepción de la señal de Beacon las E/T orienta correctamente sus antenas.

Estos sistemas se reparten en el satélite y en la estación de control terrestre. La parte de telemetría envía datos de los sensores del satélite y dan cuenta del estado del mismo. La parte de rastreo se localiza en la tierra y provee información de la distancia, azimut y elevación hacia el satélite. Con base en los datos anteriores, la parte de control envía información para corregir la posición y altitud del satélite, y también se encarga de controlar la calidad de las comunicaciones. [30]

Antena de telemetría y comando

En la orbita de transferencia se usa las antenas de corneta biconica para telemetría. Esta antena posee un ancho de haz de 40° en el plano perpendicular al eje de Guiñada (yaw). La antena usada en la orbita geoestacionaria es una corneta cónica con redundancia, de haz circular de 40° en la dirección del eje de Guiñada (yaw).

Para la recepción de las señales de comando se usan antenas de abertura con capa cónica de configuración redundante en todas las fases de operación. Las formas de los haces son similares a las de las antenas de telemetría pero con haces mas anchos, 70° de haz y 60° para el haz circular. [2]

3.1.2.8. SISTEMA DE CONTROL DE ORIENTACION

Permite al satélite saber constantemente donde está y hacia donde debe orientarse para que las emisiones lleguen a la zona deseada, considerando su natural movimiento Norte-Sur y Este-Oeste alrededor de un punto. Además, orienta los paneles solares hacia el Sol, sin importar cómo esté posicionado el satélite. La computadora que esta a bordo, lleva una serie de programas capaces de reaccionar ante una variada gama de problemas: si algo grave o inesperado ocurre, desconectará automáticamente todos los sistemas no esenciales, se orientará hacia el Sol para garantizar una adecuada iluminación de las celdas solares e intentará comunicarse con la tierra o esperar órdenes procedentes de ella. Esta fase se denomina modo seguro y puede salvar la vida a muchos satélites dando tiempo a la intervención humana.

Provee:

- Determinación y control de posición.
- Direccionamiento del arreglo solar
- Apuntamiento de la antena
- Activación de estabilidad

El subsistema de control esta compuesto de:

- La unidad de control de impelente, y
- La unidad de control eléctrica.

La unidad de control de impelente principalmente corrige la posición y la órbita del satélite como sea instruido desde la tierra con las señales de comando. La posición y órbita del satélite se corrigen operando el inyector de impelente a través de la unidad de control de impelente.

La unidad de control eléctrica principalmente controla la conmutación entre los sistemas de trabajo y los de reserva, operación paralela del sistema de suministro de potencia y el cambio de dirección de radiación de la antena de haz Píncel.

Determinación y control de posición. Detecta la posición del satélite en las órbitas de transferencia y geoestacionaria, consigue a la tierra o al sol en el caso de perder el rumbo en la órbita y la estabiliza. El control de posición se hace por medio de impelentes y en el caso de malfuncionamiento, se corta la alimentación de combustible automáticamente

Direccionamiento del arreglo solar. Controla los dos paneles que apuntan al sol y transfieren la energía generada en las celdas solares al alimentador central del satélite. [2]

3.1.2.9. SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA

Las extremas variaciones de temperatura que debe soportar un satélite hacen necesario que éste cuente con un subsistema que permita mantener de forma balanceada la distribución de temperatura, tanto en exterior, como en el interior de éste. [5] Se encarga de la energía necesaria para la operación mediante baterías y celdas solares y el control térmico necesario para mantener una temperatura interna de operación adecuada. Y cuando la temperatura en el interior es muy alta radia el calor excedente al espacio para mantener los elementos activos fríos. Las cubiertas térmicas mantienen el calor distribuido y controlado. [6]

Tabla 3.2 Caras del cubo imaginario		
Cara	Apunta a ...	Anotaciones
X	E & W sobre el ecuador	Superficie metalizada
Y	N & S (arreglos solares)	Espejos
Z	Hacia (y opuesto a) la tierra	Superficie metalizada

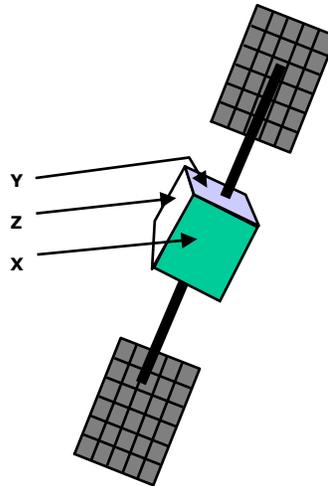


Fig. 3.8 Caras del cubo imaginario [1]

3.1.2.10 SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Contiene las unidades de procesamiento que controlan y ejecutan las instrucciones internas y externas, para la operación de la plataforma y la carga y útil. Estas unidades de procesamiento en satélites con procesamiento a bordo tienen una capacidad de 50 pentium 3 en cada satélite. [6]

3.2. SEGMENTO TERRESTRE

Esta compuesto por las distintas estaciones terrenas destinadas a la recepción y transmisión de señales mediante la utilización de satélites de comunicaciones.

3.2.1. ESTACIONES TERRENAS

Los sistemas de satélites no dependen de líneas y conexiones montadas a lo largo de la superficie de la Tierra, sino de estaciones terrenas ubicadas en diferentes lugares, cuyo costo para su puesta en operación es mucho más bajo que construirla infraestructura terrestre; además, con los avances y tecnológicos, los satélites son cada vez más versátiles, duran mayor tiempo en órbita y ofrecen más y mejores servicios.

Dado que las microondas (tipo de onda de radio) viajan en línea recta, como un fino rayo a la velocidad de la luz, no debe haber obstáculos entre las estaciones receptoras y emisoras de un sistema satelital.

Por la curvatura de la Tierra, las estaciones localizadas en lados opuestos del globo no pueden conectarse directamente, sino que han de hacerlo vía satélite. [28]

Los modelos tanto de subida como de bajada requieren de una estación terrena para transmitir o para recibir una señal y básicamente están compuestas de cuatro

segmentos. El primero es un modulador de FI para transmisión y para recepción se ocupa un demodulador de FI. La segunda etapa es un convertidor elevador de FI a microondas RF para transmisión y para la recepción un convertidor descendente de RF a IF. La tercera un amplificador de alta potencia (HPA) para transmisión y para recepción un amplificador de bajo ruido (LNA). Por ultimo la cuarta etapa son las antenas que conforman a la estación terrena. La figura 3.9 muestra las distintas etapas de la estación terrena transmisora. [1]

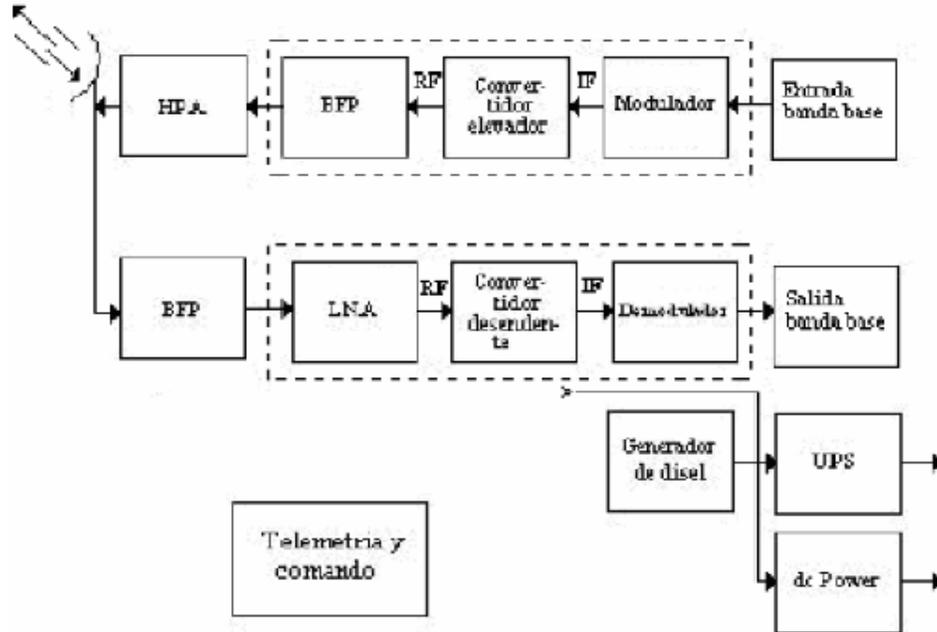


Fig. 3.9 Estación terrena común [1]

Una estación terrena que está bajo la cobertura de un satélite le envía una señal de microondas, denominada enlace ascendente. Cuando la recibe, el transpondedor (aparato emisor-receptor) del satélite simplemente la retransmite a una frecuencia más baja para que la capture otra estación, esto es un enlace descendente. El camino que recorre esa comunicación, equiparándolo con la longitud que ocuparía un cable, es de unos 70 mil km, lo cual equivale, más o menos, al doble de la circunferencia de la Tierra, y sólo le toma alrededor de 1/4 de segundo cubrir dicha distancia. [12]

El control de los satélites se efectúa por estaciones terrenas TTC (Tracking, Telemetry, Command). Mediante la telemetría se obtienen las informaciones sobre lo que ocurre a bordo, mientras que el telemando permite controlar al satélite enviándole las órdenes oportunas. Una estación terrena satelital es un equipo de cómputo y comunicaciones que puede ser terrestre (fijo y móvil), marítimo o aeronáutico. Las estaciones terrenas pueden ser usadas en forma general para transmitir y recibir señales de comunicación del satélite. Pero hay aplicaciones especiales que solo pueden recibir o transmitir. Como los satélites geoestacionarios tienen la ventaja de permanecen fijos con respecto a un punto específico de la Tierra, para comunicarse con ellos las antenas de las estaciones terrestres estarán estáticas, pues no necesitan seguir al satélite; en consecuencia son sencillas y económicas. A continuación se enumeran los subsistemas básicos que integran una estación terrena satelital. [28]

En términos generales, todas las estaciones terrestres tienen la misma estructura interna, independientemente de su capacidad y potencia. Cuentan con equipos terminales de los circuitos de datos, que reciben las señales de la red pública o, si es un usuario pequeño, de la red que tenga instalada. Después de procesar las señales recibidas, generalmente éstas son multiplexadas por división de tiempo y enviadas al transmisor, que se encarga de amplificarlas y transmitir las a la antena, con la frecuencia y potencia adecuada. En el proceso de recepción, la operación es la inversa a la descrita.

La calidad de una estación terrestre está dada fundamentalmente por la relación entre su ganancia y el ruido total, considerando la ganancia total en la antena, menos las pérdidas del alimentador que a una con el transmisor/receptor. Generalmente, cierto número de estas estaciones puede constituir una subred dedicada a un servicio específico. [5]

Las estaciones terrenas controlan la recepción con/desde el satélite, regula la interconexión entre terminales, administra los canales de salida, codifica los datos y controla la velocidad de transferencia. Consta de 3 componentes:

- **Estación receptora:** Recibe toda la información generada en la estación transmisora y retransmitida por el satélite.
- **Antena:** Debe captar la radiación del satélite y concentrarla en un foco donde está ubicado el alimentador. El satélite está equipado con antenas receptoras y con antenas transmisoras. Por medio de ajustes en los patrones de radiación de las antenas pueden generarse cubrimientos globales (Intelsat), cubrimiento a solo un país (satélites domésticos), o conmutar entre una gran variedad de direcciones.
- **Estación emisora:** Esta compuesta por el transmisor y la antena de emisión. La potencia emitida es alta para que la señal del satélite sea buena. Esta señal debe ser captada por la antena receptora. Para cubrir el trayecto ascendente envía la información al satélite con la modulación y portadora adecuada.

Como medio de transmisión físico se utilizan medios no guiados, principalmente el aire. Se utilizan señales de microondas para la transmisión por satélite, estas son unidireccionales, sensibles a la atenuación producida por la lluvia, pueden ser de baja o de alta frecuencia y se ubican en el orden de los 100 MHz hasta los 10 GHz. [23]

Una estación terrena satelital puede ser terrestre (fijo y móvil), marítimo o aeronáutico. Y pueden ser usadas en forma general para transmitir y recibir del satélite. Pero en aplicaciones especiales solo pueden recibir o solo pueden transmitir. A continuación se enumeran cada uno de los subsistemas básicos que integran una estación terrena satelital:

- **Plato Reflector** (antena).
- **Amplificador de Potencia** [HPA, High Power Amplifier]. O también conocido como Transmisor o Transceptor [Transceiver] ya que está en la parte Transmisora. Existen varias versiones de HPAs, dependiendo de la potencia radiada y de otros factores. Los hay de estado sólido, los SSPA (Solid State Power Amplifier) o SSHPA, los hay analógicos de Tubos de Vacío, los TWTs (Travelling Wave Tube), los KPA

- (Klystron Power Amplifiers). Los SSPAs generalmente se usan para potencias bajas, los TWTs y los Klystron se utilizan para potencias muy altas.
- **Amplificador de Bajo Ruido (Receptor), LNA:** Low Noise Amplifier.
 - **Convertor de subida/bajada (Up/down converter):** Un convertor de subida y bajada, se puede conseguir a parte, y generalmente convierten frecuencias de IF (Frecuencia Intermedia) a RF (Radio Frecuencia) cuando es UpConverter y de RF a If cuando es DownConverter. La frecuencias de IF son generalmente de 70 MHz, 140 MHz y la mas común es la Banda L (950-1550 MHz aprox.). La RF puede ser Banda C, Ku, Ka, etc. El convertor de subida/bajada también puede estar integrado junto con el LNA. Cuando es así, se le conoce como LNB (Low Noise Block): entonces un LNB = LNA + Up/Down Converter.
 - **Modem satelital (modulador, demodulador).**
 - **Multicanalizador.** [1]

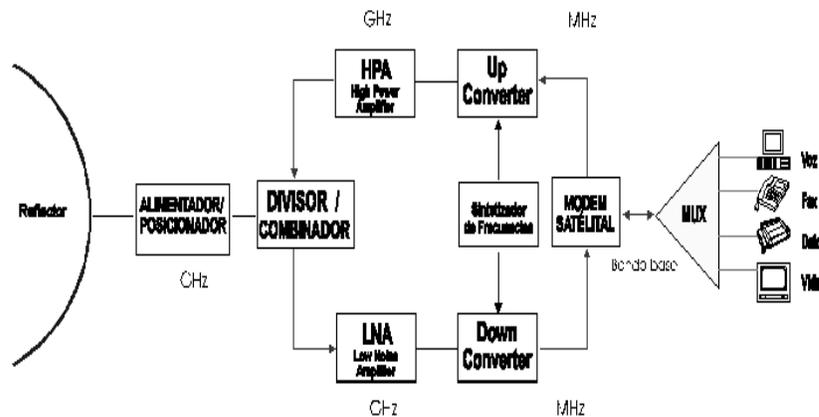


Fig. 3.10 Diagrama genérico de una estación terrena transmisora/receptora [1]

La estación terrena de Tx/Rx se caracteriza por determinados parámetros que inciden en el enlace entre el satélite y la estación de trabajo:

P.I.R.E: (Potencia Isotropita Radiada Efectiva). Relaciona a la potencia del transmisor y la ganancia de la antena en la frecuencia de transmisión.

G/T: (Factor de mèrito). Sensibilidad global de la estación, es el cociente entre la ganancia de la antena y la temperatura de ruido equivalente del receptor.

FI: (Frecuencia Intermedia) [34] Existen distintos tipos de estaciones terrenas, caracterizadas por el tamaño de la antena, la potencia de transmisión, sensibilidad de recepción, capacidad de canales que manejan, modos de acceso, etc. Se pueden mencionar a las estaciones: estación master, las estaciones de alta capacidad y las de capacidad media y baja, además de las estaciones rurales y las denominadas estaciones TVRO (TV receive only) y estaciones VSAT. [3]

Tabla 3.3 Parámetros usados en estaciones terrenas			
Banda de Frecuencia	Estándar de Estación Terrena	Diámetro típico de Antena (metros)	G/T (dB/K)
C-Band (6/4 GHz)	A	15.0 - 18.0	35.0
	B	9.0 - 11.0	31.7
	F-3	7.0 - 9.0	29.0
	F-2	5.5 - 7.0	27.0
	F-1	3.7 - 4.5	22.7
VSATs	H-4	3.7	22.1
	H-3	2.4	18.3
	H-2	1.8	15.1
Ku-Band (14/12/11 GHz)	C	11.0 - 13.0	37.0
	E-3	6.0 - 9.0	34.0
	E-2	4.0 - 6.0	29.0
	E-1	2.4 - 4.0	25.0
VSATs	K-3	1.8	23.3
	K-2	1.2	19.8

[1]

3.2.1.1. ESTACIÓN MASTER

La que se encarga de la gestión del sistema y habitualmente se encuentra ubicada en el nudo principal de la red. [3]

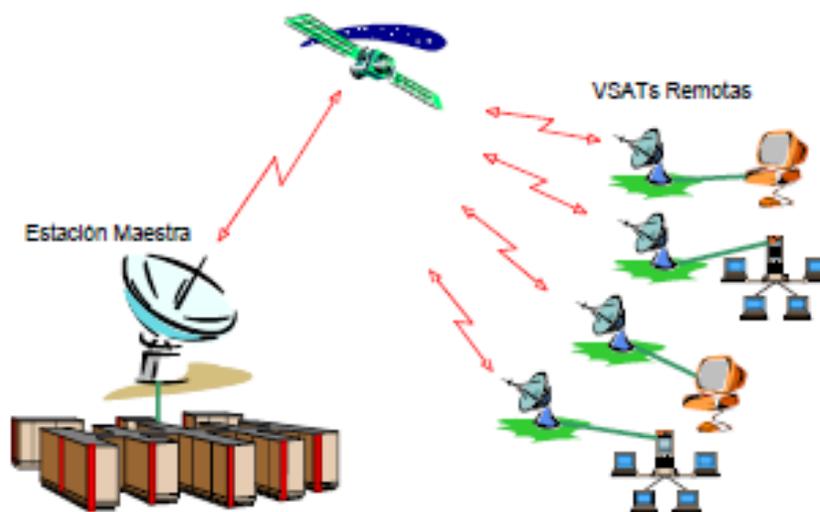


Fig. 3.11 Estación maestra [1]

3.2.1.2. ESTACIÓN DE ALTA CAPACIDAD

Son aquellas que están capacitadas para manejar el tráfico internacional entre redes públicas de telecomunicaciones, y que normalmente sirven para conectar con el exterior la red pública de telefonía y los datos de un país o de un conjunto de ellos. Para el trabajo en la Banda C, las estaciones están normalizadas en tres categorías, denominadas A, B y C, cuyas antenas pueden llegar hasta los 30 metros de diámetro. En la figura 3.12 se indican las dimensiones de los reflectores parabólicos correspondientes a distintas categorías de este tipo de estaciones.

Reflector parabólico	
Clase	Diámetro antena (m)
A	> 15
B	14 a 15
C	> 11

Fig. 3.12 Clasificación normalizada de las antenas terrestres para estaciones de alta capacidad [3]

Cuyas características permiten la atención de un elevado numero de canales de transmisión y recepción o bien puede ser de una menor cantidad de estos. [3]

3.2.1.3. ESTACIÓN DE MEDIA CAPACIDAD

Son estaciones de capacidad intermedia que se utilizan para manejar el tráfico de una región o de una empresa con una red de comunicaciones de importancia. En la figura 3.13 se indican las dimensiones de los reflectores parabólicos correspondientes a distintas categorías de este tipo de estaciones.

Clase	Tamaño en metros	Bandas de trabajo
D1	3,7 a 4,5	C
E1	2,4 a 4,5	Ku
E2	4,5 a 7,0	Ku
F1	3,7 a 4,5	C
F2	5,5 a 7,5	C
F3	7,3 a 9,0	C
G	Mayores de 4,5	Ku y C
H	1,8 a 3,7	C

Fig. 3.13 Normalización de las antenas terrestres para estaciones de capacidad media [3]

Cuyas características permiten la atención de un elevado numero de canales de transmisión y recepción o bien puede ser de una menor cantidad de estos. [3]

3.2.1.4. ESTACIONES RURALES

Son las estaciones de bajo costo.

3.2.1.5. ESTACIÓN TVRO (TV RECEIVE ONLY)

Permiten solo la recepción de una o varias señales de TV y/o de radiodifusión sonora.
[3]

Son estaciones transportables, en vehículos, aeronaves o barcos, que sirven normalmente a un usuario único. Este tipo de estaciones ha adquirido una importancia fundamental en los últimos tiempos, por la versatilidad que ofrece su uso en el caso de catástrofes o necesidades especiales.

Características técnicas de las estaciones de TV

Un sistema de comunicaciones vía satélite esta formado por una o más estaciones terrestres encargadas de enviar la señal de TV a un satélite operacional que se encuentra en órbita geoestacionaria, constituyendo lo que se llama enlace ascendente.

A su vez el satélite enviara la señal de nuevo a la tierra, formando el enlace descendente. Esta señal puede ser recibida por estaciones individuales de solo recepción o de teledistribucion. Para evitar interferencias entre los dos haces, las frecuencias de ambos son distintas.

Estaciones Transmisoras

El numero de canales de televisión transmitidos por una estación, dependen del diseño electrónico del satélite. Los primeros podrían transmitir hasta doce canales de TV simultáneamente. Actualmente se manejan muchos canales más.

Las señales transmitidas por satélites pueden ser modificadas para impedir su recepción en forma utilizable por quienes no estén expresadamente autorizados para ello. Como consecuencia, quien carezca de los medios que permitan descifrarla no podrán aprovecharlas, tanto la imagen como el sonido. Si bien es una situación cambiante, tendremos en cuenta que en la mayoría de los casos, lo que interesa a los canales de TV es llegar a la mayor cantidad de audiencia. Por lo cual la técnica que utilizan para dicho procedimiento de transmisión se denomina scrambled o de forma encriptada, como se suele decir. Esta técnica “revuelve”, en el sentido de mezclar la información, lo cual pierde así todo su valor, y de esa manera mantiene la privacidad de sus programas.

Estaciones Receptoras

Las señales de TV vía satélite pueden transmitirse en combinación con programas por aire, video cassette, juegos de video, o incluso con mensajes de TV en circuitos cerrados. No existen límites a las posibilidades de diseño una vez que se ha captado y procesado una señal de satélite potente.

Las configuraciones más complejas de equipo para recepción de satélites se componen de unidades básicas:

Antena, alimentador, LNA (amplificador de ruidos bajos), convertidor descendente, cable, receptores, y televisores. Estos componentes se combinan con separadores, amplificadores de línea, atenuadores, terminadores, barreras de corriente continua, conmutadores A/B.

Con una antena grande de plato se recoge la señal y se la refleja hacia su foco. Un concentrador, ubicado precisamente en dicho foco, canaliza la radiación reflejada y concentrada por el plato hacia el LNA, que es aquí el primer elemento activo. Un corto tramo de cable revela estas señales hacia un dispositivo llamado conversor, que baja la gama de frecuencias. Después de la subconversion, el mensaje es enviado a un receptor de video, para ser convertido en una forma comprensible para la TV. [2]

3.2.1.6. ESTACIÓN VSAT

Para la transmisión de datos vía satélite se han creado estaciones de emisión-recepción de bajo costo llamadas VSAT (Very Small Aperture Terminal).

Una estación VSAT típica tiene una antena de un metro de diámetro y un watio de potencia. Normalmente las estaciones VSAT no tienen potencia suficiente para comunicarse entre sí a través del satélite (VSAT satélite- VSAT), por lo que se suele utilizar una estación en tierra llamada hub que actúa como repetidor. De esta forma, la comunicación ocurre con dos saltos tierra-aire (VSAT-satélite -hub-satélite-VSAT). Un solo hub puede dar servicio a múltiples comunicaciones VSAT. [28]

Son estaciones que normalmente sirven para un único usuario. Utilizan antenas especiales denominadas VSAT (Very Small Apertura Terminal) que son parábolas que tienen un diámetro comprendido entre los 2 y 4 metros, aproximadamente. Mas recientemente se utilizan las antenas denominadas USAT (Ultra Small Apertura Terminal) cuyos diámetros son menores a un metro, y en algunos casos son de unos 20 cm.

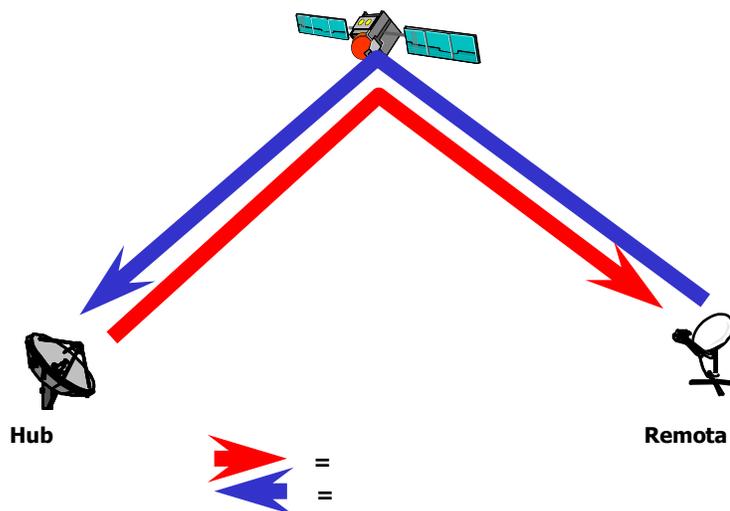


Fig. 3.14 Estación VSAT [1]

3.2.1.7. ESTACIONES MOVILES

Las comunicaciones móviles representan una de las áreas en telecomunicaciones con mayor crecimiento a nivel mundial.

Problemas por uso de comunicaciones móviles.

- El usuario puede estar en cualquier lugar dentro del área de cobertura.
- El usuario ignora ubicación del satélite (Elevación/Azimut).
- El usuario puede estar en un sitio rural, remoto o desolado.
- Debe tener comunicación eficiente, confiable y de calidad.
- Imposible usar satélites y estaciones terrenas convencionales.
- Uso actual de satélites con órbitas GEO y LEO
- No existe una estación terrena fija.
- Usuario con Terminal móvil o portátil.
- Difícil cargar y orientar antena al satélite en todo momento.
- Imposible conocer polaridad de antenas del satélite.
- Uso necesario de antenas con poca directividad y ganancia.
- Disminución en calidad de la señal.
- Limitado a servicios de banda angosta.

Características de comunicaciones móviles por satélite.

- Los sistemas móviles terrestres (celulares) utilizan radio bases para efectuar el enlace de comunicaciones del usuario.
- Los sistemas móviles por satélite utilizan un satélite de comunicaciones para efectuar el enlace del usuario con su destino final.
- Su principal ventaja es la cobertura que brindan los satélites.
- La principal desventaja es su retardo.
- Los SCMS pueden ser globales, regionales o domésticos.

En la primera generación de satélites móviles:

- Las estaciones terrenas estaban basadas en antenas helicoidales con reflector parabólico que trataban de seguir al satélite mediante servomecanismos.
- Terminales muy costosas y voluminosas. [6]

3.2.2. ANTENAS

Las antenas son la pasarela de entrada y salida de la información. Son empleadas en función de las necesidades de cobertura, señales involucradas, frecuencias y aplicaciones. Los principales tipos de antenas a bordo son: Monopolos y dipolos en bandas VHF y UHF (en desuso); Bocinas para haces anchos (cobertura global) y como alimentadores de antenas de reflector; Antenas reflectoras más empleadas para haces zonales: spot, múltiples y conformados (shaped beams); Lentes dieléctrica en guía metálica y en línea de transmisión acabadas en elemento radiante ("bootlace"); Arrays de elementos impresos; guías o bocinas, radiando directamente o como alimentadores de reflectores y Antenas activas, consistentes en elementos impresos alimentados directamente por unidades amplificadoras de salida integradas.

Las características de las antenas, varían en función de su aplicación, pero son fundamentales que se respeten algunos parámetros básicos, que evite problemas asociados a interferencias de otros haces, intermodulaciones, zonas de sombra, derivas del haz, errores de apuntamiento, etc. Las antenas se deben adaptar a diferentes configuraciones de red, difusión y recepción de los canales de frecuencia. Así podemos tener antenas para redes de un único haz o redes multihaz.

Las redes de un único haz, se caracterizan porque todas las estaciones que comparten el uso del satélite están en la misma zona de cobertura, determinada por el haz de radiación de la antena del satélite. El satélite dispone de C canales pero el número de usuarios potenciales es mucho mayor, siendo necesario que estos accedan a los transpondedores según un criterio de asignación de frecuencias y polarizaciones de los mismos. Cada transpondedor es compartido mediante el uso de alguna de las técnicas de acceso múltiple FDMA, TDMA o CDMA. El tráfico de las estaciones puede encaminarse según dos principios, una portadora por estación (uso de N portadoras) y una portadora por enlace (uso de $N(N-1)$ portadoras).

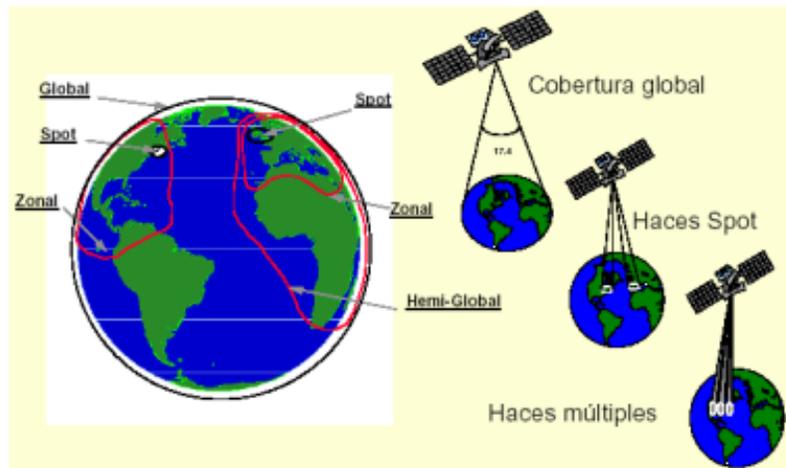


Figura. 3.15 Esquema monohaz o multihaz. [25]

En las redes multihaz, el satélite divide su zona de cobertura en diferentes sub-regiones con antenas más directivas (de mayor ganancia). Cada haz tiene asignado un transpondedor o conjunto de transpondedores que puede ser diferente. La limitación del número de haces viene dada por la complejidad y peso de la antena que es necesaria. Estas antenas tienen la ventaja de que la ganancia de la antena a bordo del satélite, es mayor al tener un haz más estrecho. En el balance del enlace esto puede suponer una ventaja de hasta 20dB, que repercuten directamente en el dimensionamiento de la estación terrena, requiriendo una EIRP menor (enlace ascendente) y una G/T menor (enlace descendente). Además una misma frecuencia puede ser utilizada por varios haces a la vez en la misma polarización, posibilitando la reutilización de frecuencia y por lo tanto la optimización del sistema.



