



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

“Comunicaciones.  
Características y Funcionamiento de los  
Satélites Mexicanos.”

TRABAJO DE SEMINARIO  
Que para obtener el Título de  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Presenta:

Miguel Angel Güendulain Bazaldúa

ASESOR: ING. JUAN GONZALEZ VEGA

279556

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México

2000



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN  
PRESENTE.

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

"Comunicaciones"

"Características y Funcionamiento de los Satélites Mexicanos"

que presenta el pasante: Miguel Angel Guenduláin Bazaldúa

con número de cuenta: 9135264-2 para obtener el Título de:

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 1 de Marzo de 2000

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>II</u>	<u>Ing. Juan González Vega</u>	<u>[Firma]</u>
<u>I</u>	<u>Ing. Vicente Magaña González</u>	<u>[Firma]</u>
<u>III</u>	<u>Ing. Jorge Ramírez Rodríguez</u>	<u>[Firma]</u>

***A mi madre:***

***María Elena Güenduláin le  
doy gracias por su guía y  
consejos***

***A mi madrina:***

***Walkiria le doy gracias por  
su incansable paciencia  
apoyo y consejos***

***Agradezco a mis profesores que  
caminaron conmigo y de quienes  
aprendí humana y profesionalmente***

## INDICE.

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1 ÓRBITA GEOESTACIONARIA</b>	<b>3</b>
1.1. - Plano Ecuatorial	3
1.1.1. - Latitud y Longitud	3
1.2. - Artur C. Clarke	4
1.2.1. - La órbita de Clarke	6
1.3. - Las órbitas	7
1.3.1. - GEO (Órbita Geoestacionaria)	8
1.3.2. - MEO (Órbita Media)	9
1.3.3. - LEO (Órbita Baja)	9
1.4. - Lanzadores Espaciales	10
1.4.1. - Tipos de Lanzadores	11
1.5. - Envío de Satélites a una GTO (Órbita Geoestacionaria Síncrona)	12
<b>CAPÍTULO 2 HISTORIA DE LOS SATÉLITES DE COMUNICACIONES</b>	<b>13</b>
2.1. - Antecedentes	13
2.2. - Primeros Satélites	14
2.3. - Satélites de Comunicaciones	17
2.4. - Aplicaciones de los Satélites	22
2.4.1. - Servicios de Radiocomunicación	24
<b>CAPÍTULO 3 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SATÉLITES DE COMUNICACIONES</b>	<b>26</b>
3.1. - Medios de Comunicación	26
3.2. - Tipos de Satélites de Comunicaciones	26
3.3. - Características de los Satélites	29
1.1. - Espectro Electromagnético	29
3.4. - Huellas	32
3.5. - Estructura Básica de los Subsistemas	32
3.5.1. - Subsistema Térmico	33
3.5.2. - Subsistema de Potencia	33
3.5.3. - Subsistema de Control de Orientación	33
3.5.4. - Subsistema de Propulsión	33
3.5.5. - Subsistema de Telemetría, Rastreo y Comando.	34
3.5.6. - Subsistema de Comunicaciones	34
3.5.7. - Subsistema de Antenas	35
3.5.8. - Subsistema de Estructural.	35
<b>CAPÍTULO 4 SATÉLITES MEXICANOS</b>	<b>36</b>
4.1. - Satélites de Comunicación en México	36
4.1.1. - ¿Qué es un satélite?	38
4.2. - Utilidad y Aplicaciones	38
4.2.1. - Servicios que ofrece un satélite	39

4.2.2. - Avances tecnológicos de los satélites . . . . .	40
4.3. - Cómo es México con sus Satélites . . . . .	40
4.4.1. - Lanzamiento y Puesta en Órbita de los Satélites . . . . .	42
4.4.2. - Costo . . . . .	43
4.4.3. - Características Físicas . . . . .	43
4.4.4. - Centros de Control . . . . .	46
4.4.5. - Aplicaciones . . . . .	46
4.4.6. - Los Satélites Morelos y la Teleinformática . . . . .	47
4.5. - Solidaridad (I - II) . . . . .	48
4.5.1. - Puesta en Órbita . . . . .	49
4.5.2. - Costo . . . . .	49
4.5.3. - Beneficios que ofrecen . . . . .	49
4.5.4. - Características Físicas . . . . .	50
4.5.5. - Tamaño . . . . .	51
4.5.6. - Cobertura . . . . .	52
4.6. - Importancia de Los Sistemas de Satélites. . . . .	52

---

**CONCLUSIONES . . . . . 55**

---

**GLOSARIO . . . . . 56**

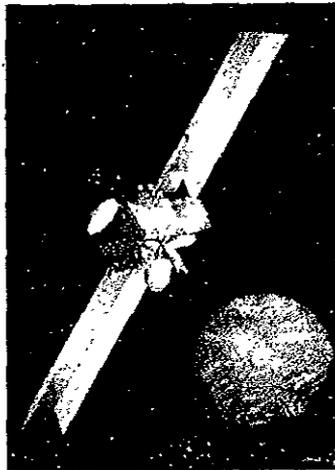
---

**BIBLIOGRAFIA . . . . . 60**

## INTRODUCCION.

El hombre desde los albores de la humanidad siempre ha mirado el cielo con una mezcla de admiración y temor. El firmamento que lo rodeaba era la morada de dioses y espíritus superiores los cuales imaginaban a inmensa altura y le recordaban lo pequeña y lo mísera que era su existencia en comparación con la de aquellos. Hoy en día el cielo está habitado, no con los productos del alma humana como en la antigüedad, sino físicamente por máquinas que impasibles y desde la enorme ventaja que les reporta la altitud en la que se mueven intentan con su funcionamiento hacer nuestra vida lo más llevadera posible.

El sueño del hombre, por comunicarse de una forma global, data de muchos siglos. Pero, desde que comenzó a comunicarse utilizando el espectro radioeléctrico por medios inalámbricos, el cambio fue notable. La primicia fue con el telégrafo, telex, fax, pasando por las microondas, pero no hay duda de que el invento que ha revolucionado las comunicaciones en el siglo XX es el Satélite Artificial. Hoy, gracias a la vasta y diversa red de satélites el sueño se ha resuelto; y no solo el de comunicarse. Entre los más de 3.000 objetos que nos orbitan, encontramos satélites: de Comunicaciones, Observación Espacial, Meteorología, Estaciones Espaciales, Experimentales, de Aficionados y Militares. Todos estos, proporcionan información útil para el hombre y su desarrollo. Hay que destacar que no solo hay satélites en perfecto funcionamiento, sino que también podemos incluir restos de naves como los módulos de las misiones Apolo, Mercury, y otras; y hasta un guante, que escapó por la escotilla abierta de una de las misiones Géminis, mientras los astronautas realizaban actividad extravehicular. Todos estos formando parte de un grupo nuevo de satélites denominado "Chatarra Espacial", con una utilidad nula dentro de lo que a la necesidad del hombre respecta.



Los satélites artificiales inician en 1957 con el lanzamiento del Sputnik 1. En la actualidad la variedad de satélites artificiales que rodean la tierra es sorprendente.

La idea de los satélites de Telecomunicaciones aparecieron poco después de la II Guerra Mundial. En 1945 en el número de octubre de la revista Wireless World apareció un artículo titulado "Relés extraterrestres" cuyo autor era un oficial de radar de la RAF llamado Arthur C. Clarke. Clarke que más tarde sería conocido principalmente por sus libros de ciencia ficción y de divulgación proponía en su artículo la colocación en órbita de tres repetidores separados entre si 120 grados a 36000 km. sobre la superficie de la tierra en una órbita situada en un plano coincidente con el que pasa por el ecuador terrestre. Este sistema podría abastecer de comunicaciones Radio y Televisión a todo el globo. Si bien Clarke fue el primero que expuso la idea del empleo de la órbita geoestacionaria para las comunicaciones esta ya rondaba por la cabeza de muchos otros. Su idea se realizó sino hasta 1968 con la transmisión de un programa de televisión con el satélite "Intelsat" (Pájaro Madrugador).

Los satélites de comunicaciones pueden operar en órbitas bajas, medias, altas, geosíncronas y geoestacionarias, en esta tesis se abordará únicamente el tema de los satélites de comunicaciones de los mexicanos.

En 1968 México puso en marcha la estación terrena de Tulancingo Hidalgo, con lo cual dio inicio a las comunicaciones espaciales. En 1981 ingreso a la organización INTELSAT al colocar un satélite en la posición 53° Oeste, este satélite tenía el nombre de INTELSAT IV, el cual transmitiría cuatro canales de televisión hacia las comunidades rurales en todo el país.

Al principio, la programación era exclusiva del Distrito Federal. Sin embargo dos años más tarde se empezaron a instalar en varios lugares más de 160 estaciones terrenas y casi todas estas estaciones fueron ligadas a transmisiones de televisión de baja potencia.

México considera estratégicas las comunicaciones vía satélite y su constitución política señala que solo el gobierno federal puede establecer este tipo de servicios, que actualmente están a cargo de TELECOMM (Telecomunicaciones de México) en forma exclusiva.

Como parte de la infraestructura con que cuenta TELECOMM, está el sistema de satélites Morelos (constituido por los satélites Morelos I y Morelos II), así como el sistema nacional de satélites Solidaridad (constituido por los satélites Solidaridad I y Solidaridad II), además del centro de control.

## ORBITA GEOESTACIONARIA.

### 1.1.- PLANO ECUATORIAL.

El período orbital de los satélites depende de su distancia a la Tierra, cuanto más cerca más corto es el período. Los primeros satélites de comunicaciones tenían un período orbital que no coincidía con el de rotación de la Tierra sobre su eje, por lo que tenían un movimiento aparente en el cielo; esto hacía difícil la orientación de las antenas, y cuando el satélite desaparecía en el horizonte la comunicación se interrumpía.

Existe una altura para la cual el período orbital del satélite coincide exactamente con el de rotación de la tierra. Esta órbita se le conoce como órbita geoestacionaria. Sin embargo para poder orientar las antenas hacia los satélites es necesario saber su posición geográfica, y por lo tanto es necesario conocer algunos conceptos que a continuación se mencionan.

#### 1.1.1.- Latitud y Longitud.

La situación geográfica de un lugar de la superficie terrestre puede determinarse por su distancia al NORTE o SUR de la línea del ecuador (*latitud*) y al ESTE u OESTE de la línea que pasa por los polos y por Greenwich, Inglaterra (*longitud*). Esta línea es el primer meridiano.

La latitud y la longitud se miden en grados. Cada grado corresponde a una de las 360 partes iguales en que se divide la circunferencia del círculo.

La *latitud* aumenta desde cero grados, en el ecuador, hasta 90 grados al NORTE, y 90 grados al SUR. La *longitud* se determina hacia el ESTE o hacia el OESTE, desde el primer meridiano hasta los 180 grados. El meridiano 180 pasa por la región occidental del Océano Pacífico.

Para mayor exactitud en las medidas, el grado se divide en 60 minutos y el minuto en 60 segundos.

Los términos *latitud* y *longitud* tuvieron su origen en el Mediterráneo, donde se usaban entre los marinos.

Las líneas que sirven para indicar la latitud se denominan paralelos por ser paralelas entre sí y paralelas al ecuador. Las líneas que determinan la longitud son los meridianos.

La distancia de un grado de latitud, en kilómetros, es aproximadamente la misma cerca del ecuador o de los polos. Sin embargo, la superficie terrestre es algo más curva cerca del ecuador que en las regiones polares, por lo que un grado de latitud en el ecuador es algo más corto (110.57 Kms.) que el grado más cercano al polo (111.70 Kms.)

## PLANISFERIO

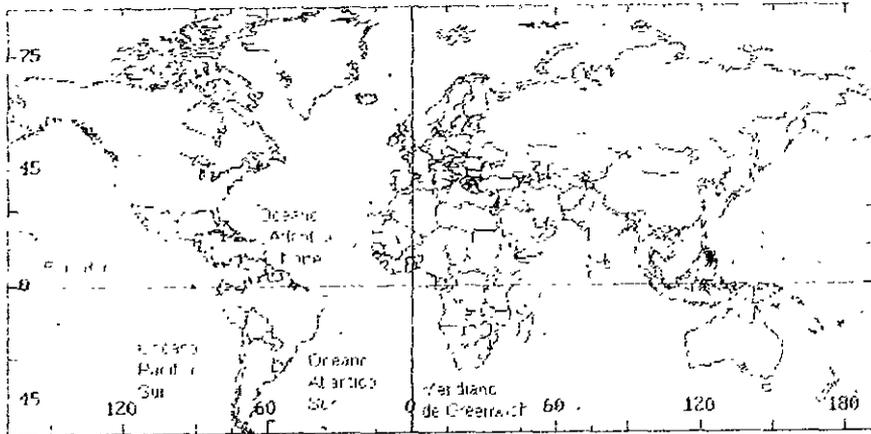


Ilustración 1.1 Planisferio

## 1.2.- ARTHUR C. CLARKE.

Arthur C. Clarke nació en el pueblo costero de Somerset, Inglaterra el 16 de diciembre de 1917. En 1936 se mudó a Londres, donde se unió a la Sociedad Interplanetaria Británica (BIS). Ahí empezó a experimentar con material astronómico en la BIS, y a escribir el *Boletín* de la BIS y ciencia ficción.



Ilustración 1.2 Arthur C. Clarke

Durante la Segunda Guerra Mundial, como oficial de la RFA, tuvo a su cargo el primer equipo de radar *talk-down*, *the Ground Controlled Approach*, durante las pruebas experimentales. Su única novela que no es de ciencia ficción, *Glide Path*, se basa en este trabajo.

Después de la guerra regresó a Londres y a la BIS, la cual presidió en 46-47 y 50-53.

En 1945 publicó el artículo técnico "Extra-terrestrial Relays" estableciendo los principios de la comunicación vía satélite en órbita geoestacionaria - *speculación* realizada 33 años después. Su invento le ha valido numerosos honores, tales como la Beca Internacional Marconi 1982, una medalla de oro del Franklin Institute, la Cátedra Vikram Sarabhai del Physical Research Laboratory, Ahmedabad, el Premio Lindbergh y una Beca del King's College, Londres. Hoy en día, la órbita geoestacionaria a 42,000 kilómetros es llamada La Órbita Clarke por la Unión Astronómica Internacional.

El primer cuento que vendió Clarke profesionalmente fué "*Partida de Rescate*", escrito en marzo de 1945 y publicado en *Astounding Science* en mayo de 1946.

Obtuvo honores de primera clase en Física y Matemáticas en el King's College, Londres, en 1948.

Contrajo matrimonio con la americana Marilyn Mayfield, en junio 15 de 1953. Se separaron en diciembre de 1953. Como Clarke dice, "El matrimonio era incompatible desde el principio. Fué prueba suficiente de que yo no era el tipo matrimonial, aunque yo pienso que todo el mundo debe casarse alguna vez".

Clarke visitó por primera vez Colombo, Sri Lanka (entonces llamado Ceylán) en diciembre de 1954.

En 1954 Clarke escribió al Dr Harry Wexler, entonces jefe de la División de Servicios Científicos del U.S. Weather Bureau, acerca del uso de satélites para la predicción del tiempo. De esas comunicaciones nació una nueva rama de la meteorología, y el Dr. Wexler se convirtió en la fuerza conductora del uso de cohetes y satélites para la investigación y operación meteorológica.

En 1954 Clarke comenzó a renunciar al espacio por el mar. Razonó "ahora me doy cuenta de que fué mi interés en la astronáutica lo que me llevó al océano. Ambas implican exploración, desde luego - pero esa no es la única razón. Cuando el primer equipo de buceo empezó a aparecer a fines de los 1940s, repentinamente comprendí que había una forma simple y barata de imitar uno de los más mágicos aspectos del vuelo espacial - la ingravidez."

En el libro *Perfiles del Futuro* (1962) echa una mirada a las posibles formas del mundo de mañana. *En este libro establece sus tres Leyes.*

En 1964, comenzó a trabajar con Stanley Kubric en el guión de un filme de CF. Después de 4 años, compartió con él una nominación al Oscar por la versión filmica de 2001: A Space Odyssey.

Junto con Walter Cronkite y Wally Schirra comentó la transmisión de las misiones Apollo 11, 12 y 15 por la CBS.

En 1985, publicó una secuela de 2001: *2010: Odyssey Two*. Trabajó con Peter Hyams en la versión cinematográfica de 2010. El trabajo se hizo usando una computadora Kaypro y un modem, ya que Arthur estaba en Sri Lanka y

Peter Hyams en Los Angeles. Sus comunicaciones se convirtieron en el libro *The Odyssey File - The Making of 2010*.

Recientemente en 1995 fue condecorado por la NASA con la medalla "Distinguished Public Service" y en su honor se efectuó una exhibición especial en el Science Museum.

