

# Los Satélites de Comunicaciones

Orlando José GAETANO HADAD

## Resumen

El presente trabajo contiene las principales características de los satélites de comunicaciones. Inicialmente se hace una introducción a la Mecánica Celeste. Luego se realiza un amplio estudio de los principios físicos que propician la puesta en órbita de la tecnología satelital, su principio de funcionamiento, así como la importancia que representan los satélites para las comunicaciones de la época actual.

## Abstract

The present work contains the main characteristics of the satellites of communications. Initially, is made an introduction to Mechanical Celeste. Then is carried out a wide study of the physical principles that allow the setting in orbit of the satelital technology, their operation principle, as well as the importance that represent the satellites for the communications of the current time.

## Introducción

La especie humana es de carácter social, es decir, necesita de la comunicación; pues de otra manera viviríamos completamente aislados. Así, desde los inicios de la especie, la comunicación fue evolucionando hasta llegar a la más sofisticada tecnología, para lograr acercar espacios y tener mayor velocidad en el proceso. Las primeras manifestaciones en la comunicación de la especie humana fueron la voz, las señales de humo y sus dibujos pictóricos; posteriormente al evolucionar, fue la escritura, el elemento que permitió desarrollar las culturas que hoy se conocen. Las artes como la música y el teatro, forman parte fundamental en la formación y desarrollo de la misma especie y sus culturas. Con el desarrollo de las civilizaciones y de las lenguas escritas surgió también la necesidad de comunicarse a distancia de forma regular, con el fin de facilitar el comercio entre las diferentes naciones e imperios.

La tecnología satelital se remonta a tiempos muy remotos, cuando el hombre empezó a medir los movimientos de las estrellas, dando origen a una de las ramas más antiguas de la ciencia, la Mecánica Celeste. Mucho después, se empezaron a realizar los primeros cálculos científicos sobre la tasa de velocidad necesaria para superar el tirón gravitacional de la Tierra.

No fue sino hasta 1945, cuando el entonces Secretario de la Sociedad Interplanetaria Británica, Arthur C. Clarke, publicó un artículo -que muchos calificaron como fantasioso- acerca de la posibilidad de transmitir señales de radio y televisión a través de largas distancias (transatlánticas) sin la necesidad de cables coaxiales (en el caso de la televisión o relevadores en el de la radio), proponiendo un satélite artificial ubicado a una altura de 36 mil km, que girara alrededor de la Tierra una vez cada 24 horas, de tal forma que se percibiera como fijo sobre un punto determinado y, por lo tanto, cubriendo en su transmisión una fracción de la superficie terrestre. Este artefacto estaría equipado con instrumentos para recibir y transmitir señales entre él mismo y uno o varios puntos desde tierra; también, añadía que para hacer posible la cobertura de todo el planeta habrían de colocarse tres de estos satélites de manera equidistante a la altura mencionada, en la línea del Ecuador. El artículo presentaba, además, algunos cálculos sobre la energía que se requeriría para que dichos satélites funcionaran, y para ello proponía el aprovechamiento de la energía solar.

La relación existente entre la Mecánica Celeste y el universo de las Telecomunicaciones resulta un problema a resolver por el Departamento de Física de la Universidad de Oriente.

En hipótesis, si se realiza una búsqueda de la información actualizada existente acerca de la Mecánica Celeste, y se establece una relación con la tecnología satelital, se demostrará la gran importancia que representan las leyes físicas, en especial las que rigen el movimiento de los satélites, en las Telecomunicaciones del mundo actual.

## **Desarrollo**

### **¿Qué son los satélites artificiales?**

En el mundo actual, el término Telecomunicación define un conjunto de medios de comunicación a distancia o transmisión de palabras, sonidos, imágenes o datos en forma de impulsos o señales electrónicas o electromagnéticas. Un papel importante en las telecomunicaciones lo juegan los satélites artificiales.