Figura. 3.16 Reutilización de frecuencias de una antena multihaz. [25]

Sin embargo pese a posibilitar una capacidad mayor en el sistema, aparece la interferencia entre haces. En el enlace ascendente se produce interferencia al recibir un haz del satélite (por sus lóbulos secundarios) señales de otras zonas, produciendo interferencia co-canal (CCI) (si hay reutilización de frecuencias), interferencia del canal adyacente (ACI). [25]

3.2.2.1. GANANCIA DE LA ANTENA

La ganancia de la antena es un factor muy importante en cualquier tipo de comunicaciones de radio, e indispensable para el calculo del enlace satelital. La definición de ganancia de la antena A_t , se refiere a la relación que existe entre la potencia radiada por una antena isotrópica, a una distancia y la densidad de potencia que radiaría la misma antena pero en una sola dirección, con igual cantidad de potencia entregada. La ecuación 3.14 muestra como se compone la ganancia de la antena. [1]

$$A_t = \eta \left(\frac{\pi D f}{c} \right)^2$$

Ecuación 3.14

Ganancia de la antena en decibeles

$$A_t \text{ (dB)} = 10 \text{ Log} \left(\eta \left(\frac{\pi D f}{c} \right)^2 \right)$$

Ecuación 3.15

- A_t = Ganancia de la antena (dB)
- η = Eficiencia de la antena (adimensional)
- D = Diámetro de la antena (metros)
- f = Frecuencia de transmisión (GHz)
- c = Velocidad de la luz (3×10^8 km/m²)

3.2.2.1.1. ANCHO DEL HAZ

Existe otra manera de calcular la ganancia de la antena, esta es a través del ancho del haz. En la ecuación 3.3 se obtiene el ancho del haz, el cual es el ángulo en donde la

potencia del lóbulo principal disminuye a la mitad del máximo en la dirección deseada. En la figura 3.17 se muestra el ancho del haz, también conocido como ángulo a tres decibels, que es el ancho efectivo del lóbulo principal radiado por una antena en una dirección. [1]

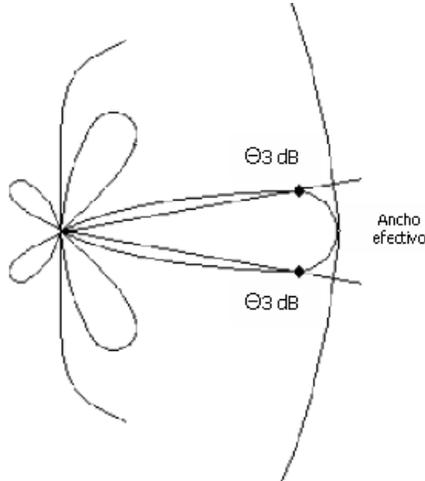


Figura 3.17 Ángulo de tres decibels [1]

La ecuación 3.16 muestra como se obtiene la ganancia de la antena en función del ancho del haz. [1]

$$A_t = \frac{30,000}{(\theta_{3dB})^2}$$

Ecuación 3.16

- A_t = Ganancia de la antena
- η = Eficiencia de la antena
- D = Diámetro de la antena
- λ = Longitud de onda
- c = Velocidad de la luz
- f = Frecuencia de transmisor
- θ_{3dB} = Ancho del haz

3.2.2.2. TIPOS DE ANTENAS

Requerimientos de diseño

En una comunicación por satélite, son necesarios unos requerimientos de diseño de las antenas utilizadas, los cuales se pueden resumir en estos 5 puntos:

1. **Gran ancho de banda**, del orden de 4 GHz para el enlace descendente y de 6 GHz para el enlace ascendente.
2. **Gran ganancia de antena** para conseguir una alta figura de mérito (G/T) en recepción y una alta Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE) de transmisión. Para ello son necesarios grandes reflectores y altas eficiencias de antena, lo que se consigue con una iluminación casi uniforme y una alta precisión en la fabricación.

3. **Mínima temperatura de ruido** para conseguir igualmente una alta G/T. Para ello, entre otras cosas, es necesario una baja radiación en la dirección del suelo.
4. **Bajo nivel de radiación del lóbulo secundario** para minimizar la recepción y transmisión de señales interferentes.
5. **Alta pureza de polarización** para evitar interferencias de señales de polarización cruzada, especialmente en el caso de sistemas de satélite de doble polarización. [2]

Existen varios tipos de antenas parabólicas dependiendo del tratamiento en la reflexión de los rayos, a saber:

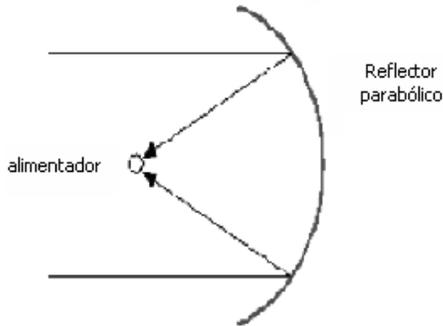


Fig. 3.18 Prime Focus (rend: 60%) [34]

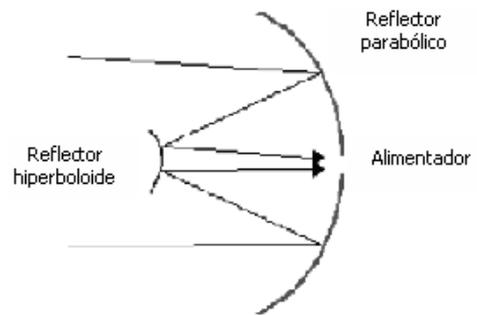


Fig. 3.19 Cassegrain [34]

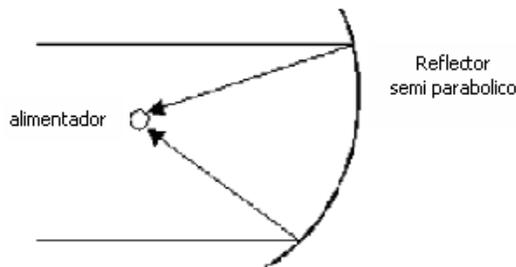


Fig. 3.20 Fuera de foco (off set) (rend: 75%) [34]

Antenas parabólicas

Las antenas utilizadas preferentemente en las comunicaciones vía satélites son las antenas parabólicas, cada vez más frecuentes en las terrazas y tejados de nuestras ciudades. Tienen forma de parábola y la particularidad de que las señales que inciden sobre su superficie se reflejan e inciden sobre el foco de la parábola, donde se encuentra el elemento receptor.

Son antenas parabólicas de foco primario. Es importante que la antena esté correctamente orientada hacia el satélite, de forma que las señales lleguen paralelas al eje de la antena. Son muy utilizadas como antenas de instalaciones colectivas.

Una variante de este tipo de antena parabólica es la antena offset; este tipo de antena tiene un tamaño más reducido, y obtiene muy buen rendimiento. La forma parabólica de la superficie reflectante hace que las señales, al reflejarse, se concentren en un punto situado por debajo del foco de parábola. Por sus reducidas dimensiones se suelen utilizar en instalaciones individuales de recepción de señales de TV y datos vía satélite.

Otro tipo particular es la antena Cassegrain, que aumenta la eficacia y el rendimiento respecto a las anteriores y disponer de dos reflectores: el primario o parábola más grande, donde inciden los haces de señales es un primer contacto, y un reflector secundario (subreflector). [10]

Consiste de un reflector parabólico descentrado, iluminado por un arreglo de 88 cornetas de guía de onda cuadrada para producir los haces conformados hemisférico y zonal con las polarizaciones circulares derecha e izquierda. Los diámetros de los reflectores en las bandas de 4 Ghz y 6 Ghz son 2.44 m y 1.54 m respectivamente. Los haces hemisféricos se forman de manera similar para los satélites en los Océanos Pacifico, Atlántico e Indico. La forma de los haces zonales se selecciona desde la tierra para los Océanos Pacifico, Atlántico e Indico.

Son manejables entre varios grados y se les usa en áreas de alta densidad de tráfico. Usan polarización lineal tanto para transmisión como para recepción. El reflector de haz Píncel Oeste es un disco parabólico de 1 m de diámetro y la antena de haz Píncel Este es un reflector conformado que produce haces de transmisión y recepción elípticos.

Son cornetas cónicas en las bandas de 4 / 6 Ghz pero con Irises y pestañas para mantener la pureza de polarización. La antena de transmisión en 4 Ghz, permite que el haz sea manejado en los alrededores de los 2° del eje de caída (perpendicular al plano de la orbita) para reponer el haz hacia el centro de la tierra.

El principio de diseño de este tipo de antena es muy similar al de las antenas globales, sin embargo su composición es simple debido a su estrecho ancho de banda de operación y su baja relación axial.

Equipo de Apuntamiento de la antena.

Las antenas de haz Píncel Este y Oeste así como las de haz global en las frecuencias de 14 / 11 Ghz se controlan dentro de un rango de entre $\pm 3.25^\circ$ y $\pm 2.2^\circ$ respectivamente. Para este control de apuntamiento se requieren cinco motores y cinco transductores de posición. [2]

Para propósitos de radiocomunicaciones, los satélites geoestacionarios poseen 7 antenas:

- una antena para los HACES HEMISFERICOS y ZONALES en la banda de 4 Ghz.,
- una antena para los HACES HEMISFERICOS y ZONALES en la banda de 6 Ghz.,
- una antena de HAZ GLOBAL para la banda de 4 Ghz.,
- una antena de HAZ GLOBAL para la banda de 6 Ghz.,
- dos antenas para los HACES PINCEL ESTE y OESTE en las bandas de 11/14 Ghz y;
- una antena BEACON en 11 Ghz.

La antena BEACON se usan como los faros y por medio de estas la ESTACION TERRENA le hace el seguimiento al SATELITE.

Antenas terrestres

Existen muchos tipos de antenas terrestres para comunicación con satélites. Estas dependen del tipo de estación terrena, la cual comprende desde los centros internacionales de tráfico alto (antenas grandes de hasta 32 metros), pasando por los receptores domésticos de Televisión (antenas de entre 3 y 0.5 metros), hasta pequeños terminales de comunicación de datos (antenas de hasta 0.6 metros).

Una antena terrestre se instala generalmente sobre la tierra firme, aunque puede instalarse sobre un barco o incluso un avión (servicios aeronáuticos). Todo ello hace que existan multitud de tipos de antenas terrestres. Estas, con sus distintos mecanismos



Fig. 3.21 Antena terrestre [2]

Casi todas las antenas terrestres son reflectores de apertura circular. Aunque un simple reflector parabólico es suficiente para pequeñas estaciones como recepción de TV, otras veces es necesaria la utilización de un reflector doble, llamado Cassegrain. Una ventaja de las antenas Cassegrain es que el alimentador está situado en el mismo reflector principal, facilitando la conexión. [2]

Las principales modificaciones de las antenas sobre la antena básica son:

1. Reflector modificado. Es una técnica aplicada a las antenas de doble reflector. El propósito consiste en hacer más uniforme la iluminación en la apertura (mejorando así la eficiencia de la antena), modificando la forma del reflector secundario para que concentre los rayos hacia el margen exterior del reflector principal.

2. Alimentación por rayo de guíaonda. Es un conjunto de elementos de enfoque y guiado, generalmente reflectores, sobre los que se propaga la radiación. Esta técnica permite una situación remota de la fuente principal respecto al reflector con pérdidas muy bajas (del orden de 0,1 dB). Conjuntamente con unos espejos, el sistema permite mantener la fuente fija mientras el reflector va rotando. Útil en antenas de gran tamaño en las cuales los equipos de amplificación van colocados en una habitación debajo del pedestal de la antena, evitando con este método pérdidas por guías de onda y juntas rotatorias. [2]

3.2.2.3. TRANSMISORES Y RECEPTORES

La cadena de transmisión de la estación terrena

Las señales que llegan a una estación terrena tienen varias formas. En su mayoría consisten en un canal de banda estrecha o en un número de esos canales

multiplexados juntos, los canales que son diseñados para telefonía pero también pueden ser usados para otro tipo de señales de baja tasa de información. Otras señales son canales de vídeo, señales de televisión completas o canales de datos. Como quiera que sean, estas señales, después de cualquier proceso que necesiten, modulan una portadora, típicamente a 70 MHz y, después de pasar a través del primer amplificador de frecuencia intermedia, entran a un conversor ascendente. La portadora modulada abandona el conversor con la frecuencia de portadora elevada hasta normalmente 1 GHz. A continuación tenemos un segundo amplificador de IF y un segundo conversor ascendente. La frecuencia del oscilador local de este último es seleccionada para cambiar la frecuencia de la portadora a su frecuencia asignada por el enlace ascendente del satélite. Después de otra amplificación, en el amplificador de alta potencia, la portadora modulada pasa a un puerto de transmisión de la antena de la estación terrena.

Muchas estaciones terrenas transmiten varias portadoras moduladas a un satélite. Estas portadoras, con sus diferentes frecuencias, son combinadas en algún punto, normalmente en la entrada al amplificador de potencia, antes de pasar a la antena.

La carga de comunicaciones del satélite

La función del satélite en la cadena de transmisión es recibir las señales moduladas que la estación terrena emite en el enlace ascendente, amplificarlas y retransmitirlas como enlaces descendentes para que las reciban las estaciones terrenas de destino. En el recorrido de este proceso, la portadora de cada emisión es movida a una banda de frecuencia en la cual el satélite no reciba, para que así el enlace descendente no pueda interferir la recepción del enlace ascendente.

A los satélites de los servicios fijos y de difusión se les asignan bandas de frecuencia con un ancho de 500 MHz aproximadamente, para enlaces ascendentes y descendentes. Sin embargo, el ancho de banda de las emisiones que manejan raramente supera los 30 MHz. Por lo tanto es factible subdividir el ancho de banda total en un número de subbandas a través de la carga útil del satélite, cada una de 36 o 72 MHz de ancho, con sus propios amplificadores.

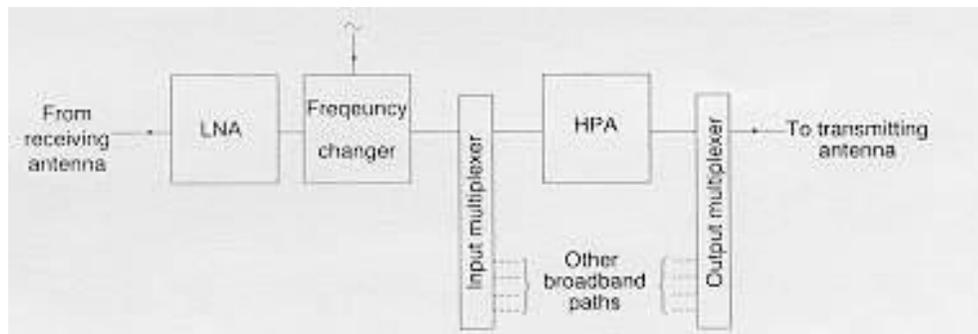


Fig. 3.22 Proceso de la señal en una antena [1]

Al conjunto de elementos necesarios para un sistema de subbandas a través de la carga del satélite se les denomina transpondedor. La antena del satélite recoge las emisiones desde la estación terrena. Éstas se amplifican en un amplificador de bajo ruido. La salida de este amplificador se pasa a un conversor de frecuencia donde la

portadora ascendente es cambiada a la portadora descendente. Para cada transpondedor, un filtro pasabanda situado en la entrada del multiplexor selecciona la emisión cuya banda de frecuencia está asignada en el transpondedor y se la pasa al amplificador de potencia. La salida desde éste último es pasada a una antena transmisora a través de un multiplexor de salida, donde es combinada con las salidas de cualquier otro amplificador de potencia que está destinado a la misma antena.

La cadena de recepción de la estación terrena

Un puerto de recepción de la antena de la estación terrena proporciona un gran ancho de banda de emisiones, recibidas del satélite, a un filtro de bajo ruido, seguido por un amplificador de radiofrecuencia que opera a la frecuencia del enlace descendente. De todo el conjunto de emisiones, la estación o estaciones terrenas pueden estar interesadas sólo en una de ellas. Si es así, su primer conversor descendente sintoniza a la frecuencia adecuada para seleccionar la portadora requerida, para que ésta pase a un demodulador. Si la estación necesita recibir varias de las portadoras simultáneamente, el divisor que sigue al amplificador de radiofrecuencia proporciona el conjunto de señales recibidas del satélite a otros conversores, receptores y demoduladores, cada uno sintonizado a la portadora de interés. [1]

Antena parabólica de transmisión / recepción

Se clasifican por el tipo de técnica óptica, empleada en el sistema de alimentación, encontrándose para diámetros de hasta 4.5 m en foco primario axial, 3.8 m en foco primario offset y desde 3.7 m en Cassegrain o Gregoriano. En el proceso de evaluación, de la antena a utilizar debe tomarse en cuenta, los parámetros básicos siguientes:

a).- Alta ganancia directiva, esto es, el foco debe radiar energía mediante un haz angosto para iluminar a la antena del satélite en los modos de transmisión y recepción. Debiendo el patrón de radiación cumplir con tener un nivel mínimo de lóbulos laterales, para reducir la interferencia de señales indeseadas, así como, la producida por otros satélites u otros sistemas terrestres.

b).- Baja temperatura de ruido efectiva en el lado de recepción, que es proporcional a la temperatura de la antena, esto es logrado reduciendo la potencia del ruido, dentro del ancho de banda de la portadora de descenso. Así mismo, las pérdidas óhmicas de la antena deberán ser mínimas, ya que contribuyen directamente a la temperatura de ruido.

c).- Gobierno mecánico simple, que permitirá un apuntamiento del haz, al satélite preciso reduciendo las pérdidas por dicho concepto.

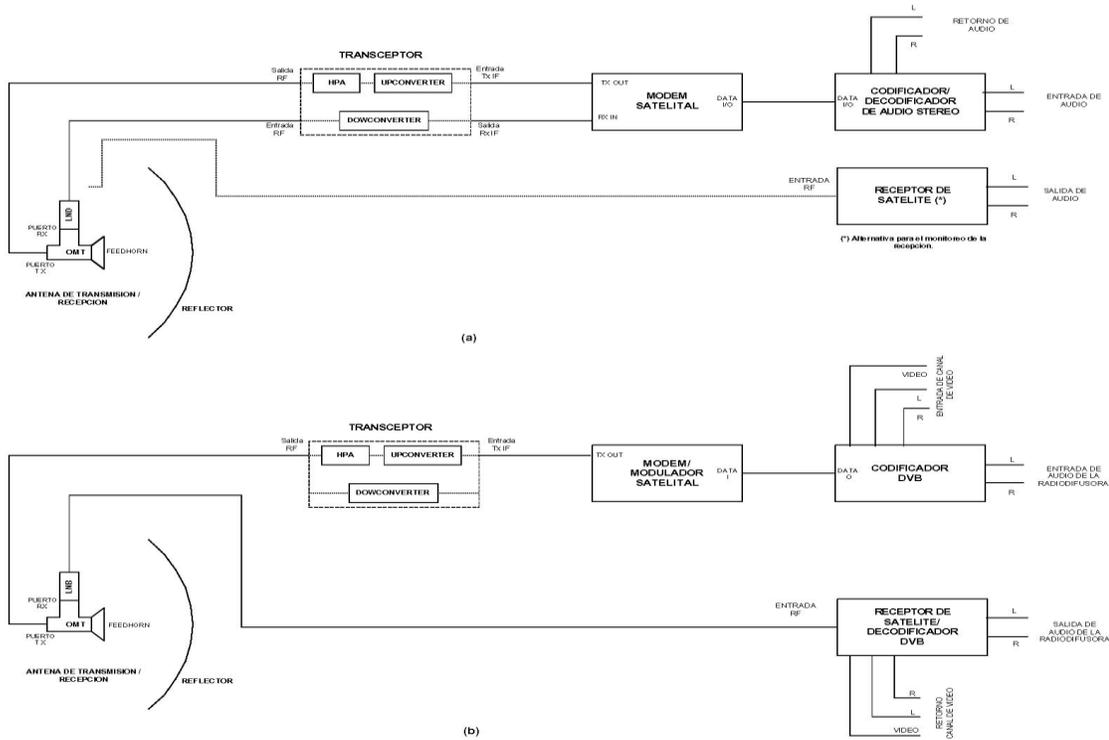


Fig. 3.23 Configuraciones típicas de una estación de Transmisión / Recepción vía satélite de Radiodifusión Sonora [1]

3.2.2.4. MODELOS BASICOS DE UN SISTEMA SATELITAL

Básicamente un enlace satelital se conforma de tres etapas. Dos están ubicadas en las estaciones terrestres, a las cuales llamaremos modelos de enlace de subida o bajada y la tercera etapa estará ubicada en el espacio, donde la señal de subida cruzará por el transpondedor del satélite y será regresada a la tierra a una menor frecuencia con la que fue transmitida. En la figura 3.24 se muestra el modelo básico de un sistema satelital. [1]

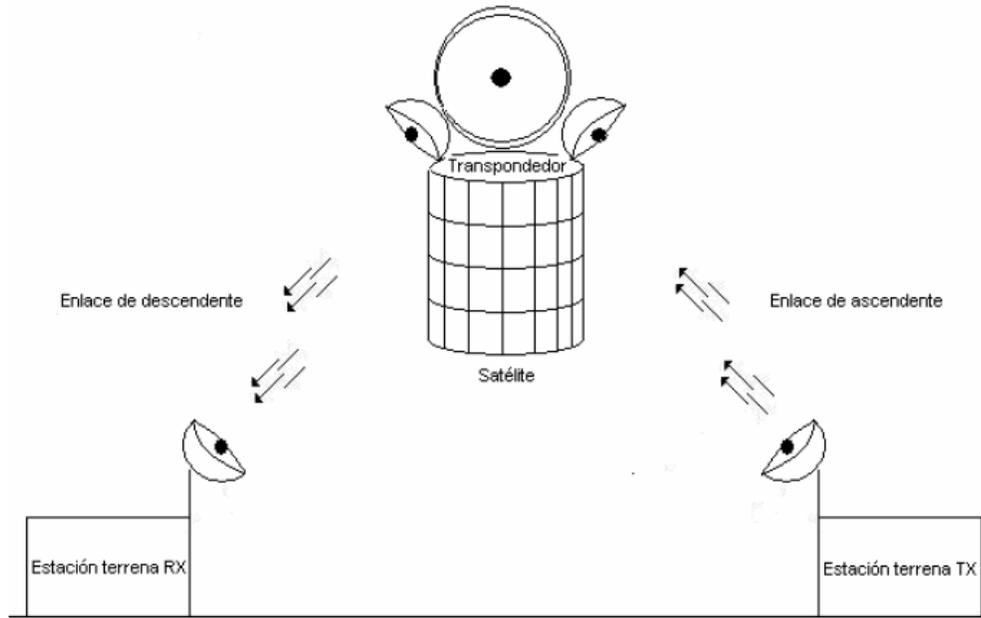


Fig. 3.24 Modelo satelital [1]

3.2.2.4.1. ENLACE ASCENDENTE

El enlace ascendente consiste en modular una señal de FI en banda base a una señal de frecuencia intermedia modulada en FM, PSK y QAM, seguida por el convertidor elevador, el cual está constituido por un mezclador y filtro pasa bandas, el cual convertirá la señal de IF a RF. Por ultimo la señal pasará por un amplificador de potencia (HPA), el cual le dará la potencia necesaria para que la señal llegue hasta el satélite. La figura 3.25 muestra las distintas etapas de una estación terrestre transmisora. [1]

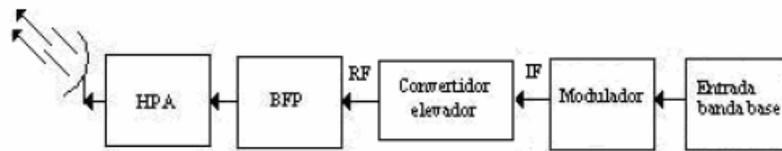


Figura 3.25 Modelo básico ascendente [1]

El principal componente de la sección de subida satelital, es el transmisor de estación terrena. Un típico transmisor de estación terrena consiste de un modulador de IF, un convertidor de microondas de IF a RF, un amplificador de alta potencia (HPA) y algún medio para limitar la banda del último espectro de salida (por ejemplo, un filtro pasa-bandas de salida). El modulador de IF convierte las señales de banda base de entrada a una frecuencia intermedia modulada en FM, en PSK o en QAM. El convertidor (mezclador y filtro pasa-bandas) convierte la IF a una frecuencia de portadora de RF apropiada. El HPA proporciona una sensibilidad de entrada adecuada y potencia de salida para propagar la señal al transpondedor del satélite. Los HPA comúnmente usados son klystrons y tubos de onda progresiva.

Para el enlace ascendente, es posible colocar en las estaciones terrenas transmisores con mucha potencia y antenas de gran tamaño para tener una mayor ganancia, aunque eso eleva los costos. Pero la situación se complica en el Enlace descendente, ya que la potencia del transmisor esta limitada por la energía que pueda generar el satélite (que no es mucha), y el tamaño de la antena por la zona de servicio que deba cubrirse y el costo que implicaría transportarla. Esto hace que las señales satelitales recibidas en la Tierra, sean extremadamente débiles; por ello son muy importantes la ganancia de la antena, la eficiencia del transmisor, la figura de ruido del receptor y el tipo de modulación y técnica de acceso.

Otro elemento crítico son los amplificadores de bajo ruido (LNA) presentes tanto en el satélite (enlace ascendente), como en las estaciones terrenas (enlace descendente). Las señales recibidas son muy débiles, debido a las grandes distancias, por lo tanto es necesario que el primer elemento que entra en contacto con dichas señales posea un ruido interno mucho menor que la señal recibida, para que no se degrade la calidad. En consecuencia, debido a las potencias extremadamente pequeñas de las señales recibidas, normalmente un LNA esta físicamente situado en el punto de alimentación de la antena.

Cabe destacar que la tendencia en los satélites de telecomunicaciones es usar terminales de recepción pequeños y de bajo costo para permitir el acceso de una mayor cantidad de usuarios. Estos requerimientos se pueden lograr mediante el uso de Técnicas de Procesamiento de Señales, que permiten la codificación y control de errores de los datos enviados por los usuarios; también mediante el empleo de antenas multihaz, con haces spot de gran ganancia.

Estas técnicas son usadas en los sistemas globales de comunicaciones por satélite, tales como el Iridium o Globalstar, donde se utiliza un conjunto de satélites en órbitas bajas, en lugar de satélites geoestacionarios.

Cada objeto sobre la superficie terrestre emite una estela o firma, que es su energía particular, que cambia conforme ese objeto se modifica; por esta característica es posible identificar, mediante satélite, la firma del agua salada, que es diferente a la del agua dulce o diferenciar el aire contaminado del limpio; también, se pueden distinguir elementos de un territorio en un tiempo determinado, tales como cosechas, tipos y estado de las mismas; fauna marina y terrestre; grandes ciudades, poblados, instalaciones hechas por el hombre, vías de comunicación terrestre y muchas más. [28]

3.2.2.4.2. ENLACES DESCENDENTE

El receptor de la estación terrena contiene un filtro (BFP), el cual limita la potencia de entrada que recibe el LNA, una vez amplificada la señal en bajo ruido la señal será descendida de RF a frecuencias IF por medio de un convertidor descendente, después la señal será remodulada y entregada en banda base. La figura 3.26 muestra las etapas de una estación terrena receptora. [1]

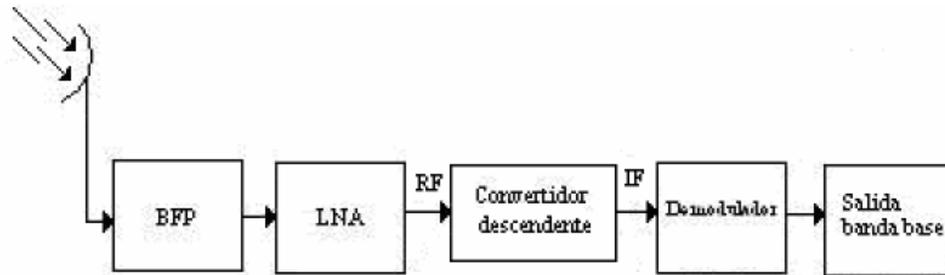


Fig. 3.26 Modelo básico descendente [28]

Un receptor de estación terrena incluye un BPF de entrada, un LNA y un convertidor de RF a IF. Nuevamente, el BPF limita la potencia del ruido de entrada al LNA, que es un dispositivo altamente sensible, con poco ruido, tal como un amplificador de diodo túnel o un amplificador paramétrico. El convertidor de RF a IF es una combinación de filtro mezclador/pasa-bandas que convierte la señal de RF recibida a una frecuencia de IF.