Vive en Colombo, Sri Lanka desde 1956 y se ha dedicado a la exploración subacuática a lo largo de esa costa y la Gran Barrera de Arrecifes.

### 1.2.1.- La Órbita de Clarke.

En 1945, Arthur C. Clarke en una de sus publicaciones sugirió la idea de colocar satélites artificiales en una órbita que coincidiera con la rotación de la Tierra para que pareciera que no se moviesen, como si estuviesen colgados del cielo. Así los satélites artificiales tendrían una posición fija y esto traería consigo grandes ventajas, como por ejemplo, su operación se simplificaría y el costo de los equipos para la recepción de la señal y para controlar el satélite se reduciría, si se utilizara otras órbitas. Pero esto se sabría años más tarde. Además casi la totalidad del mundo habitado tendría la posibilidad de tener comunicaciones por radio con sólo tres satélites colocados en esa órbita especial.

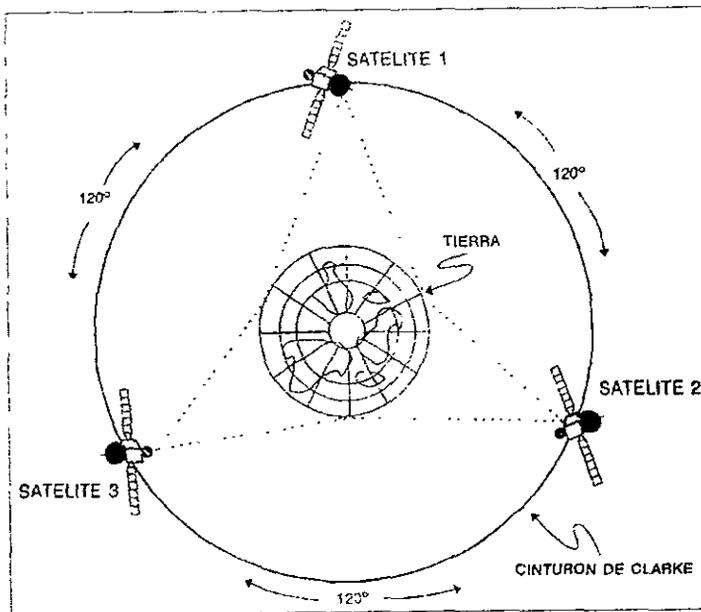


Ilustración 1.2.1 Plano Ecuatorial (Vista por el Polo Norte)

La idea de Clarke es muy buena, sin embargo el satélite artificial necesita ciertos requisitos para que fuese fijo con respecto a la Tierra, es decir

geostacionario. En primer lugar, el satélite tenía que desplazarse en el mismo sentido de rotación de la Tierra. En segundo lugar necesita a estar a cierta altura donde la gravedad de la Tierra no le afectara y como resultado perdiera altura, esta altura es aproximadamente a 36 000 Km. sobre el nivel del mar. En tercer lugar el satélite artificial necesitaba una velocidad constante de  $3075 \text{ m/s}$ , y así poder seguir la rotación de la Tierra.

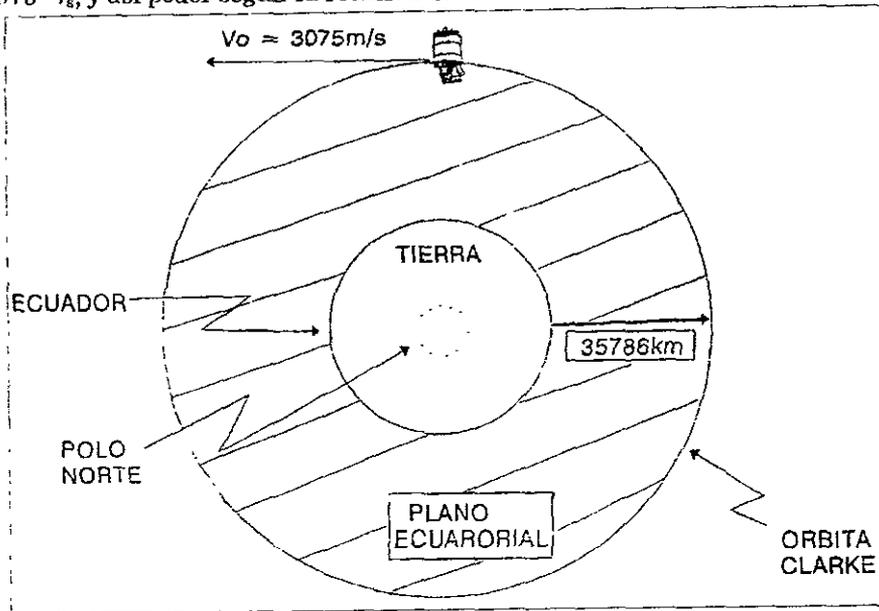


Ilustración 1.2.2 Órbita de Clarke (Vista Superior)

### 1.3.- LAS ORBITAS.

Los satélites se lanzan al espacio y se sitúan en una determinada órbita de la tierra que puede ser circular, con velocidad constante y utilizadas para comunicaciones o elípticas, con velocidad variable (más rapidez en el perigeo y más lentitud en el apogeo) y utilizadas para actividades de reconocimiento debido a que el satélite se acerca mucho a la Tierra durante el perigeo.

Una vez situado en la órbita circular, el satélite se mantiene en ella gracias al equilibrio de fuerzas que se produce entre la fuerza gravitacional de atracción entre la Tierra y el satélite, y la fuerza centrífuga que actúa sobre el satélite debido a su movimiento circular con la Tierra como centro de dicho movimiento.

Existen dos tipos generales de sistemas de satélites: los satélites que se encuentran en la órbita terrestre geostacionaria (GEO) y los satélites no geostacionarios (N GEO), principalmente de órbita terrestre media (MEO) y baja (LEO). Existiendo también sistemas elípticos y de gran altitud

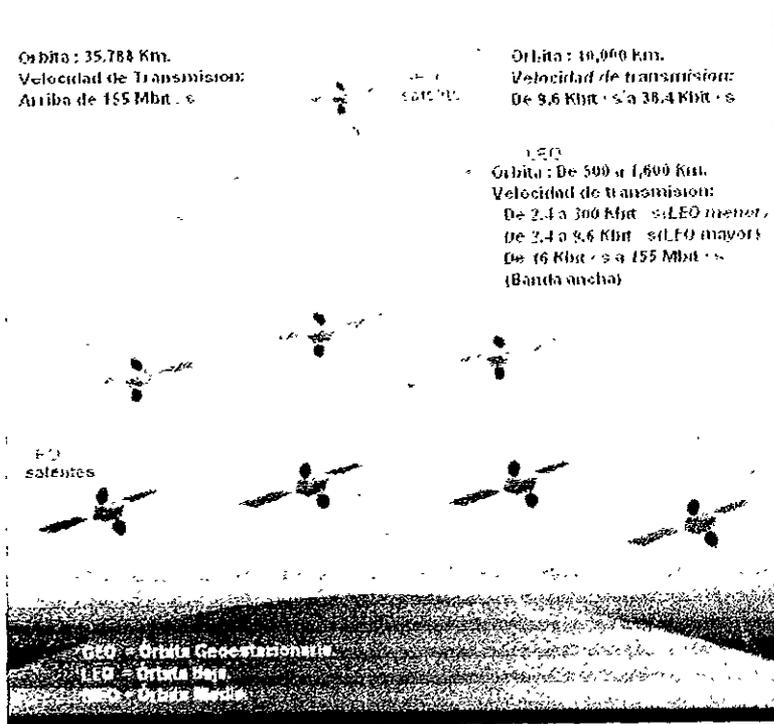


Ilustración 1.3 Tipos de órbitas

### 1.3.1.- GEO (Órbita Geoestacionaria).

Cuando la órbita está en el plano ecuatorial de la Tierra, a una distancia de **35 788 Km** (equivalente a 5,6 del radio de la tierra), y en consecuencia, el periodo orbital es exactamente igual al periodo de rotación de la Tierra (o sea, 23 h, 56 min. y 4 seg.), conocido como día sideral, entonces se dice que esa órbita es *geoestacionaria* y el satélite que discurre por esa órbita es un satélite *geoestacionario*. De esta forma, se consigue que los satélites aparezcan como fijos para un observador situado en la Tierra y, en consecuencia, se pueden recibir las señales del satélite mediante antenas receptoras fijas en la Tierra sin necesidad de hacer un seguimiento y, por tanto, sin necesidad de conmutar. Mediante estos satélites geoestacionarios se puede cubrir la Tierra con facilidad. De hecho, desde un punto de vista teórico, con tres satélites geoestacionarios se puede conseguir una cobertura global, exceptuando las zonas polares.

A esta altura, las comunicaciones a través de un GEO perpetúan una latencia mínima de transmisión de ida y retorno - un retardo de extremo a extremo - de

por lo menos medio segundo (una onda electromagnética tarda en recorrer 36000 Km aprox.  $0,12s = 360000 / 300000$ ; en una comunicación unidireccional el retardo es de aprox. 0,25s y en una comunicación bidireccional el retardo es de aprox. 0,5 s). Esto significa que los GEOs nunca podrán proveer demoras similares a las fibras ópticas. Esta latencia de GEO es la fuente de la demora fastidiosa en muchas de las llamadas telefónicas intercontinentales, impidiendo que se pueda entender la conversación y deformando el matiz personal de la voz. Lo que puede ser una incomodidad en una transmisión telefónica, sin embargo, puede ser insostenible para aplicaciones en tiempo real, tales como videoconferencias, como también para muchos protocolos estándares de datos - aun para los protocolos subyacentes del Internet.

Las organizaciones ITU y FCC (en los Estados Unidos) administran las posiciones orbitales y son las que autorizan los sistemas de satélites.

Los satélites GEO fueron el punto de arranque de las comunicaciones vía satélite, y prácticamente todos los satélites utilizados hoy en día para comunicaciones por redes corporativas son GEO. Las aplicaciones básicas de estos satélites son transmisiones punto-a-multipunto y punto-a-punto. Actualmente, las crecientes necesidades en términos de ancho de banda, la necesidad de minimizar las tasas de errores y, sobre todo, la necesidad de disminuir la latencia, todo ello para que las redes por satélite puedan competir e integrarse con las redes de **fibra óptica**, han originado un creciente protagonismo de los satélites MEO y LEO.

### 1.3.2.- MEO (Órbita Media).

Los satélites de órbita terrestre media se encuentran a una altura de entre 10075 y 20150 kilómetros. A diferencia de los GEO, su posición relativa respecto a la superficie no es fija. Al estar a una altitud menor, se necesita un número mayor de satélites para obtener una cobertura mundial, pero la latencia se reduce substancialmente. En la actualidad no existen muchos satélites MEO, y se utilizan para posicionamiento.

### 1.3.3.- LEO (Órbita Baja).

Los satélites LEO están situados en órbitas bajas, de 1.500 Km. por termino medio, aunque puede estar entre 200 y 2000 Km; los periodos orbitales se encuentran entre los 90 y los 120 minutos. Estas bajas órbitas se utilizaron en los inicios de la tecnología de comunicaciones por satélite como una de las etapas a cubrir para llegar al objetivo final en aquellos momentos, que era el satélite geostacionario, cuando aún no existían medios suficientes para conseguir la potencia de lanzamiento necesaria para colocar el satélite en los 36.000 Km de altura correspondiente a la órbita geostacionaria.

En aquellos momentos iniciales, las órbitas bajas se contemplaban como el futuro de los sistemas de navegación, de predicción y vigilancia meteorológica y de observación de la Tierra, pero nunca para comunicaciones, ya que el satélite, al tener un período orbital tan corto, es accesible a una estación terrestre solamente durante un período de tiempo muy corto.

Sin embargo, el concepto de constelación de satélites, de muy reciente aparición, ha hecho que los satélites LEO no solamente encuentren su parcela de mercado en las telecomunicaciones, sino que se constituyan además en el futuro más brillante para ese sector, debido a las posibilidades que ofrecen en ancho de banda. Gracias a ello, podrán competir e integrarse con las redes de fibra óptica y unas excelentes prestaciones en lo que se refiere a la minimización de los retardos normalmente asociados a las comunicaciones por satélite. Esa minimización de retardos o de la latencia permite la generación de aplicaciones muy sensibles al tiempo real, como la transmisión de voz, la videoconferencia y aplicaciones avanzadas como el trabajo corporativo.

Los satélites LEO están divididos en diferentes categorías, basadas en la frecuencia: los 'LEOs pequeños' (little LEOs - 800 MHz), 'LEOs grandes' (Big LEOs - 2 GHz) y los LEOs de banda ancha (20-30 GHz). Existe una relación inversa entre la frecuencia y la longitud de onda, por lo que al aumentar la frecuencia la longitud de onda disminuye y la terminal receptora (una parabólica o un teléfono) son de menor tamaño.

Inicialmente el foco de atención de los LEO fue para voz y datos de banda estrecha. Los 'pequeños LEOs' fueron diseñados para mensajería y servicios de búsqueda y localización de vehículos. Los 'gran LEOs' proporcionarán voz a las áreas que no son cubiertas por las redes celulares o terrestres. También ofrecerán datos a baja velocidad, de 2,4 Kbps a 9,6 Kbps. Y serán los LEOs de banda ancha los que proporcionarán datos hasta 155 Mbps.

#### 1.4.- LANZADORES ESPACIALES.

¿Qué es un lanzador espacial? Un lanzador espacial es el elemento básico en la puesta en órbita del satélite y está formado básicamente por unos motores de propulsión acompañados de grandes depósitos de combustible. Estos motores son utilizados para llevar el satélite (o satélites) a una órbita de aparcamiento y de ésta a una órbita de transferencia, desde la cual el satélite ya se colocará en su órbita definitiva, utilizando sus motores de apogeo.

Los métodos de propulsión utilizados por los lanzadores para llevar a cabo su función pueden ser de tres tipos:

- Propulsión Química.
- Propulsión Iónica.
- Propulsión Nuclear.

Las lanzaderas espaciales también se utilizan para transportar tripulación, material y avituallamiento a estaciones orbitales, como es el caso de la estación soviética (MIR)

### 1.4.1.- Tipos de lanzadores espaciales.

Aquí vamos a clasificar los diferentes lanzadores espaciales en función de la

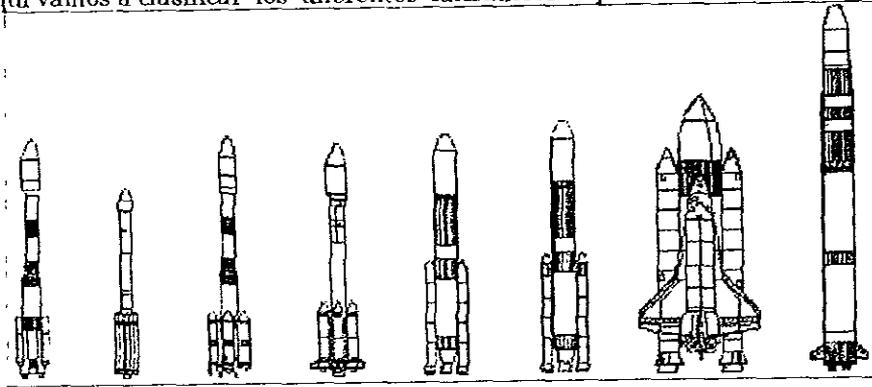


Ilustración 1.4.1 Tipos de Lanzadores

tecnología a la que pertenezcan, de forma que los clasificaremos en 2 grandes grupos:

- *Lanzadores ELV (Cohete)*

Los lanzadores de esta tecnología se agrupan en series que están formadas por sucesivas evoluciones que introducen mejoras en potencia y prestaciones.

**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.

Dentro de este tipo de lanzadores tenemos las siguientes familias:

- ARIANE (Europeo)
- ATLAS (USA)
- DELTA (USA)
- ENERGIYA (URSS)
- PROTÓN (URSS)
- TITÁN (USA)

- *Lanzadores STS (Transbordador Espacial)*

**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.

Dentro de este tipo de lanzadores encontramos:

- SPACE SHUTTLE (USA)
- BURAN (URSS)
- HERMES (en el futuro) (Europeo)

### 1.5.-ENVÍO DE SATÉLITES A UNA GTO.

En una GTO(Orbita Geoestacionaria Síncrona), el satélite completa una revolución cada 24 horas, a una altitud de 3600 Km. de la Tierra. La dirección de giro es en el mismo sentido al de rotación de la Tierra, de manera que una satélite en una GTO está siempre situado sobre el mismo punto de la Tierra. La inyección de un satélite a una GTO tiene tres fases:

- 1) El satélite se emplaza en primer lugar en una órbita de transferencia elíptica, con un perigeo de 200 Km y un apogeo de 36000 Km.
- 2) El satélite dá una o más vueltas en esta órbita de transferencia.
- 3) Cuando el satélite pasa por una apogeo, los motores de apogeo son utilizados para darle un impulso inicial hasta alcanzar una velocidad de  $3.07 \text{ Km/s}$ , que es la velocidad de la órbita geoestacionaria, y meter al satélite en una órbita geoestacionaria, a 36000 Km de altura. El ancho de la órbita geoestacionaria es de 72 Km.