Debemos definir al satélite de comunicaciones como "un repetidor radioeléctrico ubicado en el espacio, que recibe señales generadas en la tierra, las amplifica y las vuelve a enviar a la tierra". Es decir es un centro de comunicaciones que procesa datos recibidos desde nuestro planeta y los envía de regreso, bien al punto que envió la señal, bien a otro distinto. Los satélites pueden manipular datos, complementándolos con información del espacio exterior, o pueden servir sólo como un espejo que rebota la señal.

Muchos funcionan a partir de celdas solares, que alimentan sus centros de energía al convertir los rayos solares en energía eléctrica (las enormes aspas de molino que los caracterizaron durante años). No obstante, dicha tecnología va siendo sustituida por turbogeneradores que producen energía a partir del calor solar y de las reacciones nucleares, que son más pequeños y livianos que las celdas. Actualmente se desarrolla el uso de radioisótopos como fuentes de poder, pero todavía están en periodo de prueba.

La velocidad con que un satélite gira alrededor de la tierra está dada por la distancia entre ambos, ya que el mismo se ubicará en aquellos puntos en los que la fuerza de gravedad se equilibre con las de fuerza centrífuga; cuanto mayor es esa distancia, menor es la velocidad

que necesita el mismo para mantenerse en órbita.

Es importante señalar que todo aparato debe quedar por encima de las cien millas de altitud respecto a la superficie de la Tierra, para que no sean derrumbados por la fuerza de gravedad terrestre. Los satélites ubicados en promedio a 321.80 kilómetros de altitud se consideran de órbita baja; y de órbita alta los que alcanzan distancias hasta de 35, 880 kilómetros sobre la superficie.

Los satélites son controlados desde estaciones terrestres que reciben su información y la procesan, pero que también monitorean el comportamiento y órbita de los aparatos. Por lo general, los centros terrenos no son aparatosas instalaciones, sino más bien pequeños tableros con poco personal que sin embargo controlan funciones geoespaciales especializadas.

### **Fundamentos físicos para su funcionamiento**

Para entender el funcionamiento de un satélite de comunicaciones y su mantenimiento en órbita, primero hay que referirse a términos tales como:

#### Órbitas

Llamamos órbita al recorrido o trayectoria de un cuerpo a través del espacio bajo la influencia de fuerzas de atracción o repulsión de un segundo cuerpo. Tiene la forma de una cónica —un círculo, elipse, parábola o hipérbola— con el cuerpo central en uno de los focos de la curva.

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

La Mecánica Orbital, es aplicada a los satélites artificiales, la cual está basada en la Mecánica Celeste, una rama de la física clásica, la cual comenzó con dos gigantes de la física: Kepler y Newton durante el siglo XVII.

Lagrange, Laplace, Gauss, Hamilton, y muchos otros, también contribuyeron al refinamiento matemático de la teoría, empezando con las nociones básicas de la gravitación universal, las leyes de Newton del movimiento, y los principios de conservación de la energía y el momentum.

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

#### Leyes de Kepler

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

1. La órbita de cada planeta (satélite) es una elipse con el sol (tierra) en uno de sus focos. El punto de la órbita en el cual el planeta está más cerca del sol se denomina *Perigeo*, y el punto donde está más lejos del sol se le denomina *Apogeo*.

2. La línea que une al sol (tierra) al planeta (satélite) barre áreas iguales en tiempos iguales. Se puede ver claramente los efectos de esta ley observando que el planeta Tierra circula por su órbita a diferentes velocidades. Así cuando es invierno en el hemisferio Norte (estamos más cerca del Sol) lleva una velocidad de traslación mayor que en verano. Esto es así porque al ser menor el radio vector debe recorrer mayor arco para igualar el área barrida en verano, cuando está más lejos. Para recorrer más arco en el mismo tiempo tiene que ir a mayor velocidad.
3. El cuadrado del periodo de revolución es proporcional al cubo de su eje mayor.