Cabe señalar que tanto en el enlace ascendente como en el enlace descendente las pérdidas que sufren las ondas radiadas (proporcionales a la inversa del cuadrado de la distancia), son muy grandes (alrededor de 200 dB en cada trayecto), además en las frecuencias que están por encima de los 10 GHz se añaden pérdidas provocadas por la lluvia. [28]

3.2.2.4.3. ENLACES CRUZADOS

En ocasiones, para realizar una comunicación satelital no solo se va a requerir de un solo satélite, esto quiere decir que si no hay línea de vista entre el satélite y el receptor se puede utilizar otro satélite que tenga línea de vista con la estación receptora, de este modo se podrán realizar transmisiones a mayores distancias. La figura 3.27 muestra un enlace cruzado o ínter satelital entre dos satélites. [1]

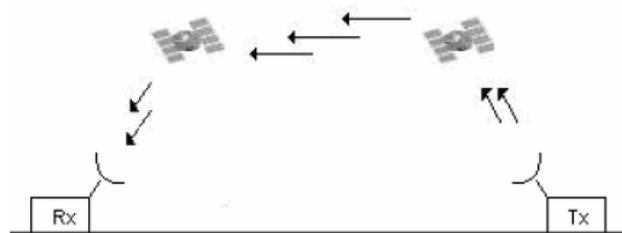


Figura 3.27 Enlace cruzado [1]

Ocasionalmente, hay aplicaciones en donde es necesario que los satélites se comuniquen entre si, lo que se realiza usando enlaces cruzados entre satélites (intersatelitales – ISL). Una desventaja de usar un ISL es que ambos, el transmisor y receptor son enviados al espacio. Consecuentemente la potencia de salida del transmisor y la sensibilidad de entrada del receptor se limitan. [28]

3.2.3. SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL

Centro de control de la misión: (Misión Control Center) (MCCs): Sus principales funciones son: recoger, almacenar y clasificar la data que proviene de otras estaciones terrenas o centro de control de la misión, provee intercambio de datos dentro del sistema COSPAS-SARSAT, y distribuye los datos de alerta y localización entre los centros de coordinación de rescate (RCC), estos datos pueden ser de dos tipos datos de alerta o datos de información del sistema, los datos de alerta son los que se obtienen de los transmisores de señal de emergencia, y esta compuesta por la localización del transmisor y su código.

La información del sistema contiene el estado de los segmentos espaciales y terrestres, y los mensajes de coordinación requeridos para que trabaje el sistema.

Todos estos centros de control de la misión están interconectados a través de una apropiada red para la distribución de la información, que maneja cada uno de ellos. [24]



Fig. 3.28 Estación del sistema de supervisión y control [24]

CAPITULO IV.

FLOTA SATELITAL

MEXICANA

CAPITULO IV. FLOTA SATELITAL MEXICANA

4.1. SATMEX

Satélites construidos en México por la UNAM:

- UNAM-SAT I
- UNAM-SAT II
- UNAM-SAT III

Satélites propiedad de Satmex:

- Morelos I y Morelos II (también llamados Satmex 1 y Satmex 2)
- Solidaridad 1 y Solidaridad 2 (también llamados Satmex 3 y Satmex 4)
- Satmex 5
- Satmex 6

Todos estos satélites pertenecen a Satmex, empresa mexicana de servicios satelitales. Actualmente están operativos Solidaridad 2, Satmex 5 y Satmex 6. [10]

En la actualidad, México tiene asignados tres segmentos espaciales, o posiciones orbitales, para el servicio nacional y de casi todo el continente, empleando para ello tres satélites con diferentes tipos de coberturas: Solidaridad II, Satmex 5 y Satmex 6. Como es conocido, la Red Edusat emplea actualmente dos satélites: Solidaridad II y Satmex 5.

Tabla 4.1 Red Edusat				
Satélite	Equipo	Transpondedor	Freq. Subida (GHz)	Freq. Bajada (GHz)
Solidaridad II	DVB	3N	6.025	3.800
Satmex 5	DVB	24C	6.405	4.180

Nota: las frecuencias pueden cambiar por aspectos técnicos que convengan a la DGTVE.

Ubicación de los satélites mexicanos

Los satélites mexicanos se encuentran ubicados sobre el arco satelital, ubicado a una latitud 0° donde está el Ecuador. El satélite Satmex 6 se encuentra ubicado en la posición orbital de 109.2° Oeste, el satélite Solidaridad II tiene una longitud de 113° Oeste, mientras que el satélite Satmex 5 se encuentra en 116.8° Oeste, con referencia al meridiano de Greenwich.

Satélites SOLIDARIDAD

El sistema de satélites Solidaridad representa la segunda generación de comunicaciones espaciales para México. En forma similar a los satélites Morelos, cada uno de los Solidaridad cuenta con 18 Transpondedores en banda C, pero con mayor potencia que la de los primeros, y con cobertura en más áreas geográficas, gracias a la tecnología de los amplificadores de estado sólido que se emplearon en su construcción.

Asimismo, dentro de la carga útil se cuenta con 16 transpondedores de **banda Ku** equivalentes a 4 veces la capacidad que se tenía en los Morelos. Adicionalmente existe un sistema de transmisión en banda L, que permite dar servicios de comunicación móvil a todo el país, incluyendo sus costas y mar territorial.

Todas las bandas empleadas por los satélites cubren el territorio de México, además de las extensiones en banda Ku para coberturas en la frontera sur de los EUA, la costa este y las ciudades de San Francisco y Los Ángeles. La cobertura en banda C se extiende hacia el Caribe, centro y Sudamérica. El centro de control y operaciones para los satélites se encuentra ubicado en Iztapalapa, D.F., y se cuenta con todos los sistemas electrónicos necesarios para mantener en sana operación esta flota. Programa de formación integral para el conocimiento, instalación, uso y mantenimiento de la Red Edusat. Asimismo, con el propósito de garantizar gran confiabilidad en el servicio, se cuenta con un centro de control alterno en la ciudad de Hermosillo, Sonora, en la parte noreste del país.

Satélite SOLIDARIDAD II

Tabla 4.2 Especificaciones técnicas del Satélite Solidaridad II			
Satélite Solidaridad II	36 MHz Banda C	72 MHz Banda C	54 MHz Banda Ku
PIRE (dBW) en la orilla de la cobertura	R1: 37.0 R2: 36.2 R3: 37.0	R1: 40.1	R4: 47.0 R5: 45.0
G/T (dB/°K) en la orilla de la cobertura	R1: 4 R2: 1 R3: -1	R1: 2	R4: 2 R5: -1
Densidad de flujo a saturación (dBW/m ²)	R1: -93 R2: -90 R3: -90	R1: -91	R4: -94 R5: -91
No. De transpondedores	12	6	16
Redundancia	14 SSPA para 12 canales	8 SSPA para 6 canales	19 TWTA para 16 canales
Rango de atenuación de entrada	0 a 14 dB en pasos de 2dB	0 a 14 dB en pasos de 2dB	0 a 22 dB en pasos de 2dB
Inicio de operación	Diciembre de 1994		
Vida estimada de operación	14 años		
Posición orbital	113° Oeste		

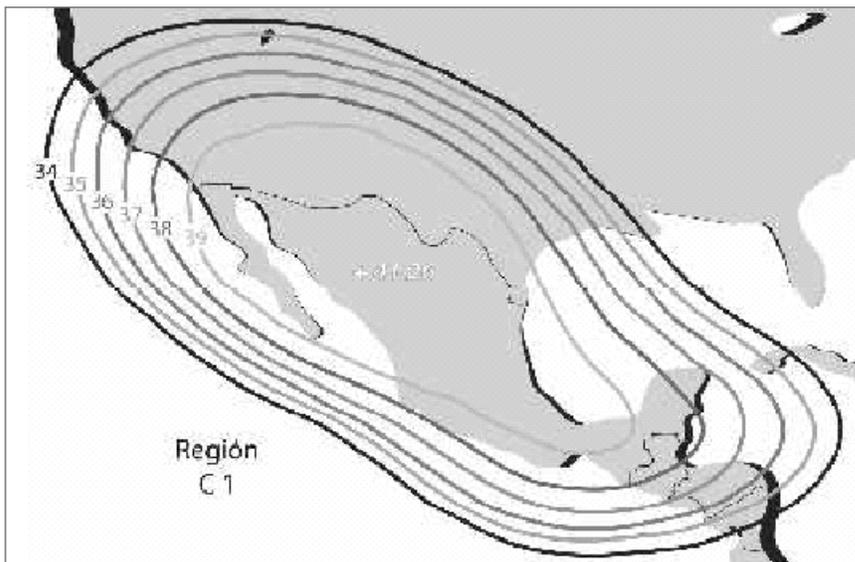


Fig. 4.1 Coberturas de satélite solidaridad II [18]

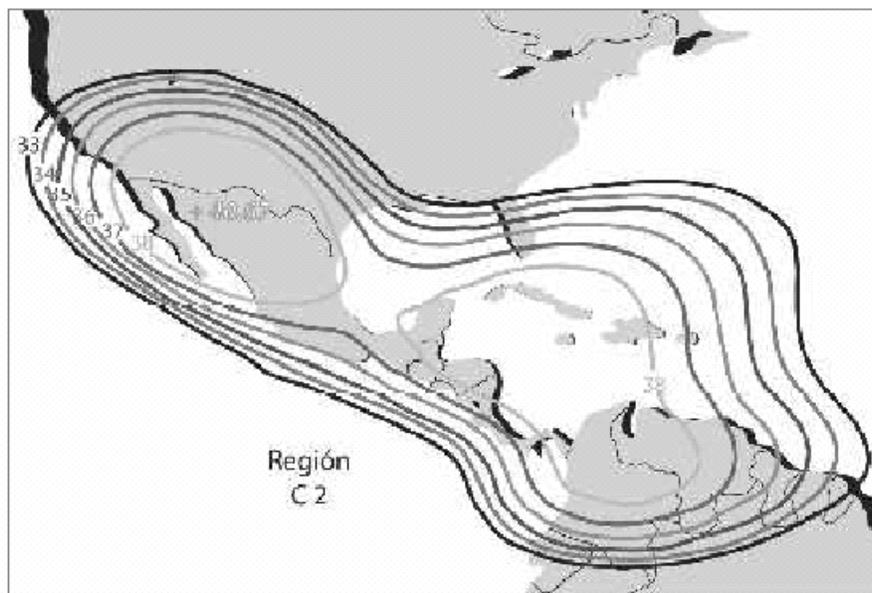


Fig. 4.2 Coberturas de satélite solidaridad II [18]

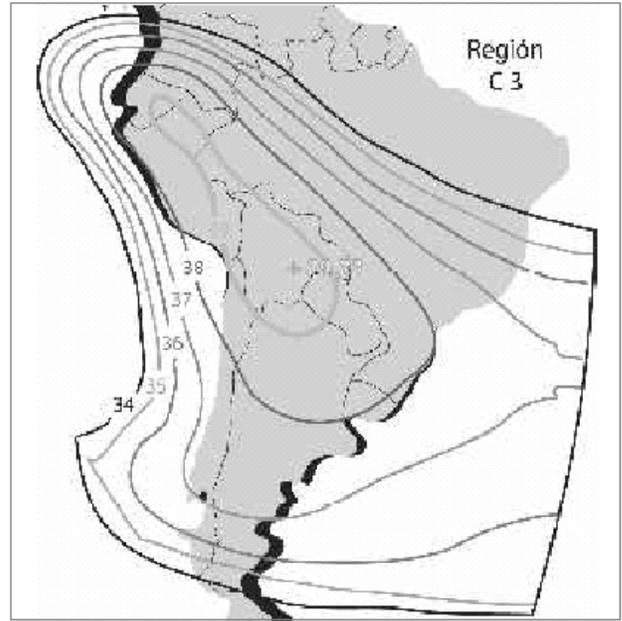


Fig. 4.3 Coberturas de satélite solidaridad II [18]

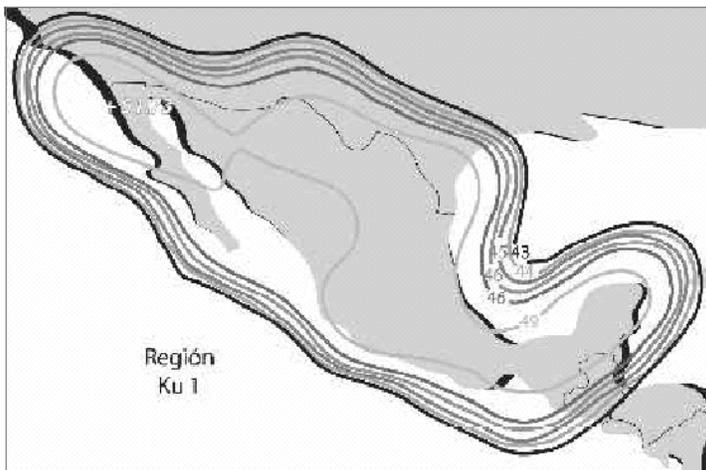


Fig. 4.4 Coberturas de satélite solidaridad II [18]

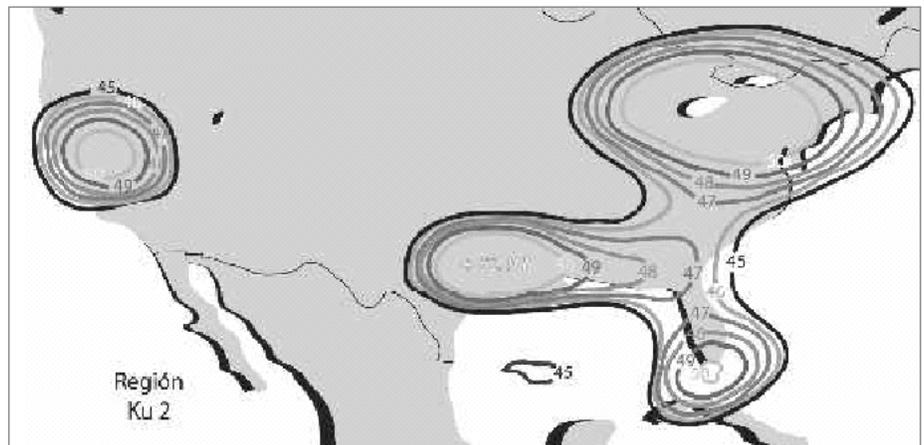


Fig. 4.5 Coberturas de satélite solidaridad II [18]

Satélite SATMEX 5

Fue fabricado por Hughes Space & Communications, en California, EUA, lugar en donde se construyó la primera y segunda generación de satélites mexicanos. En el trabajo de diseño e integración de este satélite participaron ingenieros mexicanos.

La vida útil esperada de Satmex 5 es de 15 años y fue puesto en órbita por un cohete de Arianespace en 1998. Satmex opera este satélite desde su centro primario en Iztapalapa, D.F. y cuenta con un centro de control alterno en Hermosillo, Sonora, con lo que se garantiza la operación del sistema, de la misma forma que se hizo para los satélites Solidaridad. Tiene celdas solares de **arseniuro de galio** y cuenta con nueva tecnología en la batería y el sistema de propulsión, para operar con 24 Transpondedores de banda C y 24 de banda Ku de alto poder. Esta capacidad en banda Ku le permite la transmisión de señales de televisión directa al hogar (DTH),

A antenas menores de un metro de diámetro; su PIRE (potencia isotropita radiada efectivamente) y sus márgenes de G/T, le dan capacidad suficiente para hacer radiodifusión digital con gran confiabilidad; además, los haces de cobertura brindan servicio a casi todo el continente americano.

Beneficios de Satmex 5

El nuevo satélite Satmex 5, lleva a México a una auténtica globalización de los servicios satelitales, ya que cuenta con cobertura continental en todos sus anales, una potencia diez veces superior a los anteriores satélites Morelos, tres veces superior a los Solidaridad, y tiene la tecnología satelital más avanzada, que le permitirá tener una vida útil superior a los 15 años.

Las aplicaciones satelitales que requieren gran demanda de potencia pueden ser atendidas por Satmex 5, dado que se puede tener un mejor aprovechamiento del segmento espacial. La gran capacidad en potencia efectiva radiada y la elevada densidad espectral de sus transpondedores permiten la radiodifusión digital con gran confiabilidad.

Las nuevas aplicaciones que operan en formatos DVB alcanzan importantes economías de escala al aprovechar al máximo las características del Satmex 5. Los sistemas como el de televisión directa al hogar (DTH) logran el beneficio de poder transmitir a estaciones con antenas menores a un metro de diámetro, particularmente dentro de la cobertura de Norteamérica.

Para los usuarios de servicios ocasionales, Satmex 5 en su banda Ku, les ofrece la posibilidad de utilizar equipos digitales portátiles, que reducen considerablemente los costos de operación, además de hacer más flexible y dinámico el despliegue de sus equipos de noticias y eventos especiales. Históricamente y por razones fundamentalmente económicas, las receptoras de banda C han sido las preferidas por las cadenas de televisión comercial y sistemas por cable, tanto en Latinoamérica como en EUA y Canadá. La cobertura continental de la banda C del Satmex 5, propiciará el crecimiento de la distribución de la televisión por cable y la educación a distancia con costos más competitivos.

Tabla 4.3 Especificaciones técnicas del Satélite Satmex 5		
Satélite Satmex 5	36 MHz Banda C	36 MHz Banda Ku
PIRE (dBW) en la orilla de la cobertura	39	R1: 40.1
G/T (dB/°K) en la orilla de la cobertura	-2	R1: 2
Densidad de flujo a saturación (dBW/m ²)	-93	R1: -91
No. De transpondedores	24	6
Redundancia	30 TWTAs para 24 canales	8 SSPA para 6 canales
Rango de atenuación de entrada	0 a 15 dB en pasos de 1dB	0 a 14 dB en pasos de 2dB
Combustible remanente al 1° de enero de 1999	Bipropelante 106.761 Kg.	Xenon 229.443 Kg.
Grados de tolerancia en el mantenimiento de nave espacial	$\pm 0.05^\circ$ N-S $\pm 0.05^\circ$ E-W	
Inicio de operación	Enero de 1999	
Vida estimada de operación	Mas de 15 años	
Posición orbital	116.8° Oeste	

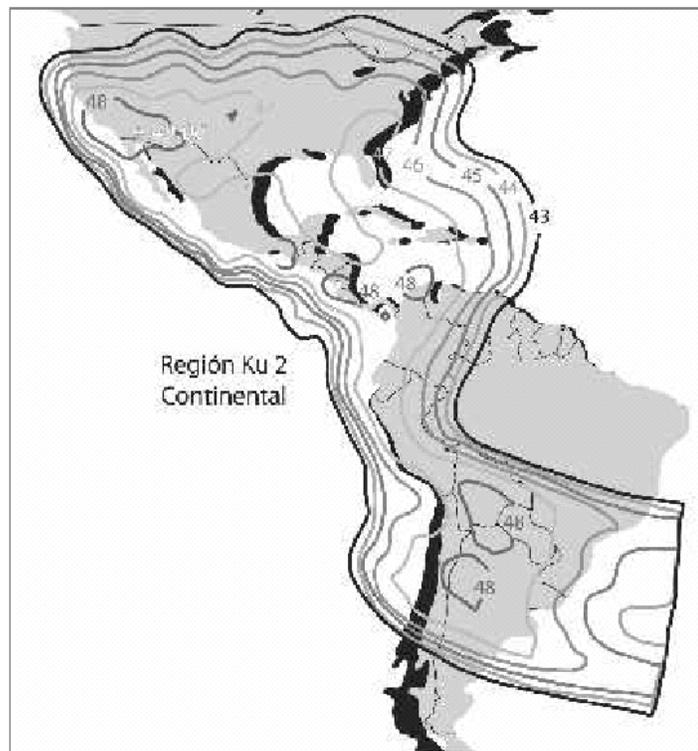


Fig. 4.6 Coberturas del satélite Satmex 5 [18]

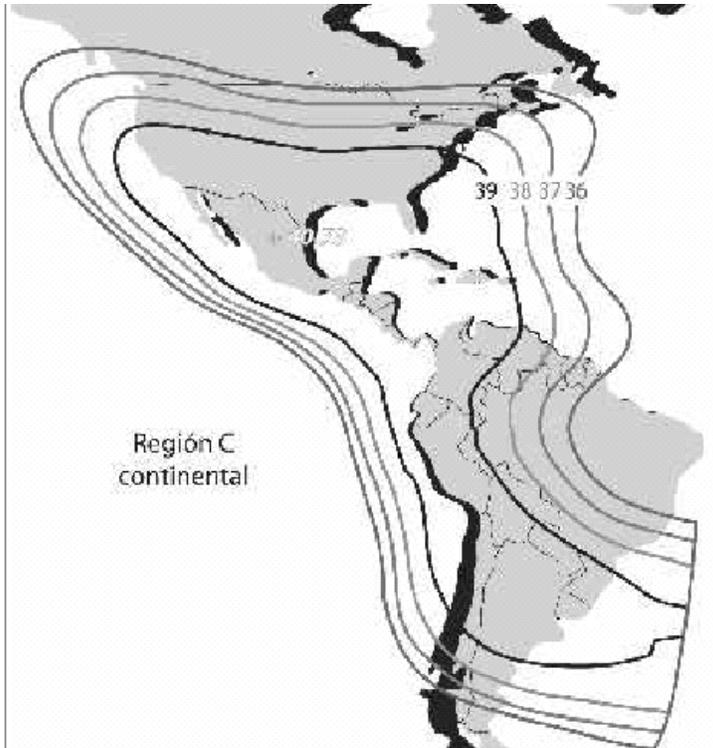


Fig. 4.7 Coberturas del satélite Satmex 5 [18]

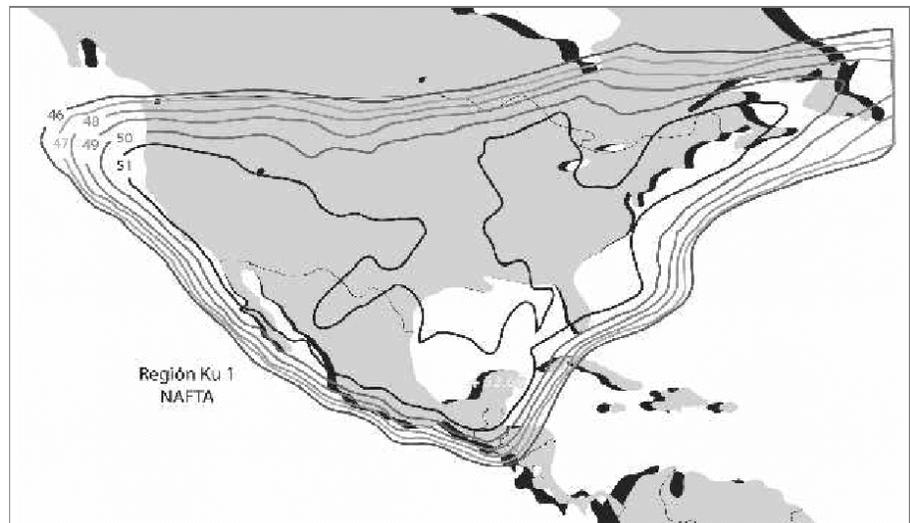


Fig. 4.8 Coberturas del satélite Satmex 5 [18]

Satélite SATMEX 6

Satmex 6 es el satélite más grande que ha construido Space Systems Loral (SSL), pertenece a la familia FS-13000X, capaz de generar 13.7 KW (BOL) al inicio de su vida útil con un total de 60 Transpondedores de 36 MHz cada uno; 36 canales en banda C darán servicio en tres regiones (Estados Unidos, Sudamérica y la Plataforma Continental) y 24 canales en banda Ku con cobertura NAFTA y Continental, con un haz de alta potencia sobre las principales ciudades de Sudamérica incluyendo Brasil, siendo

con ello el satélite con mejor cobertura en el Continente Americano. Este satélite se encuentra ubicado en la posición orbital de 109.2° Oeste.

Tabla 4.4 Especificaciones técnicas del Satélite Satmex 6					
Satélite Satmex 6	Banda C 36 MHz			Banda Ku 36 MHz	
Cobertura C	C1 CONUS	C2 Sudamérica	C3 Continental	Ku-1 NAFTA	Ku-2 Continental + haz regional en Sudamérica
PIRE a la orilla de la cobertura	40dBW	39dBW	38dBW	49dBW	Continental: 46 dBW Sudamérica: 49 dBW
Numero de transpondedores	12	12	12	12 fijos + 6 conmutables	6 fijos + 6 conmutables
G/T a la orilla de la cobertura	0.0dB/K	-1.5dB/K	-3.0dB/K	+ 1.5dB/K	Continental: -3.5 dB/K Sudamérica: -0.5 dB/K
Densidad de flujo en saturación a la orilla de la cobertura	98 dBw/m2	98 dBw/m2	98 dBw/m2	98 dBW/m2	Continental: -98 dBW/m2 Sudamérica: -98 dBW/m2
Redundancia	16:12	16:12	16:12	16:12	16:12
Potencia (nominal)	42 W	33W	47W	150 W	250 W
Rango del atenuador	0 a 15 dB en pasos de 1dB			0 a 20 dB en pasos de 1 dB	
Tolerancia de deriva	+ 0.05° N-S + 0.05° E-W				
Inicio de operación	Principios de 2003				
Vida útil estimada	15 años				
Posición orbital	109.2° Oeste				

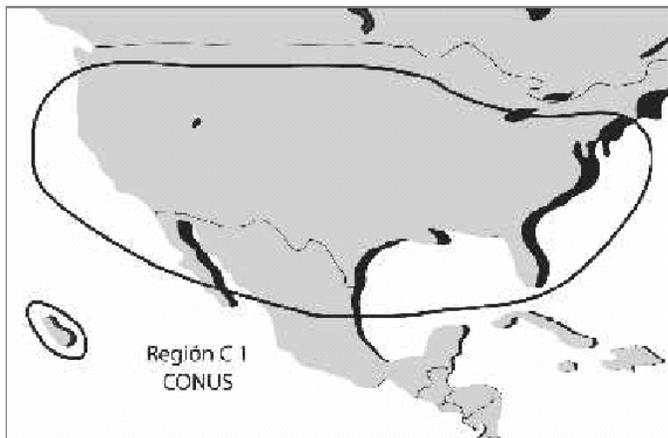


Fig. 4.9 Coberturas del satélite Satmex 6 [18]

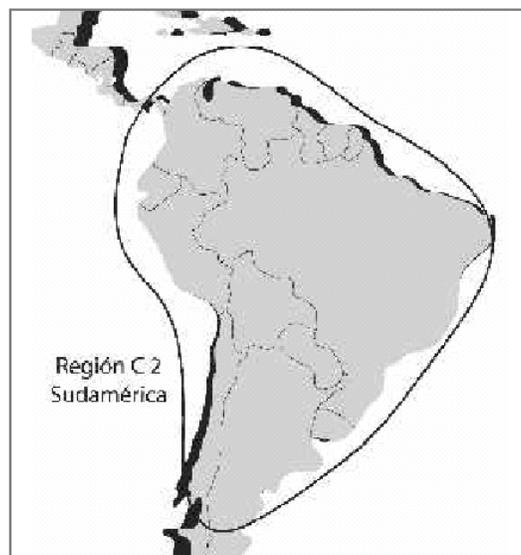


Fig. 4.10 Coberturas del satélite Satmex 6 [18]

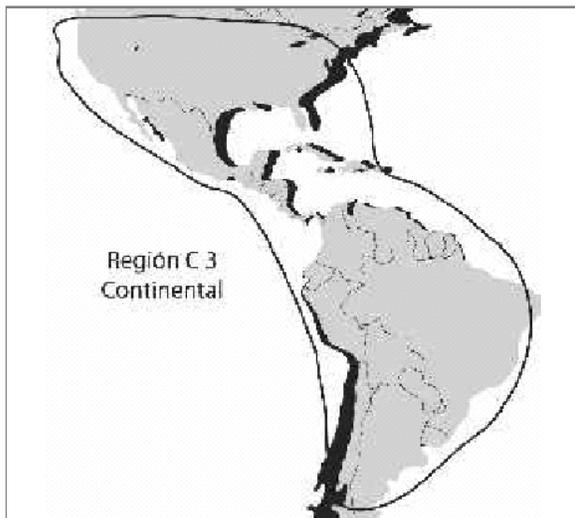


Fig. 4.11 Coberturas del satélite Satmex 6 [18]

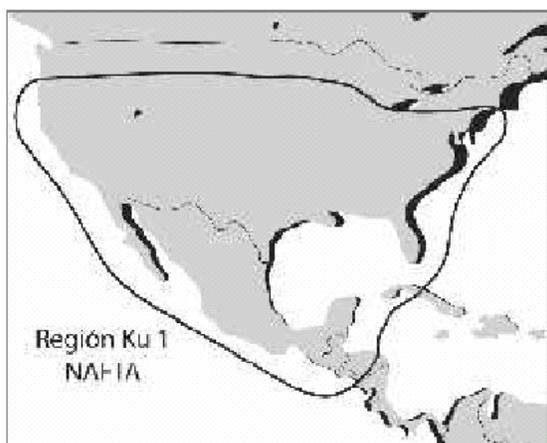


Fig. 4.12 Coberturas del satélite Satmex 6 [18]

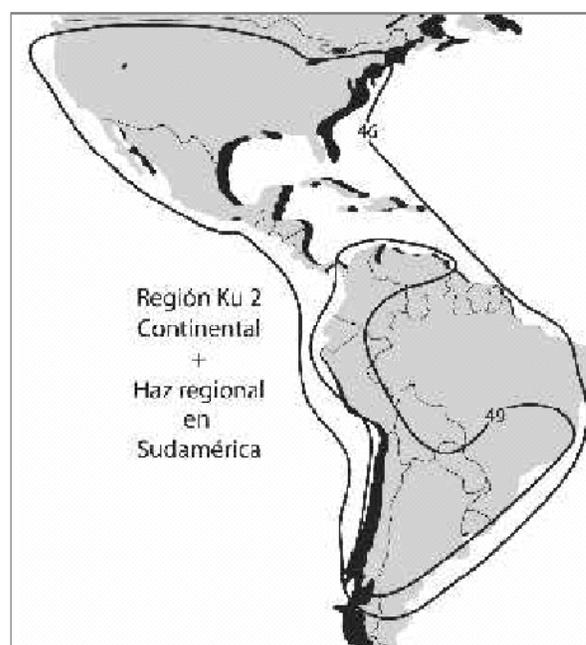


Fig. 4.13 Coberturas del satélite Satmex 6 [18]

Satélites utilizados por la Red EDUSAT

Para atender y apoyar la creciente demanda en todos los niveles educativos y aliviar el rezago en las poblaciones más alejadas y dispersas del territorio nacional, la Secretaría de Educación Pública hace uso del sistema de televisión vía satélite, utilizando la señal de compresión digital de los satélites geoestacionarios Solidaridad II y Satmex 5.

Cobertura Solidaridad II

La Red Edusat opera con la tecnología para la compresión: tecnología DVB. La tecnología DVB opera a través del satélite Solidaridad II, transponder 3N, Región 1, la cual cubre en su totalidad la República Mexicana.