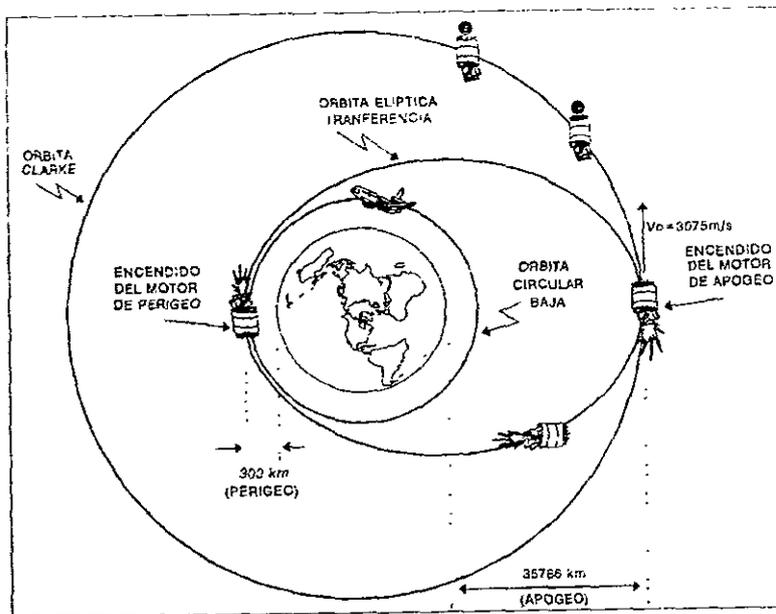


Ilustración 1.5 Inyección en Órbita

## HISTORIA DE LOS SATÉLITES DE COMUNICACIONES.

### 2.1.- ANTECEDENTES.

El hombre desde los albores de la humanidad siempre ha mirado el cielo con una mezcla de admiración y temor. El firmamento que lo rodeaba era la morada de dioses y espíritus superiores los cuales imaginaban a inmensa altura y le recordaban lo pequeña y lo mísera que era su existencia en comparación con la de aquellos. Hoy en día el cielo está habitado, no con los productos del alma humana como en la antigüedad, sino físicamente por máquinas que impasibles y desde la enorme ventaja que les reporta la altitud en la que se mueven intentan con su funcionamiento hacer nuestra vida lo mas llevadera posible. Estas máquinas se llaman satélites artificiales.

Se da el nombre de satélite artificial a un cuerpo lanzado por el hombre al espacio de modo que permanezca, al igual que la luna, girando alrededor de la Tierra al producirse el equilibrio entre la fuerza centrífuga y la atracción que ejerce nuestro planeta.

Para que el satélite pueda llegar hasta su órbita se necesita darle unos impulsos: el primer impulso es para que el satélite pueda alcanzar una altura adecuada y el segundo para que alcance una velocidad orbital precisa.

La construcción de un satélite artificial, desde el punto de vista militar, ya había interesado a los técnicos alemanes del 3<sup>er</sup> Reich, tenían la idea, de grandes espejos parabólicos para incendiar bases enemigas y de extraordinarias plataformas de lanzamiento de cohetes portadores de grandes cargas explosivas, que llegarían a cualquier punto de la Tierra. En 1948, el Secretario de Defensa de los Estados Unidos, James V. Forrest, anunció que se hallaba en estudio un programa para la construcción de un satélite artificial terrestre. A partir de 1950, la Nueva Federación Astronáutica Internacional reunía cada año a los especialistas en cohetes y en navegación interplanetaria.

El Dr. Singer, profesor de la Universidad de Maryland, el 4 de mayo de 1954, dio detalles de su proyecto Ratón (este proyecto fue la base para la realización del proyecto Vanguard).

El profesor Singer pensaba lanzar el satélite a 320 Km. de altura sobre la órbita circular que pasara por ambos polos. Y llegó a la conclusión de que era necesario tener un cohete de lanzamiento de tres etapas.

En junio de 1954, una reunión privada de especialistas tomaba diversos contactos y en particular intentaba uniformar los puntos de vista de la marina norteamericana con los del ejército. Se llegó a un acuerdo que conducía a un programa, llamado Proyecto Orbitario, según el cual la marina se hacía cargo de la construcción de un satélite de 2 a 3 Kg. de peso y de su observación, mientras que el ejército se ocupaba del cohete y del lanzamiento.

El 29 de Julio de 1955, la Casa Blanca dio una conferencia de prensa algunos detalles prematuros de un proyecto exclusivamente científico, contribución de los Estados Unidos a los trabajos del Año Geofísico Internacional, que había realizar sus investigaciones desde Junio de 1957 hasta Diciembre de 1958. El proyecto Vanguard, que nació entonces, tenía a su cargo los trabajos de lanzamiento de un satélite de observación científica, con una gran cantidad de aparatos de medición. Los elementos del proyecto Orbiter, los estudios del Mouse y otras contribuciones importantes anteriores se hallaban reunidos y fundidos en un gran proyecto que bien merecía el nombre de Vanguardia.

Al día siguiente del anuncio Vanguard norteamericano, en Agosto de 1955, durante el Congreso Astronáutico que se realizaba en ese momento en Copenhagen, el profesor ruso Sedov declaró que la Unión Soviética también estudiaba la posibilidad de lanzamientos orbitales. Al año siguiente, en Septiembre de 1956, en Roma corrió el rumor de que los rusos habían ya logrado realizar al menos un lanzamiento de satélite.

Los satélites artificiales inician su camino en 1957 con el lanzamiento del Sputnik 1, el primer satélite artificial.

## 2.2.- PRIMEROS SATÉLITES.

La idea de los satélites de Telecomunicaciones aparecieron poco después de la II Guerra Mundial. En 1945 en el número de octubre de la revista Wireless World apareció un artículo titulado "Relés extraterrestres" cuyo autor era un oficial de radar de la RAF llamado Arthur C. Clarke. Clarke que mas tarde sería conocido principalmente por sus libros de ciencia ficción y de divulgación proponía en su artículo la colocación en órbita de tres repetidores separados entre si 120 grados a 36000 km. sobre la superficie de la tierra en una órbita situada en un plano coincidente con el que pasa por el ecuador terrestre. Este sistema podría abastecer de comunicaciones Radio y Televisión a todo el globo. Si bien Clarke fue el primero que expuso la idea del empleo de la órbita geoestacionaria para las comunicaciones esta ya rondaba por la cabeza de muchos otros. Al poco tiempo de terminar la guerra no existían medios para colocar satélites en órbita terrestre baja ni mucho menos geoestacionaria, los primeros experimentos de utilización del espacio para propagación de radiocomunicaciones lo realizó el ejército americano en 1951 y en 1955 utilizando nuestro satélite natural, la luna, como reflector pasivo. El primer satélite espacial el Sputnik 1 llevaba a bordo dos transmisores de 1 Watt con 4 antenas retráctiles, dos de 2.224 metros y dos de 2.9 metros, el cual emitía una señal en las frecuencias de 20 y 40 MHz. Esta señal podía ser recibida por simples receptores y así lo hicieron muchos radioaficionados a lo largo del mundo realizándose la primera prueba de transmisión y recepción de señales desde el espacio. El Sputnik 1 pesaba 84 Kg, siendo su velocidad de  $29,000 \text{ Km/hr}$  (muy cercana a la velocidad de liberación), por lo que daba vueltas alrededor de la tierra en 96 minutos 4 segundos.

El Sputnik I cayó a la tierra el 1 de Enero de 1958, después de dar aproximadamente 1100 vueltas. Esto significa que había recorrido en el espacio vacío más de 70 millones de Kilómetros, o sea, la distancia que separa la Tierra y Marte

El Sputnik II ha sido el más espectacular de entre todos los satélites artificiales lanzados, debido a que estaba tripulado por la celebre perrita Laika de la que se sabía que iba a una muerte segura, pues no era posible recuperarla. En el interior de su cabina, mientras daba continuamente vueltas alrededor de la Tierra, la famosa perrita iba consumiendo automáticamente sus dosificadas raciones de comida, la cual la última contenía un veneno que puso fin a su vida. En Moscú se le ha levantado un monumento, y se ha puesto el nombre de Sputnik a un barrio.

El Sputnik II fue lanzado el 3 de Noviembre de 1957 a una hora no anunciada.

Lo que sacudió enormemente a la opinión fue, ante todo, la masa de 508 Kg. y especialmente la presencia de una perra como pasajera.

Según fuentes autorizadas, mandó informaciones sobre rayos cósmicos, rayos X y ultravioletas, actividad solar, temperatura y datos de impactos de meteoritos. Su distancia a la Tierra era, en el perigeo, de 212 Km. Y de 1470 Km. en el apogeo, con un periodo de rotación de 103 minutos 3 segundos

La inclinación de la órbita respecto al ecuador era de 65.4°. Fue observable fotográficamente con telescopio y con radar.

Cayó el 14 de abril de 1958, en el Atlántico cerca de las Guayanas.

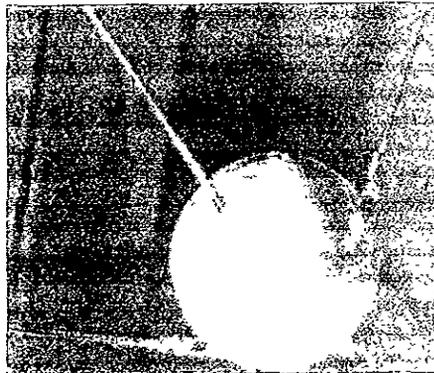
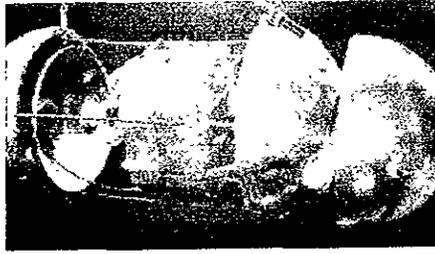


Ilustración 2.2.1 Satélite Sputnik I

En estados Unidos, el Explorer I después del fracaso del primer Vanguard, ocurrido el 6 de Diciembre de 1957, la marina norteamericana postergó la nueva tentativa para dos meses más tarde. Inmediatamente después del Sputnik II, el

ejército norteamericano da a entender que puede lanzar su propio satélite de aquí a un mes con sus propios elementos, por medio del cohete Júpiter C.



**Ilustración 2.2.2 Satélite Sputnik II**

El satélite ya estaba construido y desde el 20 de Diciembre comenzó el armado de los cohetes y del satélite; el cohete llamado Redstone estaba dispuesto el 19 de Enero de 1958.

El 27 de Enero de 1958 un grave accidente reveló una vez más que la segunda etapa del Vanguard, listo para el lanzamiento, debía ser totalmente reemplazado.

Finalmente, el primer satélite norteamericano, fue lanzado el 31 de enero de 1958.

El Explorer I pesó unos 14 Kg. y midió 80 cm de longitud y 6 de diámetro. Su forma es parecida a un lápiz, llevando dos transmisores intermitentes, y dejaban de transmitir a intervalos; haciéndolo en una frecuencia de 108 MHz, tal como quedó estipulado en la reunión de Barcelona, lo que no tuvieron en cuenta por los soviéticos.

La inclinación de la órbita del Explorer I respecto al ecuador fue de 33.5°.

La distancia a la Tierra oscilaba entre 360 y 2500 Km., siendo su período de rotación de 114 minutos y 80 segundos.

La permanencia en órbita del satélite norteamericano superó por mucho al de los Sputniks no solo porque pesaba menos que ellos, sino también porque giró más lejos y, por lo tanto, era frenado en menos grado por la muy tenue atmósfera terrestre.

El primer transmisor de alta potencia cesó sus emisiones el 12 de Febrero, más tarde de lo previsto, y luego permaneció mudo, pero el 24 de Febrero, las reinició por algunos días.

El segundo transmisor, de débil potencia, transmitió regularmente, cumudeció el 25 de mayo de 1958. Cabe señalar que se descubrió el cinturón de radiaciones de Van Allen.

El Vanguard I; éste proyecto triunfaría por fin el 17 de Marzo, el cual colocó un pequeño Pamplemouze.

Estos vehículos son destinados a actuar como repetidores para señales radioeléctricas, en la gama de microondas, que no experimentan reflexión en las capas ionizadas de la atmósfera. Estos estaban equipados con 6 antenas cortas y 6 ventanas que resguardaban las células fotoeléctricas, que a su vez alimentaban a un transmisor de 108.03 MHz con 5 mW. de potencia. Otro transmisor de 108 MHz. Y 10 mW de potencia está alimentado por pilas que no aseguraban sino dos meses de emisión. Su forma era de una esfera de 16.4 cm. de diámetro y 1.47 Kg.

### 2.3.- SATÉLITES DE COMUNICACIONES.

La primera voz humana retransmitida desde el espacio fue la del presidente norteamericano Dwight D. Eisenhower, cuando en 1958 en el contexto del proyecto SCORE se puso en órbita un misil ICBM Atlas liberado de su cohete acelerador con un mensaje de Navidad grabado por el dirigente, quien opinaba que el espacio tenía poca utilidad práctica. La grabadora podía también almacenar mensajes para retransmitirlos más tarde, lo que dio origen a los llamados satélites de retransmisión diferida. Un Satélite posterior de este tipo fue el Courier 1B, lanzado el 4 de Octubre de 1960. Este satélite militar podía almacenar y retransmitir hasta 68.000 palabras por minuto, y empleaba células solares en lugar de los acumuladores limitados del SCORE. Los sistemas pasivos, que imitaban la utilización primitiva de la Luna por el ejército norteamericano, se probaron durante un tiempo. Los Echo 1 y 2 eran grandes globos reflectores de mylar iluminado. Su uso se limitaba a parejas de estaciones terrestres desde las cuales podía verse el globo al mismo tiempo. Los científicos geodésicos descubrieron que eran más útiles como balizas para el trazado de mapas desde el exterior de la Tierra.



Ilustración 2.3.1 Satélite Echo 1

Los ingenieros concluyeron que era necesario un sistema de transmisión activo, por ejemplo una versión orbital de las torres de retransmisión por microondas utilizadas en los sistemas telefónicos. Durante algún tiempo discutieron la conveniencia de colocar varios satélites en órbita geostacionaria (lo que significa costos de lanzamiento más elevados) o bien una multitud de satélites

en órbitas más bajas (con el consiguiente aumento en el costo de los satélites). La polémica concluyó en favor de la solución geoestacionaria ya que dichos satélites serían de seguimiento mucho más fácil.

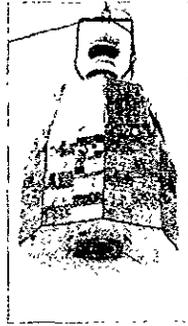
El primer satélite de comunicaciones verdadero, el Telstar 1, fue lanzado a una órbita terrestre baja, de 952 x 5632 km. Era también el primer satélite de financiación comercial, a cargo de la American Telephone and Telegraph. El Telstar 1 se lanzó el 10 de julio de 1962, y le siguió casi un año después el Telstar 2. Las estaciones terrestres estaban situadas en Andover, Maine (Estados Unidos), Goonhilly Downs (Reino Unido) y Pleumeur-Bodou (Francia). La primera retransmisión mostraba la bandera norteamericana ondeando en la brisa de Nueva Inglaterra, con la estación de Andover al fondo. Esta imagen se retransmitió a Gran Bretaña, Francia y a una estación norteamericana de New Jersey, casi quince horas después del lanzamiento. Dos semanas más tarde millones de europeos y americanos seguían por televisión una conversación entre interlocutores de ambos lados del Atlántico. No sólo podían conversar, sino también verse en directo vía satélite. Muchos historiadores fechan el nacimiento de la aldea mundial ese día.