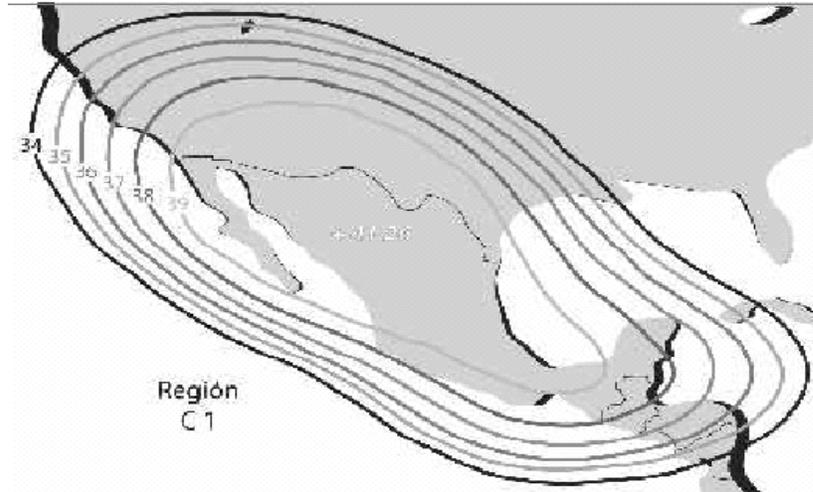


Fig. 4.14 Cobertura actual solidaridad II Region 1C [18]

El satélite Solidaridad II, para la Red Edusat utiliza una polarización vertical, y opera para los decodificadores con tecnología DVB El satélite Satmex 5, para la Red Edusat utiliza una polarización horizontal, y opera para los decodificadores con tecnología DVB

Cobertura Satmex 5

La tecnología DigiCipher II, opera a través del satélite Satmex 5, Transpondedor 24 C, el cual presenta una cobertura de tipo Continental.

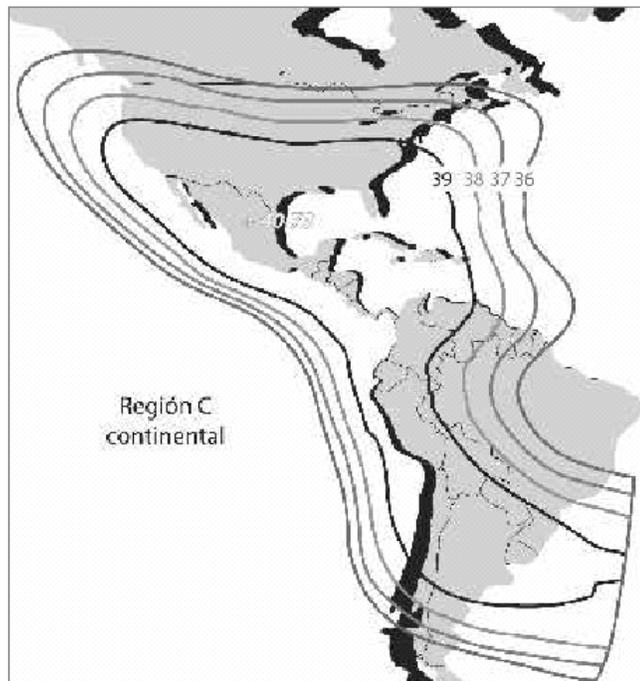


Fig. 4.15 Cobertura actual de Satmex 5 [18]

Características principales

Es uno de los tipos de canales de transmisión más sofisticados y también de los más caros. La altitud promedio de un satélite es 35,800 Km, con órbitas regulares de 24 horas (GEO). Su peso varia entre los 50 kilos y los 2,000 kilos, manipulan en forma simultanea de 250 a 40,000 comunicaciones, su tiempo de vida útil varía de 1.5 años a 10 años Tiene la capacidad de generar 2,000 Watts o más de potencia eléctrica. [11]

SATMEX 6 (113.0°W)

La mejor solución satelital en el continente americano Satmex 6 es un satélite moderno satélite modelo FS-1300X, que por su diseño ofrece grandes beneficios. Es capaz de generar 14.1 KW (BOL) con un total de 60 transpondedores que dan servicio en las bandas C y Ku con diferentes coberturas:

- Banda C: Estados Unidos, Sudamérica y continental
- Banda Ku: NAFTA y continental, con un haz de alta potencia sobre las principales ciudades de Sudamérica

Beneficios adicionales:

- Reducción del tamaño de antenas
- Linealizador en cada canal
- Coberturas configurables
- Alta potencia en Sudamérica y el Caribe

SATMEX 5 (116.8°W)

Huellas de Cobertura (imprimibles)

- Banda C-Continental
- Banda Ku-1-NAFTA

Banda Ku-2-Continental

Excelente calidad de comunicación sobre todo el continente americano. Satmex 5 es un exitoso satélite que proporciona servicios de comunicación ideales para potenciar todo tipo de negocios:

- Aplicaciones de banda ancha
- Telefonía rural y de larga distancia
- Distribución de video
- Transmisión de datos
- Distribución de contenido multimedia

Pertenece a la familia B-601HP de alta potencia y de estabilización triaxial. Su diseño lo dota con más de 7,000 watts de potencia para la operación de la carga útil. Este satélite cuenta con cobertura en las siguientes regiones:

- Banda C: Continental
- Banda Ku: NAFTA y continental

Beneficios adicionales:

- Cobertura continental en las bandas C y Ku con alta potencia
- Reducción en el tamaño de antenas
- Flexibilidad en la configuración de redes de usuarios
- Huella en banda Ku dedicada a Norteamérica con excelente ángulo de elevación

SOLIDARIDAD II (114.9W)

Huellas de Cobertura (imprimibles)

- Banda C R1 - México
- Banda C R2 - México y el Caribe
- Banda C R3 - Sudamérica
- Banda Ku R4 - México

Banda Ku R5 - Estados Unidos

Cobertura de alta potencia, conectividad y excelentes ángulos de elevación Solidaridad II pertenece a la segunda generación de comunicaciones espaciales para México y cuenta con un total de 48 transpondedores equivalentes en las bandas C y Ku con la siguiente cobertura:

- Banda C: México, sur de los Estados Unidos, Caribe, Centro y Sudamérica.
- Banda Ku: México, costa este de los Estados Unidos, y las ciudades de San Francisco y Los Ángeles

Beneficios adicionales:

- Coberturas regionales con alta potencia sobre México
- Ideal para cualquier aplicación: voz, video, datos, Internet, broadcast, etc.
- Conectividad entre los principales nodos de los Estados Unidos y Latinoamérica [16]

Excelentes ángulos de elevación en Norteamérica y la mayor parte de Latinoamérica.

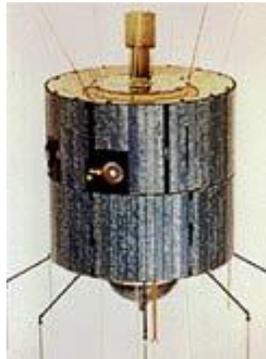


Fig. 4.16 ATS-3 [16]

En 1968, México entró a la era satelital, y millones de televidentes presenciaron las Olimpiadas que se celebraban en nuestro país. Lo anterior, fue posible a través del satélite ATS-3 -propiedad de la NASA y rentado por INTELSAT (organismo público

internacional del que México es miembro) y los entonces responsables de las telecomunicaciones en el territorio nacional: la Red Federal de Microondas, la Estación Terrestre para Comunicaciones Espaciales de Tulancingo (que sigue funcionando para enlaces con Europa) y la Torre Central de Telecomunicaciones de la Ciudad de México.

Sistema MORELOS

En octubre de 1982, con el fin de unificar las zonas rurales y urbanas de la nación -y como respaldo a la Red Federal de Microondas, la cual ya operaba a su máxima capacidad-, el gobierno mexicano, a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, tomó la decisión de adquirir su primer sistema de satélites: el Sistema Morelos, constituido por los satélites Morelos 1 y 2 y el centro de control satelital ubicado en Iztapalapa, D.F. El costo del sistema Morelos fue de 92 millones de dólares.

El primero de estos satélites fue colocado en órbita en junio de 1985, por el transbordador Discovery de la NASA. En noviembre del mismo año fue lanzado el Morelos 2. Este es recordado porque en el transbordador Atlantis, que lo puso en órbita, viajó como miembro de la tripulación el doctor Rodolfo Neri Vela, primer mexicano en el espacio.

En ambos casos, se trataba de un satélite modelo HS 376, que era el más comercial de la época, con una forma cilíndrica, una longitud de 6.62 m (desplegado) y un peso de 645.5 kilogramos en órbita geoestacionaria.

Pero, ¿por qué se ordenaron dos? Simplemente, por seguridad y respaldo, para garantizar el servicio. Aun cuando los satélites se diseñan, integran y prueban para soportar el riguroso ambiente espacial y el del lanzamiento, siempre existe un riesgo, aunque muy pequeño. Dada la necesidad de comunicación y los altos costos de inversión, es necesario asegurar el éxito de los programas satelitales.

Basta saber que para poder escapar de la gravedad terrestre y desplazar un peso de más de 500 toneladas de un vehículo lanzador actual, de las cuales el 90% corresponde a combustible, 9% a la estructura y componentes y el 1% a la carga útil, los cohetes deben alcanzar una velocidad mínima cercana a los 10.5 km/s, lo cual significa un riesgo para la operatividad (buen funcionamiento) de los satélites.

Adicionalmente, los satélites en órbita, soportan temperaturas extremas (que oscilan entre -200° C y 180° C) y su órbita es perturbada entre otras cosas por la presión de radiación solar. Así mismo, siempre están expuestos a impactos de micro partículas que están viajando a alta velocidad (micrometeoritos).

El satélite Morelos 2 tenía una vida de diseño de nueve años, o sea, hasta 1994; sin embargo, gracias a una estrategia de minimizar las correcciones de su órbita, se logró alargar su vida útil hasta el año 2004.

En Junio de 2004 con lo último que le quedaba de combustible, el Morelos 2 fue sacado de la orbita geoestacionaria y enviado a una orbita de desecho donde recibió comandos para apagar todos sus sistemas y quedar de esta manera completamente desactivado.

Al quedar en desuso, los satélites de Satmex que son geoestacionarios y operan en una órbita alta (36 000 Km. de altura) son alejados un poco de ésta, a fin de que su posición orbital quede liberada y pueda ser ocupada por el nuevo satélite.

Cabe señalar que también existen satélites que están en órbitas bajas (1 000 Km. o menos). Éstos se eliminan al ser empujados hacia la Tierra, donde se desintegran por la fricción con la atmósfera, en un procedimiento controlado, de tal manera que si hubiera trozos de material, éstos caerían en zonas donde no representen riesgo a personas o propiedades.

Y hablando de posiciones en la órbita geoestacionaria, es importante mencionar que la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es quien las administra a nivel mundial. Los derechos para obtener dichas posiciones orbitales no tienen un costo. Sólo se pide al solicitante que compruebe que el satélite para el cual gestiona la órbita ya esté en construcción. México cuenta con las posiciones orbitales 113, 114.9 y 116.8, para servicios fijos por satélite. México también ha solicitado a la UIT otras posiciones orbitales para servicios fijos y otras de radiodifusión Directa (DBS).

Los satélites del Sistema Morelos brindaron servicios de comunicaciones de televisión, telefonía y datos hacia y desde cualquier punto de la República Mexicana. Cada uno tenía una capacidad de manejar el equivalente a 36 canales de televisión, con cerca de 1 300 Mhz de ancho de banda utilizable.

Sistema SOLIDARIDAD

La demanda de usuarios privados mexicanos siguió creciendo, básicamente para aplicaciones de redes corporativas de voz y datos, motivo por el cual el gobierno mexicano adquirió la segunda generación de satélites: los Solidaridad 1 y 2. El nombre de estos satélites era indicativo de la forma en que las telecomunicaciones por satélite podrían lograr la unificación de zonas urbanas y lugares remotos entre sí y con el resto del mundo.



Fig. 4.17 Solidaridad II [16]

Por medio de un cohete Ariane se lanzó el Solidaridad 1, en noviembre de 1993, pero para agosto del 2000, antes de cumplir con su vida de diseño, dejó de operar por fallas eléctricas; siendo un satélite de comunicación, sus problemas tuvieron un gran impacto en las comunicaciones de nuestro país. Sus usuarios fueron transferidos al Solidaridad 2 (que había sido lanzado en octubre de 1994) y Satmex 5.



Fig. 4.18 Satmex 5 [16]

Los satélites del Sistema Solidaridad también fueron construidos por la empresa Hughes Aircraft Company (actualmente Boeing), y costaron más de 300 millones de dólares (incluyendo servicios de lanzamiento, adecuación al centro de control de Iztapalapa, un nuevo centro de control en Hermosillo, y seguros), un precio elevado, pero que se justifica, pues debido a que un satélite no puede ser reparado desde la Tierra, se le instalan piezas electrónicas de reserva para suplantarlas en caso de avería. Por otro lado, se le garantiza energía suficiente con una batería hasta estar en la posición adecuada en órbita y, de esta manera, poder recibir los comandos terrestres que lo controlen.

Pese a todas estas precauciones y al costo, México protegió esta inversión asegurándolos en una cifra considerable, que cubriera cualquier percance.



Fig. 4.19 Cobertura del Solidaridad II [16]

En el sector académico

El sector académico en nuestro país también intervino en esta carrera espacial, y en 1995 y 1996 la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) lanzó dos satélites UNAMSAT de órbita polar LEO, ambos con fines experimentales.

Sistema SATMEX

Años más tarde, en 1997, el sistema satelital mexicano que incluía los satélites Morelos 2, Solidaridad 1 y 2 y Satmex 5 en construcción, así como los centros de control de Iztapalapa y Hermosillo, se privatizó, constituyéndose la empresa Satélites Mexicanos (SATMEX), con la participación mayoritaria de telefónica Autrey y Loral Space and Communications, y una parte minoritaria del gobierno mexicano. Desde entonces, SATMEX se encarga de su operación y administración.

En Diciembre de 1998, se puso en órbita el SATMEX 5, con una potencia eléctrica generada por los paneles solares 10 veces superior a la de los Morelos y tres veces mayor a la de los Solidaridad. Sus huellas -es decir, las zonas geográficas cubiertas- difieren, dependiendo de cualquiera de las opciones de banda que ofrece.

El SATMEX 6 (con 50.0% más potencia que el SATMEX 5 y mayor ancho de banda) fue puesto en órbita el 27 de Mayo del 2006 mediante un cohete ARIANE 5, y llevado hasta su posición geostacionaria de 113° longitud Oeste que dejó libre el Solidaridad 2, mismo que fue reubicado a la posición 114.9° longitud Oeste . El costo de este satélite fue de 235 millones de dólares. El satélite está diseñado para tener una vida útil de 15 años.



Fig. 4.20 Satmex 6 [2]

Es el satélite de comunicaciones más grande que ha construido Space Systems Loral (SSL).

- Tiene un total de 60 transpondedores de 36 MHz (36 en banda C y 24 en banda Ku) y es el satélite con mejor cobertura en el Continente Americano.
- La energía eléctrica generada por los paneles solares es de aproximadamente 12,000 watts (valor referenciado al final de la vida útil del satélite).
- Este satélite ocupa la posición orbital 113.0° W.

Por lo que hace a la diversificación de este tipo de servicio, a partir del 2001, el gobierno mexicano abrió sus puertas a operadores extranjeros: PANAMSAT y GE Americom exigiéndoles que cuenten con centros de control de comunicaciones en el territorio Mexicano, a fin de que estén en capacidad de proporcionar una atención oportuna a sus clientes en México.

Con los satélites podemos obtener servicio permanente u ocasional de acceso con una fiabilidad mayor de 99.8%, cifra superior a la estimada para la fibra óptica, para apoyar una serie de aplicaciones, que en el caso de México consisten entre otras en:

1. Conexión a Internet.
2. Telefonía rural y de larga distancia. El mejor aliado para enlazar localidades aisladas.
3. Televisión y radio.
4. Educación a distancia. La universidad virtual del ITESM o la tele secundaria de la Red Edusat, por mencionar algunos.
5. Redes empresariales y videoconferencia. Por ejemplo, en cajeros automáticos o redes corporativas.
6. Telemedicina, primer programa de salud pública del mundo, producido por el ISSSTE.
7. En el caso de los satélites controlados por SATMEX, las operaciones de rastreo, telemetría y mando se llevan a cabo desde el centro de control Iztapalapa, México, y desde el de control alternativo de Hermosillo, Sonora. [2]

SATMEX, una huella en cada región del continente

Perfil de la empresa

Satmex es el proveedor de comunicaciones satelitales líder en América Latina que opera los satélites mexicanos Solidaridad II, Satmex 5 y Satmex 6. Su flota satelital ofrece cobertura regional y continental en las bandas C y Ku, y abarca desde el sur de Canadá hasta Argentina.

Es un operador competitivo gracias a las características técnicas de sus satélites, a las posiciones orbitales que utilizan y al constante soporte técnico y de servicio que ofrecen a sus clientes.

En la actualidad, miles de usuarios disfrutan de sus servicios en cada región del continente americano, sin importar el tipo de cultura o región de que se trate.

En la actualidad Satmex cuenta con tres satélites en operación que ofrecen una cobertura local, regional y continental que se adapta a las diferentes culturas y necesidades de América:

- Solidaridad 2
- Satmex 5
- Satmex 6 [2]

4.2. EL FUTURO DE LOS SATÉLITES EN MÉXICO

El servicio vía satélite, ha sufrido múltiples variaciones y transformaciones desde que esta operativo. Desde las aplicaciones iniciales de radiocomunicación, comunicación telefónica conmutada y difusión unidireccional de TV, muchas cosas han cambiado. La introducción de un canal de retorno terrestre ha permitido prestar además servicios interactivos y multimedia, que requieren de doble sentido de comunicación, rompiendo el panorama de satélite, sinónimo de difusión. Además, en la actualidad los servicios IP sobre las redes vía satélite son una realidad operativa lo que ha permitido el desarrollo de la aplicaciones multimedia e Internet. Esto es posible gracias al estándar DVB-RCS, que ha posibilitado la existencia de un camino de retorno físico por el enlace satelital.

Las comunicaciones satelitales, soportan tanto comunicaciones fijas, como móviles, aunque estas en un entorno mas restringido .La tendencia actual de las redes satélite es evolucionar hacia la prestación de servicios de acceso multimedia de banda ancha, en particular acceso a Internet, con terminales fijos o, como mucho, portátiles, y usando una nueva generación de satélites con funciones avanzadas y mayor capacidad que los actuales. Los satélites se usan también para comunicar usuarios corporativos, más conocido como VSAT (Very Small Aperture Terminal), terminales con tamaños típicos de antenas entre 1 y 2 m que permiten comunicación bidireccional a través del satélite. Los más pequeños, con antenas menores de 0,5 m, se llaman USAT (Ultra Small Aperture Terminal). Con la reducción de coste de los terminales, los servicios de comunicación bidireccional a través de satélite tienden a extenderse hacia empresas pequeñas y usuarios residenciales.

Sin embargo el satélite no es un sistema, o red independiente. Cada vez más son las aplicaciones terrestres que se basan o usan el satélite para su despliegue total. Los sistemas móviles de tercera generación (3G) contemplan esta posibilidad, pudiendo usar las redes de acceso celulares terrestres y redes satelitales, de forma que un terminal pueda comunicarse a través de un satélite cuando no tiene cobertura de una estación base terrestre. Este sistema, conocido como MSS (Mobile Satellite Service). Son muchos los servicios de acceso a Internet basados en el satélite, sobre todo en entornos donde la tecnología de acceso mas convencional (HFC, ADSL ó RDSI) no puede llegar. De esta manera el satélite se convierte en el interfaz final de la red IP de Internet.

Los satélites geoestacionarios con terminales fijos se han utilizado durante décadas y actualmente la tecnología es muy fiable. La mayoría de los satélites en servicio actualmente se limitan a hacer de repetidores, recibiendo señales en unas frecuencias y retransmitiéndolas a la Tierra en otras. Algunos de los satélites de baja órbita actuales y la mayoría de los satélites de nueva generación en proyecto (ver más adelante) incluyen conmutación a bordo. Pero la implantación de estos sistemas de mayor capacidad y desarrollo tecnológico vienen marcado por el funcionamiento económico y comercial de los servicios prestados mas allá de la propia tecnología.

Existen numerosos operadores y proveedores de servicio satélite. Según Global VSAT Forum, existen más de 500000 terminales VSAT instalados en más de 160 países, aunque el mayor número se concentra en EE.UU. (65%) y Europa (15%). La mayoría de los sistemas actuales se basan en satélites GEO en banda Ka, como pone de manifiesto la tabla 4.5. Casi todos los proyectos incluyen haces de cobertura reducida para reutilizar frecuencias y conmutación a bordo ATM y, en algunos casos, de paquetes. La tabla 4.5 indica las velocidades máximas en sentido ascendente y descendente ofrecidas a los usuarios. La capacidad total de estos satélites puede alcanzar varios Gbps.

Tabla 4.5 Redes de Satélites de nueva generación				
Red	Satélites	Banda	Velocidad ascend./descend.	Comentarios
Astrolink	9 GEO	Ka	20/155 Mbits/s	Cancelado recientemente
Euro SkyWay	3 GEO	Ka	2/32 Mbits/s	Terminales tamaño "laptop" cobertura en Europa y países en torno al mediterráneo
Skybridge	80 GEO	Ku	2/20 Mbit/s	LEOs simples sin conmutación ni ISL complementado con 3 GEO en banda Ka de Cyberstar
Spaceway	8 GEO	Ka	16/16 Mbit/s	2 satélites para cobertura en América y 6 para el resto del mundo
Teledesic	30 MEO	Ka	2/64 Mbit/s	Planes iniciales de 840 (1994) LEO, luego reducidos a 288 LEO (1998)
West Early Bird (WEB)	2 GEO	Ka	6/? Mbit/s	Cobertura en Europa plan para 9 satélites MEO cancelado

[25]

CAPITULO V.

TIPOS DE MODULACION

CAPITULO V. TIPOS DE MODULACION

5.1. TIPOS DE MODULACIÓN

Paralelismo analógico/digital

- Multiplexación
 - En ambos casos
 - Para aprovechamiento del recurso tiempo-frecuencia y multiplicar la capacidad de la portadora de RF
 - Ello va seguido de una modulación de señales de FI o RF

- Estas señales de RF (Microondas)
 - Procedentes de múltiples usuarios
 - Se combinan en el satélite directamente a través de sistemas de acceso múltiple

- Siempre multiplexación en frecuencia/polarización
 - Porque los satélites llevan una pila de transpondedores que abarcan una cierta banda
 - De todos ellos el usuario accede a uno compartido con otros usuarios:

- En tiempo (una portadora por transpondedor)
- En frecuencia (varias) [17]

Intervalos de frecuencias

En principio, para la transmisión de las emisiones de los satélites, puede utilizarse modulación de amplitud, modulación de frecuencia o modulación digital.

De las candidatas, se elimina la modulación de amplitud (AM) dado que requiere mayor potencia para obtener un nivel utilizable en el suelo y su relación C/N es claramente menos favorable. Los satélites de TV que nos interesan han adoptado la modulación de frecuencia (FM) que en la actualidad se considera el tipo de modulación más interesante. La anchura de banda del canal FM es mayor que la del canal AM. Resulta interesante ampliar la banda del canal FM para permitir la admisión de señales de vídeo o digitales más amplias basadas en las nuevas técnicas.

En radiodifusión terrestre, el sonido se transmite por un emisor independiente del de la visión. Ello se debe a que ha parecido poco razonable instalar dos cadenas de amplificación en los satélites, y se ha preferido modular en frecuencia una subportadora en la señal de sonido que se añade a la señal de video para constituir una señal multiplexada que modula a su vez al portador en la banda de 12 Ghz.

La conferencia administrativa de radiodifusión mundial (CARM) de 1977 estableció un plan europeo por el cual cada país, pequeño o grande, dispondría de cinco canales de igual polarización y situados en la misma posición orbital. El estándar obligatorio es el D2 MAC en formato de imagen 16/9.

La señal DMAC comprende sonido y datos en señal digital multiplexada originariamente con la señal de imagen.

Este plan experimentó una profunda modificación en el CARM 1992. Sin embargo, en la banda Ku3 se mantuvo reservada a los satélites que emitían en el estándar D2 MAC, pantalla 16/9 y a las pruebas para obtener la TVHD (televisión de alta definición).

Características:

- Frecuencias de enlace ascendente: 17,3 a 18,1 Ghz.
- Frecuencias de enlace descendente: 11,75 a 12,5 Ghz.
- Anchura de banda atribuida: 800 Mhz.
- Anchura de un canal FM: 27 Mhz.
- Polarización circular derecha (CD) o izquierda (CI) de las señales.
- Estándar utilizado: D2 MAC. [6]

Elección del tipo de modulación

En principio, para la transmisión de las emisiones de los satélites puede utilizarse modulación de amplitud, modulación de frecuencia o modulación digital. Los satélites de TV que nos interesan han adoptado la modulación de frecuencia (FM). Los satélites actuales tienen una anchura de canal de 36 Mhz.

En radiodifusión terrestre, el sonido se transmite por un emisor independiente del de la visión. En satélites ha parecido poco razonable instalar dos cadenas de amplificación y se ha preferido modular en frecuencia una subportadora en la señal de sonido que se añade a la señal de vídeo para constituir una señal multiplexada que modula a su vez al portador en la banda de 12 Ghz.

Ciertos satélites difunden en un canal de televisión varios programas sonoros. Siempre con el ánimo de evitar la multiplicación del número de emisores, se procede a la multiplexación de dieciséis subportadoras moduladas en frecuencia según una técnica análoga a la de los haces hercianos, donde esta señal multiplexada modula a su vez en frecuencia a la portadora a 12 Ghz. Por tanto, se ha adoptado así la solución de 16 programas sonoro, dado que su multiplexación ocupa la anchura de un canal de vídeo. [6]

5.1.1. ANALÓGICA

Tiene la característica de que puede variar gradualmente dentro de un intervalo continuo de valores, como son la amplitud y la longitud, dependiendo de las características de la información que se transmite; por lo tanto, una señal analógica (onda senoidal) es una señal de variación continua. Un ejemplo de sistemas analógicos es la señal acústica de un instrumento musical.

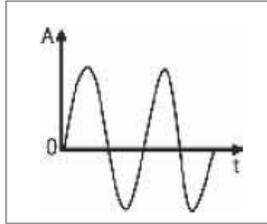


Fig. 5.1 Forma de onda senoidal [6]

- Modulación (SSB o FM)
- Multiplexación FDM
- Modulación FM
- Acceso múltiple FDMA
- Analógico

Modulación, como paso previo a la multiplexación. También procesos de compresión-expansión y de preénfasis y de-énfasis, para protección frente a ruido. [6]

5.1.2. DIGITAL

Es aquella que está conformada por valores discretos tales como los dígitos binarios (0 y 1), por lo tanto, se puede decir que una señal digital es igual a una señal discreta en amplitud. Algunos de los sistemas digitales más comunes son las calculadoras, algunos tipos de teléfonos celulares, computadoras etcétera.

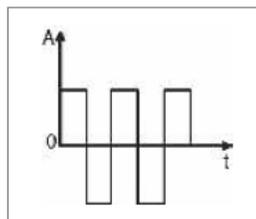


Fig. 5.2 Señal discreta [6]

- Codificación
 - PCM O DM
 - Encriptado
- Multiplexación TDM
- Modulación QPSK
- Acceso múltiple FDMA, TDMA o CDMA

Desde la digitalización de la forma de onda hasta los sistemas de encriptado y codificación para protección de la señal frente a errores o manipulaciones intencionadas. [6]

5.2. PRINCIPIOS DE MODULACIÓN

Evidentemente, una señal sólo se puede transmitir por un canal que permita la propagación de ese tipo de señales. Así, una señal eléctrica se propaga por medios conductores, una señal acústica necesita un medio material, etc. Sin embargo, no basta con esta adecuación en la naturaleza de la señal y del canal. Además, la señal debe tener unos parámetros adecuados. Un canal transmite bien las señales de una determinada frecuencia y mal otras. El canal ideal es aquél que presenta una respuesta lineal para todas las señales, es decir, que transmite por igual todas las frecuencias.

La modulación intenta conseguir esta adecuación entre señal y canal, de modo que en las transmisiones utilicemos aquellas frecuencias en las que el canal proporciona la mejor respuesta.

El modulador es el dispositivo encargado de efectuar la modulación, que es la operación por la que se pasa de la señal digital que proporciona el emisor a una equivalente analógica que es enviada al receptor. Por su parte, el receptor debe efectuar la operación inversa -demodulación- con el fin de recuperar de nuevo la señal digital original que el emisor se propuso enviarle.

El dispositivo que modula y demodula la señal digital y analógica respectivamente se llama módem.

Las pérdidas de transmisión entre las estaciones terrenas y los satélites son siempre elevadas y actualmente pocas veces los transmisores en los satélites tienen poca potencia para permitir el uso de métodos de modulación que consigan grandes relaciones de información respecto al ancho de banda. Para permitir señales con buena relación señal a ruido, las señales analógicas son transmitidas usando FM y con una desviación relativamente ancha. Las señales digitales son siempre transmitidas PSK (Phase Shift Keying) o alguna técnica parecida, empleando raras veces más de cuatro símbolos. [1]

Al proceso por el cual obtenemos una señal analógica a partir de unos datos digitales se le denomina modulación. Esta señal la transmitimos y el receptor debe realizar el proceso contrario, denominado demodulación para recuperar la información. El módem es el encargado de realizar dicho proceso.

Existen tres técnicas básicas de modulación lineal que consisten en modular alguno de los tres parámetros básicos de la señal portadora: amplitud, frecuencia o fase, originando las modulaciones AM, FM o PM. Cuando las señales de entrada son una representación de datos digitales y binarios, estos tres tipos de modulación se llaman respectivamente ASK, FSK y PSK.

5.2.1. ASK

(Modulación por desplazamiento de la amplitud): En esta técnica no se modifica la frecuencia de la portadora sino su amplitud. Los dos valores binarios se representan mediante diferentes niveles de amplitud de esta señal.

En el dominio de la frecuencia, tal y como ya lo habíamos mencionado, el efecto de la modulación por ASK permite que cualquier señal digital sea adecuada para ser transmitida en un canal de ancho de banda restringida sin ningún problema, además al estar en función de una sola frecuencia, es posible controlar e incluso evitar los efectos del ruido sobre la señal con tan sólo utilizar un filtro pasabandas, o bien, transmitir más de una señal independientes entre sí sobre un mismo canal, con tan sólo modularlas en frecuencias diferentes. Esto queda demostrado gráficamente si observamos la representación de la figura 5.3.