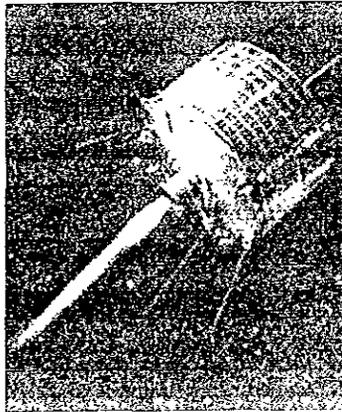
**Ilustración 2.3.2 Satélite Telstar 1**

Al Telstar 1 siguieron el Relay 1, otro satélite de órbita baja, lanzado el 13 de diciembre de 1962, y el Relay 2, el 21 de enero de 1964. Se trataba de vehículos espaciales experimentales, como el Telstar, diseñados para descubrir las limitaciones de actuación de los satélites. Como tales, constituían solo el preludio de acontecimientos más importantes. El 26 de julio de 1963 el Syncom 2 se colocó en órbita sincrónica sobre el Atlántico. El Syncom 1 se había situado en el mismo lugar en febrero, pero su equipo de radio falló después de haber sido lanzado. Fue lanzado el 14 de febrero de 1963. La órbita del Syncom 2 tenía una inclinación de 28°, por lo que parecía describir un ocho sobre la tierra. Sin embargo se utilizó el 13 de septiembre, con el Relay 1, para enlazar Río de Janeiro (Brasil), Lagos (Nigeria) y New Jersey en una breve conversación entre tres continentes. El Syncom 3 se situó directamente sobre el ecuador, cerca de la línea de cambio de fecha, el 19 de agosto de 1964, y se retransmitieron en directo las ceremonias de apertura de los juegos olímpicos en Japón. "En directo

vía satélite" el mundo se sobrecogió al conocer las posibilidades de los satélites de comunicaciones.



**Ilustración 2.3.3 Satélite Relay II**



**Ilustración 2.3.4 Satélite Syncom I**

Desde el principio los políticos comprendieron su potencial comercial. En 1961 el presidente de los Estados Unidos, John F. Kennedy, invitaba a todas las naciones a participar en un sistema de satélites de comunicaciones en beneficio de la paz mundial y de la fraternidad entre todos los hombres. Su llamada encontró respuesta, y en agosto de 1964 se formó el consorcio Intelsat (International Telecommunications Satellite Organization = Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite). El sistema es propiedad de los estados miembros, y su cuota a según su participación en el tráfico anual. La rama operativa del consorcio es la Comsat (Communications Satellite Corporation = Corporación de satélites de comunicaciones), con sede en Washington. El primer satélite lanzado por esta especialísima empresa fue el Intelsat I, más conocido como Early Bird. El 28 de junio de 1965 entró en servicio regular, con 240 circuitos telefónicos. Era un cilindro de 0'72 metros de anchura por 0'59 metros de altura, y su peso era tan solo de 39 kg. Las células



**Ilustración 2.3.5 Satélite Syncom II**

solares que lo envolvían suministraban 40 W. de energía, y para simplificar el diseño de sistemas estaba estabilizado por rotación, como una peonza. El Early Bird estaba diseñado para funcionar durante dieciocho meses, pero permaneció en servicio durante cuatro años. Con posterioridad se lanzaron sucesivos satélites Intelsat los cuales fueron aumentando su capacidad de retransmisión de canales telefónicos y televisivos en la actualidad la constelación Intelsat consta de 32 satélites cubriendo todo el globo.

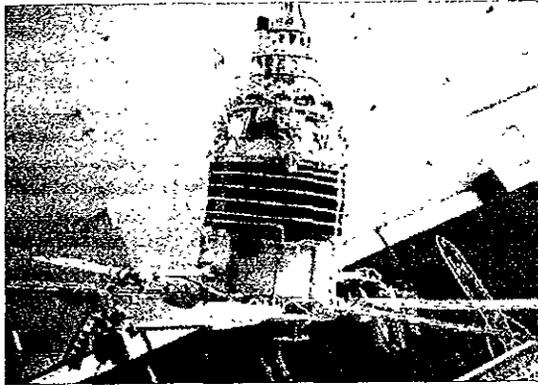


**Ilustración 2.3.6 Satélite Early Bird**

El Intelsat no es el único sistema de satélites de comunicaciones en funcionamiento. A medida que avanzaba la tecnología y descendían los precios,

la conveniencia de los satélites de comunicaciones dedicados crecía. Resultaba atractivo, desde el punto de vista comercial, construir los satélites según las necesidades de los distintos estados, firmas, compañías de navegación y otras organizaciones con un gran volumen de tráfico de comunicaciones entre puntos separados por varios centenares de kilómetros. El primer país que contó con un sistema interior fue Canadá que lanzó el Anik 1 (mediante un cohete norteamericano) en noviembre de 1972. España cuenta con su propio sistema de satélites el sistema *Hispasat*. Otra red muy utilizada, aunque no tan conocida, es la DSCS (Defense Satellite Communications System = Sistema militar de comunicaciones por satélite), del departamento de Defensa de los Estados Unidos con su serie de satélites DSCS. Otras redes de satélites militares aliados son el sistema naval de comunicaciones por satélite (Fleet Satellite Communications System, FLTSATCOM), el sistema aéreo de comunicaciones por satélite (Air Force Satellite Communication System, AFSATCOM), el sistema de comunicaciones por satélite del ejército (SATCOM), todos ellos norteamericanos, y la serie de la OTAN. La red nacional más extensa de satélites fue desarrollada por la Unión Soviética a partir de abril de 1965, con una serie de satélites Molniya (relámpago) situados en órbita muy elíptica con el cenit sobre el hemisferio norte. De este modo, diversos centros del extenso territorio de la URSS quedaron unidos por programas de televisión en blanco y negro, teléfono y telégrafo. La órbita de 12 horas colocaba al satélite encima de la Unión Soviética durante los periodos fundamentales de comunicaciones, lo que suponía para las estaciones de tierra un blanco con un movimiento aparente muy lento. Cada una de las dos primeras series (Molniya 1 y 2) comprende cuatro pares de cada tipo de satélite, colocados a intervalos de 90° alrededor de la órbita. La serie Molniya 3 es más completa, pues incorpora televisión en color además de telecomunicaciones. En combinación con los satélites trabajan las estaciones terrestres Órbita o de "toldilla", cada una de las cuales emplea una antena parabólica de bajo ruido y 12 metros de diámetro sobre un soporte giratorio. La antena se orienta hacia el satélite por medio de un mecanismo eléctrico de seguimiento. Los satélites Molniya tuvieron un impacto social, político y económico considerable en el desarrollo del estado soviético (a menudo, con culturas y costumbres diferentes) en contacto más estrecho con Moscú, y al establecer conexiones, a través de la Organización *Intersputnik*, con otros países socialistas, desde Europa Oriental a Mongolia. La red de largo alcance se perfecciona todavía más en la actualidad. En diciembre de 1975, a la familia de satélites de comunicaciones soviético se añadió el Raduga, cuya designación internacional es Statsionar 1. Su misión es la misma que en la serie Molniya, si bien describe una órbita geoestacionaria.

Le siguió el Ekran, también de órbita estacionaria cuyo nombre internacional es Statsionar T. Tiene como función específica la retransmisión de programas de televisión desde los estudios centrales de Moscú a zonas con estaciones terrestres más sencillas. Lo hacen posible la potencia de los transmisores del Ekran, varias veces superior a la de los restantes satélites de comunicaciones, y sus antenas de haces dirigidos convergentes, que permiten retransmitir señales de televisión directamente a grupos de receptores de televisión a través de



**Ilustración 2.3.7 Satélite Molniya**

antenas colectivas, e incluso directamente a los receptores de cada hogar, a través de antenas en el tejado. Los ingenieros soviéticos han perfeccionado también una estación terrestre móvil llamada Mars, transportable en tres contenedores. Aunque en principio se ideó para la recepción de televisión en directo, cuenta con una antena parabólica de 7 m. y funciona de modo completamente automático. Puede utilizarse también para retransmisiones telefónicas y telegráficas. Los equipos especiales para la retransmisión vía satélite de los juegos olímpicos de Moscú en 1980 pretendían llevar a una audiencia de 2000 a 2500 millones de personas lo más cerca posible de los acontecimientos deportivos. Entre ellos se contaban nuevos satélites geoestacionarios del tipo Gorizont, con equipos de retransmisión perfeccionados. El primero se lanzó en diciembre de 1978.

## **2.4.- APLICACIONES DE LOS SATÉLITES.**

En la actualidad la variedad de satélites artificiales que rodean la tierra es sorprendente. El siguiente esquema nos puede ayudar a ver su inmensa variedad:

### *TIPOS DE SATÉLITES.*

a) Por su órbita:

- Satélites de órbita geoestacionaria
- Satélites de órbita baja (LEO)
- Satélites de órbita elíptica excéntrica (Molniya)

a) Por su finalidad:

- Satélites de Telecomunicaciones (Radio y Televisión)

- Satélites Meteorológicos.
- Satélites de Navegación.
- Satélites Militares y espías.
- Satélites de Observación de la tierra.
- Satélites Científicos y de propósitos experimentales.
- Satélites de Radioaficionado.

De toda esta amplia gama de dispositivos presentes nosotros nos vamos a centrar en el desarrollo de los satélites de telecomunicaciones asomándonos también a los satélites tipo geoestacionario.

Podemos explicar, para entender los diferentes tipos de satélites existentes que: Los satélites de comunicación, son aquellos que toman una onda proveniente de la Tierra, de una emisora y la envían a una receptora a muchos Km. de distancia una de la otra, facilitando el envío de noticias : radiales, televisivas, etc. Generalmente este tipo de satélite se encuentra a una distancia promedio de 34.000 Km. en un estado Geoestacionario o Geosincronico, ya que se encuentra ubicado en un punto del espacio en donde la gravedad de la Tierra lo mantiene siempre sobre un mismo lugar. Un ejemplo de estos satélites son los Intelsat.

Los satélites de observación, son los que se utilizan como su palabra lo indica para observar el cosmos lejos de la distorsión de nuestra atmósfera. Son de mucho valor, ya que en el espacio no existe el día, y pueden enfocar sus instrumentos las 24 Hrs. Además, nuestra debilitada capa de ozono nos protege de los rayos ultravioletas y no nos permite observar este tipo de espectro desde la Tierra, por lo que el hombre dirige sus instrumentos ultravioletas al espacio únicamente. Son observatorios espaciales, el Hubble, Rosat, Gro, y otros.

La definición que le corresponde a los satélites de meteorología, ya es muy conocida entre todos, pero igualmente vamos a decir que son estos los encargados de otorgar las bases a los meteorólogos para poder predecir de una forma mas segura el estado del tiempo. Estos satélites también son en su mayoría Geoestacionarios y desde su punto en el espacio, transmiten imágenes que muestran las posiciones de las nubes, altitud, etc. Las imágenes, generalmente son analizadas y mostradas en la TV, cuando pasan los reportes meteorológicos. La red mas importante de satélites meteorológicos, es la GOES.

Los satélites de aficionados o empresas, no son muchos en comparación a los grupos anteriores. Estos son utilizado para fines personales o de una entidad. Su poca cantidad, se debe al alto costo que posee construir y enviar un satélite al espacio. Estos generalmente tienen una órbita LEO ( del ingles : Orbita Terrestre Baja ) o bien Geoestacionaria. Son satélites aficionados : Lusat, Posat, Arasene, y otros.

Las Estaciones Espaciales, son habitáculos, que se encuentran en órbitas LEO circulares en donde es posible habitar. Son muy útiles para realizar

experimentos, de comportamiento y desarrollo tanto de seres humanos como de otros tipos de vida. Las condiciones de ingravidez a las que se les presenta, cambia de una forma dramática el funcionamiento del metabolismo. Son una ventana de estudio para llevar al hombre a la colonización del espacio. Las estaciones más conocidas, son la Mir, Skylab, ISS, y otras.

Los militares son los menos conocidos por los aficionados, y son los encargados de tomar fotografías de los sectores que serán posibles blancos de ataque o simplemente para control de movimientos. Estos satélites, poseen increíbles sistemas, capaces de resolver 1.5 metros desde su órbita. Son también utilizados para guiar misiles Crucero, y lograr una precisión de ataque excelente. Se desconocen nombres de los satélites, y posiciones de órbita.

#### **2.4.1.- Servicios de radiocomunicación.**

Las leyes que rigen a las transmisiones de radio tienen su origen en la Confederación Mundial de Administración del Radiocomunicaciones (WARC), dirigida bajo los auspicios de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), una organización que regula la administración de las telecomunicaciones públicas en todo el mundo. La WARC se encarga de asignar las frecuencias para las radiocomunicaciones dependiendo el tipo de usuario.

- *Servicio de Satélite Fijo:* Para comunicaciones entre estaciones terrenas localizadas en puntos fijos a través de uno o más satélites.
- *Servicio de Satélite Móvil:* Transmite comunicaciones entre estaciones terrenas móviles a través de uno o más satélites. Estas estaciones terrenas pueden estar situadas a bordo de barcos y se llama Servicio Móvil Marítimo, si es a bordo de aviones es Servicio Móvil Aeronáutico, a bordo de vehículos en tierra es llamado Servicio Móvil Terrestre. El Servicio de Satélite Móvil puede ser utilizado para detectar y localizar señales de socorro y emergencia de cualquier vehículo que se encuentre en dificultades.
- *Servicio de Transmisión Vía Satélite:* Este servicio permite la transmisión de las señales de audio y video de cualquier programa a través de un satélite, para que sea recibido por receptores de pequeños grupos de personas o por comunidades enteras vía satélite.
- *Servicio de Exploración Terrestre:* El satélite tiene como función observar la Tierra con el propósito de la investigación en meteorología, geodesia, exploración de recursos, etc.
- *Servicio de Operación Espacial:* Este servicio es únicamente para la operación del satélite desde la Tierra (rastreo, telemetría y comando).

- *Servicio de Radiodifusión Amateur por Satélite*: Este servicio permite el acceso al satélite de radioaficionados.
- *Servicio Intersatélite* : Este servicio es usado para intercomunicación entre satélites.

## TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SATÉLITES DE COMUNICACIONES.

### 3.1.- MEDIOS DE COMUNICACIÓN.

El problema de las comunicaciones a distancia pudo resolverse con eficacia a partir del momento en que se descubrieron las ondas electromagnéticas. Gracias a las ondas electromagnéticas los sonidos pueden llegar con toda su intensidad a cualquier parte del globo terráqueo. Y no solo esto, sino que también han alcanzado lugares más lejanos, como por ejemplo, nuestro satélite lunar e incluso algunos planetas del Sistema Solar.

La primera comunicación con ondas electromagnéticas, atravesando el Océano Atlántico, se realizó en el año de 1901 por el físico italiano Guillermo Marconi. Desde ese momento las comunicaciones inalámbricas nacieron.

La propagación de las ondas electromagnéticas puede hacerse a través del aire, del agua y de algunos metales, como así mismo a través del vacío. Así se hace posible que las ondas electromagnéticas lleguen a todos los hogares atravesando innumerables obstáculos, sin embargo, estos obstáculos ocasionan ciertas pérdidas que las debilitan.

El planeta se encuentra rodeado por una capa invisible denominada ionosfera. Esta capa se encuentra a una altura que oscila entre 80 a 400 Km. y es precisamente esa capa, lo que permite que las ondas electromagnéticas lleguen hasta lugares lejanos.

Es importante saber que las ondas electromagnéticas se propagan en línea recta y, como la Tierra tiene forma esférica, las ondas no podrán seguir su curvatura sino fuera por la ionosfera, descubierta precisamente por medio de las ondas electromagnéticas. El descubrimiento de esas ondas electromagnéticas. El descubrimiento de esas ondas produjo una revolución en la técnica, y desde entonces el progreso de sus aplicaciones fue creciendo a un ritmo cada vez más acelerado.

Gracias a este desarrollo, que las nuevas aplicaciones crearon ramas independientes de la técnica de las telecomunicaciones. De este modo nacieron por ejemplo, la telefotografía, la televisión, el radar y el control remoto o teledirección, invento que ha solucionado el problema de los cohetes teledirigidos, de utilización inmediata en los futuros viajes interplanetarios.

### 3.2. - TIPOS DE SATÉLITES DE COMUNICACIONES.

- **Pasivo.** Es el más sencillo, ya que su única función es reflejar una señal de regreso a la Tierra. No tiene dispositivos de ganancia a bordo, para amplificar o repetir la señal. Una de sus ventajas es que no requieren de equipo electrónico sofisticado a bordo. Una de sus desventajas es el uso ineficiente de la potencia transmitida.

- **Activo.** Es el que de manera electrónica, repite una señal a la tierra. Es capaz de recibir, amplificar y retransmitir información de, y a las estaciones terrestres.

A parte de la división anterior en el tipo de satélites existen otras clases de clasificaciones, que es por las órbitas que tienen alrededor de la Tierra. Estos son:

- **Satélites Orbitales.** También llamados no síncronos, giran alrededor de la Tierra en un patrón elíptico o circular de baja altitud. Estos satélites están alejándose continuamente o cayendo a Tierra y no permanecen estacionarios en relación a ningún punto en particular de la Tierra. Por lo mismo, sólo pueden ser utilizados cuando están disponibles, lo cual es un corto periodo de tiempo, aproximadamente de 15 min. por órbita. Otra desventaja de estos satélites, es la necesidad de equipo complicado y costoso para rastreo en las estaciones terrestres. Cada estación debe localizar el satélite conforme está disponible en cada órbita y después unir su antena al satélite y localizarlo cuando pasa por arriba. Una gran ventaja de los satélites orbitales es que los motores de propulsión no se requieren a bordo, para mantenerlos en sus órbitas respectivas.
- **Satélites Geoestacionarios.** También llamados geosíncronos, son satélites que giran en un patrón circular, con una velocidad angular igual a la de la Tierra. Permanecen en una posición fija con respecto a un punto específico en la Tierra. Una de sus ventajas es que están disponibles el 100% de las veces. Una desventaja obvia es que a bordo, requieren de dispositivos de propulsión sofisticados y pesados para mantenerlos fijos en su órbita. El tiempo de órbita es de 24 horas.