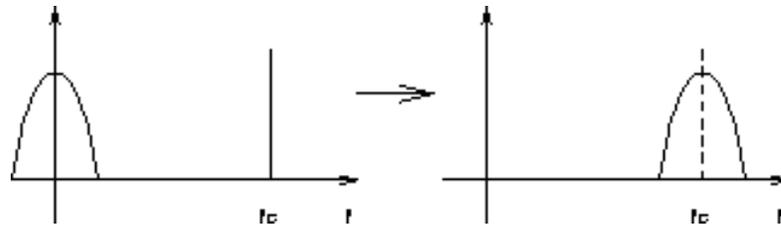


Fig. 5.3 Análisis de la modulación por corrimiento en la amplitud. [16]

La modulación en ASK no es otra cosa que una variante de la modulación en AM que se adapta perfectamente a las condiciones de los sistemas digitales, además de que les permite trabajar sobre una sola frecuencia de transmisión en vez de tener que lidiar con pulsos cuadrados que contienen componentes en todas las frecuencias del espectro.

Su recuperación también resulta ser más sencilla, dado que sólo depende de sincronizar la frecuencia de las señales sinusoidales que sirven de portadoras y regeneradoras dependiendo si se hallan en el modulador o el demodulador.

El ASK por sí sólo, a pesar de todas estas consideraciones, no es uno de los métodos más utilizados debido a que para cada frecuencia es necesario realizar un circuito independiente, además de que sólo puede transmitirse un solo bit al mismo tiempo en una determinada frecuencia. Otro de los inconvenientes es que los múltiplos de una frecuencia fundamental son inutilizables y que este tipo de sistemas son susceptibles al ruido.

Sin embargo, conocer su funcionamiento es esencial para poder comprender el diseño de otro tipo de modulaciones como el FSK, el PSK, el QPSK y demás derivados, dado que en buena parte este tipo de diseños están basados en variaciones o combinaciones de dos o más señales moduladas en ASK. [16]

5.2.2. FSK

(Modulación por desplazamiento de la frecuencia): La técnica de modulación en frecuencia modifica la frecuencia de la señal portadora, según la señal digital que se transmite. En su forma más intuitiva, la frecuencia alta representará uno de los estados binarios posibles de la señal digital, generalmente el 1, representándose por una señal de frecuencia diferente el estado binario 0.

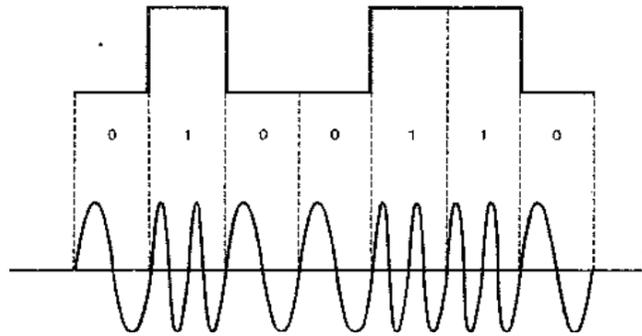


Fig. 5.4 Modulación de frecuencia [16]

La modulación FSK se emplea normalmente en enlaces asíncronos. Es el sistema ideal para operar a baja velocidad. Sin embargo, tiene una desventaja: el gran ancho de banda que consume. [16]

5.2.3. PSK

(Modulación por desplazamiento de fase): La frecuencia y la amplitud se mantiene constantes y se varía la fase de la portadora para representar los niveles uno y cero con distintos ángulos de fase. Por ejemplo, el bit 1 con fase M y el bit 0 con fase O. Gráficamente la modulación en fase se representa en la Figura 5.5.

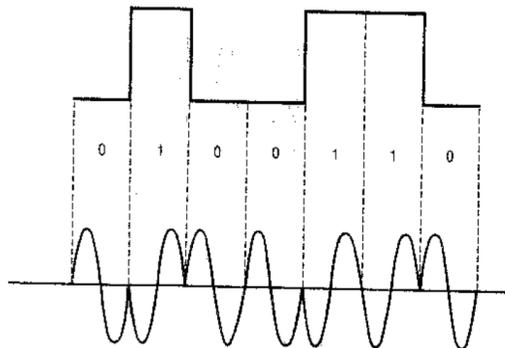


Fig. 5.5 Modulación en fase [16]

La modulación PSK es el método más eficiente para transmitir datos binarios en presencia de ruido. La desventaja es que el diseño del emisor y receptor se complica extraordinariamente. Es ideal para comunicaciones síncronas. [16]

5.2.4. QAM

Una gran cantidad de módems suelen utilizar la modulación QAM o Modulación de Amplitud en Cuadratura. Es un método bastante eficiente para obtener el máximo rendimiento de un ancho de banda limitado. Esta técnica es una combinación de la modulación en amplitud y fase.

La modulación QAM forma parte de las llamadas modulaciones multibit, que consisten en la emisión de más un bit en cada pulso digital, por ejemplo, codificando varias amplitudes en cada una de las fases permitidas: si cada pulso digital codifica cuatro fases posibles y en cada fase se pueden transmitir dos amplitudes distintas, tendremos que cada pulso lleva una información de una entre ocho posibilidades. El sistema sería equivalente a transmitir tres bits en cada pulso: desde la posibilidad 000(0 decimal) hasta la 111(7 decimal).

5.3. TÉCNICAS DE ACCESO Y TRANSMISIÓN DÚPLEX

Se han ido desarrollando varias técnicas a lo largo de los años. FDMA (Acceso múltiple por división de frecuencia), utilizada desde el inicio de las comunicaciones por satélite; TDMA (Acceso múltiple por división de tiempo), fundamentalmente utilizada para sistemas de media o gran capacidad y con unas necesidades de sincronización importantes; CDMA (Acceso múltiple por división de código), aunque su uso inicial fue en aplicaciones militares, se está extendiendo cada vez más su aplicación civil; y TRMA (Acceso múltiple aleatorio en el tiempo), fundamentalmente utilizada para el acceso de un elevado número de usuarios con tráfico tipo ráfagas y sin una gran exigencia en cuanto a sincronización.

Múltiple acceso esta definido como una técnica donde más de un par de estaciones terrenas pueden simultáneamente usar un transponder del satélite.

La mayoría de las aplicaciones de comunicaciones por satélite involucran un número grande de estaciones terrenas comunicándose una con la otra a través de un canal satelital (de voz, datos o vídeo). El concepto de múltiple acceso involucra sistemas que hacen posible que múltiples estaciones terrenas interconecten sus enlaces de comunicaciones a través de un simple transponder. Esas portadoras pueden ser moduladas por canales simples o múltiples que incluyen señales de voz, datos o vídeo. Existen muchas implementaciones específicas de sistemas de múltiple acceso, pero existen solo tres tipos de sistemas fundamentales: [23]

- FDMA: Acceso múltiple por división de frecuencia.
- TDMA: Acceso múltiple por división de tiempo.
- DAMA: Acceso múltiple por división de demanda (versión de TDMA)
- CDMA: Acceso múltiple por división de código.

Muchas estaciones terrenas pueden hacer uso del mismo satélite al mismo tiempo. En los servicios de difusión cada estación terrena hace un uso exclusivo de uno o más transpondedores. Sin embargo, aunque ocasionalmente puede ocurrir que una estación

de servicio fijo necesite la capacidad total de un transpondedor para manejar sus emisiones, es más usual que varias estaciones terrenas lo compartan, y en los servicios móviles un transpondedor es siempre compartido por una gran cantidad de estaciones terrenas. Las técnicas a través de las cuales un transpondedor puede proporcionar comunicaciones continuas simultáneamente entre varias estaciones se denominan acceso múltiple. [1]

5.3.1. FDMA

La forma más sencilla y más usada de acceso múltiple consiste en asignar diferentes portadoras a cada estación para los enlaces ascendentes dentro de la banda de paso del transpondedor con la suficiente distancia entre portadoras para prevenir que las emisiones se solapen. Esta técnica se conoce como Acceso Múltiple por División en Frecuencia (FDMA). [1]

Este tipo de sistemas canalizan el transpondedor usando múltiples portadoras, donde a cada portadora le asigna un par de frecuencias. El ancho de banda total utilizado dependerá del número total de portadoras. Existen dos variantes de esta técnica: SCPC (Single Channel Per Carrier) y MCPC (Multiple Channel Per Carrier). [10]

5.3.2. TDMA

Denominada Acceso Múltiple por División en el Tiempo (TDMA), consiste emitir mediante ráfagas cortos desde las diferentes estaciones de forma no simultánea pero con períodos muy cortos, que son modulados por señales digitales comprimidas en el tiempo. Estas series de ráfagas transmitidas desde una estación, cuando son recibidas en otra estación, pueden ser expandidas en el tiempo para proporcionar un canal de comunicación digital continuo. [1]

Está caracterizado por el uso de ranuras de tiempo asignadas a cada portadora. Existen otras variantes a este método, el más conocido es DAMA (Demand Access Multiple Access, el cual asigna ranuras de tiempo de acuerdo a la demanda del canal. Una de las ventajas del TDMA con respecto a los otros es que optimiza del ancho de banda. [10]

5.3.3. CDMA

Acceso Múltiple por División de Código. Las señales solapadas en frecuencia son transmitidas por cada estación mediante técnicas de espectro ensanchado. La estación receptora extrae los elementos deseados de la señal reconociendo el código del transmisor deseado. [1]

Este código mejor conocido como Spread Spectrum (Espectro esparcido) es una técnica de modulación que convierten la señal en banda base en una señal modulada con un espectro de ancho de banda que cubre o se esparce sobre una banda de magnitud más grande que la que normalmente se necesita para transmitir la señal en

banda base por sí misma. Es una técnica muy robusta en contra de la interferencia en el espectro común de radio y ha sido usado muy ampliamente en aplicaciones militares. Esta técnica se aplica en comunicaciones vía satélite particularmente para transmisión de datos a bajas velocidades. [10]

5.4. BANDAS DE FRECUENCIA

Las bandas de frecuencia que pueden utilizar los satélites para comunicarse son determinadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), ya sea en forma exclusiva o compartida con otros servicios, quedando a cargo de los gobiernos de cada país asignarlas a usuarios específicos.

Para satisfacer las necesidades mundiales de comunicación, cada banda puede ser utilizada simultáneamente por muchos países, con las debidas precauciones técnicas para evitar interferencias (originadas por la dificultad de limitar las radiaciones a las áreas de servicio). Por razones prácticas, a las bandas de frecuencia más comunes para el servicio satelital se les designa por medio de letras C, X, Ku, Ka, etc.

Tabla 5.1 Bandas de Frecuencias Satelitales			
Banda	Rango de frecuencias (GHz)	Servicio	Usos
VHF	30-300 MHz	Fijo	Telemetría
UHF	300-1000 MHz	Movil	Navegación, militar
L	1-2	Movil	Emisión de audio, radiolocalización
S	2-4	Movil	Navegación
C	4-8	Fijo	Voz, datos, video, emisión de video
X	8-12	Fijo	Militar
Ku	12-18	Fijo	Voz, datos, video, emisión de video
K	18-27	Fijo	Emisión de video, comunicación Inter-satélite
Ka	27-40	Fijo	Emisión de video, comunicación Inter-satélite

[28]

Las longitudes de onda diferentes poseen propiedades diferentes. Las longitudes de onda largas pueden recorrer grandes distancias y atravesar obstáculos. Las grandes longitudes de onda pueden rodear edificios o atravesar montañas, pero cuanto mayor sea la frecuencia (y por tanto, menor la longitud de onda), más fácilmente pueden detenerse las ondas.

Cuando las frecuencias son lo suficientemente altas (hablamos de decenas de gigahertzios), las ondas pueden ser detenidas por objetos como las hojas o las gotas de lluvia, provocando el fenómeno denominado "rain fade". Para superar este fenómeno se necesita bastante más potencia, lo que implica transmisores más potentes o antenas más enfocadas, que provocan que el precio del satélite aumente.

La ventaja de las frecuencias elevadas (las bandas Ku y Ka) es que permiten a los transmisores enviar más información por segundo. Esto es debido a que la información

se deposita generalmente en cierta parte de la onda: la cresta, el valle, el principio o el fin. El compromiso de las altas frecuencias es que pueden transportar más información, pero necesitan más potencia para evitar los bloqueos, mayores antenas y equipos más caros.

Concretamente, las bandas más utilizadas en los sistemas de satélites son:

Banda L.

- Rango de frecuencias: 1.53-2.7 GHz.
- Ventajas: grandes longitudes de onda pueden penetrar a través de las estructuras terrestres; precisan transmisores de menor potencia.
- Inconvenientes: poca capacidad de transmisión de datos.

Banda Ku.

- Rango de frecuencias: en recepción 11.7-12.7 GHz, y en transmisión 14-17.8 GHz.
- Ventajas: longitudes de onda medianas que traspasan la mayoría de los obstáculos y transportan una gran cantidad de datos.
- Inconvenientes: la mayoría de las ubicaciones están adjudicadas.

Banda Ka.

- Rango de frecuencias: 18-31 GHz.
- Ventajas: amplio espectro de ubicaciones disponible; las longitudes de onda transportan grandes cantidades de datos.
- Inconvenientes: son necesarios transmisores muy potentes; sensibles a interferencias ambientales. [6]

Posicionamiento:

La ubicación de los satélites GEO esta referida a su orbita, normalmente se mide en terminos de Longitud Este desde el Meridiano 0 a grados de $\frac{1}{4}$

Footprint:

Se refiere a la “pisada” del satélite, es decir el área que cubre en la superficie de la tierra. Existen diferentes tipos de pisada, de acuerdo a la potencia y frecuencia:

Bandas de frecuencias más utilizadas:

L: 1Ghz

C: 4 y 6 Ghz

Ku: 12 y 14 Ghz

Ka: 20 Ghz

Beam:

Los satélites actuales están diseñados para tener un foco determinado sobre la superficie, llamado beam.

Dependiendo del proveedor se tienen distintos beams. Por ejemplo, INTELSAT ofrece:

Global: cubre 1/3 de superficie

Hemi: cubre 1/6 de superficie

Zona: cubre una gran área

Spot: cubre una región específica a pedido del cliente [34]

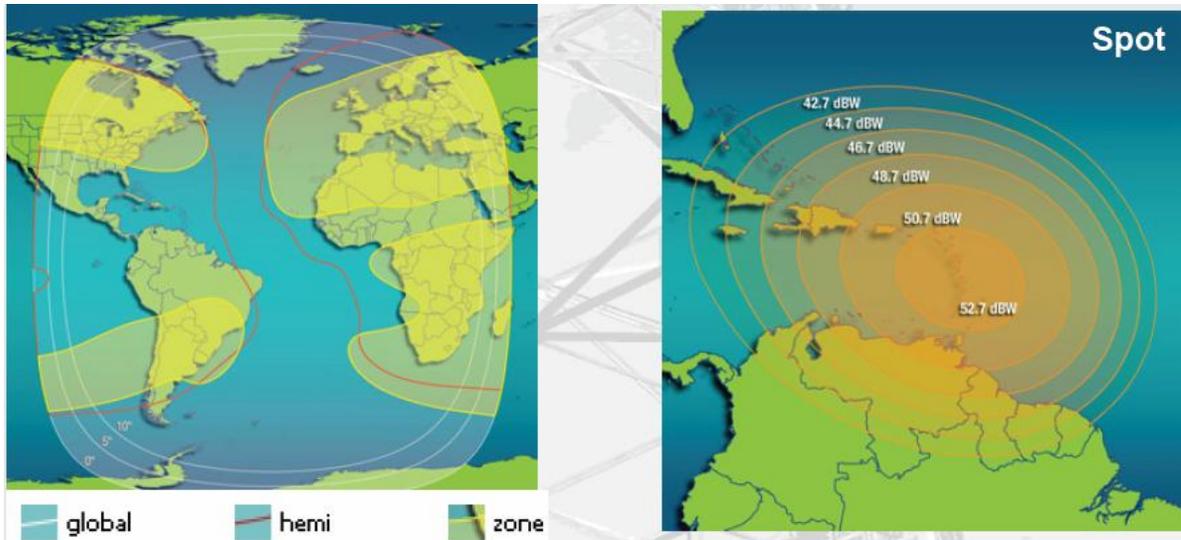


Fig. 5.6 Proveedor INTELSAT [34]

Tabla 5.2 Bandas de frecuencia utilizadas en Uplink		
Banda	Digital	Analógica
15 m	-	21.210 – 21.250 MHz
12 m	-	24.920-24.960 MHz
2 m	145.800 – 145.840 MHz	145.840 - 145.990 MHz
70 m	435.300 – 435.550 MHz	435.550 - 435.800 MHz
23 cm (1)	1269.000 – 1269.250 MHz	1269.250 - 1269.500 MHz
23 cm (2)	1268.075 – 1268.325 MHz	1268.325 - 1268.575 MHz
13 cm (3)	2400.100 – 2400.350 MHz	2400.350 - 2400.600 MHz
13 cm (3)	2446.200 – 2446.450 MHz	2446.450 - 2446.700 MHz
6 cm	5668.300 – 5668.550 MHz	5668.550 - 5668.800 MHz

Tabla 5.3 Bandas de frecuencia utilizadas en Downlink		
Banda	Digital	Analógica
2 m	145.955 - 145.990 MHz	145.805 - 145.955 MHz
70 cm	435.900 - 436.200 MHz	435.475 - 435.725 MHz
13cm(1)	2400.650 - 2400.950 MHz	2400.225 - 2400.475 MHz
13cm(2)	2401.650 - 2401.950 MHz	2401.225 - 2401.475 MHz
3cm	10451.450 - 10451.750 MHz	10451.025 - 10451.275 MHz
1.5cm	-	24048.025 - 24048.075 MHz

[17]

La reutilización de frecuencias consiste en utilizar la misma banda de frecuencias varias veces de manera que sea posible aumentar la capacidad del sistema para un determinado ancho de banda B. Puede llevarse a cabo utilizando polarizaciones ortogonales o utilizando la misma banda de frecuencias en distintos haces siempre que la separación angular sea suficiente.

El factor de reutilización de frecuencias se define como el número de veces que el ancho de banda B se utiliza. En el caso de reutilización por polarizaciones ortogonales el factor sería dos y si utilizamos la misma banda de frecuencias en distintos haces podría ser reutilizado este ancho de banda B para tantos haces como el nivel de interferencia nos permitiera. Ambas técnicas pueden ser combinadas. [6]

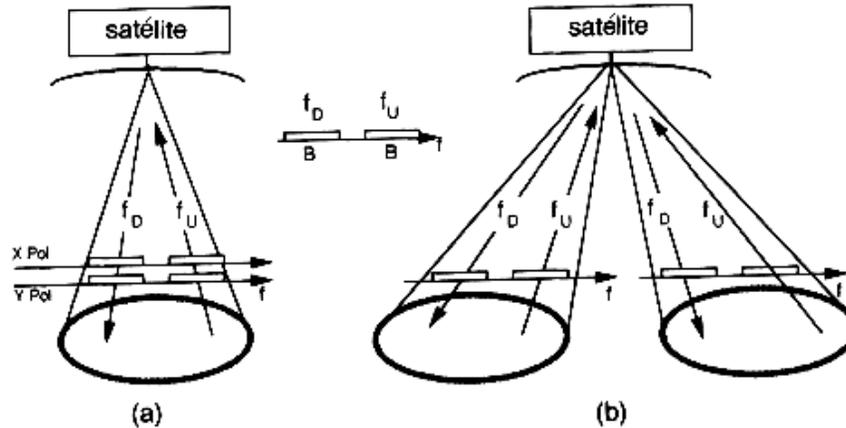


Fig. 5.7 Reutilización de frecuencias por polarizaciones ortogonales [6]

Reutilización de frecuencias

En satélites geoestacionarios, la reutilización de frecuencias se puede conseguir de tres formas diferentes:

1. Cuando dos satélites están separados notablemente dentro de sus órbitas pueden usar las mismas bandas de frecuencia y tener áreas de servicio en Tierra solapadas. Los dos sistemas no se interfieren debido a la ganancia fuera del eje de las antenas en las estaciones receptoras en la dirección del satélite que no interesa es lo suficientemente pequeña. Esto sólo tiene sentido en el contexto de satélites geoestacionarios.
2. Dos satélites cuyas áreas de iluminación están separadas geográficamente pueden usar las mismas bandas frecuenciales debido a la ganancia fuera del eje de las antenas del satélite hacia cualquier estación que se encuentre en aquella área de iluminación no deseada. Esto es cierto aunque los dos satélites estén en la misma posición orbital. En consecuencia, un solo satélite que tenga más de un haz cuyas zonas de iluminación estén separadas puede usar las mismas bandas de frecuencias en ambos haces.
3. Las antenas del satélite pueden transmitir y recibir en polarizaciones ortogonales. De esta forma podemos tener dos tipos de estaciones terrenas, aquellas que transmiten y reciben en una polarización y las que operan en la polarización ortogonal. Alternativamente, un satélite con antenas con polarización dual puede servir a un grupo de estaciones terrenas que, como el satélite, estén equipadas para transmitir y recibir en ambas polarizaciones y por lo tanto se duplica el ancho de banda asignado.

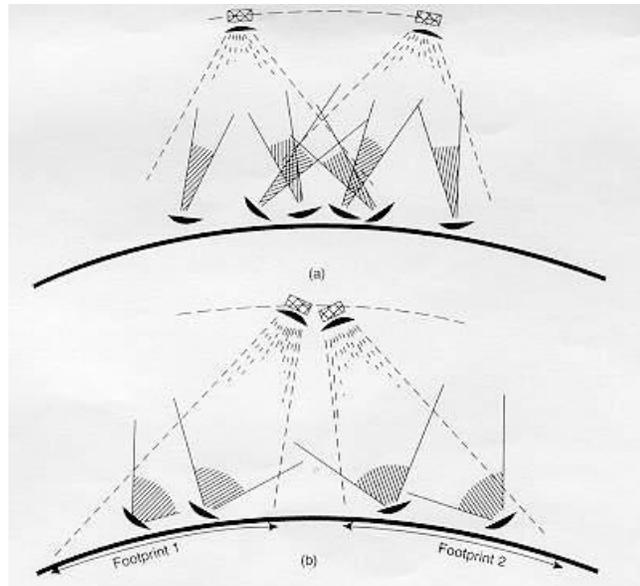


Fig. 5.8 Reutilización de frecuencias en satélites geoestacionarios [6]

Cuando la directividad de las antenas o la discriminación de polarización no permiten usar el espectro con estos fines podemos usar una combinación dos de estos métodos o incluso los tres. [6]

Tabla 5.4 Bandas de frecuencias de los Satélites Mexicanos (Solidaridad I y II)		
Banda	Rango de frecuencias Tx (GHz)	Rango de frecuencias Rx (GHz)
L	1.6265 – 1.6605	1.525 – 1.559
C	5.925 – 6.425	3.700 – 4.300
Ku	14.00 – 14.50	11.70 – 12.2

5.5. TOPOLOGÍAS DE RED

La telecomunicación puede ser punto a punto, punto a multipunto o teledifusión, que es una forma particular de punto a multipunto que funciona solamente desde el transmisor a los receptores, siendo su versión más popular la radiodifusión.

Existen varias configuraciones de sistemas, entre ellas se pueden destacar:

- 1) Enlaces SCPC topología punto a punto
- 2) Enlaces VSAT topología Estrella
- 3) Enlaces PAMA/DAMA topología Malla [34]

5.5.1. TOPOLOGIA PUNTO A PUNTO O ENLACE SCPC [34]

- Son enlaces punto a punto. SCPC significa Single Channel per Carrier
- Tienen una frecuencia de Tx y un de Rx fija, establecida por la empresa prestataria.
- Pueden ir de 64 Kbps hasta 10 Mbps

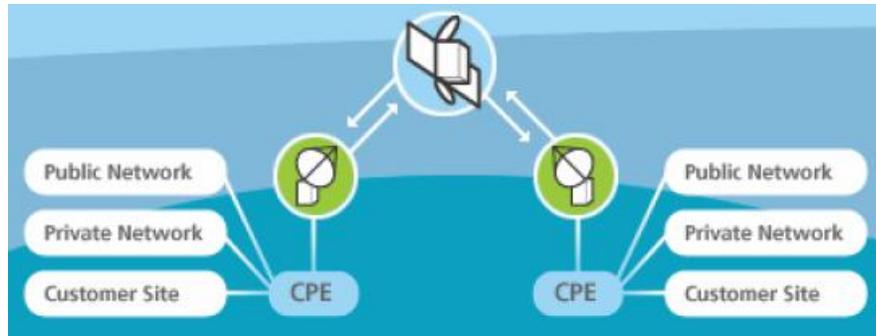


Fig. 5.9 Topología punto a punto [34]

Están compuestos por:

- Modem Satelital (por ejemplo: SDM100 o 300)
- IDU (InDoor Unit)
- ODU (OutDoor Unit)
- Antena parabolica (1.2 a 3.8 mts)

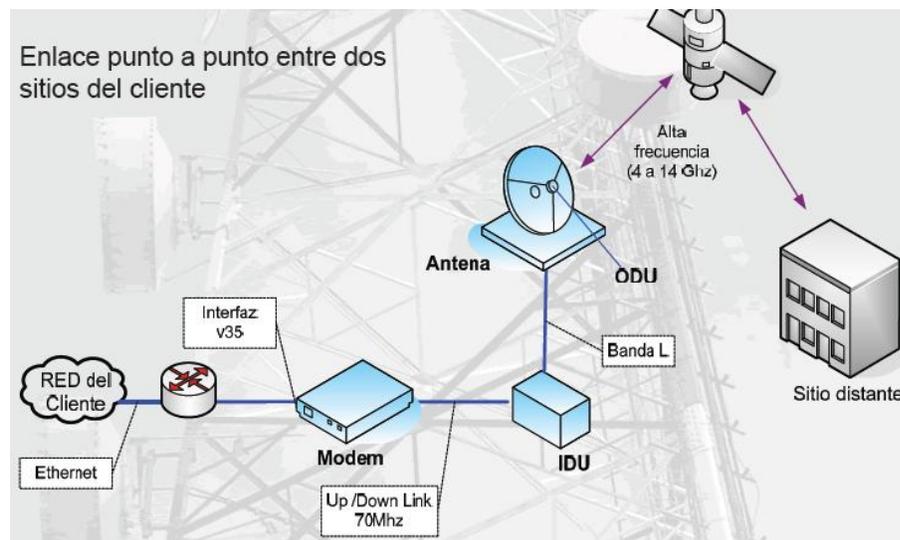


Fig. 5.10 Ejemplo de enlace satelital [34]

Componentes de la cadena satelital

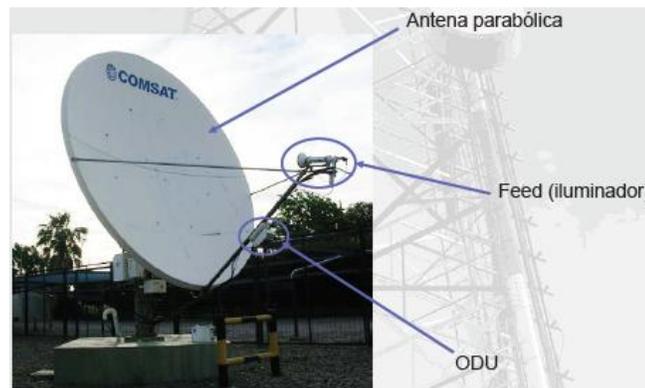


Fig. 5.11 Antena [34]



Fig. 5.12 Feed [34]



Fig. 5.13 Antena Master [34]



Fig. 5.14 Guías de onda [34]

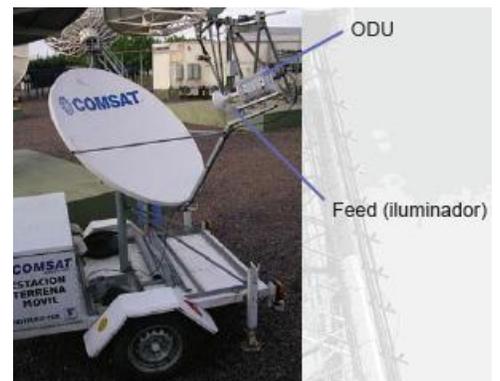


Fig. 5.15 Estación móvil [34]

5.5.2. TOPOLOGIA ESTRELLA O ENLACE VSAT [34]

- Son enlaces punto a multipunto. VSAT significa: Very Small Apertura Terminals.
- Se compone de varias terminales con antenas de poco tamaño.
- La red debe tener un HUB central (Estación terrena) que controla el uso de la red por parte de las terminales.

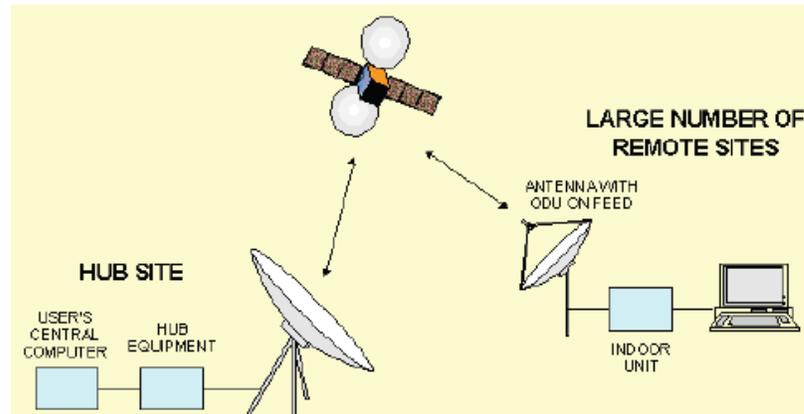


Fig. 5.16 HUB central [34]

- Por su arquitectura es ideal para redes con organización centralizada.
- Al tener un HUB central que gestiona la red, se puede reducir el costo de las terminales (0.5% del costo del HUB).
- La red en un principio no fue pensada para un uso continuo por parte de las terminales.
- Las conexiones entre terminales tienen un delay de un doble salto satelital.

Uso del AB

El trafico se divide en dos: Inbound (utiliza TDMA) y Outbound (TDM) (referenciado al HUB).

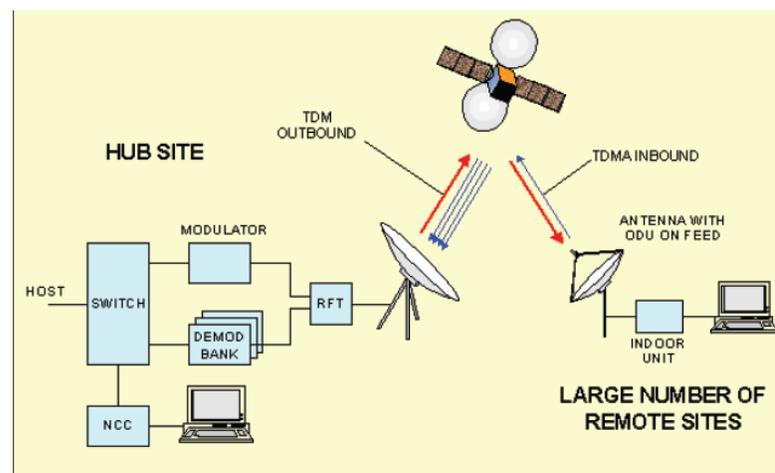


Fig. 5.17 Configuración de red [34]

Tipos de señal

- El Outbound lo utiliza el HUB y se realiza a una tasa de transferencia alta (aprox. 1024 kbps) utilizando TDM, generalmente lo hace en forma de broadcast para todas las remotas.
- Las terminales utilizan el Inbound, "luchando" por acceder al medio (Aloha o Aloha ranurado) es decir comparten el AB para la Tx.
- Una vez conseguido el medio transmiten con técnica TDMA.
- Los slots para transmitir pueden estar previamente establecidos o asignarse dinámicamente.

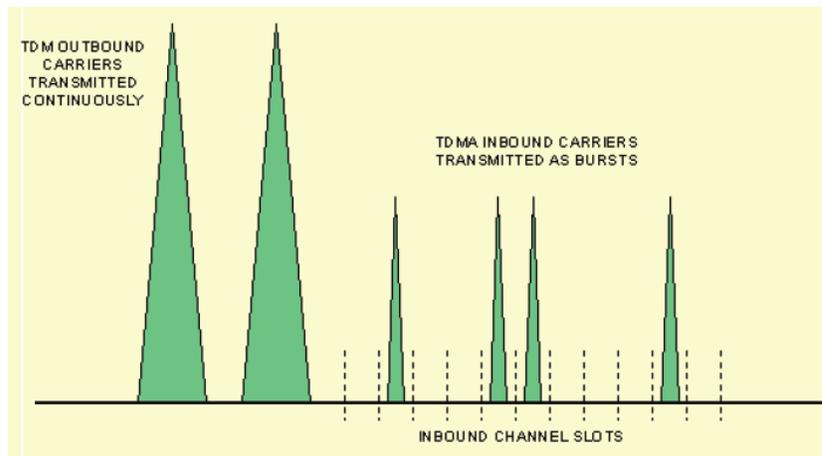


Fig. 5.18 Espectro [34]

- El tráfico mixto es una combinación de mensajes cortos y grandes paquetes de datos.

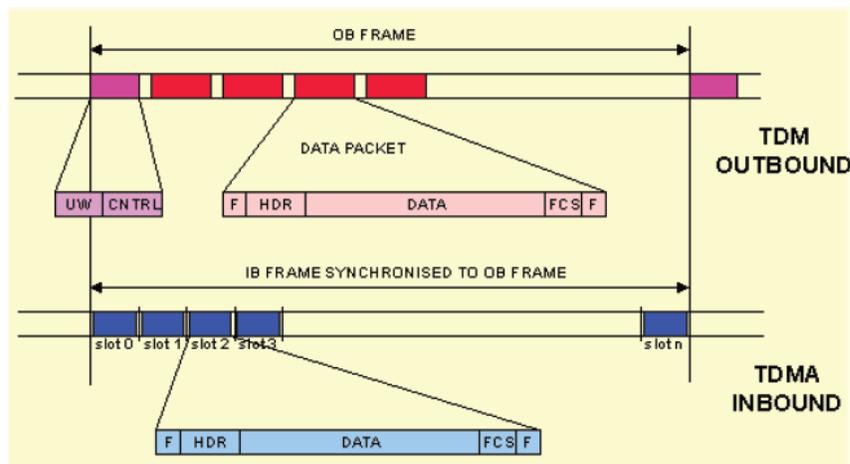


Fig. 5.19 Formato de Trama [34]

Outbound

El comienzo de la trama se identifica por UW (unique word). El resto de la trama contiene:

- F: inicio de trama
- HDR: lleva el address de la IDU e información de control

- FCS: chequeo de trama
- F: fin de trama

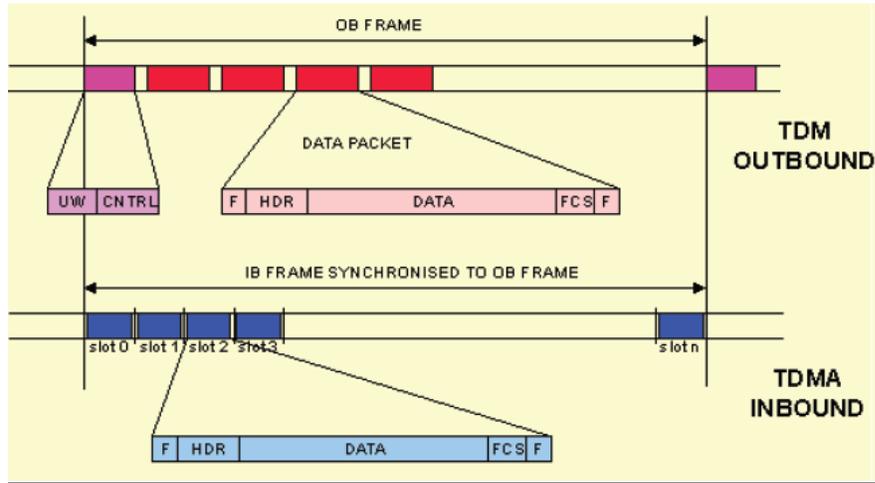


Fig. 5.20 Formato de trama [34]

Inbound

- Las tramas están sincronizadas con las tramas de outbound.
- Los paquetes típicamente contienen entre 50 y 250 bytes.
- Se dividen en slots, cada IDU transmite en esos slots.

Acceso al medio:

Aloha. Las IDU pueden transmitir paquetes de datos en cualquier momento, en una frecuencia particular del inbound.

Aloha ranurado. Las IDU pueden transmitir paquetes de datos en cualquier slot, en una frecuencia particular del inbound.

Asignación Fija. Las transmisiones son en un slot en particular y por un tiempo establecido o permanentemente, asignado a cada IDU (generalmente se usan en telefonía).

Asignación Dinámica. Los slots son dinámicamente asignados a una IDU en particular son intermitentes.

Managment de la red

- La red está controlado por el NCC (Network Control Center) ubicado en el HUB.
- Cuando se agrega una Terminal a la red, esta debe ser agregada a la base de datos de la red (address, ports, etc.).
- Dicha BD tiene una tabla de ruteo, en la cual se establecen circuitos, entre los port de la Terminal y el HUB.

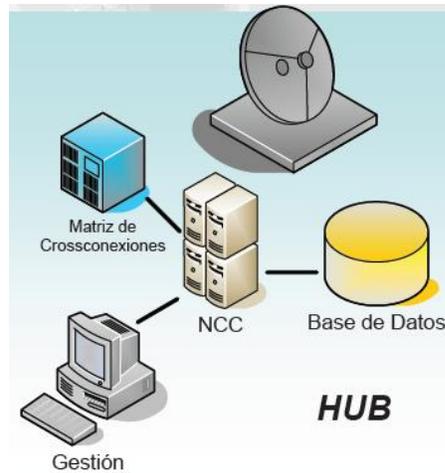


Fig. 5.21 HUB [34]

Estacion HUB

Esta compuesta por muchos subsistemas, todos los sistemas son redundantes (excepto la antena) controlados por un switchover automatico.

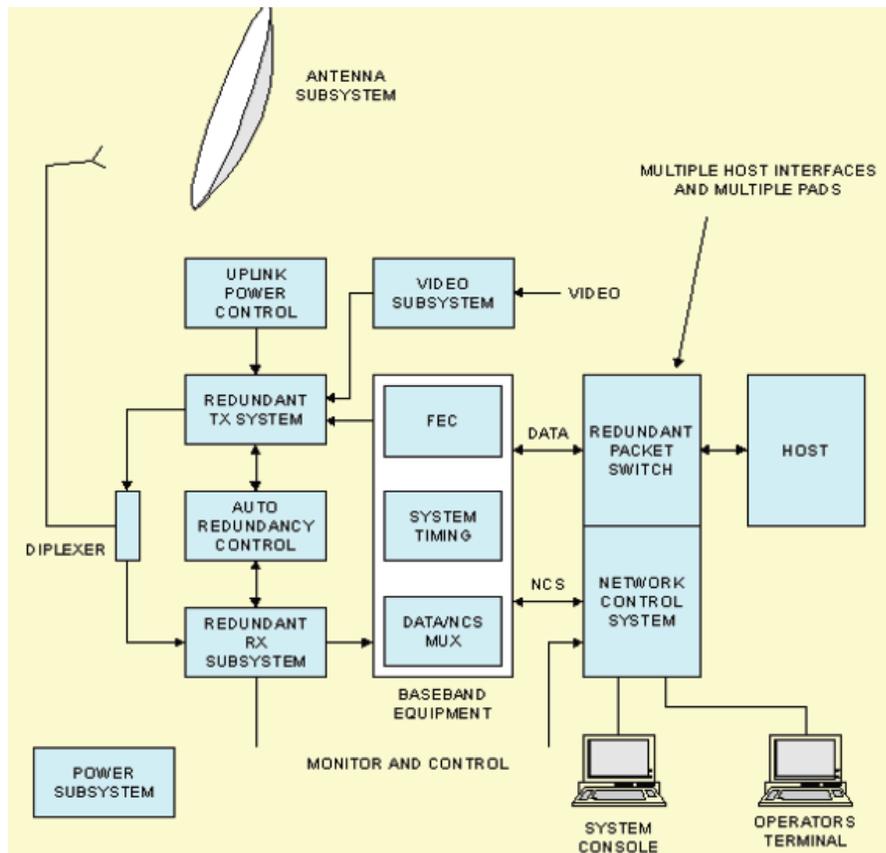


Fig. 5.22 Diagrama de bloques de una estación HUB VSAT [34]

Terminal remota

En contraste del HUB, las estaciones remotas son más simples, el motivo es reducir al máximo el costo, para facilitar la instalación de cantidad.

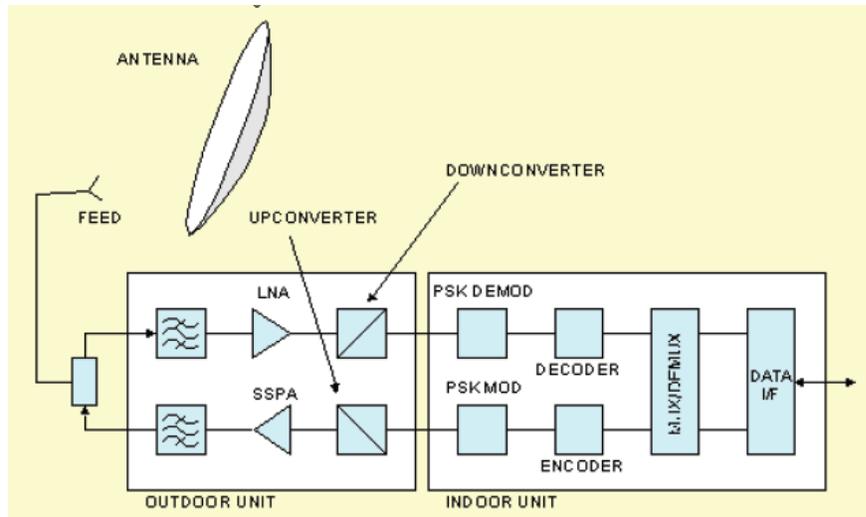


Fig. 5.23 Diagrama de bloques de una Terminal remota VSAT [34]

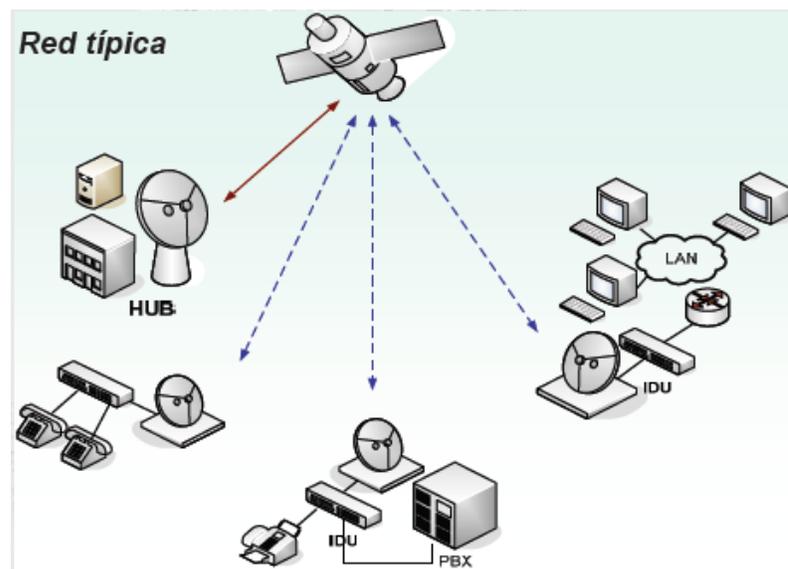


Fig. 5.24 Red típica [34]

5.5.3. TOPOLOGIA MALLA O ENLACES PAMA/DAMA [34]

Características

- Este tipo de redes no necesita de un HUB central.
- Permite un mayor tráfico.
- Trabaja con sistemas:
 - PAMA (Pre Assigned Multiple Access)
 - DAMA (Demand Assigned Multiple Access)
- Requiere un tamaño mayor de antena en las terminales.
- El acceso al medio es por FDMA.

Acceso al medio**FDMA (Frequency-Division Multiplexing Access)**

Cada estación central transmite una portadora multidestino en forma permanente.

Cada estación remota extrae la información correspondiente.

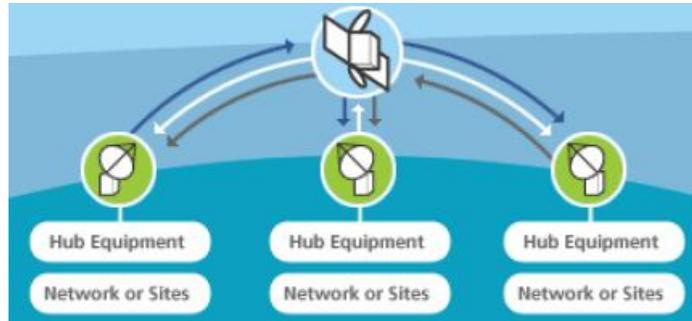


Fig. 5.25 Topología Malla [34]

PAMA

- Se asigna una frecuencia a cada estación.
- No es necesario realizar un establecimiento de las conexiones.
- Apto para alto tráfico y aplicaciones interactivas.

DAMA

- No tiene frecuencia asignada cada estación, existen canales que están disponibles para ser utilizados.
- Los canales de Tx/Rx se asignan por petición de las terminales (asignación dinámica).
- Apto para tráfico de **voz**.

Funcionamiento de la red

- Existe una NCS (Network Controller System) en el cual existe una base de datos con la información de las frecuencias disponibles para ser asignadas por la red.
- Desde la estación central se Tx un Outlink (señalización y administración) en forma permanente para todas las placas DAMA.
- Por demanda las remotas "piden" asignación de frecuencia para transmitir (DAMA) y el NCS las asigna.
- Una vez asignadas levantan portadora y comienzan a intercambiar tráfico.

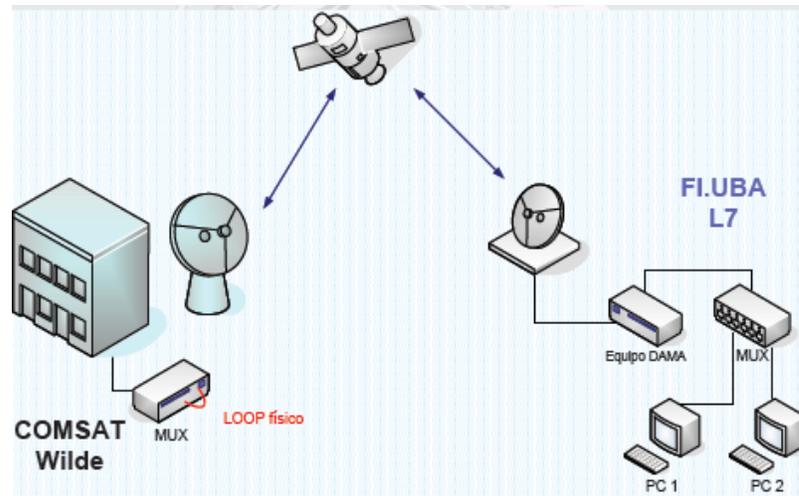


Fig. 5.26 Esquema de conexionado de la FiUBA [34]

CONCLUSION (HORIZONTE DE LOS SISTEMAS SATELITALES)

Las comunicaciones vía satélite, son tras las comunicaciones clásicas de telefonía y TV, el medio de difusión de la información y los servicios telecomunicaciones. Los satélites han resultado un elemento fundamental en el desarrollo de las comunicaciones y las tecnologías de la información como soporte universal para el intercambio y la difusión de la misma. El éxito de las comunicaciones vía satélite en muy diferentes ámbitos (militar, empresarial, ocio, hogar, etc.) viene asociado a sus especiales características. Estas características asociadas a los enlaces externos a la tierra, han permitido el desarrollo de múltiples aplicaciones, así como la comunicación global, al romper las barreras físicas, geográficas y espaciales impuestas por la superficie terrestre. El satélite al estar situado en una órbita exterior a la tierra, posee unas características de difusión y repetición que le dotan de elevada capacidad para proveer servicios de acceso.

Estas características asociadas son, un coste independiente de la distancia de transmisión, capacidad de establecer enlaces multipunto, ancho de banda considerable, amplia cobertura geográfica, no le afectan las barreras naturales y geográficas, servicio disponible en zonas rurales o poco pobladas, facilidad para establecer nuevos mercados y facilidad de establecer nuevos servicios y aplicaciones.

Durante muchas décadas, este tipo de sistemas de comunicaciones fue fundamental para el desarrollo de los servicios básicos, existentes. Gracias a la capacidad de interconexión, y a la cobertura global, tradicionalmente los satélites de comunicaciones se han utilizado para establecer enlaces troncales capaces de transportar y soportar múltiples aplicaciones diferentes como, circuitos telefónicos conmutados, circuitos alquilados o canales de televisión punto a punto y de radiodifusión. Actualmente los servicios y la capacidad asociada a los enlaces vía satélite están cambiando rápidamente. Esto ha sido posible gracias los avances tecnológicos desarrollados en los últimos 20 años, a través de la integración de circuitos de alta frecuencia en los equipos espaciales, y al uso de nuevas bandas de frecuencias en el rango de decenas de GHz (Banda Ku y Ka), permitiendo reducir el tamaño y el coste de los terminales.

El desarrollo tecnológico de los satélites, hecho posible el acceso directo de los usuarios al satélite. Desde hace 40 años se emplean satélites para distribuir y difusión de programas de TV a los usuarios residenciales. Este servicio se desarrollo inicialmente como un servicio de broadcast, sin posibilidad de canal de retorno o comunicación con la fuente de los contenidos. Así la introducción paulatina de un canal de retorno terrestre por módem telefónico o por RDSI, permitió prestar además servicios interactivos a través de los enlaces vía satélite. En los sistemas de TV digital por satélite, parte de la capacidad puede utilizarse para acceso a Internet sustituyendo flujos de vídeo por flujos de paquetes IP, de forma similar a la combinación de servicios de TV e Internet sobre redes de cable. En la actualidad, los operadores y proveedores de servicios vía satélite, implantan sistemas unidireccionales con canales de retorno terrestres y bidireccionales, con comunicación íntegramente por el enlace satelital. Este permite una comunicación más manera más eficiente, dinámica, y con mayor capacidad. Pero como contrapunto, esta el hecho de que los servicios bidireccionales

son mucho más caros y complejos tecnológicamente, al tener que disponer los usuarios de equipos transmisores capaces de comunicarse con el satélite. [25]

Considerando la importancia que representa a nivel mundial la comunicación y que gracias a los avances hasta ahora logrados como conclusión podemos decir que los satélites en la actualidad son de suma importancia y utilidad ya que los ocupamos para la señal de televisión que tenemos en casa, el Internet que para la gran mayoría ahora ya es una necesidad, los celulares que ahora son imprescindibles para la humanidad además de todos los beneficios a nivel mundial que estos sistemas traen consigo como es el hecho de comunicarse en cuestión de minutos de extremo a extremo del mundo dejando un poco de lado el uso del teléfono, en la educación estos sistemas han avanzado a pasos agigantados pudiendo llegar a muchos estudiantes en comunidades sumamente alejadas a lo largo y ancho del mundo y toda la información que se maneja sobre el estatus de nuestro planeta Tierra como es el conocer datos meteorológicos, etc.

GLOSARIO

Aislamiento de polarización cruzada

Relación del nivel de la componente de la señal deseada a la salida de la antena receptora en la misma polarización que la antena transmisora, con respecto a la componente de esta misma señal en la polarización contraria.

Amplificador

Dispositivo diseñado para aumentar el nivel de potencia, voltaje o corriente de señales eléctricas o electromagnéticas.

Amplificador de Alta Potencia (HPA)

Dispositivo que incrementa el nivel de potencia de la señal en la etapa final para ser transmitida al satélite.

Amplificador de Bajo Ruido (LNA)

Dispositivo que tiene como función amplificar la señal recibida del satélite a través de una antena con una contribución mínima de ruido.

Amplitud Modulada (AM)

Técnica de modulación mediante la cual la amplitud de una onda portadora de radio varía de acuerdo a la amplitud de la señal de entrada.

Ancho de banda

Es la diferencia entre dos frecuencias dadas. Rango de frecuencias ocupado por una señal.

Angulo de azimut

Angulo de apuntamiento de una antena con respecto al Norte geográfico en el sentido de las manecillas del reloj.

Angulo de elevación

Angulo de apuntamiento de una antena con respecto al plano horizontal.

Antena Cassegrain

Antena de reflector parabólico principal y un subreflector hiperbólico colocado frente al alimentador, entre el vértice y el foco principal del reflector.

Apogeo

Es el punto más alejado del centro de la Tierra en la órbita de un satélite.

Atenuación

Término general para denotar una disminución en la magnitud de una señal en una transmisión de un punto a otro. Puede ser expresada como la relación entre la magnitud de entrada y la magnitud de salida, o en decibeles.

Atenuación por lluvia

Pérdida o reducción de las características de potencia y polarización de las ondas radioeléctricas debido a la lluvia o a nubes muy densas. Varía de región a región de acuerdo a la tasa de pluviosidad.

Back off

Nivel de reducción de potencia a la entrada de un amplificador para asegurar su operación en la región lineal, logrando con esto reducir al mínimo posible el ruido por intermodulación.

Banda de frecuencias

Conjunto de frecuencias comprendidas entre límites determinados.

Banda ancha

De manera general, es un equipo o sistema a través del cual se transmite información a muy alta velocidad. Un sistema de comunicación de banda ancha puede incluir la transmisión simultánea de varios servicios como video, voz y datos.

Banda base

Banda de baja frecuencia que ocupan las señales antes de modular la señal portadora de transmisión.

Banda C

Rango de frecuencias que va de 3.7 a 6.4 GHz utilizada para transmisión/recepción de señales del Servicio Fijo por Satélite y microondas.

Banda Ku

Rango de frecuencias que va de 11 a 18 GHz utilizada para la transmisión/recepción de señales del Servicio Fijo por Satélite.

Banda L

Rango de frecuencias ubicado entre 1 y 2 GHz. Se emplea para comunicaciones móviles por satélite.

Bit Error Rate (BER)

Tasa de bits erróneos. Relación del número de bits erróneos al total de bits transmitidos en un determinado intervalo de tiempo.

Banda Ka

Rango de frecuencias de 20 a 30 GHz utilizada para la transmisión/recepción de señales desde estaciones fijas y móviles.

BPSK

Técnica de modulación digital por corrimiento de fase binario. La información digital se transmite cambiando la fase de la portadora 180°.

Broadcast

Transmisión unidireccional a múltiples puntos receptores. Radiodifusión.

Constante de Boltzmann

Relación de la energía promedio de una molécula a la temperatura absoluta del medio. Su valor es $k=1.38 \times 10^{-23}$ joules/kelvin = 228.5992 dBJ/K.

Cadena ascendente

Arreglo de equipos de telecomunicaciones utilizados en la transmisión de señales al satélite.

Cadena descendente

Arreglo de equipos de telecomunicaciones utilizados en la recepción de señales desde el satélite.

CCITT

Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía. Actual Sector de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T).

CCIR

Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicación. Actual Sector de Radiocomunicación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-R).

CDMA

Acceso Múltiple por División de Código; también conocida como Acceso Múltiple de Espectro Disperso. Técnica de acceso al satélite mediante la cual la señal es transmitida dentro de un determinado ancho de banda en ciertos períodos de tiempo a través de un código de transformación.

Comando

Órdenes generadas desde una estación terrestre hacia el satélite para su configuración o para efectuar ciertas acciones en éste.

CW

Portadora limpia. Señal sin modular.

Centro de caja

Punto central de la posición orbital considerándola dentro de un cubo imaginario en el que deriva el satélite en cualquier dirección con un cierto rango de tolerancia.

Centro de control

Instalación integrada por sistemas y equipos para el control del satélite, recepción de telemetría y transmisión de comandos.

Cobertura

Región de tierra que es alcanzada por la radiofrecuencia emitida por un satélite. También se le denomina área de servicio.

Cobertura configurable

Capacidad del satélite para cambiar su área de servicio.

DAMA

Acceso Múltiple de Asignación por Demanda. Técnica de acceso al satélite en la que varias estaciones comparten un determinado ancho de banda en diferentes intervalos de tiempo en función de una solicitud de transmisión y dejándolo disponible para el uso de otras estaciones del sistema.

dB

Unidad estándar para expresar la relación entre dos parámetros utilizando logaritmos de base 10. Se utiliza debido a que facilita los cálculos cuando intervienen cantidades muy grandes y muy pequeñas como en el caso de los enlaces vía satélite.

dBc

Decibeles referidos al nivel de potencia de la portadora.

dB_i

Decibeles referidos a la potencia radiada por una antena isotrópica.

dBm

Decibeles referidos a la potencia expresada en miliwatts.

dBW

Decibeles referidos a la potencia expresada en Watts. La potencia de los satélites se expresa en dBW.

Densidad de potencia de ruido

Es la potencia de ruido generada por unidad de ancho de banda o en un determinado ancho de banda de referencia.

Derechos de aterrizaje

Permiso que otorga el ente regulador de un país para la transmisión de señales desde estaciones terrenas ubicadas en su territorio hacia satélites determinados.

Desecho espacial

Todo objeto fabricado en la Tierra que flota en el espacio sin un fin útil.

E_b/N₀

Relación de energía por bit a densidad espectral de ruido en Watts por Hertz.

Estación terrestre

Estación situada en un punto fijo en la Tierra destinada a establecer comunicación con una o varias estaciones espaciales, puede ser transmisora, receptora o transreceptora.

FDMA

Acceso Múltiple por División de Frecuencia. Técnica de acceso al satélite en la que cada portadora se transmite de manera constante en una frecuencia exclusiva durante todo el tiempo.

Figura de Mérito (G/T)

Es un indicador de la sensibilidad del sistema de recepción. Se define como la relación de la ganancia de la antena a la recepción con respecto a la temperatura de ruido del sistema a la recepción; sus unidades normalmente son dBi/K.

Figura de ruido

Representada como la relación señal a ruido a la entrada de un sistema con respecto a la relación señal a ruido a la salida del mismo sistema. Es la medida de la degradación de la relación señal a ruido en un sistema de comunicaciones.

Guía de onda

Dispositivo para conducción de ondas electromagnéticas.

Interferencias solares

Fenómeno natural que se presenta cuando el Sol atraviesa el plano ecuatorial de la Tierra y queda alineado con el satélite y el haz de la antena de una estación terrena. La radiación de energía electromagnética del Sol provoca un incremento importante en la temperatura de la antena, que interfiere con su operación normal. Las interferencias solares se presentan dos veces al año durante los equinoccios de primavera y otoño; su duración es de alrededor de 10 minutos por cinco días aproximadamente.

Interferometría

Detección, análisis y erradicación de interferencias

Modulación por Código de Pulsos (PCM)

Técnicas de modulación a través de la cual una señal analógica puede ser transmitida de manera digital mediante un proceso de muestreo, cuantificación y codificación. Tiene la ventaja de poder regenerar su señal digital en puntos intermedios del medio de transmisión, sin embargo requiere mayor ancho de banda.

Multicasting

Transmisión desde un sólo punto a múltiples usuarios de una red que pertenecen a un grupo definido, no necesariamente a todos.

Orilla de cobertura (EOC)

Límite del área de servicio de un satélite.

Portadora

Señal de frecuencia fija generalmente, que es modulada por la señal de información a fin de transportarla.

Portadora limpia (CW)

Señal sin modular, onda continua.

Portadora modulada

Señal que variará su amplitud, fase o frecuencia con respecto a una referencia conocida de acuerdo a la técnica de modulación utilizada en la transmisión.

Canal Único por Portadora (SCPC)

Técnica de acceso al satélite por división de frecuencia (FDMA) en el que la portadora se transmite de un punto a otro de manera continua.

Atenuador de posición (ATP)

Dispositivo que reduce la potencia a la entrada del sistema. En un satélite de comunicaciones disminuye la sensibilidad a la recepción. Su valor se expresa en dB.

Posición orbital

Es la ubicación de un satélite en el arco orbital. Se expresa en grados (Este / Oeste) a partir del meridiano de Greenwich.