Las órbitas que puede describir un satélite son 2:

- *Progrado.* Si el satélite está girando en la misma dirección que la rotación de la Tierra y a una velocidad angular superior que la de la Tierra.
- *Retrógrada.* Si está girando en la dirección opuesta a la rotación de la Tierra o en la misma dirección, pero a una velocidad angular menor a la de la Tierra.

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.

Las órbitas a su vez se pueden clasificar, de acuerdo a que tan alejadas estén de la Tierra, en:

- Altas. ( órbita geosíncrona, 19,000 a 25,000 millas de altura)
- Medias. ( órbita elíptica, de 6000 a 12,000 millas de altura)
- Bajas. ( órbita circular, de 100 a 300 millas de altura)

Un *nodo ascendente*, es el punto en donde la órbita cruza el plano ecuatorial de Sur a Norte, un *nodo descendente*, es su contrario, lo cruza 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*.

En la actualidad hay gran diversidad de satélites geoestacionarios orbitando la Tierra. Algunos de ellos utilizan para el servicio móvil de comunicaciones, como los Marcs y los Intelsat V; otros están dedicados al servicio fijo de comunicaciones, y el número restante cumple con otros propósitos, como son observaciones meteorológicas, vigilancia y experimentación.

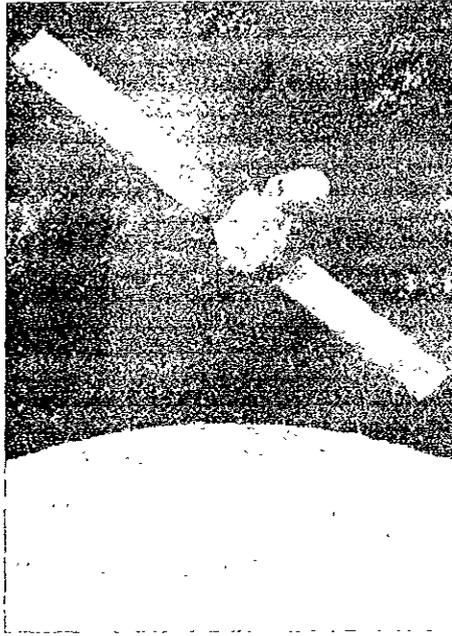


Ilustración 3.2 Sistema de Satélites Eutelsat

Otra de las clasificaciones es por medio de su cobertura ya que puede ser satélite local o regional.

- **Satélites Locales.** Son aquellos satélites que únicamente irradian su zona de influencia. Como el satélite Morelos 2 en México. A los satélites locales, también se les llaman satélites domésticos.
- **Satélites Regionales.** Estos satélites cuya cobertura es mayor respecto a los locales, cubren varios países, como es el satélite Solidaridad II de México, los satélites Brazilsat, Hispasat, etc.
- **Satélites Internacionales.** Este tipo de satélites tiene una amplia cobertura, que puede ser continental o hemisférica. Estos satélites no solo manejan comunicaciones en América, sino que sus P.L.R.E. o huellas

permiten abarcar algunos sitios de Europa y Asia. Entre ellos están los satélites Intelsat, Inmarsat, PanamSat, Eutelsat, etc.

### 3.3. - CARACTERÍSTICAS DE LOS SATÉLITES.

Existen dos tipos de satélites de comunicaciones:

- *Hiladores o Spinners.* Utilizan el movimiento angular de su cuerpo giratorio para proporcionar una estabilidad de giro.
- *Satélites estabilizadores de tres ejes.* El cuerpo permanece fijo en relación a la superficie de la Tierra, mientras que el subsistema interno proporciona una estabilización de giro.

Los satélites geosíncronos deben compartir un espacio y espectro de frecuencia limitados, dentro de un arco específico, en una órbita geoestacionaria. A cada satélite se le asigna una longitud en el arco estacionario, aproximadamente a 22,300 millas, arriba del ecuador. Su posición depende de la frecuencia de banda asignada. Los satélites que trabajan unos próximos a otros, deben estar lo suficientemente separados en el espacio, para evitar interferir uno con otro. Normalmente, se requieren de 3° a 6° de separación espacial, dependiendo de las siguientes variables.

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 modulación utilizada.
- Límites aceptables de interferencia.
- Potencia de la portadora de transmisión.

#### 3.3.1- Espectro Electromagnético.

Los nombres de las diferentes regiones del espectro se asocian con las técnicas experimentales para producir y detectar las ondas en cuestión. En el caso de las bandas de AM y de FM-TV, los intervalos de frecuencia son también cuestión legal y están claramente demarcados.

Cuando se trata de satélites de comunicaciones, la porción del espectro radioeléctrico que utilizarán lo determina prácticamente todo: la capacidad del sistema, la potencia y el precio

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.

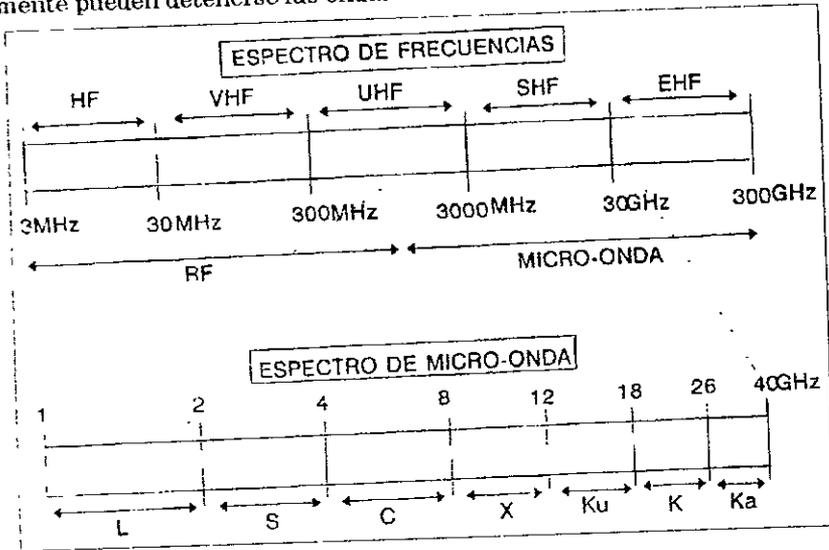


Ilustración 3.2 Espectro de Frecuencias.

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.

Las frecuencias de la portadora, más comunes, usadas para las comunicaciones por satélite, son las bandas:

**6/4 GHz. 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 más 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.

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:

#### BANDAS DE FRECUENCIAS UTILIZADAS POR LOS SATELITES.

Banda P	200-400 Mhz.
Banda L	1530-2700 Mhz.
Banda S	2700-3500 Mhz.
Banda C	3700-4200 Mhz. 4400-4700 Mhz. 5725-6425 Mhz.
Banda X (Uso militar)	7900-8400 Mhz.
Banda Ku1 (Banda PSS)	10.7-11.75 GHz.
Banda Ku2 (Banda DBS)	11.75-12.5 GHz.
Banda Ku3 (Banda Telecom)	12.5-12.75 GHz.
Banda Ka	17.7-21.2 GHz.
Banda K	27.5-31.0 GHz.
1 MHz.= 1000.000 Hz.	
1 GHz.= 1000.000.000 Hz.	

#### 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; sensible a interferencias ambientales.

Los servicios que ofrecen los satélites son:

- Punto fijo, entre las estaciones terrestres situadas en puntos geográficos fijos en la Tierra.
- Radiodifusión, cobertura de área amplia.
- Móvil, tierra a aeronaves, barcos o vehículos terrestres.
- Intersatelital, enlaces cruzados de satélite a satélite.

**3.4.- HUELLAS.**

El área de la Tierra cubierta por un satélite depende de:

- A) La ubicación del satélite en su órbita geosíncrona.
- B) Frecuencia de portadora.
- C) Ganancia de las antenas.

La representación geográfica del patrón de radiación de la antena de un satélite se llama *huella*.

El patrón de radiación de una antena de satélite se puede catalogar como:

- Punto. Concentran la potencia radiada en un área geográfica muy pequeña.
- Zonal. Incluye una área, menor a un tercio de la superficie de la Tierra. Los patrones de radiación de las antenas de esta cobertura, tienen un ancho de haz de casi  $17^\circ$ , e incluyen la cobertura de un tercio de la superficie terrestre.

**3.5.- ESTRUCTURA BÁSICA DE LOS SUBSISTEMAS.**

Un satélite es un sistema integrado por varios subsistemas; cada uno de ellos es igualmente importante, pues su probable falla podría causar la inutilidad parcial o total del conjunto.

El satélite necesita disipar el calor y que sea capaz de regular su temperatura, ser resistente al medio ambiente en el que vive, energía eléctrica, corregir sus

movimientos y mantenerse en equilibrio, y por supuesto, poder comunicarse con la Tierra sin ninguna interferencia.

### 3.5.1.- Subsistema Térmico

El control térmico es realizado por el uso de los radiadores multizona Norte y Sur equipados con tubos de calor, acabados pasivos, mantas de aislamiento y calentadores de resistencia eléctrica. Los tubos de calor del radiador son usados para desechar en seguida el calor internamente disipado al espacio.

Los tubos de calor son incrustados en los paneles norte-sur y la disipación térmica se extiende desde los amplificadores de potencia de RF de la carga útil hasta lo largo de sus superficies.

La superficie exterior de los paneles radiadores son cubiertos con baja absorción, cristales de cuarzo de alta emitancia para maximizar el rechazo de calor al espacio mientras minimiza la energía solar absorbida.

Todas las unidades de carga útil de alta disipación son montadas en seguida a la superficie interior de los radiadores para un rechazo eficiente de calor. El uso de tubos de calor en los paneles radiadores permite un control seguro de temperatura de las unidades de carga útil para mantener condiciones isotérmicas sobre los paneles radiadores.

### 3.5.2.- Subsistema de Potencia.

Todos los satélites necesitan potencia eléctrica para poder operar. El sistema de potencia eléctrica genera y distribuye la potencia de corriente directa requerida y adecuada para soportar las operaciones del satélite durante todas las fases de la misión. El Sol provee poder a la mayoría de los satélites que orbita alrededor de la Tierra. Este Sistema de Poder usa conjuntos de celdas solares de alta densidad para hacer electricidad utilizando la luz del sol, pilas para almacenar la electricidad las cuales se activan automáticamente por medio de controladores en el momento en que las celdas solares no reciben la luz del sol, y distribución de unidades que envían el poder a todos los instrumentos del satélite.

### 3.5.3.- Subsistema de Control de Orientación.

Este subsistema incluye sensores, el control de actuadores y el equipo microprocesador digital necesarios para controlar la orientación del satélite durante todas las fases de la misión, incluyendo el ascenso, la adquisición de Sol y de Tierra, las operaciones normales y mantenimiento en su órbita geostacionaria; asegura la telemetría, la teledirección y el control de altitud y de la órbita por medio de enlace de radio con el suelo. Orienta los paneles

solares para obtener la máxima potencia de alimentación. Incluye la batería para la teledirección y la alimentación durante los eclipses de sol. Controla la instalación eléctrica y la temperatura de los componentes principales.

El Subsistema de control de actitud nos proporciona exactitud, seguridad y un control automático del satélite durante la duración de la misión. El sistema actúa con un alto grado de autonomía operacional, incorporando la auto-revisión y la detección de fallas para ejecutar las acciones correctivas pertinentes.

#### **3.5.4.- Subsistema de Propulsión.**

Se trata de un sistema integrado bipropelente que permite la inserción en órbita, el control de orientación y las funciones de mantenimiento en su órbita geosíncrona para ser realizadas con una fuente común de propelente. Los propelentes almacenados son consumidos por doce impulsores de control de orientación y por un motor de apogeo para la generación de los impulsos requeridos. El motor de apogeo líquido proporciona el impulso necesario para mantener las maniobras necesarias.

La mezcla de propelentes está diseñada para dar un alto requerimiento y un consumo volumétrico igual de los propelentes, permitiendo que los tanques del propelente tengan el mismo tamaño.

#### **3.5.5.- Subsistema de Telemetría, Rastreo y Comando.**

Este subsistema tiene la tarea de intercambiar información con el centro de control en Tierra para conservar el funcionamiento del satélite.

Este subsistema tiene las siguientes funciones:

- Flujos de telemetría de frecuencias dobles únicas, para evitar interferencias y pérdidas de información.
- Frecuencias de comando primarias y de respaldo.
- Determinación (medición de la distancia del satélite a la Tierra).
- Envíos del estado y datos de operación del satélite la Tierra.
- Recepción y distribución de comandos.
- Recepción y transmisión de tonos de determinación.

#### **3.5.6.- Subsistema de Comunicaciones.**

El sistema de Comunicaciones tiene un transmisor, un receptor, y diversas antenas para transmitir mensajes entre el satélite y la Tierra. El centro de control terreno usa esto para enviar las instrucciones de operación a la computadora del satélite, la demodula, la amplifica, la remodula en frecuencias diferentes y la dirige hacia la antena de emisión. Este subsistema también

envía imágenes y otros datos capturados por el satélite de regreso a los ingenieros en la Tierra.

### **3.5.7.- Subsistema de antenas.**

Este subsistema se establece en función de las zonas en las que ha de prestarse el servicio. Comprende la antena de recepción la o las antenas de emisión y la antena de teledirigida y de teledirección.

### **3.5.8.- Subsistema Estructural.**

Tiene como función alojar todos los equipos. Debe de tener un armazón rígido resistente, ligero; tiene que soportar fuerzas y aceleraciones; soportar cambios térmicos, impactos, radiaciones, etc. Generalmente está constituido por aluminio, magnesio, titanio, berilio y acero. Su masa está entre el 10 y 20 por ciento del total del satélite.

## SATÉLITES MEXICANOS.

El desarrollo de tecnología espacial en México se inició a mediados de la década de los 60's, mediante el estudio de subsistemas de comunicaciones y materiales, así como el desarrollo de cohetes y lanzadores. Sin embargo, esta actividad tuvo una vida corta y se abandonó el trabajo durante la mayor parte de las décadas de los 70's y los 80's.

México junto con Chile, fue de los primeros países de América Latina en ingresar a la organización internacional de Comunicaciones por Satélite, INTELSAT, en octubre de 1966. En 1968 se inauguró la Torre de Telecomunicaciones, la estación terrena Tulancingo I instalada por la empresa japonesa Mitsubishi y la Red Federal de Microondas con miras a los Juegos Olímpicos de ese año.

Ya en 1980 las comunicaciones vía satélite se ampliaron con las estaciones terrenas Tulancingo II, instalada por la empresa norteamericana E-System y fue diseñada para enlaces con el satélite Intelsat V, y la estación terrena Tulancingo III que estuvo conectada desde 1980 hasta 1984 con los satélites Westar III y IV propiedad de Western Union utilizada exclusivamente para transmisiones del canal 2 de Televisa, desde México hacia Estados Unidos, dentro de la red UNIVISION. A partir de 1984 se conectó al satélite Galaxy I propiedad de la Hughes Aerospace Co, y del cual Televisa utilizó dos transponedores.

Las transmisiones de televisión por satélite para uso nacional comenzaron en 1981.

### 4.1.- SATÉLITES DE COMUNICACIÓN EN MÉXICO.

En Octubre de 1980 se anunció que el Presidente de la República había autorizado a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes proyectar a un sistema de satélites para uso nacional. El nombre que se le daría al sistema de satélites de comunicaciones sería Ihuicahua (Señor de los Cielos). Se anunció que el sistema estaría constituido por tres satélites, uno para uso permanente, otro de emergencia y el tercero permanecería en tierra de reserva. El costo del sistema sería de 230 millones de dólares.

En 1982 un grupo de veintidós especialistas, de los cuales ocho eran mexicanos y el resto franceses y norteamericanos, concluyeron el estudio y decidieron que la empresa constructora del sistema de satélites sería Hughes Communications International, celebrándose el convenio el día 4 de octubre del mismo año con la SCT. En esa ocasión se informó que la fabricación del satélite sería apoyada financieramente por la empresa Televisa, sin embargo el día 12 de diciembre de 1982 se aprueba una adición al artículo 18 de la Constitución Política

Mexicana, en la que declara que la comunicación vía satélite será función exclusiva del estado. En marzo de 1983 el proyecto Ilhuicahua cambia su nombre por el de Morelos.

A partir de la adquisición de los satélites domésticos nacionales Morelos 1 y 2 en 1982, y su posterior lanzamiento en 1985, renació el interés por desarrollar tecnología espacial propia en México. Se incluyó la presencia del Rodolfo Neri Vela a bordo del transbordador espacial durante el lanzamiento del satélite Morelos 2 cuyas labores consistieron en efectuar algunos experimentos y la fotografía de ciertas áreas del territorio nacional.

Sin embargo, y debido al período de austeridad gubernamental durante 1985-90, fue hasta la definición de características de la segunda generación de satélites mexicanos Solidaridad que se buscó la participación de expertos mexicanos con la compañía fabricante de los satélites en la definición de algunos detalles relacionados con la aplicaciones y cobertura de los satélites Solidaridad 1 y 2.

Esta experiencia permitió buscar el desarrollo local de tecnología para la construcción de satélites, y se reforzó como una más de las acciones derivadas del programa "1992, Año Internacional del Espacio." A partir de entonces se han creado varios grupos de estudio, desarrollo e implementación de tecnología espacial en México. Estos grupos se han formado principalmente en universidades, centros de investigación y organismos públicos con financiamiento casi total de entidades de gobierno federal y estatales.

Aunque el interés inicial pareció estar orientado hacia aplicaciones de telecomunicaciones, creció rápidamente el interés por satélites de percepción remota y aplicar esta información para el estudio y mejor utilización de recursos en nuestro país.

Los servicios para la verificación de los procesos de manufactura fueron contratados con la empresa norteamericana Comsat General Corporation. El segmento terrestre de operación está constituido por el centro de control en Iztapalapa y la red nacional terrena compuesta por 231 estaciones, de las cuales 198 son para la banda C y 33 para la banda Ku.

El hombre ha lanzado al espacio varios miles de satélites de muy diversas características. Actualmente, se encuentran en órbita unos cinco mil satélites, entre ellos alrededor de 175 - incluidos los del sistema *Morelos* para servicios comerciales y de uso doméstico; concretamente, para comunicaciones de todo tipo, que es lo que de manera más directa nos afecta e interesa a la mayoría de los seres humanos.

Debido al auge que ha tenido la transmisión directa por satélite tan solo en la ciudad de México existen por lo menos diez empresas dedicadas a la venta e instalación de antenas parabólicas domésticas; algunas de estas empresas son: Comercial ARSA; Telesat S.A., Videosalt, Satelfin, por enumerar algunas. En

la actualidad México tiene una de la mayores concentraciones de antenas parabólicas de satélites per capita del mundo.

En la conferencia administrativa regional para la planificación de servicio de radiodifusión directa por satélite realizada en junio y julio de 1983 México obtuvo cuatro posiciones orbitales para difusión directa: 127° y 137° de longitud oeste con proyección de eclipse plena y capacidad de canales, la de 78° de longitud oeste sin proyección de eclipse y con plena capacidad de canales y la de 69° longitud oeste sin proyección de eclipse y con plena capacidad de canales.

El total de canales disponible es de 112 de un ancho de banda de 24 MHz, suficiente para transmitir una señal de televisión en color con modificación compuesta modulada en frecuencia y dos subportadoras de sonido para transmisiones de televisión con sonido estereofónico. Las bandas que se atribuyen para el servicio de radiodifusión fueron de 12.2 a 12.7 GHz para enlace descendente y de 17.3 a 17.8 GHz para enlace ascendente.

México solicitó cuatro posiciones orbitales con posición de eclipse y 32 canales en cada una de ellas, según consta en las actas de la Conferencia Administrativa Regional, nuestro país está sujeto a los reglamentos vigentes en el seno de la Unión Internacional de Comunicaciones.

La escuela Nacional de Telecomunicaciones (ENTEL) es el único instituto gubernamental mexicano en donde se capacita a técnicos para la comunicación vía satélite.

#### 4.1.1.- ¿Que es un satélite?

En su concepción más sencilla, y quizá simplista, los satélites de radioaficionados son repetidoras voladoras. Su principal diferencia con sus equivalentes terrestres el que vuelan y el que al volar se mueven.

Los satélites representaban una revolución tecnológica de primer orden en el terreno de las telecomunicaciones. Y éstas son un instrumento esencial para el desarrollo socioeconómico y el progreso tecnológico, porque permiten aumentar la competitividad y la generación de empleos productivos, a la vez que contribuyen a la integración económica y cultural y al mejoramiento de la calidad de la vida.

#### 4.2.- UTILIDAD Y APLICACIONES.

Transmisiones nacionales e internacionales de voz y datos; de información comercial, industrial y financiera; de radio y televisión nacional e internacional; ayudas para la navegación marítima; información sobre observaciones meteorológicas; exploración espacial e investigaciones astronómicas estudio de los campos electromagnéticos y gravitacionales

observaciones militares y de espionaje; verificación de acuerdos internacionales sobre desarme; verificación de acuerdos sobre ecología; transmisiones de televisión de alta definición; comunicaciones internacionales directa de teléfono a teléfono.

#### 4.2.1.- Servicios que ofrece un satélite.

Por lo general, los satélites mexicanos se han utilizado para las aplicaciones y servicios de tipo general que realiza un satélite doméstico genérico. Se utilizan para transmisiones regulares de televisión, de eventos y noticias en el momento mismo en que ocurren; para las transmisiones de radio en cadena nacional o regional, así como para el envío de noticias entre las diferentes agencias noticiosas, periódicos y demás medios de comunicación; las transferencias financieras de bancos y casas de bolsa; comunicaciones empresariales de voz, datos y vídeo; supervisión y monitoreo de oleoductos y líneas eléctricas; conversaciones telefónicas de larga distancia y telefonía rural, además de aplicaciones especiales para la educación y la salud.

Para ofrecer el servicio de telefonía básica, la empresa Teléfonos de México ocupa el 10 por ciento de la capacidad de los satélites, lo que le permite enlazar a las principales ciudades del país con regiones de difícil acceso para otro medio de comunicación.

En materia de telefonía rural, la cobertura de los satélites abarca siete entidades del territorio nacional: Oaxaca, Chiapas, Yucatán, Nuevo León, Chihuahua, Jalisco y Baja California Sur, prestando este importante servicio a poblaciones menores a los dos mil 500 habitantes.

Numerosos son los servicios de televisión vía satélite; entre los que se cuentan: en Estados Unidos, Cable News Network (CNN); en Asia, Star TV; en Europa, Sky Channel, Teleclu, Galavisión, Super Channely Worldnet, y en Latinoamérica, los de Cablevisión y multivisión.

Para ver a detalle algunas de estas aplicaciones, se puede ver lo siguiente.

- *Servicios de Radio-Difusión.*
- *Servicios Educativo.*
- *Servicios a los Bancos.*

#### *Servicios de radiodifusión.*

Los servicios de radio se proporcionan a través de mil 57 estaciones distribuidas en todo el país, de las cuales 727 operan en la banda de Frecuencia Modulada.

En este mismo rubro, el Instituto Mexicano de la Radio cuenta con 19 estaciones en todo el territorio nacional, que difunden programas informativos y culturales. Por otra parte, el Instituto Nacional Indigenista opera 12

radioemisoras en diferentes comunidades del país, cuyas transmisiones se difunden en las lenguas de esas etnias.

#### *Servicios educativos*

Los servicios educativos hacen uso del sistema de satélites Morelos para el programa de telesecundaria que llega a ocho mil 725 centros escolares.

El Hospital Infantil de México cuenta con el Centro Mexicano de Educación para la Salud por medio de satélites, el cual ofrece servicios médicos a distancia y de monitores de emergencias, así como de videoconferencias.

#### *Servicios a los bancos.*

Los servicios de los Morelos son, asimismo, utilizados por los bancos y casas de bolsa como elemento importante para el funcionamiento de sus redes de telecomunicaciones, mismas que permiten atender al 55 por ciento de la población del país.

### **4.2.2.- Avances tecnológicos de los satélites**

Recientemente se ha incorporado la tecnología de vídeo comprimido, sistema que permite la ubicación de hasta seis canales de televisión en la misma capacidad en la que hasta hace poco sólo podía cursarse uno. Es importante destacar que las radiodifusoras están cambiando a tecnología de transmisión digital y que, algunas de ellas, llegan a las principales ciudades del sur de Estados Unidos con población hispanoparlante. Cabe destacar la utilización de los sistemas satelitales que han representado una mayor dinámica; el establecimiento de redes privadas para voz y datos, imprescindibles para las instituciones gubernamentales, empresas financieras, manufactureras, comerciales y productoras de insumos, viéndose fortalecidas las operaciones de la micro y mediana industria.

### **4.3.- COMO ES MÉXICO CON SUS SATÉLITES.**

México fue el primer cliente que utilizó al HS-376 como un satélite híbrido que opera en dos bandas de frecuencia (C y Ku). También fue el primer país latinoamericano al que Hughes sirvió como contratista principal en un proyecto de satélites. El contrato también requirió que Hughes fabricase e instalase una estación de rastreo, telemetría y comando para operar el sistema Morelos, aproximadamente a unos 16 kilómetros al sudeste de la ciudad de México, en Iztapalapa.

Con la puesta en órbita del sistema Solidaridad, México reafirma su presencia y consolida su posición de liderazgo de los países latinoamericanos en este campo de las comunicaciones vía satélite, el de tecnología más avanzada del mundo moderno y determinante para el progreso durante el siglo XXI.

Para nuestro país, el contar con sistemas satelitales propios, ha representado un ahorro en términos de divisas, superior a los 120 millones de dólares anuales, que sería lo que gastaríamos si tuviésemos que arrendar la capacidad utilizada.

La experiencia adquirida a través de la utilización de los Morelos, sin duda, será rebasada por los Solidaridad, de aquí que resulte interesante hacer un recuento de las aplicaciones que ha tenido nuestra primera generación de satélites.

En nuestro país, la televisión comercial aprovechó de manera creciente las facilidades que brindan los satélites, tanto para la difusión de los grandes sucesos, espectáculos y encuentros deportivos extranjeros, como para sus propias transmisiones dentro y fuera de México.

De igual manera, las comunicaciones vía satélite han hecho posible que todos los mexicanos presenciemos simultáneamente con su desarrollo acontecimientos nacionales como las celebraciones de los aniversarios de la Independencia y la Revolución; los informes presidenciales; las visitas de Su Santidad; y otros más, como son los partidos de la Selección Nacional de Fútbol.

El país se concentró en el desarrollo de sus propios medios para la comunicación vía satélite.

Así, en 1968 se inauguraron la Torre Central de Comunicaciones, la estación terrena Tulancingo I y la red federal de microondas con vistas a la transmisión de los Juegos Olímpicos celebrados ese año en México. La capacidad para las comunicaciones vía satélite se amplió con las estaciones Tulancingo II y Tulancingo III, inauguradas en 1980.

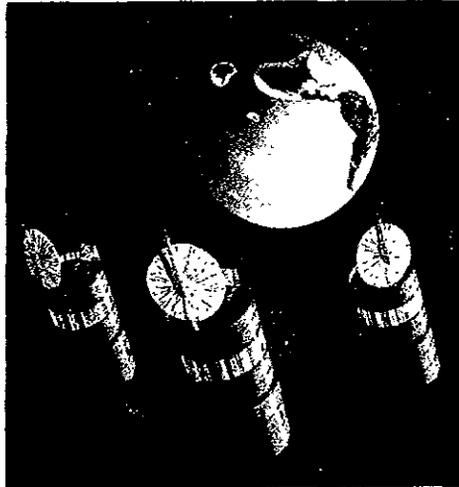
Por esa misma fecha, se tomó la decisión de construir un sistema satélites para satisfacer las necesidades de comunicación del país, por lo que se organizó la licitación internacional para la construcción del sistema, al que se le dio el nombre de "Morelos".

#### **4.4.- MORELOS I II ( EL PRIMER SISTEMAS DE SATELITES NACIONAL DE MEXICO )**

El país se concentró en el desarrollo de sus propios medios para la comunicación vía satélite. Así, en 1968 se inauguraron la Torre Central de Comunicaciones, la estación terrena Tulancingo I y la red federal de microondas con vistas a la transmisión de los Juegos Olímpicos celebrados ese año en México. La capacidad para las comunicaciones vía satélite se amplió con las estaciones Tulancingo II y Tulancingo III, inauguradas en 1980. Por esa misma fecha, se tomó la decisión de construir un sistema satélites para satisfacer las necesidades de comunicación del país, por lo que se organizó la

licitación internacional para la construcción del sistema, al que se le dio el nombre de "Morelos".

La primera generación de satélites mexicanos fué resultado de la demanda de enlaces de comunicaciones de larga distancia y de televisión de cobertura nacional, prevista para el crecimiento de México en la década de los 80's, y como respaldo para la Red Federal de Microondas, la cual operaba ya a su máxima capacidad.



**Ilustración 4.3 Sistema Morelos**

Ambos satélites incluyeron repetidores en las bandas C y Ku de frecuencia, con una cobertura total del territorio mexicano. De esta manera, fueron capaces de proveer servicio de comunicaciones de televisión, telefonía y datos hacia y desde cualquier punto de la República Mexicana.

#### **4.4.1.- Lanzamiento y puesta en órbita de los satélites.**

El Sistema de Satélites "Morelos" esta constituido por dos satélites geostacionarios que se localizan en las posiciones orbitales de 113.5 y 116.5 de longitud Oeste.

El primero de los satélites mexicanos "MORELOS I", fue llevado al espacio en la misión 51-G dentro de la nave DISCOVERY del Sistema de Transportación Espacial (STS, por sus siglas en ingles) de la NASA, en Junio de 1985 y entro en operación en la órbita gestionaría, a los 113.5 de longitud oeste, en Agosto del mismo año.

El segundo satélite, denominado "MORELOS II", fue llevado al espacio en la misión 61-b dentro de la nave ATLANTIS del STS en Noviembre de 1985,

siendo colocado en órbita egocéntrica (no geoestacionaria) con 3 de inclinación. Esta órbita de "almacenamiento" del segundo satélite mexicano le permitirá que llegue a su posición operativa en un periodo de 3 años con un consumo de combustible mínimo; por lo tanto, con un ahorro aproximado de combustible equivalente a dos años, el satélite MORELOS II, tendrá una vida estimada en 10.5 años a partir de 1989, año en que entro propiamente en operación, con lo cual prestara servicios hasta finales del presente siglo. En este vuelo estuvo incluido el mexicano Rodolfo Neri en calidad de especialista de carga útil. Además del lanzamiento del Morelos 2 también se puso en órbita a los satélites Satcom-Ku 1 de los E.U. A y Ausssat-2 de Australia. También se realizaron dos caminatas espaciales, experimentos biológicos y la filmación de una película de pantalla OMNIMAX. La posición orbital geosíncrona del Morelos 2 es 116.5 W.

#### 4.4.2.-Costo.

En octubre de 1982, México, solicitó su primer sistema nacional de satélites de comunicaciones a la empresa Hughes Aircraft Company, por una cantidad de \$92 millones de dólares. Los dos satélites son versiones del HS 376, el satélite de comunicaciones comercial más adquirido en el mundo, y fueron lanzados al espacio en el transbordador espacial de E.U.A. el 17 de junio y el 27 de noviembre de 1985

#### 4.4.3.- Características físicas.

Con sus paneles solares telescópicos plegados y con el reflector de la antena principal doblado, el satélite Morelos mide 2.85 metros de altura. Ya en órbita,

<i>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.</i>	<i>MORELOS.</i>
Diámetro.	2.85 m.
Altura.	2.16 m.
Vida útil.	9 años
Potencia.	777 Watts
Peso.	666 Kg.
Transportadores en banda.	
C	18
Ku	4
L	
Antenas	Una

con los paneles extendidos y con la antena desplegada, el satélite mide 6.62 metros de altura.

Ambos satélites están diseñados para transmitir en dos bandas de frecuencia, la banda C de 4/6 Ghz y la banda Ku de 12/14 GHZ. Cada satélite consta de un total de 22 transpondedores, de los cuales 18 son en banda C, de estos 12 son de banda angosta (ancho de banda de 36 Mhz) y 6 son de banda ancha (ancho de banda de 72 Mhz ), los 4 transpondedores restantes operan en la banda Ku cuyo ancho de banda es de 108 Mhz.