PSK

Modulación por Corrimiento de Fase. Técnica de modulación digital.

Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE ó EIRP)

Es el resultado de la combinación de la potencia del transmisor con la ganancia de la antena en una dirección determinada: hacia el satélite o del satélite hacia la estación receptora. Se expresa en dBW.

Rango

Es el proceso a través del cual se determina la ubicación exacta del satélite.

Rango del atenuador

Ajuste de ganancia de un traspondedor expresado en dB

Relación portadora a densidad de ruido (C/No)

Relación de potencia entre la portadora y la densidad de potencia de ruido en un ancho de banda de 1 Hz. Se expresa en dB/Hz.

Relación portadora a ruido (C/N)

Relación de la potencia de una portadora digital con respecto a la potencia de ruido en el ancho de banda que ocupa. Se expresa en dB.

Relación señal a ruido

Relación de la potencia de una señal analógica con respecto al nivel de ruido. Se expresa en dB.

Ruido

Señales indeseables en un circuito de comunicaciones. Se expresa en dB.

Ruido térmico

Ruido producido por el movimiento aleatorio de los electrones tanto en un medio de transmisión como en los equipos de comunicación.

Ruido de intermodulación

Se presenta cuando una o más señales pasan a través de un dispositivo no lineal con niveles de entrada demasiado altos produciendo señales espurias.

Satélite

Cuerpo que gira alrededor de otro y cuyo movimiento está determinado principal y permanentemente por la fuerza de atracción de éste último. En comunicaciones, artefacto puesto alrededor de la Tierra como repetidor de señales de radiofrecuencia.

Satélite geoestacionario

Satélite geosincrónico cuya órbita circular se encuentra sobre el plano ecuatorial y que aparentemente permanece fijo con respecto a un punto determinado sobre la Tierra. La altura de la órbita geoestacionaria es de aproximadamente 36,000 Kms.

Satélite de giro

Satélite estabilizado debido al giro de una de sus secciones.

Satélite triaxial

Satélite estabilizado en sus tres ejes y con movimiento en las tres direcciones gracias a la disposición de los impulsores.

Sistema de Localización de Transmisores (TLS)

Sistema para geolocalización de fuentes generadoras de interferencia radioeléctrica.

Servicio ocasional

Servicio que se proporciona para un evento determinado en fecha y hora específica.

Telemetría

Información del satélite a través de la cual se conoce su salud y su configuración.

TDMA

Acceso Múltiple por División de Tiempo. Técnica de acceso al satélite en la que un determinado ancho de banda es utilizado por múltiples estaciones en diferentes intervalos de tiempo.

Tolerancia de deriva

Rango en el cual un satélite puede moverse dentro del cubo imaginario alrededor de su posición orbital.

Transpondedor

Parte esencial del subsistema de comunicaciones de un satélite que tiene como función principal la de amplificar la señal que recibe de la estación terrena, cambiar la frecuencia y retransmitirla nuevamente a una estación terrena ubicada dentro de su área de cobertura.

UIT

Unión Internacional de Telecomunicaciones (International Telecommunications Union).

USAT

Terminal de apertura ultra pequeña. Estaciones terrenas con antenas de diámetro menores a 70 cm utilizadas para la transmisión/recepción de datos vía satélite.

Vida útil de un satélite

Periodo de tiempo en el que un satélite presta servicios.

VSAT

Terminal de apertura muy pequeña. Estaciones terrenas con antenas de diámetro igual o menor a 2.4 metros. [2]

CIBERGRAFIA según la NORMA APA

- [1] www.eveliux.com [en línea]
- [2] www.satmex.com.mx [en línea]
- [3] www.monografias.com [en línea]
- [4] www.astronomos.org [en línea]
- [5] TELEINFORMATICA PARA INGENIEROS EN SISTEMAS DE INFORMACION
Escrito y traducido por Antonio Ricardo Castro Lechtaler y Ruben Jore Fusario
2da. Edición, Volumen 2, Ilustrado
Publicado por Reverte 1999
- [6] www.upv.es [en línea]
- [7] COMUNICACIONES POR SATÉLITE
Rodolfo Neri Vela
Cengage Learning Editores 2003
- [8] www.agi.com [en línea]
- [9] www.sateliteinfos.com [en línea]
- [10] es.wikipedia.org [en línea]
- [11] www.geocities.com [en línea]
- [12] www.ciberhabitat.gob.mx [en línea]
- [13] www.telecomm.net.mx [en línea]
- [14] www.nmsi.ac.uk [en línea]
- [15] www.sc.ehu.esn [en línea]
- [16] webdiee.cem.itesm.mx [en línea]
- [17] www.lu1dma.com.ar [en línea]
- [18] dgtve.sep.gob.mx [en línea]
- [19] www.angelfire.com [en línea]
- [20] mailweb.udlap.mx [en línea]
- [21] mx.geocities.com [en línea]
- [22] virtual.uaeh.edu.mx [en línea]
- [23] gabnav.coolinc.info [en línea]
- [24] neutrón.ing.ucv.ve [en línea]
- [25] www.unavarra.es [en línea]
- [26] www.inegi.gob.mx [en línea]
- [27] catarina.udlap.mx [en línea]
- [28] www3.diputados.gob.mx [en línea]
- [29] www.acis.org.co [en línea]
- [30] allman.rhon.itam.mx [en línea]
- [31] www.fadetex.com [en línea]
- [32] nairobi.teleprocesos.blogcindario.com [en línea]
- [33] electrónica.udea.edu.co [en línea]
- [34] materias.fi.uba.av [en línea]

ANEXO

Norma Internacional para la comunicación vía satelital

X. Marco Jurídico

Ámbito Internacional

X.I. Regulaciones de la UIT

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) fue creada en Madrid, en **1932**, como resultado de la fusión de la Unión Internacional de Telegrafía (fundada en **1865**) y de la Unión Internacional de Radiotelegrafía (**1906**). Inicialmente, tenía con responsabilidad sobre las áreas de telegrafía, telefonía y radio, y a partir de 1949 es la agencia especializada de las Naciones Unidas para las telecomunicaciones. En **1947** se convirtió en un organismo especializado de las Naciones Unidas, con sede en Ginebra. La UIT es la organización internacional en la que gobiernos, empresas e instituciones científicas e industriales cooperan para el desarrollo y el uso racional de las telecomunicaciones y la cooperación técnica en telecomunicaciones para países en desarrollo. Una de las funciones técnicas de mayor relevancia que desempeña la organización es la asignación de bandas del espectro de radiofrecuencias y el registro de posiciones orbitales para satélites geoestacionarios. En esta Organización, los gobiernos y el sector privado coordinan las redes y los servicios mundiales de telecomunicaciones.

La UIT realiza las siguientes labores:

- Asigna el espectro de la radiofrecuencia y registra las radiofrecuencias asignadas;
- Efectúa un registro ordenado de las posiciones asignadas por los países a los satélites geoestacionarios;
- Coordina los esfuerzos encaminados a armonizar el desarrollo de las telecomunicaciones, especialmente las que emplean técnicas especiales, a fin de aprovechar cabalmente todas las posibilidades;
- Promueve el establecimiento y mejoramiento de equipos y redes de telecomunicación en los países en desarrollo;
- Fomenta la adopción de medidas para garantizar la seguridad de la vida por conducto de la cooperación entre los servicios de 247 telecomunicaciones;
- Emprende estudios, aprueba reglamentos y formula recomendaciones y opiniones sobre cuestiones relativas a las telecomunicaciones. Los ámbitos de la UIT son los siguientes:
 - **Ámbito técnico:** promover el desarrollo y funcionamiento eficiente de las instalaciones de telecomunicaciones, a fin de mejorar la eficacia de los servicios de telecomunicación y el acceso del público a los mismos;
 - **Ámbito de políticas:** promover la adopción de un enfoque más amplio de las cuestiones relativas a las telecomunicaciones en la economía y sociedad de la información mundial;
 - **Ámbito de desarrollo:** promover y ofrecer asistencia técnica a los países en desarrollo en la esfera de las telecomunicaciones, promover la movilización de los recursos humanos y financieros necesarios para desarrollar las telecomunicaciones y hacer que los beneficios de las nuevas tecnologías lleguen a todos los pueblos del mundo.

La UIT está constituida por 189 Estados Miembros (entre los cuales esta México) y casi 600 miembros de empresas e industriales, instituciones científicas, operadores públicos y privados, organismos de radiodifusión y organizaciones regionales e internacionales. El principal órgano dentro de la UIT es la Conferencia de Plenipotenciarios, que se reúne cada cuatro años y elige al Consejo, integrado por 46 miembros que se reúnen anualmente.

X.2. Notificaciones a UIT

En la Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT (BR), en Ginebra, se registran las solicitudes de notificación de redes de satélites; pero con el exceso de trabajo, el número de solicitudes de notificaciones de redes de satélite nuevas o modificadas y la tramitación de solicitudes de coordinación de redes comenzaron a retrasarse. A finales de 2000 quedaban pendientes en la BR 1,410 solicitudes de coordinación de redes de satélite, en comparación con 1,352 a finales de 1999. Si bien parte de este aumento se debe a la creciente demanda de servicios por satélite, otra parte considerable es consecuencia de los «satélites ficticios», un problema planteado por la notificación de sistemas inexistentes, a fin de garantizar segmentos orbitales para arrendarlos, revenderlos o simplemente como reserva para posibles aplicaciones futuras. Desde 1998 la Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT había decidido introducir medidas de recuperación de costos a fin de tratar de impedir la notificación de segmentos innecesarios y generar los recursos necesarios para proporcionar un mejor servicio a los grandes usuarios gracias a un proceso más rápido y ágil. En 2000 la necesidad de revisar todos los sistemas de satélite instalados en el marco de la replanificación del servicio de radiodifusión por satélite, emprendida por la Conferencia Mundial de Radiocomunicación (CMR-2000) aumentó los atrasos ya considerables. Aunque la introducción de nuevos programas y la mayor utilización de recursos informáticos mejoraron la eficacia en la tramitación de solicitudes de coordinación durante el año, no fue suficiente para disminuir los atrasos. Después de los debates de la CMR-2000, es probable que esta decisión se refuerce con la supresión automática de notificaciones en caso de impago de las tasas de notificación. Se esperaba que la Conferencia de Plenipotenciarios de 2002 adoptara una decisión definitiva a este respecto, pero no fue así, aunque hay un límite para que un país ocupe una posición orbital asignada por la UIT, o se entrega al siguiente país en la lista de espera.

Ámbito nacional

X.3. Constitución mexicana.

En su **artículo 28 (4º párrafo)** señala: “No constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: correos, telégrafos y radiotelegrafía; petróleo y los demás hidrocarburos; petroquímica básica; minerales radiactivos y generación de energía nuclear; electricidad y las actividades que expresamente señalen las leyes que expida el Congreso de la Unión. La **comunicación vía satélite** y los ferrocarriles son **áreas prioritarias para el desarrollo nacional** en los términos del artículo 25 de esta Constitución; el Estado al ejercer en ellas su rectoría, protegerá la seguridad y la soberanía de la Nación, y al otorgar concesiones o permisos mantendrá o establecerá el dominio de las respectivas vías de comunicación de acuerdo con las leyes de la materia.”

X.4. Ley Federal de Telecomunicaciones, que en su parte conducente establece:

Sección IV. De las concesiones para comunicación vía satélite

Artículo 29. Las concesiones para ocupar y explotar posiciones orbitales 249 geoestacionarias y órbitas satelitales asignadas al país, con sus respectivas bandas de frecuencias y derechos de emisión y recepción de señales, se otorgarán mediante el procedimiento de licitación pública a que se refiere la Sección II del presente Capítulo, a cuyo efecto el Gobierno Federal podrá requerir una contraprestación económica por el otorgamiento de dichas concesiones. Tratándose de dependencias y entidades de la administración pública federal, la Secretaría otorgará mediante asignación directa dichas posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales.

Artículo 30. La Secretaría podrá otorgar concesiones sobre los derechos de emisión y recepción de señales y bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros que cubran y puedan prestar servicios en el territorio nacional, siempre y cuando se tengan firmados tratados en la materia con el país de origen de la señal y dichos tratados contemplen reciprocidad para los satélites mexicanos. Estas concesiones sólo se otorgarán a personas morales constituidas conforme a las leyes mexicanas. Asimismo, podrán operar en territorio mexicano los satélites internacionales establecidos al amparo de tratados internacionales multilaterales de los que el país sea parte.

Sección IV. De la comunicación vía satélite

Artículo 55. La Secretaría asegurará, en coordinación con las dependencias involucradas, la disponibilidad de capacidad satelital suficiente y adecuada para redes de seguridad nacional y para prestar servicios de carácter social.

Artículo 56. Salvo lo previsto en sus respectivas concesiones, los concesionarios de posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales asignadas al país tendrán la obligación de poner un satélite en órbita, a más tardar 5 años después de haber obtenido la concesión.

Artículo 57. Los concesionarios que ocupen posiciones orbitales geoestacionarias asignadas al país, deberán establecer los centros de control y operación de los satélites respectivos en territorio nacional. Los centros de control de satélites serán operados preferentemente por mexicanos.

Artículo 58. Los concesionarios de posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales asignadas al país podrán explotar servicios de comunicación vía satélite en otros países, de acuerdo a la legislación que rija en ellos y a los tratados suscritos por el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. 250

Artículo 59. Los concesionarios que distribuyan señales en el país deberán respetar los derechos de propiedad intelectual de los programas cuya señal transmitan. Los concesionarios de derechos de emisión y recepción de señales de satélites extranjeros deberán asegurarse de que las señales que se distribuyan por medio de dichos satélites respeten los ordenamientos legales de propiedad intelectual e industrial.

X.5. Reglamento de Comunicación Vía Satélite, que preceptúa:

Capítulo I. Disposiciones Generales

Artículo 1. El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley Federal de Telecomunicaciones en lo relativo a la comunicación vía satélite.

Artículo 2. En adición a lo establecido por el artículo 3 de la Ley Federal de Telecomunicaciones, para los efectos de este Reglamento, se entenderá por:

i. Centro de control: la o las estaciones terrenas que operan en forma integrada y que cuentan con el equipo asociado de telemetría, rastreo y comando, para controlar la operación de uno o más satélites, conforme a sus parámetros técnicos aprobados, así como sus órbitas y transmisiones, y para evitar interferencias perjudiciales;

ii. Comisión: la Comisión Federal de Telecomunicaciones;

iii. Comunicación vía satélite: la emisión, transmisión o recepción de ondas radioeléctricas, a través de un sistema satelital, para fines específicos de telecomunicaciones;

iv. Enlace satelital: el medio de transmisión que se establece entre estaciones terrenas a través de un sistema satelital;

v. Estación terrena maestra: la estación terrena de una red de telecomunicaciones, destinada a controlar los servicios de comunicación desde, hacia o entre las demás estaciones terrenas de dicha red;

vi. Estación terrena terminal: la que utiliza el usuario final para transmitir o recibir señales de los servicios satelitales que se le prestan;

vii. Ley: La Ley Federal de Telecomunicaciones;

viii. Operador satelital: la persona que, mediante concesión o asignación para ocupar posiciones orbitales geoestacionarias u órbitas satelitales asignadas al país, con sus respectivas bandas de frecuencias asociadas, opera y explota un sistema satelital, lo que le permite, exclusivamente, hacer disponible su capacidad satelital a terceros, según se prevé en el artículo 28 del presente Reglamento;

ix. Prestador de servicios satelitales: la persona que cuenta con concesión, permiso o autorización, según sea el caso en términos de la Ley y el presente Reglamento, que le permite proporcionar servicios satelitales mediante estaciones terrenas, propias o de terceros según sea el caso, y el uso de la capacidad de un sistema satelital nacional, extranjero o internacional;

x. Satélite: objeto colocado en una posición orbital geoestacionaria o en una órbita satelital, provisto de una estación espacial con sus frecuencias asociadas, que le permite recibir, transmitir o retransmitir señales de radiocomunicación desde o hacia estaciones terrenas u otros satélites;

xi. Satélite extranjero: el que está situado en una posición orbital geoestacionaria u órbita satelital, con sus respectivas bandas de frecuencias asociadas, asignadas a un gobierno extranjero por la Unión Internacional de Telecomunicaciones;

xii. Satélite internacional: el que está situado en una posición orbital geoestacionaria u órbita satelital, con sus respectivas bandas de frecuencias asociadas, asignada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones a una organización intergubernamental de comunicación vía satélite, establecida al amparo de tratados internacionales multilaterales de los que México sea parte, y que lleva a cabo la operación del mismo;

xiii. Satélite nacional: el que está situado en una posición orbital geoestacionaria u órbita satelital, con sus respectivas bandas de frecuencias asociadas, concesionada o asignada por el Gobierno Mexicano a un operador satelital, y asignada a México por la Unión Internacional de Telecomunicaciones,;

xiv. Servicios satelitales: los servicios de radiocomunicación que se prestan a través de estaciones terrenas, las que hacen uso de capacidad satelital de uno o más satélites nacionales, extranjeros o internacionales, en las frecuencias asociadas para tal efecto,

y

xv. Sistema satelital: uno o más satélites, con sus frecuencias asociadas, y sus respectivos centros de control, que operan en forma integrada para hacer disponible capacidad satelital para la prestación de servicios satelitales. Los términos y definiciones que no estén contenidos en este Reglamento o en la Ley, deberán interpretarse de acuerdo a las disposiciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones aprobadas conforme al procedimiento señalado en la fracción I del artículo 76 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, sin perjuicio de la facultad de la Secretaría para interpretar este Reglamento para efectos administrativos.

De las concesiones

Sección Primera. *De las concesiones para satélites nacionales*

Artículo 3. Corresponde a la Secretaría la gestión de los procedimientos de coordinación ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones y otros países, para la asignación al país de posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales, con sus respectivas bandas de frecuencias asociadas. La Secretaría podrá iniciar tales gestiones por sí, o a petición de parte interesada.

Artículo 4. Las concesiones para ocupar posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales asignadas al país, y explotar sus respectivas bandas de frecuencias asociadas, se otorgarán mediante licitación pública, cuya convocatoria se publicará en el Diario Oficial de la Federación. Las bases de licitación pública de cada convocatoria incluirán, como mínimo:

- i. La ubicación de las posiciones orbitales geoestacionarias o, en su caso, las órbitas satelitales con sus respectivas frecuencias asignadas, o en proceso de coordinación, que se pretendan concesionar;
- ii. Los requisitos que deberán cumplir los interesados para participar en la licitación, entre los que se incluirán:
 - a. La descripción de las especificaciones técnicas del sistema satelital que se pretende instalar, con sus respectivos centros de control y las características de potencia, frecuencia y cobertura de servicio, nacional e internacional;
 - b. La descripción de los servicios satelitales que se pretendan prestar;
 - c. El plan de negocios, que comprenderá el programa de inversión y el financiero;
 - d. La documentación que acredite la capacidad jurídica, técnica, financiera y administrativa, y
 - e. La opinión favorable de la Comisión Federal de Competencia, en los términos de la convocatoria;
- iii. El periodo de vigencia de la concesión, y los términos bajo los cuales será, en su caso, susceptible de ser prorrogada;
- iv. Los términos para participar; los criterios para seleccionar al ganador, y las causales para declarar desierta la licitación, para lo cual se considerará lo previsto por el artículo 17 de la Ley. Tratándose de licitaciones públicas en las que se haya adoptado la modalidad de subasta, la selección del ganador se hará en favor del participante que, habiendo cumplido los requisitos exigidos, ofrezca la contraprestación económica más alta, y
- v. Los términos bajo los cuales será reservada capacidad satelital para la operación de redes de seguridad nacional y servicios de carácter social, en favor del Estado.

Artículo 5. El título de concesión para ocupar posiciones orbitales geostacionarias y órbitas satelitales asignadas al país, y explotar sus respectivas bandas de frecuencias asociadas contendrá, como mínimo:

- i. El nombre del concesionario;
- ii. Las coordenadas asignadas a la posición orbital o, en el caso de órbitas satelitales, las características de las trayectorias;
- iii. Las bandas de frecuencias asociadas;
- iv. Las especificaciones técnicas del sistema satelital;
- v. Las coordenadas geográficas del o los centros de control;
- vi. El área de cobertura, la capacidad destinada al territorio nacional y la potencia mínima requerida;
- vii. La reserva de capacidad satelital para el Estado;
- viii. Los servicios que podrá prestar el concesionario;
- ix. El periodo de vigencia;
- x. El plazo para poner en órbita el satélite;
- xi. Las contraprestaciones que, en su caso, deberá cubrir el concesionario por el otorgamiento de la concesión;
- xii. En su caso, las obligaciones de cobertura social a cargo del concesionario;
- xiii. El monto y la forma de garantizar el cumplimiento de las obligaciones a cargo del concesionario, y
- xiv. Los demás derechos y obligaciones del concesionario.

Artículo 6. Los operadores satelitales deberán cubrir el territorio nacional en todos los casos en que, por la ubicación de la posición orbital o la trayectoria de la órbita satelital, ello sea técnicamente factible.

Cuando se realice el reemplazo de los satélites, los operadores deberán mantener, cuando menos, la misma capacidad satelital para prestar servicios en el territorio nacional, la que, de ser necesario para atender la demanda interna, podrá disminuirse o incrementarse según se prevenga en el título de concesión.

Artículo 7. Para promover el desarrollo eficiente de las telecomunicaciones y coadyuvar al cumplimiento de sus funciones u objeto, la Secretaría podrá hacer la asignación directa de posiciones orbitales geostacionarias y órbitas satelitales, con sus frecuencias asociadas, a las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal. La asignación revestirá el carácter de concesión tratándose de empresas de participación estatal mayoritaria en cuyo capital participe transitoriamente el Gobierno Federal con propósitos de desincorporación, en términos de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales y demás disposiciones aplicables que aseguren al Estado las mejores condiciones.

Sección Segunda. *De las concesiones sobre señales de satélites extranjeros*

Artículo 8. Los interesados en obtener concesión para explotar los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros que cubran y puedan prestar servicios en el territorio nacional, una vez celebrados los tratados a que se refiere el primer párrafo del artículo 30 de la Ley y, de requerirse, los demás instrumentos complementarios, deberán presentar, a satisfacción de la Secretaría, solicitud que contenga, cuando menos:

- i. La ubicación de la posición orbital u órbitas satelitales y frecuencias asociadas registradas o en procesos de coordinación, así como el nombre y documentación del operador satelital extranjero;
 - ii. Las especificaciones técnicas del sistema satelital extranjero, precisando las características de la cobertura sobre territorio nacional;
 - iii. La documentación que acredite la relación contractual entre el operador satelital extranjero y el interesado que explotaría el sistema en territorio nacional;
 - iv. Las especificaciones técnicas de las estaciones terrenas transmisoras que el interesado pretenda instalar en territorio nacional, para lo cual requerirá concesión de red pública de telecomunicaciones, y las estaciones terrenas ubicadas en el extranjero que, en su caso, enviarían señales a territorio nacional, así como de las estaciones terrenas terminales a ser instaladas en el país;
 - v. La porción y las características técnicas conforme a las cuales el concesionario hará disponible su capacidad satelital a terceros o, en su caso, la descripción de los servicios satelitales que se pretendan prestar, así como las especificaciones técnicas del centro de control, de las estaciones terrenas maestras en territorio nacional o en el extranjero, y de las estaciones terrenas terminales;
 - vi. El plan de negocios, que comprenderá, cuando menos, programa de cobertura, de inversión y financiero;
 - vii. La documentación que acredite su capacidad jurídica, técnica, financiera y administrativa;
 - viii. La opinión favorable de la Comisión Federal de Competencia;
 - ix. La documentación que demuestre que los interesados mantendrán el control de los servicios que se presten en el territorio nacional, para lo cual deberán acreditar:
 - a. A. Que cuentan con los recursos técnicos necesarios para presentar a la Comisión la información relativa al tráfico originado en territorio nacional o destinado a éste;
 - b. B. Que el operador satelital extranjero asume la obligación de atender las instrucciones del concesionario, en relación con los servicios prestados en territorio mexicano;
 - c. C. Que el operador satelital extranjero asume la obligación de atender los requerimientos de información relacionados con los servicios que se presten en territorio mexicano, que le formulen la Secretaría o la Comisión, y d. D. Que el concesionario utilizará una numeración específica para identificar las estaciones terrenas terminales de los usuarios en el país.
- Una vez recibida la solicitud por parte de la Secretaría, la Comisión analizará y evaluará la documentación correspondiente, y podrá requerir a los interesados información adicional. Previa opinión de la Comisión y una vez cumplidos, a satisfacción de la Secretaría, los requisitos exigidos, ésta otorgará la concesión correspondiente. Las concesiones se otorgarán en un plazo no mayor de 120 días naturales a partir de la fecha en que se integre debidamente la solicitud.

Artículo 9. Además de las condiciones específicas para dar cumplimiento a lo previsto por la fracción IX del artículo anterior, el título de concesión para explotar los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias, asociadas a sistemas satelitales extranjeros, que cubran y puedan prestar servicios en el territorio nacional, contendrá cuando menos lo previsto en el artículo 5 anterior, salvo por lo que hace a las fracciones V, VII y X. Cuando concluya la vigencia o, por cualquier razón, se den por terminados anticipadamente los tratados a que se refiere el primer párrafo del artículo 30 de la Ley, o se suspendan o concluyan parcialmente sus efectos, al amparo de los

cuales sean otorgadas las concesiones a que se refiere esta Sección, los concesionarios no podrán continuar la explotación de la propia concesión o parte de ella, según corresponda, después de que venzan los plazos que establezca la Secretaría. Lo anterior, sin perjuicio de lo establecido en otros tratados o acuerdos multilaterales de los que el país sea parte.

Artículo 10. Las concesiones a que se refiere esta Sección, se otorgarán siempre que haya sido aprobada por el Gobierno Mexicano la coordinación técnica del satélite extranjero, siguiendo los procedimientos establecidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Sección Tercera. Disposiciones comunes

Artículo 11. El Gobierno Federal, por conducto de la Secretaría, podrá requerir una contraprestación económica por el otorgamiento de las concesiones a que se refiere el presente Reglamento, sin perjuicio de otras contribuciones que deban enterarse conforme a las disposiciones aplicables. En los procedimientos de licitación pública a que se refiere el artículo 4 de este Reglamento, en que se contemple la entrega de una contraprestación económica, ésta se enterará en una o más exhibiciones, las que deberán haberse cubierto en su totalidad al momento de otorgarse la concesión.

Artículo 12. Las concesiones previstas en el artículo 11, fracciones III y IV, de la Ley, se otorgarán por un plazo hasta de 20 años y podrán ser prorrogadas hasta por plazos iguales a los originalmente establecidos, a juicio de la Secretaría. Los plazos que fije la Secretaría para las concesiones a que se refiere el artículo 11, fracción III, de la Ley, y sus renovaciones, atenderán al plazo para poner en órbita el satélite; a la vida útil del satélite; y en su caso, a la vida útil del satélite de reemplazo, y podrán ampliarse por fallas o pérdidas en el lanzamiento u operación del satélite no imputables al concesionario. Para el otorgamiento de las prórrogas de las concesiones a que se refiere este artículo, será necesario que el concesionario hubiere cumplido con las condiciones previstas en la concesión que se pretenda prorrogar; lo solicite antes de que inicie la última quinta parte del plazo de la concesión, y acepte las nuevas condiciones que establezca la propia Secretaría. Las solicitudes así presentadas serán resueltas en un plazo que no excederá de 180 días naturales.

Artículo 13. La Comisión, previa opinión de los concesionarios y permisionarios, según corresponda, podrá modificar las características técnicas y operativas de las concesiones y permisos a que se refiere el presente Reglamento en los siguientes casos:

- i. Cuando lo exija el interés público;
- ii. Por razones de seguridad nacional;
- iii. Para la introducción de nuevas tecnologías;
- iv. Para solucionar problemas de interferencia perjudicial;
- v. Como consecuencia de procedimientos de coordinación internacional, llevados a cabo por la Secretaría o por la Comisión, según sea el caso, y
- vi. Para dar cumplimiento a los tratados internacionales y acuerdos interinstitucionales suscritos por el Gobierno Mexicano.

Artículo 14. Otorgadas las concesiones a que se refiere este Capítulo, un extracto del título respectivo se publicará en el Diario Oficial de la Federación a costa del interesado, dentro de los 60 días naturales siguientes. Cuando en términos de ley, termine la

vigencia de las concesiones, la Secretaría publicará en el Diario Oficial de la Federación el aviso al público correspondiente.

Artículo 15. Para explotar servicios de telecomunicaciones a través de una o más estaciones terrenas transmisoras propias, los interesados deberán obtener concesión de una red pública de telecomunicaciones en términos del artículo 24 y demás aplicables de la Ley. Cuando se hubiere instalado la red y se cuente con la concesión a que se refiere el párrafo anterior, y se pretendan integrar a la misma red nuevas estaciones terrenas transmisoras, los interesados sólo deberán obtener permiso de los previstos en el Capítulo III siguiente. Cuando exclusivamente se pretenda instalar y operar una o más estaciones terrenas transmisoras sin que, en consecuencia, ello implique la explotación de servicios de telecomunicaciones o de capacidad de la o las estaciones, los interesados deberán obtener permiso de los previstos en el Capítulo III siguiente.

Artículo 16. Cuando la Secretaría otorgue concesiones de las previstas en el artículo 11, fracciones III y IV, de la Ley, y la explotación de los servicios requiera de una concesión de red pública de telecomunicaciones, esta última se otorgará en el mismo acto administrativo, siempre que el interesado hubiere satisfecho los requisitos establecidos para este último tipo de concesiones.

De los permisos para establecer estaciones terrenas transmisoras

Artículo 17. Los interesados en obtener permiso para instalar y operar estaciones terrenas transmisoras, deberán presentar solicitud a la Secretaría, la cual contendrá, cuando menos:

- i. Nombre del solicitante;
- ii. Proyecto técnico y programa de instalación e inversión, incluyendo las estaciones terrenas transreceptoras que se enlazarán a uno o más satélites;
- iii. Capacidad del segmento espacial y el tipo de señal que pretenda utilizar, y
- iv. Área de cobertura y el tipo de servicios que se pretendan ofrecer. Una vez recibida la solicitud por parte de la Secretaría, la Comisión analizará y evaluará la documentación correspondiente, y podrá requerir a los interesados información adicional. Previa opinión de la Comisión y una vez cumplidos, a satisfacción de la Secretaría, los requisitos exigidos, ésta otorgará el permiso correspondiente. Los permisos se otorgarán en un plazo no mayor de 90 días naturales a partir de la fecha en que se integre debidamente la solicitud.