#### Características de transmisión del Satélite Morelos II Banda C.

<b>NÚMERO DE CANALES</b>	<b>12 DE BANDA ANGOSTA. 6 DE BANDA ANCHA.</b>
<b>Ancho de Banda de los Canales : (MHz)</b>	<b>36 banda angosta. 72 banda ancha.</b>
<b>Bandas de frecuencias : (GHz)</b>	<b>Recepción 5.925 a 6.425 Transmisión 3.4 a 4.2</b>
<b>Antenas</b>	<b>Recepción 71 pulgadas, diámetro reflector Transmisor 71 pulgadas, diámetro reflector</b>

#### Características de transmisión del Satélite Morelos II Banda Ku.

<b>NÚMERO DE CANALES</b>	<b>4</b>
<b>Ancho de Banda de los Canales</b>	<b>108 MHz</b>
<b>Espaciamiento del Canal</b>	<b>124 MHz</b>
<b>Banda de Frecuencia : (GHz)</b>	<b>Recepción 14.0 a 14.5 Transmisión 11.7 a 12.2</b>
<b>Antena de Recepción</b>	<b>Arreglo Planar</b>

Los transpondedores en la banda C, utilizan tubos de onda progresiva (TWT) de 7 a 10.5 wats, que agregados a la alta ganancia de la antena parabólica del satélite, producen una señal de transmisión con una intensidad efectiva de 36 y 39 Dbw. En el caso de banda Ku, los transpondedores emplean amplificadores TWT de 19.4 wats, que aunado a la ganancia de la antena producen señales con intensidad de 44.3 dBw.

Los dos parámetros más importantes de cada satélite desde el punto de vista de las telecomunicaciones son la potencia de transmisión y el ancho de banda de sus transpondedores; estos parámetros determinan la cantidad de información con calidad aceptable que puede enviarse por satélite. En general, un transpondedor de 36 Mhz tiene la capacidad de poder transmitir hasta 1000 canales telefónicos o uno o dos canales de televisión o la transmisión de datos hasta 60 Mbps.

Dentro del subsistema de comunicaciones, los satélites Morelos, cuentan con dos TWTs de redundancia para los grupos de los 12 transpondedores de banda C banda angosta, los 6 transpondedores de banda C de banda ancha y para los 4 transpondedores de banda Ku.

Cada satélite Morelos mide 2.16 mts. De diámetro y 6.60 mts. De altura, tiene una masa inicial en órbita de 666 kgs. De los cuales 145 kgs. Son de combustible ( Hidracina), se estima un tiempo de vida de 9 años. La fuente primaria de alimentación de energía eléctrica requerida para su operación la constituye el arreglo de celdas solares que van montadas sobre el cuerpo cilíndrico del satélite, las cuales generan 940 wats de corriente directa, además cuenta con baterías de almacenamiento capaces de generar 830 wats, para casos de eclipse o escasa iluminación de celdas solares. En los transpondedores de banda C, se permite el rehuso de frecuencia.

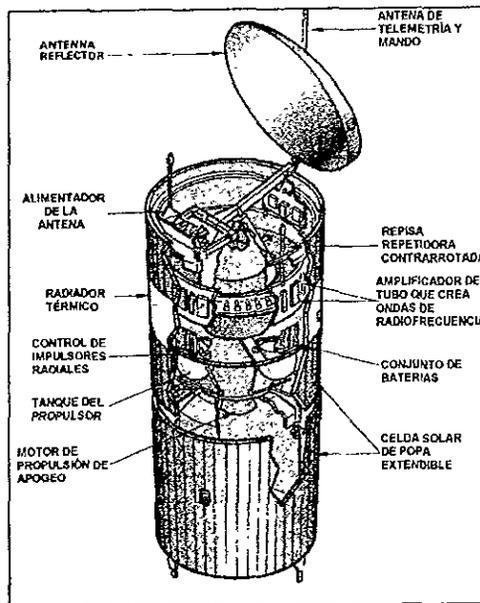


Ilustración 4.3.1. Estructura básica del satélite cilíndrico Morelos (HS-376)

**NOTA:** El contrato también requirió que Hughes fabricase e instalase una estación de rastreo, telemetría y comando para operar el sistema Morelos, aproximadamente a unos 16 kilómetros al sudeste de la ciudad de México, en Iztapalapa.

#### 4.4.4.- Centros de control.

Los centros de control satelital tienen como principales funciones:

- Control de posicionamiento
- Control de integridad operativa del sistema de satélites
- Verificación de parámetros asignados para la operación de los servicios.

México cuenta con dos centros de control: El Primario, instalado en el Conjunto de Telecomunicaciones, CONTEL, en la Ciudad de México con los componentes necesarios para el adecuado control simultáneo de los satélites Morelos II y Solidaridad I y II.

El otro es el Centro de Control Alterno que se localiza en Hermosillo, Sonora y el cual respaldará al Centro de Control Primario para dar soporte a los satélites Morelos y Solidaridad.

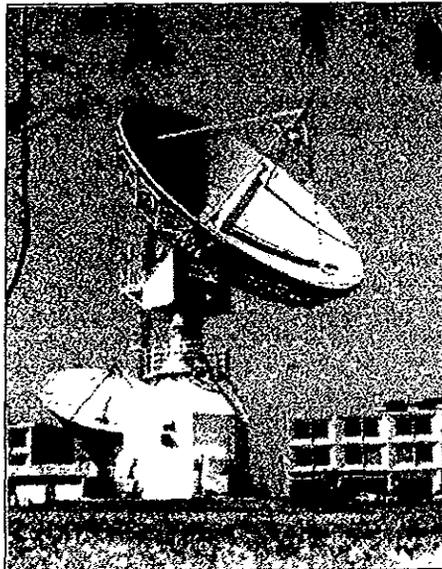


Ilustración 4.3.2 CONTEL

#### 4.4.5.- Aplicaciones.

Para nuestro país, el contar con sistemas satelitales propios, ha representado un ahorro en términos de divisas, superior a los 120 millones de dólares anuales, que serían lo que gastaríamos si tuviésemos que arrendar la capacidad utilizada.

La experiencia adquirida a través de la utilización de los Morelos, sin duda, será rebasada por los Solidaridad, de aquí que resulte interesante hacer un recuento de las aplicaciones que ha tenido nuestra primera generación de satélites.

Se utilizan para transmisiones regulares de televisión, de eventos y noticias en el momento mismo en que ocurren. Transmisiones de radio en cadena nacional o regional, transferencias financieras de bancos y casas de bolsa; comunicaciones

empresariales de voz, datos y vídeo; supervisión y monitoreo de oleoductos y líneas eléctricas. Conversaciones telefónicas de larga distancia y telefonía rural, aplicaciones especiales para la educación y la salud.

#### 4.4.6.- Los satélites Morelos y la teleinformática.

Las telecomunicaciones y a la teleinformática se encuentran estrechamente unidos, en esta era de la revolución de la información no es posible considerar la separación practica de ambos medios.



Ilustración 4.3.3 Cobertura del Morelos

En México el uso y aplicaciones de la teleinformática se han ido expandiendo significativamente. Esto ha ocasionado una alta demanda de medios de transmisión eficiente y altamente confiables, que permiten la conducción y

conmutación de señales digitales, bajo diferentes modalidades y rangos de velocidad, desde y hacia múltiples lugares de nuestro territorio.

La demanda real y potencial de conducción de señales digitales, vía El Sistema Morelos de Satélites, para el establecimiento y ampliación de servicios de teleinformática, es muy grande, lo cual demuestra la aceptación y confianza que el Sistema brinda en el área de manejo de información a distancia.

#### 4.5.- SOLIDARIDAD I II

- *Implementación de un sistema de satélites*

La responsabilidad de su construcción cayó una vez mas en la empresa Hughes Aircraft Company.

- *¿Porque el nombre de solidaridad?*

El nuevo par de satélites llevó por nombre Solidaridad, indicativo de la forma en que las telecomunicaciones por satélites están unificando a las zonas urbanas y a los lugares país entre sí y con el resto del mundo.



Ilustración 4.4 Sistema Solidaridad

- *Objetivo de implementación*

Al concluir la vida útil del Morelos I en el primer trimestre de 1994 y el Morelos en el primer trimestre de 1998, y con el propósito de mantener la continuidad en los servicios; la segunda generación de satélites mexicanos fue resultado directo de una demanda increíble de capacidad satelital por parte de

usuarios privados mexicanos, principalmente para aplicaciones de redes corporativas de voz y datos.

#### 4.5.1.- Puesta en órbita.

Se programó que los satélites Solidaridad se pusieran en órbita desde el Centro Espacial de Kourou, base de lanzamiento de Arianespace, ubicada en la Guyana Francesa, Sudamérica, en noviembre de 1993 y marzo de 1994.

Este lugar fue seleccionado debido a su cercanía con el Ecuador, lo que hace posible ahorrar combustible al lanzador. El Solidaridad 1 se lanzó en noviembre de 1993 a bordo de un cohete Ariane 44LP, en el Vuelo 61 .

En este lanzamiento se puso en órbita también al satélite meteorológico METEOSAT 6 de la ESA.

La posición orbital geosíncrona del Solidaridad 1 es 109.3 W.

El Solidaridad 2 se lanzó en octubre de 1994 a bordo de otro cohete Ariane 44LP, en el Vuelo 68.

En este lanzamiento se puso en órbita también a un satélite de comunicaciones ThaiCom 2, del gobierno de Tailandia.

La posición orbital geosíncrona del Solidaridad 2 es 113.5 W.

#### 4.5.2.- Costo

El contrato de los satélites Solidaridad, por \$184 millones de dólares, se firmó en mayo de 1991.

Hughes suministró dos satélites de alta potencia, modelo HS 601, el equipo terrestre asociado y la capacitación.

El enérgico programa requirió la entrega del primer satélite en octubre de 1993, y el segundo, tres meses más tarde. Los lanzamientos se realizaron a bordo del vehículo de lanzamiento Ariane 4 desde Kourou, Guayana Francesa.

El contrato de Solidaridad exigió una vida útil de 14 años.

#### 4.5.3.- Beneficios que ofrecen.

Los nuevos satélites permiten que Telecomm continúe brindando servicios tales como :

- \* Telefonía.
- \* Teleaudición.
- \* Comunicación de datos.

- \* Televisión.
- \* Teleconferencias.
- \* Transmisión de telefacsimiles.
- \* Redes de negocios y transmisiones de televisión educativa, empleando tecnología analógica y digital.
- \* Una de las nuevas características es la capacidad de servicios móviles a través de toda la nación.

#### 4.5.4.- Características físicas.

El satélite solidaridad es una nave espacial de cuerpo estabilizado triaxialmente. Consiste de una porción central en forma de cubo que contiene

#### Características del Sistema de Satélites Solidaridad.

SOLIDARIDAD 1	36 MHZ. BANDA C	72 MHZ. BANDA C	54 MHZ. BANDA KU
PIRE (dBW) (EOC)	R1 : 37.0 R2 : 36.2 R3 : 36.6	R1 : 40.1	R1 : 47.0 R2 : 46.40
Capacidad Instalada (Transpondedores)	12	6	16
Cobertura de las principales ciudades de Estados Unidos	Los Angeles, San Antonio y Miami	Los Angeles y San Antonio	Los Angeles, Nueva York, Miami, Houston, Dallas, y San Francisco
Cobertura de los principales países de América Latina	México, Argentina, Venezuela, Chile, Colombia y América Central	México, Guatemala y Belice	México, Guatemala, Belice y Cuba
G/T (db/K) (EOC)	R1 : 2.5 R2 : -0.5 R3 : 1.0	R1 : 2.0	R4 : 2.2 R5 : 2.5
Densidad de flujo a saturación (dBW/M <sup>2</sup> )	R1 : -92.0 R2 : -92.0 R3 : -89.0	R1 : -89.0	R4 : -95.0 R5 : -95.0
Redundancia	14 SSPAs para 12 canales	8 SSPAs para 6 canales	20 TWTA's para 16 canales 19 WTAs para 16 canales (Solidaridad II)
Potencia de Amplificadores	SSPA de 10 y 16 Watts	SSPA de 14.4 Watts	TWTA de 45 Watts
Rango de atenuación de entrada	0 a 14 dB en pasos de 2 dB	0 a 14 dB en pasos de 2 dB	0 a 22 en pasos 2 dB
Grados de tolerancia en el mantenimiento de la nave espacial	±0.05° N-S ±0.05° E-W		
COMBUSTIBLE REMANENTE AL 1° DE DICIEMBRE DE 1998.		271.821	
Vida Estimada de Operación: 14 AÑOS		Inicio de Operación: Enero de 1994.	

los sistemas electrónicos y de propulsión, y, a lo largo del eje norte-sur, tiene un par de alerones con tres paneles cada uno con arreglos de celdas solares que

miden un total de casi 21 metros de longitud. Cada nave espacial pesa casi 1,641 kg al inicio de su vida en órbita. Sus paneles solares suministrarán 3,300 vatios, y una batería de 27 celdas de níquel e hidrógeno lo alimentará durante los períodos de eclipses.

Al igual que los satélites Morelos, los Solidaridad portarán 18 transpondedores activos en la banda C, con potencia mucho más elevada para permitir la recepción por terminales pequeñas. Dado que los transpondedores cubren a varias regiones, estarán alimentados por amplificadores de potencia de estado sólido (SSPAs), de 10 y 16 vatios, construidos por Hughes.

Cuenta con 16 transpondedores activos en la banda Ku- cuatro veces la capacidad actual con amplificadores de tubos de ondas progresivas de 42.5 vatios. Además, los Solidaridad tendrán canales en la banda L para dar servicio a los usuarios que estén viajando por tierra, mar o aire o que se encuentren en zonas rurales. Este servicio cuenta con cuatro SSPAs de 21 vatios enlazados en paralelo.

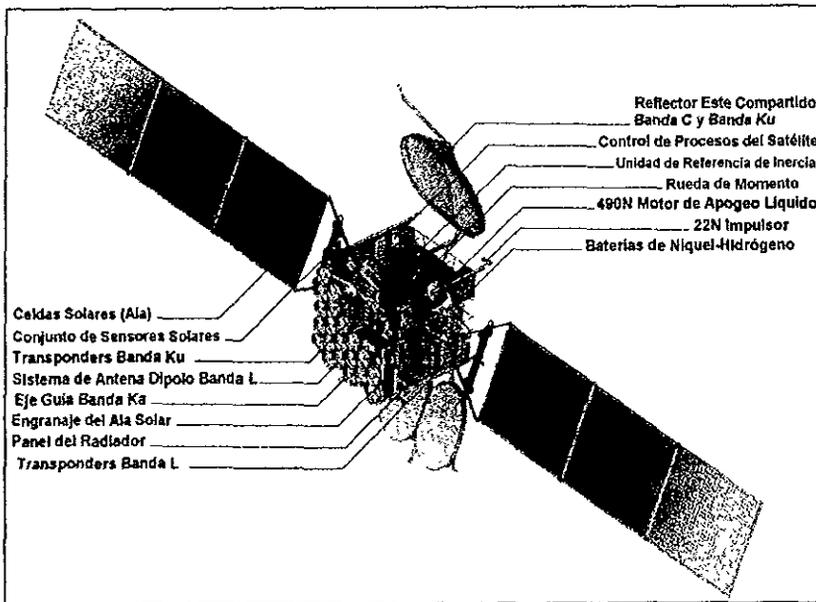


Ilustración 4.4.1 Estructura básica del satélite Solidaridad (HS-801)

#### 4.5.5.- Tamaño.

Con las antenas desplegadas, la nave espacial mide; 7.2 metros de ancho. La antena de la banda C está en el lado oeste de la nave espacial y la banda Ku en el lado este [y transmisión en banda C a Sudamérica]. Ambas antenas tienen 2.4

por 1.8 metros, son ovaladas con alerones en X y con dos superficies reflejantes, una de las cuales es sensible a la polarización vertical y la otra a la horizontal.

Una red de dipolos acoplados de la banda L, de 26 elementos, cubre el lado de la nave espacial que da la cara a la Tierra.

Las antenas del satélite Solidaridad y los paneles solares se pliegan a lo largo del cuerpo durante el lanzamiento, formando un cubo de 2.7 por 3.5 por 3.1 metros.

Un sistema de propulsión bipropulsante, probado en vuelo, incluye un motor de apogeo, integrado, de propulsante líquido. Marquardt de 490 newtons, más doce impulsores de 22 newtons para mantenerlo en su órbita.

El Sistema de Satélites Solidaridad consta de dos naves espaciales con estabilización triaxial y pertenecen a la nueva serie HS-601 de la Compañía Hughes Aircraft.

Ocuparán dos posiciones orbitales: una en los 109.2° longitud Oeste y otra, que sustituirá el Morelos I, en los 113.0° longitud Oeste.

El Morelos II mantendrá la posición de los 116.8° longitud Oeste.

Los dos satélites incluyen en su carga útil las bandas C y Ku, como los Morelos, además de una nueva banda, la L para comunicaciones móviles.

#### **4.5.6.- Cobertura.**

Los satélites Solidaridad fueron diseñados para proporcionar capacidad de comunicación satelital a México así como para los países latinoamericanos que no cuentan con infraestructura propia de este tipo, a través de varios repetidores en su banda C.

Este diseño pretende aumentar las relaciones comerciales y culturales entre los países de la región latinoamericana.

Todas las bandas cubren México y la cobertura de las bandas C y Ku se extiende hasta el suroeste de los Estados Unidos.