Artículo 18. El permiso para instalar y operar estaciones terrenas transmisoras contendrá, como mínimo, lo siguiente:

- i. El nombre del permisionario;
- ii. Tratándose de inmuebles, la ubicación del inmueble donde se encuentre instalada la estación y sus coordenadas geográficas;
- iii. Las bandas de frecuencias asociadas en las que se realizarán las transmisiones;
- iv. La posición orbital del satélite o satélites a utilizar o trayectoria orbital cubierta por la estación terrena, según corresponda;
- v. Los servicios que podrá operar el permisionario;
- vi. Las especificaciones técnicas de la o las estaciones;
- vii. La forma de garantizar el cumplimiento de las obligaciones a cargo del permisionario, y
- viii. Los demás derechos y obligaciones del permisionario.

Artículo 19. Los permisos sobre estaciones terrenas transmisoras se mantendrán vigentes siempre que no varíen las características técnicas y de operación que hayan sido originalmente especificados en el permiso, salvo que se obtenga la autorización previa de la Comisión. Cuando el o los satélites a los cuales dirijan sus transmisiones sean extranjeros, los mismos deberán estar cubiertos por los tratados de reciprocidad a que se refiere el artículo 30 de la Ley.

Artículo 20. Sin perjuicio de la concesión o permiso que, en su caso, se requiera para la prestación de servicios de telecomunicaciones, la Secretaría podrá exentar de los requerimientos de permiso a estaciones terrenas transmisoras que cumplan con las normas nacionales y, en su caso, internacionales, y su ubicación geográfica y características de operación garanticen que no se ocasionen interferencias perjudiciales a otros sistemas de telecomunicaciones, mediante:

- i. La inclusión de las estaciones a un permiso genérico, en sustitución de permisos individuales por estación, y
- ii. La expedición, por parte de la Comisión, de disposiciones que establezcan las características generales de las estaciones.

De los signatarios de organismos satelitales internacionales

Artículo 21. La Secretaría, considerando el desarrollo eficiente de las telecomunicaciones y previa opinión de la Comisión, podrá autorizar a una o más personas físicas o morales mexicanas, a ser titulares de derechos como signatarios de las organizaciones de satélites internacionales, para prestar servicios en territorio nacional, siempre y cuando:

- i. Los estatutos o las normas que rijan a tales organizaciones así lo permitan;
- ii. Los interesados cumplan los requisitos establecidos por la Secretaría;
- iii. Los interesados acepten pagar la contraprestación económica por el otorgamiento de la autorización que, al efecto, fije la Secretaría;
- iv. En el caso de personas morales, la inversión extranjera no exceda del 49 por ciento;
- v. Los interesados presenten la documentación comprobatoria a que se refiere la fracción IX del artículo 8 anterior, y
- vi. Los interesados se obliguen a dar cumplimiento, en lo conducente, a las obligaciones que la Ley y el presente Reglamento establecen para los operadores satelitales. Una vez otorgada la autorización, ésta se publicará en el Diario Oficial de la Federación, a costa del interesado, dentro de los 60 días naturales siguientes.

De los servicios satelitales

Sección Primera. *De las disposiciones comunes a los operadores satelitales y prestadores de servicios satelitales*

Artículo 22. Los operadores satelitales y los prestadores de servicios satelitales deberán proporcionar los servicios en condiciones satisfactorias de calidad, competitividad, continuidad y permanencia, y se abstendrán de aplicar prácticas discriminatorias o subsidios cruzados entre servicios en competencia o a través de sus empresas afiliadas, subsidiarias o filiales, entre otras.

Artículo 23. Cuando un operador satelital o un prestador de servicios satelitales tenga poder sustancial en el mercado relevante, a juicio de la Comisión Federal de Competencia, la Comisión podrá establecer obligaciones específicas, según se trate, en

materia de tarifas, calidad del servicio e información, para lo cual atenderá al siguiente procedimiento:

- i. La Comisión deberá notificar al operador satelital o prestador de servicios satelitales el inicio del procedimiento;
- ii. El operador satelital o prestador de servicios satelitales contará con un plazo de quince días hábiles siguientes a su notificación, para manifestar por escrito lo que a su derecho convenga y aportar los elementos que considere pertinentes;
- iii. En caso de que los elementos aportados por el operador satelital o prestador de servicios satelitales requieran de desahogo, la Comisión deberá llevar a cabo el mismo en un plazo no mayor de quince días hábiles siguientes a la recepción del escrito del operador satelital o prestador de servicios satelitales, y
- iv. Recibido el escrito del operador satelital o prestador de servicios satelitales, o transcurrido el plazo para que lo presente conforme a la fracción II de este artículo y, en su caso, desahogada la etapa prevista en la fracción III anterior, la Comisión deberá resolver lo conducente, dentro de los veinticinco días hábiles siguientes. Cuando la Comisión no emita resolución dentro del plazo citado, se entenderá que no establecerá obligaciones específicas al operador satelital o prestador de servicios satelitales.

La Comisión, hasta antes de dictar resolución, podrá realizar las visitas de verificación y allegarse de todos los elementos que considere necesarios. Los plazos señalados en las fracciones II a IV de este artículo serán prorrogables hasta por dos ocasiones, por el mismo término, cuando a juicio de la Comisión la complejidad del caso así lo amerite. La Comisión Federal de Competencia o los usuarios que celebren o pretendan celebrar contratos de servicios satelitales con operadores satelitales o prestadores de servicios satelitales con poder sustancial en el mercado relevante, podrán solicitar a la Comisión el establecimiento de obligaciones específicas en materia de tarifas, calidad del servicio e información, en cuyo caso esta última llevará a cabo el procedimiento a que se refiere este artículo. Cuando el operador satelital o el prestador de servicios satelitales estime que han concluido las circunstancias por las cuales se consideró que tenía poder sustancial en el mercado relevante, podrá solicitar a la Comisión Federal de Competencia que así lo resuelva, con objeto de que la Comisión deje sin efectos las obligaciones específicas que haya establecido.

Artículo 24. En los casos a que se refiere el artículo anterior, las obligaciones específicas que establezca la Comisión al operador satelital o al prestador de servicios satelitales, podrán consistir, entre otras, en las siguientes:

- i. Someter a la aprobación de la Comisión las tarifas a ser aplicadas en los servicios de que se trate;
- ii. Prestar el servicio a quien lo solicite, siempre que cuente con la capacidad satelital disponible, sea técnicamente factible, y el usuario se ajuste a las condiciones de mercado ofrecidas de manera general por el concesionario;
- iii. Abstenerse de interrumpir el tráfico de señales de telecomunicaciones sin la previa autorización de la Comisión;
- iv. Atribuir a sus afiliadas, filiales o subsidiarias las mismas tarifas autorizadas por la Comisión, y
- v. Proporcionar información relativa a la capacidad disponible, la asignación de transpondedores y las características técnicas de sus operaciones. Lo anterior, sin perjuicio de la obligación de los operadores y prestadores de servicios satelitales de registrar tarifas, en términos del artículo 61 de la Ley.

Artículo 25. Los operadores satelitales o prestadores de servicios satelitales podrán celebrar contratos de reserva de capacidad con sus usuarios. Dichos contratos tendrán una vigencia máxima de 180 días naturales, contados a partir de la fecha de su firma. En caso de que en el plazo a que se refiere el párrafo anterior, el usuario respectivo no inicie operaciones, los operadores satelitales o prestadores de servicios satelitales harán disponible la capacidad reservada a otros solicitantes, si los hubiere, en estricto orden de presentación de la solicitud correspondiente. De no haber otros solicitantes, podrán prorrogar la vigencia de los contratos de reserva de capacidad primeramente celebrados hasta por un plazo igual al contratado inicialmente. En cada prórroga, harán disponible su capacidad a terceros en términos del presente párrafo. En el caso de que la contratación se refiera a un satélite que no se encuentre en operación, el plazo de 180 días naturales se contará a partir de la fecha en que el satélite inicie regularmente operaciones.

Artículo 26. Los operadores satelitales o los prestadores de servicios satelitales sólo podrán transmitir, difundir o propagar señales de audio, video o de audio y video asociado, para ser recibidas directamente por el público en general, sea en bandas asignadas a servicios de radiodifusión o en otras bandas de frecuencias, siempre y cuando los prestadores de servicios cuenten con las concesiones que se requieran en términos de la Ley Federal de Radio y Televisión.

Artículo 27. La Comisión expedirá disposiciones administrativas de carácter general a las que se sujetarán los operadores satelitales y prestadores de servicios satelitales, las que se emitirán en función de los objetivos del artículo 7 de la Ley.

Sección Segunda. *De los servicios a través de satélites nacionales*

Artículo 28. Los operadores satelitales sólo podrán hacer disponible su capacidad satelital a personas que cuenten con concesión de red pública de telecomunicaciones o permiso de los previstos en el artículo 31 de la Ley. Los operadores satelitales que pretendan prestar servicios a personas distintas de las mencionadas en el párrafo anterior, deberán realizarlo a través de sus empresas afiliadas, subsidiarias o filiales que cuenten con concesión de red pública de telecomunicaciones o permiso de comercializadora de servicios de telecomunicaciones. Se exceptúan de lo dispuesto en el primer párrafo de este artículo, los contratos que celebren los operadores a fin de que, con la capacidad satelital, se presten servicios satelitales en el extranjero, que no se originen ni terminen en territorio nacional.

Artículo 29. Los operadores satelitales deberán reservar una porción de su capacidad en cada banda de frecuencias, la que será utilizada por el Estado en forma gratuita, exclusivamente para las redes de seguridad nacional y para servicios de carácter social. La porción de capacidad que será objeto de reserva en favor del Estado, se establecerá en el título de concesión correspondiente. La Secretaría y el operador satelital podrán acordar que la capacidad reservada a una banda de frecuencias sea reasignada en otras bandas. La capacidad de reserva no podrá ser utilizada por el operador aún cuando no le sea requerida por la Secretaría, salvo que ésta autorice lo contrario y sus condiciones. La Secretaría será la responsable de administrar la capacidad satelital reservada. La utilización adicional por parte de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, y demás instituciones públicas, se cubrirá con cargo a los presupuestos autorizados, y en términos comerciales ordinarios. La calidad de transmisión que los operadores satelitales proporcionen para los servicios que se

presten utilizando la capacidad reservada al Estado, deberá ser igual a la que ofrecen en el resto de sus servicios.

Artículo 30. Los operadores satelitales deberán:

- i. Asumir la responsabilidad por el control y operación de los satélites;
- ii. Hacer las instalaciones necesarias para que, desde los centros de control, tengan la posibilidad de limitar o interrumpir, en todo momento, las emisiones del satélite o los satélites de que se trate, a solicitud de la Comisión, y
- iii. Asegurar que el servicio se presta con la debida calidad y continuidad, aún cuando se realice el reemplazo de los satélites.

Artículo 31. Los usuarios con los que los operadores satelitales tengan celebrados contratos al momento de realizarse el reemplazo de algún satélite, tendrán preferencia para contratar capacidad de los satélites sustitutos, siempre que acepten las condiciones no discriminatorias que ofrezca el operador satelital.

Sección Tercera. De los servicios a través de satélites extranjeros **Artículo 32.** Los servicios de telecomunicaciones que podrán prestarse en el territorio nacional a través de satélites extranjeros, serán aquéllos que estén contemplados en los tratados internacionales en la materia que el Gobierno Mexicano haya celebrado con los países de origen de dichos satélites. Para el inicio de las negociaciones de los tratados, el Gobierno Mexicano considerará que, por parte de los operadores satelitales y, en su caso, de los prestadores de servicios satelitales mexicanos, existan condiciones presentes o futuras para prestar servicios competitivos de telecomunicaciones en el país con el que se suscribirían dichos tratados.

Artículo 33. Los prestadores de servicios satelitales que exploten los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros, para prestar servicios de telecomunicaciones por suscripción, deberán contar con un sistema para el control de usuarios, aprobado por la Comisión, que les permita, en todo momento y en forma independiente para cada servicio, dar de alta o de baja a cada usuario desde el territorio nacional.

Artículo 34. La activación directa o indirecta, en su caso, de equipos que reciban las señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros, o cualquier otra forma de aprovechamiento comercial de dichas señales, dentro del territorio nacional, requerirá de concesión de las previstas por el artículo 8 de este Reglamento. Los equipos deberán contar con el certificado de homologación que expida la Comisión, a fin de fomentar y permitir su uso sin necesidad que los usuarios deban adquirir equipo de una marca o proveedor determinados.

Artículo 35. La facturación y la cobranza de la capacidad satelital o de los servicios de telecomunicaciones que se presten a través de la explotación de los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros, que cubran y presten servicios en el territorio nacional, se realizarán dentro del territorio nacional conforme a las disposiciones mexicanas aplicables. Cuando la concesión para explotar los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros, consista en hacer disponible capacidad satelital a terceros, el concesionario deberá observar lo dispuesto por el primero y segundo párrafos del artículo 28 anterior.

Artículo 36. En la explotación de los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros, la Secretaría, previa opinión de la Comisión, podrá rechazar la inclusión de señales procedentes de

estaciones terrenas transmisoras ubicadas en países que no permitan el aterrizaje de señales provenientes de satélites mexicanos en su territorio. En caso de que un prestador de servicios satelitales reciba o emita señales provenientes de estaciones terrenas ubicadas en otros países, deberá dar aviso a la Comisión.

Sección Cuarta. *De los servicios a través de satélites internacionales*

Artículo 37. Los signatarios de las organizaciones internacionales de satélites podrán prestar servicios nacionales e internacionales, sin necesidad de concesión o permiso, atendiendo a lo dispuesto por la Ley, los tratados internacionales, el presente Reglamento, a la autorización que les otorgue la Secretaría y a las demás disposiciones que emita la Comisión.

Artículo 38. En la prestación de servicios satelitales a través de satélites internacionales serán aplicables los artículos 33 a 35 del presente Reglamento.

De la coordinación de posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales, y sus bandas de frecuencias asociadas

Artículo 39. Cuando los operadores satelitales pretendan adicionar o modificar los servicios comprendidos en su concesión, la Comisión iniciará la coordinación correspondiente ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones, en un plazo no mayor de 20 días hábiles a partir de la fecha en que el interesado le hubiere entregado, debidamente integrada, la documentación necesaria para ello. De concluir favorablemente la coordinación, la Comisión deberá expedir la autorización correspondiente dentro de los 20 días hábiles siguientes.

Artículo 40. En los procedimientos de coordinación de las asignaciones de bandas de frecuencias asociadas a posiciones orbitales geoestacionarias u órbitas satelitales, la Comisión atenderá y tramitará las solicitudes que, conforme a las disposiciones internacionales, presenten otros países al Gobierno Mexicano. Igualmente, identificará en las publicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones las interferencias perjudiciales que pudieran causar los sistemas satelitales coordinados o en proceso de coordinación de otros países, u otras razones por las que deba objetar la coordinación, en cuyo caso presentará oportunamente los comentarios correspondientes, solicitando, por los mecanismos legales aplicables, la inclusión del Gobierno Mexicano en el procedimiento de coordinación en curso.

Artículo 41. Los operadores satelitales deberán establecer mecanismos que les permitan identificar oportunamente aquellas redes satelitales, coordinadas o en proceso de coordinación, que pudieran afectar las operaciones de sus sistemas satelitales. En caso que identifiquen posibles interferencias perjudiciales, deberán informarlo a la Comisión, acompañando los estudios y documentación pertinente. La Comisión, de ser necesario, solicitará la inclusión del Gobierno Mexicano en el proceso de coordinación ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Artículo 42. Tratándose de interferencias perjudiciales que causen los sistemas satelitales o estaciones terrenas transmisoras o que se causen a éstos, la Comisión dictará las medidas y los plazos necesarios para corregirlas. Tratándose de interferencias a servicios de telecomunicaciones relacionados con la seguridad de la vida humana, los servicios básicos, los de radionavegación o los de seguridad nacional, la Comisión ordenará la suspensión inmediata de operaciones del causante de las

transmisiones, cualquiera que fuere éste, y, de ser el caso, tomará las medidas necesarias para ello.

Artículo 43. Las estaciones terrenas receptoras a que se refiere el artículo 34 de la Ley, serán objeto de protección contra interferencias perjudiciales, siempre que:

- i. El interesado presente solicitud a la Comisión y ésta la dictamine favorablemente, y
- ii. Dichas estaciones sean coordinadas, notificadas e inscritas en el registro internacional de frecuencias de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, conforme a las disposiciones internacionales correspondientes.

Artículo 44. Los equipos que conforman las estaciones terrenas receptoras o transmisoras que se comercialicen, instalen y operen en el territorio nacional, deberán contar con el certificado de homologación correspondiente que expida la Comisión. Las personas que, sin contar con concesión de las previstas en el presente Reglamento, pretendan vender, arrendar, comercializar o bajo cualquier título llevar a cabo la distribución de estaciones terrenas receptoras al público en general, para ser instaladas y operadas en el territorio nacional, deberán dar aviso a la Comisión con una antelación no menor a diez días naturales a la fecha de inicio de sus operaciones.

De las infracciones y sanciones

Artículo 45. Las infracciones a lo dispuesto por el presente Reglamento, se sancionarán por la Secretaría de conformidad con lo siguiente:

a. Con multa de 10,000 a 20,000 salarios mínimos por:

- i. Dirigir las transmisiones de estaciones terrenas transmisoras a satélites extranjeros, que no se encuentren cubiertos por los tratados de reciprocidad a que se refiere el artículo 30 de la Ley;
- ii. Prestar servicios utilizando satélites internacionales, sin contar con autorización de la Secretaría;
- iii. Transmitir, difundir o propagar señales de audio, video o de audio y video asociado en contravención a lo dispuesto por el artículo 26 del presente Reglamento;
- iv. En el caso de los operadores satelitales, no reservar el porcentaje de su capacidad en cada banda de frecuencias que establezca la Secretaría en el título de concesión correspondiente;
- v. Prestar servicios de telecomunicaciones en el territorio nacional a través de satélites extranjeros, diferentes a los contemplados en los tratados internacionales en la materia que el Gobierno Mexicano haya celebrado con los países de origen de dichos satélites, y
- vi. No atender la suspensión inmediata de operaciones que ordene la Comisión, tratándose de interferencias a servicios de telecomunicaciones relacionados con la seguridad de la vida humana, los servicios básicos, los de radionavegación o los de seguridad nacional.

b. Con multa de 7,000 a 15,000 salarios mínimos por:

- i. Continuar la operación de estaciones terrenas transmisoras cuando varíen las características técnicas y de operación que hayan sido originalmente especificados en el permiso, sin autorización de la Comisión;
- ii. En el caso de los operadores satelitales o de los prestadores de servicios satelitales a que se refiere el segundo párrafo del artículo 35 de este Reglamento, prestar servicios satelitales a personas distintas de concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones o permisionarios de los previstos en el artículo 31 de la Ley;

- iii. En el caso de los operadores satelitales, no hacer la transmisión de los servicios que se presten utilizando la capacidad reservada al Estado con la misma calidad que la ofrecida en el resto de sus servicios;
 - iv. Llevar a cabo la activación de equipos que reciban las señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros, o cualquier otra forma de aprovechamiento comercial de dichas señales, dentro del territorio nacional, sin concesión de las previstas por el artículo 8 de este Reglamento;
 - v. No hacer la facturación y la cobranza dentro del territorio nacional, de la capacidad satelital o de los servicios de telecomunicaciones que se presten a través de la explotación de los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros, que cubran y presten servicios en el territorio nacional, y
 - vi. Comercializar, instalar u operar equipos que conforman las estaciones terrenas receptoras o transmisoras sin contar con el certificado de homologación correspondiente que expida la Comisión.
- c. Con multa de 2,000 a 10,000 salarios mínimos por:
- i. En el caso de los signatarios de las organizaciones internacionales de satélites, prestar servicios nacionales e internacionales en contravención a lo dispuesto por la Ley, los tratados internacionales, el presente Reglamento, a la autorización que les otorgue la Secretaría o a las demás disposiciones que emita la Comisión;
 - ii. No corregir las interferencias perjudiciales que causen los servicios satelitales o se causen a éstos, en los términos y los plazos que fije la Comisión, y
 - iii. Las demás infracciones a las disposiciones del presente Reglamento que no estén previstas por la Ley. En caso de reincidencia, la Secretaría podrá imponer una multa equivalente hasta el doble de las cuantías señaladas. Para los efectos de este Reglamento, se entiende por salario mínimo, el salario mínimo general diario vigente en el Distrito Federal al momento de cometerse la infracción.

Artículo 46. Será aplicable en materia de sanciones lo dispuesto por los artículos 72 a 74 de la Ley.

TRANSITORIOS

Primero. El presente Reglamento entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Segundo. Se derogan todas las disposiciones reglamentarias y administrativas en lo que se opongan al presente Reglamento.

Tercero. Las concesiones, permisos y autorizaciones otorgados con anterioridad a la publicación del presente Reglamento, se respetarán en sus términos hasta que concluya su vigencia, en el entendido que su operación y explotación deberá ajustarse a lo dispuesto por la Ley, el presente Reglamento y demás disposiciones aplicables.

Cuarto. Las solicitudes de concesión presentadas con anterioridad a la entrada en vigor del presente Reglamento, se tramitarán de conformidad con el mismo, para lo cual los solicitantes contarán con un plazo de 90 días hábiles para presentar la documentación complementaria de que se trate.

XI. Comentarios finales

Hay autores que afirman que el concepto de “civilización global” es un criterio parcializado, el sueño de una minoría privilegiada de los habitantes de este planeta. La abrumadora mayoría no lo vive, no lo comprende y aún menos se beneficia de esta globalización, aunque sí está sufriendo sus consecuencias. Hay un riesgo si seguimos aferrados a ese concepto de “sociedad de la información”; el planeta parece unido, gracias al protocolo TCP/IP (Protocolo para el Control de la Transmisión/Protocolo de Internet) y la www (Red Mundial). Pero el consenso sobre sus efectos es mucho más frágil. ¿Quién saca la mayor parte? ¿Quién se beneficia de la sociedad de información? Para los escépticos, las nuevas tecnologías de información y comunicación deben ser herramientas al servicio de una voluntad política, pero que **no** traerán soluciones prontas y milagrosas a los problemas globales: inestabilidad económica y financiera, desigualdad social, desempleo creciente, deterioro del medio ambiente, ampliación del abismo norte-sur, y disturbios políticos. Dicen que lo que está en juego es el surgimiento de una nueva civilización, ciertamente más global y presumiblemente más “virtual” o “posindustrial”, pero globalmente más inestable; cada vez más eficiente para los superricos e indiferente a las necesidades de los pobres, excluidos de la “eficiencia” exigida por el libre mercado. El predominio de la “convergencia digital” afecta ahora todos los aspectos de nuestras sociedades. Este fenómeno es acelerado por la tendencia general hacia la “globalización” económica. La globalización económica lleva la delantera en un contexto de *laissezfaire* y de “desregulación”, mientras los asuntos políticos globales, como reducir desigualdades, favorecer la justicia social y la redistribución económica, todavía están por ser abordados. Una clase dominante global, que dispone de capitales móviles, toma las principales decisiones económicas, sin control público y confrontando el poder de instituciones políticas relativamente débiles. En lugar de promover valores universales (y la universalidad como un valor), la globalización parece alentar el relativismo. El estado-nación ve su poder, legitimidad y campo de acción seriamente socavados por actores y procesos transnacionales: las corporaciones multinacionales, el flujo de las finanzas y de información; los fenómenos ambientales, la mafia y las migraciones. Simultáneamente el debilitamiento del Estado disminuye su capacidad para detener la pobreza, la exclusión y el desempleo, así como para trabajar por el mejoramiento de la educación y la salud. Por otro lado, el proceso de convergencia entre las industrias de **telecomunicaciones**, **audiovisual** e **informática** representa un eslabón cardinal en la construcción del modelo de la “Sociedad de la Información”, como ha sido definido por la Comisión Europea y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). La importancia de la industria de **telecomunicaciones** ha sido mundialmente reconocida con los procesos de liberalización del sector emprendidos en Europa y América Latina durante la última década del siglo XX. Esta liberalización y su posterior privatización, paradójicamente, contrastan con el desarrollo histórico del sector. El telégrafo fue desarrollado hasta que el Estado lo tomó a su cargo para aplicaciones bélicas y, por extensión, políticas (como del satélite y la informática). Desde entonces, muchos avances en telecomunicaciones han girado en torno a la intervención estatal y a la utilización de las innovaciones como armas estratégicas de guerra o control. Hay además un carácter oligopólico que la industria de telecomunicaciones va adoptando, que expresa una paradoja: por un lado, fortalece las expectativas de **convergencia**, porque supone que las corporaciones dominantes van tejiendo alianzas, estableciendo fusiones, desarrollando concentraciones e integraciones; por otro lado, contradice el

objetivo de incrementar la competencia y la apertura de mercados enunciado por los organismos y gobiernos interesados. Además, estos mercados tienden a ser inasibles para los objetivos reglamentarios de carácter local, regional o nacional, toda vez que incluyen la participación protagónica de actores transnacionales gigantescos. Esto es notable en la **industria satelital**, donde no exceden de 30 las corporaciones en todo el mundo. El mercado necesita paz y también una población educada, pero no está preocupado con la redistribución social; la educación, la salud básica, sino que se basa en la competencia; la caída de los competidores más débiles crea monopolios y oligopolios; (que se oponen al interés público). Se requiere además una distribución justa de recursos (acceso a datos, disponibilidad de espectro de radio-frecuencia, determinación de precios, subasta de frecuencia). Es por esto que los legisladores tienen un papel importante que desempeñar. Entre las principales deficiencias en la regulación de las **telecomunicaciones** está que el legislador nunca tuvo independencia para tomar decisiones, por la influencia indebida de algunos políticos, de ministerios dirigidos políticamente, o de los monopolios, que a menudo subyugan a los legisladores y les impiden aplicar normas efectivas de protección al consumidor o de eficiencia económica. Recientemente, los organismos de telecomunicaciones en los EUA, Canadá y el Reino Unido han fracasado en restringir el comportamiento anticompetitivo de los operadores dominantes y en promover una competencia de mercado efectiva. Por ejemplo, la FCC (Comisión de Comunicaciones Federales) norteamericana admitió su incapacidad para regular al AT&T en momentos cruciales. En Corea, la adición de otro competidor condujo a una conspiración contra la intención original de promover la competencia. En telecomunicaciones, si las autoridades y los legisladores adoptan una posición de no intervención o de *laissez-faire*, la mayoría de los clientes de esa industria corren el riesgo de caer en un mercado con pocas opciones competitivas reales. Actualmente ya es muy difícil calcular los costos para un complejo sistema de redes de telecomunicación. El representante *Barrett*, de la FCC declaró: “La determinación de los costos será cada vez más difícil en el futuro. Una vez que las transmisoras locales estén transportando *broadband* y video junto con sus servicios de voz y la telefonía inalámbrica esté siendo extensamente utilizada para el acceso local, la determinación de los costos se volverá una pesadilla.” No existen principios de fijación de precios universalmente correctos. La política de precios es un medio para lograr los objetivos deseados. La pregunta es: ¿quién debe decidir estos objetivos: el mercado o un regulador que supuestamente garantice el interés público? La principal preocupación de los medios de difusión privados es ganar dinero. La tarea primaria de los medios de difusión orientados al interés público es promover el desarrollo político y cultural. Un buen comienzo para pensar en ese interés público es la cuestión del “dominio público”. La zona marítima internacional, el espacio sideral o el genoma humano pertenecen al “dominio público”. En la era globalizada, es vital reconocer, promover y fortalecer el **dominio público global**. El **espectro hertziano** pertenece al dominio público; por eso el público debe beneficiarse de su uso. El reciente espectro digital otorgado a las radioemisoras, subraya el uso ineficiente y parcializado de los recursos públicos. Los ciudadanos deben beneficiarse de las frecuencias públicas y retener una porción del espectro para uso educativo, cultural y de acceso público. Por eso la **regulación global** es necesaria. En ese campo juegan un papel preponderante los **satélites** de comunicaciones. También es preciso encontrar un nuevo significado a nuestra acción colectiva y nuevas herramientas mentales, porque el exceso de datos es simplemente ruido. La información **no** es conocimiento y menos sabiduría. La proliferación de

información no añadirá un minuto al día. Con el exceso de información no estamos haciendo necesariamente algo mejor que antes. Por el contrario, podemos simplemente perder de vista la realidad. La **información** es un flujo de mensajes, mientras el **conocimiento** se crea precisamente mediante este flujo de información, anclado a las convicciones y el compromiso del sujeto. Adicionalmente, la información proporciona un nuevo punto de vista para interpretar acontecimientos u objetos, convirtiéndose en un medio necesario para obtener y construir el conocimiento. En un mundo dirigido por el flujo de información, las interfaces y los códigos subyacentes que hacen visible esa información se están convirtiendo en fuerzas sociales enormemente poderosas. Estas herramientas afectan nuestras vidas tanto como las leyes, y debemos someterlas a un escrutinio y control semejantes. Debemos poner las leyes al mismo nivel de la tecnología. El desarrollo de la industria de las **telecomunicaciones** en el mundo trajo consigo la transición de una social industrial a una “sociedad de la información”, entendida como una fase de desarrollo social y caracterizada por la capacidad de sus miembros (ciudadanos, empresas y administración pública) para obtener y compartir cualquier información instantáneamente, desde cualquier lugar y en la forma que cada uno prefiera. Todo lo anterior nos lleva a reflexionar si los muy complejos problemas de la sociedad global de información; los avances tecnológicos y específicamente las **telecomunicaciones** y la **comunicación vía satélite** podrán ser enfrentados con éxito con nuestra actual legislación en la materia. Parece que resulta ineludible modificar, profundizar y modernizar nuestra normatividad. Ese es uno de los tantos retos a que se enfrenta hoy el Poder Legislativo Federal.