Además, los haces de punto de la banda Ku llegan a ciudades estadounidenses tan importantes como Chicago, Dallas, Houston, Los Angeles, Miami, Nueva York, San Antonio, San Francisco, Tampa y Washington, D.C. La cobertura de la banda C incluye el Caribe, Centro y Sudamérica.

Gracias a esto los satélites Solidaridad permiten una comunicación directa entre México y las principales ciudades de Estados Unidos y Canadá, que se espera refuerce el intercambio comercial entre los tres países.

Es necesario destacar que el nuevo sistema de telecomunicaciones es de cobertura doméstica y regional, es decir, abarca México, su mar patrimonial, parte de Estados Unidos y Canadá, así como el Caribe, Centro y Sudamérica.

#### 4.6.- IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE SATÉLITES.

Para México, el tener sistemas satelitales propios, ha representado un ahorro en términos de divisas, superior a los 120 millones de dólares anuales, que sería el costo si tuviésemos que arrendar la capacidad utilizada.

La experiencia adquirida a través de la utilización de los Morelos, sin duda, será rebasada por los Solidaridad, de aquí que resulte interesante hacer un recuento de las aplicaciones que ha tenido nuestra primera generación de satélites.

Los usos que ofrece un satélite son muy variados. Se utilizan para transmisiones regulares de televisión, de eventos y noticias en el momento mismo en que ocurren; para las transmisiones de radio en cadena nacional o regional, así como para el envío de noticias entre diferentes agencias de noticias, periódicos y demás medios de comunicación; comunicaciones empresariales de voz de datos y video; conversaciones telefónicas de larga distancia y telefonía rural; supervisión y monitoreo de oleoductos y líneas eléctricas; las transferencias financieras de bancos y casas de bolsa, además de aplicaciones especiales para la educación y la salud.

Para ofrecer el servicio de telefonía básica, la empresa Teléfonos de México ocupa el 10 por ciento de la capacidad de los satélites, lo que permite enlazar a las principales ciudades del país con regiones de difícil acceso para otro medio de comunicación.

En materia de telefonía rural, la cobertura de los satélites abarca siete entidades del territorio nacional: Oaxaca, Chiapas, Yucatán, Nuevo León, Chihuahua, Jalisco y Baja California Sur, prestando este importante servicio a poblaciones menores a los 2, 500 habitantes.

Los servicios de televisión permiten tener cobertura sobre el 70 por ciento de la población del país, a través de las dos cadenas nacionales (Televisa y Televisión Azteca) y de doce redes nacionales en la banda UHF, adicionalmente a los servicios que proporcionan por cable algunas compañías afiliadas a la Cámara Nacional de la Industria de Televisión por Cable, como por ejemplo Multivisión o Cablevisión.

Recientemente se ha incorporado la tecnología de video comprimido, sistema que permite la ubicación de hasta seis canales de televisión en la misma capacidad en la que hasta hace poco sólo podía cursarse uno.

Los servicios de radio se proporcionan a través de 1, 057 estaciones distribuidas en todo el país, de las cuales 727 operan en la banda de Frecuencia Modulada. Es importante destacar que las radiodifusoras están cambiando a tecnología de transmisión digital y que, algunas de ellas, llegan a las principales ciudades del sur de Estados Unidos con población hispanoparlante.

En este mismo rubro, el Instituto Mexicano de la Radio cuenta con 19 estaciones en todo el territorio nacional, que difunden programas informativos y culturales.

Por otra parte, el Instituto Nacional Indigenista opera 12 radioemisoras en diferentes comunidades del país, cuyas transmisiones se difunden en las lenguas de esas etnias.

Los servicios educativos hacen uso del sistema de satélites Morelos para el programa de telesecundaria que llega a 8, 725 centros escolares.

El Hospital Infantil cuenta con el Centro Mexicano de Educación para la Salud por medio de satélites, el cual ofrece servicios médicos a distancia y de monitoreo de emergencias, así como de videoconferencias.

Los principales centros de educación del país tienen el apoyo de las telecomunicaciones, ya que vía satélite transmiten videoconferencias que en forma simultánea enlazan dos puntos con imagen y voz.

Cabe destacar la utilización de los sistemas satelitales que han representado una mayor dinámica; el establecimiento de redes privadas para voz y datos, imprescindibles para las instituciones gubernamentales, empresas financieras, manufactureras, comerciales y productoras de insumos, viéndose fortalecida las operaciones de la micro y mediana industria.

Los servicios de los Morelos son asimismo, utilizados por los bancos y casas de bolsas como elemento importante para el funcionamiento de sus redes de telecomunicaciones, mismas que permiten atender al 55 por ciento de la población del país.

## CONCLUSIONES.

La aportación de Arthur Clarke fue muy importante en el desarrollo de la comunicación mundial por medio de tres satélites artificiales.

Con el invento del satélite, es notorio su avance en las comunicaciones, respecto a las microondas.

Los satélites tienen varias aplicaciones como militares o de investigación, aunque aquí solo se hizo referencia a los satélites de comunicaciones.

Los servicios satelitales constituyen la última solución de telecomunicaciones para suministrar antes del fin de siglo, conectividad global, desde o hacia cualquier punto en la superficie de la tierra.

Transmitir comunicaciones móviles de voz y datos vía satélite no es un concepto nuevo; lo novedoso son los planes de suministrar, basado en satélites, comunicaciones globales de voz y datos a dispositivos portátiles de bolsillo.

Con la creación de los satélites Morelos y Solidaridad en México se ha percibido un gran avance en las telecomunicaciones del país.

Los nuevos satélites permiten que Telecomm continúe brindando servicios tales como telefonía, Teleaudición, comunicación de datos, televisión, teleconferencias, transmisión de telefacsímiles, redes de negocios y transmisiones de televisión educativa, empleando tecnología Analógica y digital. Una de las nuevas características es la capacidad de servicios móviles a través de toda la nación.

El uso extensivo de los satélites no prejuzga el posible uso futuro de las redes telefónicas terrestres, además, se considera que los sistemas satélites tienen su mercado natural en los segmentos aplicaciones en los que las redes terrestres son eficientes o no pueden operar. Así, ambos modos se complementan y se apoyan mutuamente. En un posible futuro, el acceso del individuo a Internet se realizará vía red telefónica terrestre, pero recepción y descarga de datos probablemente será efectuada a través de una antena parabólica doméstica. Estaríamos ante una simbiosis natural que en principio aseguraría la existencia desarrollo de ambos sistemas en aplicaciones novedosas.

Cabe destacar la utilización de los sistemas satelitales Solidaridad y Morelos que han representado una mayor dinámica; el establecimiento de redes privadas para voz y datos, imprescindibles para las instituciones gubernamentales, empresas financieras, manufactureras, comerciales y productoras de insumos, viéndose fortalecidas las operaciones de la micro y mediana industria.

**GLOSARIO.**

En este apartado expondremos una serie de definiciones de términos de interés para los aficionados al mundo de los satélites.

**ACS:** Subsistema de control de actitud (Attitude Control Subsystem).

**Agencia Espacial Europea:** Un consorcio de grupos gubernamentales europeos dedicados al desarrollo de la exploración espacial.

**Altitud:** Es la distancia entre el satélite y el punto de la tierra directamente debajo de él.

**Adquisición de señal (AOS):** Es el momento del tiempo, en hora, minutos y segundos, en el cual una estación receptora terrestre comienza a recibir las señales que emite un satélite.

**Ancho de banda:** La diferencia entre la frecuencia máxima y la mínima contenidas en una señal.

**Apogeo:** El punto de la órbita de un satélite más lejos del centro de la tierra.

**Argumento de perigeo:** Este valor es el número de grados desde el nodo ascendente al perigeo. El perigeo es el punto donde el satélite se encuentra más próximo a la tierra, este número es un valor real entre el 0 y 360.

**Atenuación:** Disminución en la magnitud de una señal.

**Azimut:** El ángulo medido en el plano de el horizonte desde el Norte verdadero y en el sentido de las agujas del reloj al plano vertical donde se encuentra inmerso el satélite.

**Banda:** Conjunto de frecuencias comprendidas y pertenecientes a un espectro o gama de mayor extensión, la clasificación adoptada internacionalmente esta basada en bandas numeradas que van de la que se ubica de los  $0.3 \times 10^n$  Hz. En el cual  $n$  es el número de bandas.

**Banda C:** Es el rango de frecuencias que se encuentra en los límites de 3.7 y 6.4 GHz. Esta banda se utiliza tanto para transmisiones de microondas como de satélites, es muy usada en las transmisiones de televisión.

**Banda Ku:** Es el rango de frecuencias que se encuentra en los límites de 11.7 y 14.5 GHz. Esta banda se utiliza únicamente para transmisiones por satélite.

**Banda L:** Es el rango de frecuencias que se encuentra en los límites de 0.94 y 1.55 GHz. Esta banda es muy utilizada en las comunicaciones móviles vía satélite.

**CCITT:** Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía.

**Cinturón de Clarke:** Se llama así a la órbita circular situada a 35800 km. (22247 millas) sobre el Ecuador, órbita utilizada por los satélites de telecomunicaciones y nombrada así en homenaje al escritor Arthur C. Clarke el cual la dio a conocer en un artículo publicado en una revista en 1947.

**Cobertura:** Es el área geográfica que está incluida en una red o un servicio de telecomunicaciones.

**Declinación:** La distancia angular desde el ecuador al satélite, esta medida es positiva en el norte y negativa en el sur.

**Efecto doppler:** Diferencia en la frecuencia observada entre la frecuencia de la señal transmitida y la señal recibida de un satélite cuando el transmisor y el receptor están en movimiento relativo.

**Elevación:** Angulo sobre el plano del horizonte entre este y el satélite.

**Enlace ascendente (uplink):** Un radioenlace originado en una estación de tierra y dirigido a una nave.

**Enlace descendente (downlink):** Un radioenlace originado en una nave y terminando en una o más estaciones de tierra.

**Estación de tierra:** Una estación de radio situada en, o cerca de la superficie de la tierra, diseñada para recibir señales de, o transmitir señales a una nave.

**FCC:** Comisión Federal de Comunicaciones.

**GEO:** Órbita geoestacionaria.

**GTO:** Órbita de Transferencia Geoestacionaria. Órbita temporal, antecesora del ingreso del satélite a la órbita (GEO).

**IEEE:** Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

**ITU:** Unión Internacional de Telecomunicaciones.

**Inclinación:** El ángulo Entre el plano de la órbita y el plano ecuatorial de la tierra, medido en el mismo sentido de las agujas del reloj. 0 grados de la inclinación pudiera describir un satélite orbitando en la misma dirección que la rotación de la tierra directamente sobre el ecuador, 90 grados de inclinación pudiera tener el satélite orbitando directamente sobre ambos polos de la tierra. Una inclinación de 180 grados pudiera tener al satélite orbitando otra vez directamente sobre el ecuador, pero en la dirección opuesta a la rotación de la tierra. La inclinación viene dada por un número real comprendido entre 0 y 180 grados.

**LEO:** Órbita baja.

**MEO:** Órbita media.

**Motor de apogeo:** Motor que se activa en la transferencia del satélite de una órbita GTO a GEO.

**Modulación:** Proceso por la cual se varían algunas características de una onda junto con otra onda o señal.

**Motor de perigeo:** Motor que se activa al entrar el satélite a la órbita GTO.

**N.A.S.A.:** Agencia administrativa de Estados Unidos dedicada a la exploración del espacio.

**Órbita de transferencia geoestacionaria (GTO):** Órbita elíptica temporal que toma un satélite de telecomunicaciones después de su lanzamiento con prioridad a la órbita geoestacionaria final.

**Perigeo:** El punto en la órbita del satélite que se encuentra más cercano a la superficie de la tierra.

**P.I.R.E.:** Potencia Isotrópica Radiada Efectiva. Potencia de la recepción de las señales en un satélite.

**Plano Ecuatorial:** Un plano imaginario que pasa a través del centro de la tierra y del ecuador.

**Telebanco:** Realización de operaciones bancarias mediante el uso de las telecomunicaciones.

**TELECOMM:** Telecomunicaciones de México, es un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios, cuyo objeto

principal es la prestación del servicio público de telégrafos y los de telecomunicaciones.

**Telecompras:** Realización de transacciones de compra-venta mediante el uso de las telecomunicaciones.

**Teleconferencias:** Realización de conferencias y juntas entre personas utilizando redes de telecomunicaciones.

**Telemedicina:** Algunas actividades de la medicina, tales como diagnóstico remoto o transmisión de imágenes radiológicas, realizadas mediante la utilización de redes de telecomunicaciones.

**TLM:** Acrónimo para telemetría.

**Transponder:** Dispositivo a bordo de una nave que recibe señales de radio correspondientes a una banda de frecuencias determinada, las amplifica y desplaza su frecuencia a otra del espectro y la retransmite.

**VSAT:** Redes de Comunicaciones Fijas por Satélite.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## BIBLIOGRAFÍA.

- [1] "*Satélites de Comunicaciones*", Neri Vela Rodolfo. Editorial: McGraw-Hill.
- [2] "*Sistemas de Telecomunicación Vía Satélite*", James Wood. Editorial: Paraninfo
- [3] "*Newnes Guide to Satellite TV*", D.J. Stephenson. Editorial: Butterworth-Heinemann Ltd. Newnes. 1994.
- [4] "*Mundo Electrónico*", Mayo 1995.
- [5] IEEE Spectrum, March 1994.
- [6] "*Satellite Communications*", T.Bratt & C.W. Bostian. John Willey & Sons. 1986.
- [7] "*Televisión Vía Satélite*", René Benson. Editorial: Paraninfo 1995.
- [8] "*Temas de Telecomunicación Espacial*", Felipe Peñaranda Foix, Miguel Ferrando Ballester. SPUPV-94.385.
- [9] "*Antenas*", Angel Cardama Aznar, Ediciones UPC.
- [10] "*Telecomunicaciones Móviles*", Serie Mundo Electrónico. Editorial: Alfaomega-Marcombo, 1995.
- [11] "*Sistemas de Comunicación Móvil*", Lara Rodríguez Domingo, Muñoz Rodríguez David, Rosas García Salvador. Editorial: Alfaomega, 1992.
- [12] "*Apuntes de Seminario de Comunicaciones*", Ing. Juan González Vega. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.
- [13] "*Satellites in the Wireless Revolution: the Need for Realistic Perspectives*", Frieden Rob, vol. 28, núm.6, junio de 1994.
- [14] "*El Amanecer de las Comunicaciones por Satélite*", Alvarez Bobadilla Flor, México, D.F., año III, núm.9, p25.
- [15] "*Satélites artificiales, sus aplicaciones y consecuencias que de ellas se derivan*", Gall Ruth. México, FCE, 1986.

## INTERNET:

- [16] <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Hangar/7736/sistemas.html>
- [17] <http://www.gr.ssr.upm.es/rci/assignatura.htm>
- [18] <http://modelos1.atmosfcu.unam.mx/~aguilar/clarke/ACC.Biography.html>
- [19] <http://www.hughespace.com/factsheets/376/376fleet.html>
- [20] <http://www.hughespace.com/factsheets/376/morelos/morelos.html>

- 
- [21] <http://www.hughespace.com/factsheets/601/solidaridad/solidaridad.html>
  - [22] <http://www.coitt.es/revista/r139-1.htm>
  - [23] <http://alejandria.org.mx/clarke>
  - [24] <http://lanic.utexas.edu/la/Mexico/telecom/cap2.html>
  - [25] <http://lanic.utexas.edu/la/Mexico/telecom/cap6.html>
  - [26] <http://explorador.lander.es/Informatica/Telecomunicaciones/Radio/>
  - [27] [http://electronica.cicese.mx/interes/sats\\_mex.html](http://electronica.cicese.mx/interes/sats_mex.html)
  - [28] <http://electronica.cicese.mx/interes/lanzador.html>
  - [29] <http://electronica.cicese.mx/interes/morelos/morelos.html>
  - [30] <http://electronica.cicese.mx/interes/solidaridad/solidaridad.html>
  - [31] <http://www.nasa.com>
  - [32] <http://www.esa.com>
  - [33] <http://www.telefonica.es>
  - [34] [http://www.etsit.upv.es/asig/5º/tel\\_espai](http://www.etsit.upv.es/asig/5º/tel_espai)
  - [35] <http://www.esrin.esa.it>
  - [36] <http://www.ksc.nasa.gov/shuttle/missions>
  - [37] <http://www.ksc.nasa.gov/shuttle/technology>
  - [38] [http://www.un.or.at/OOSA\\_Kiosk](http://www.un.or.at/OOSA_Kiosk)
  - [39] <http://www.inmarsat.org>
  - [40] <http://www.ptt.telecom.nl>
  - [41] <http://www.wp.com>
  - [42] <http://www.informatica.aragon.unam.mx/satellite>