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

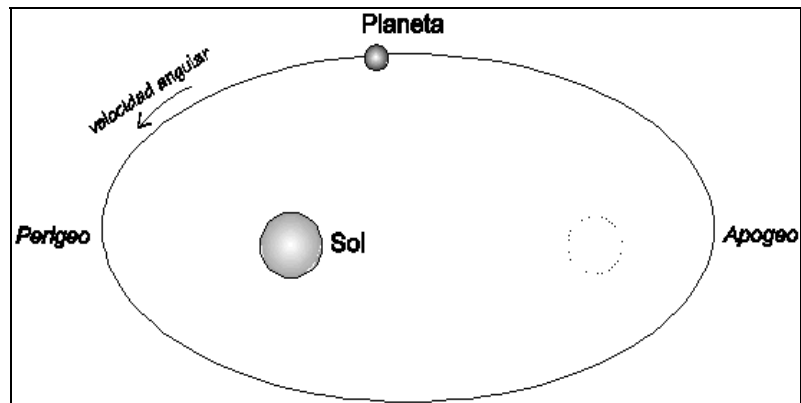


Fig. 1 Apogeo y Perigeo de una trayectoria orbital celeste.

### Leyes de Newton

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

$$F = GMm/r^2$$

Donde  $G$  es la constante de gravitación universal, y en este caso, con  $m$  se refiere a la masa del satélite y  $M$  la masa de la Tierra. La segunda ley de Newton nos dice que la aceleración de un cuerpo es proporcional a la fuerza que actúa en ella e inversamente proporcional a sus masas,

- Donde  $a = dv/dt$  es la aceleración,  $v$  es la velocidad, y  $t$  es el tiempo.
- $F = ma = m dv/dt$

Dos satélites en la misma órbita no pueden tener diferentes velocidades. Para las órbitas circulares, la velocidad es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su radio. Si un satélite, inicialmente en una órbita circular sobre la tierra, se le es incrementada su velocidad por un impulso, no podrá moverse más rápido en esa órbita. En vez de eso, la órbita se convertirá en elíptica, con el perigeo en el punto donde ocurra el impulso.

## Tipos de Orbitas Satelitales

### *Clasificación por centro*

- Órbita galactocéntrica: órbita alrededor del centro de una galaxia. El Sol terrestre sigue éste tipo de órbita alrededor del centro galáctico de la Vía Láctea.
- Órbita heliocéntrica: una órbita alrededor del Sol. En el Sistema Solar, los planetas, cometas y asteroides siguen esa órbita, además de satélites artificiales y basura espacial.
- Órbita geocéntrica: una órbita alrededor de la Tierra. Existen aproximadamente 2.465 satélites artificiales orbitando alrededor de la Tierra.
- Órbita areocéntrica: una órbita alrededor de Marte.

### *Clasificación por altitud.*

- Órbita baja terrestre (LEO): una órbita geocéntrica a una altitud de 0 a 2.000 km.
- Órbita media terrestre (MEO): una órbita geocéntrica con una altitud entre 2.000 km y hasta el límite de la órbita geosíncrona de 35.786 km. También se la conoce como órbita circular intermedia.
- Órbita alta terrestre (HEO): una órbita geocéntrica por encima de la órbita geosíncrona de 35.786 km; también conocida como órbita muy excéntrica u órbita muy elíptica.

### *Clasificación por inclinación*

- Órbita inclinada: una órbita cuya inclinación orbital no es cero.
- Órbita polar: una órbita que pasa por encima de los polos del planeta. Por tanto, tiene una inclinación de  $90^\circ$  o aproximada.
- Órbita polar heliosíncrona: una órbita casi polar que pasa por el ecuador terrestre a la misma hora local en cada pasada.

### *Clasificación por excentricidad*

- Órbita circular: una órbita cuya excentricidad es cero y su trayectoria es un círculo.
- Órbita de transferencia de Hohmann: una maniobra orbital que traslada a una nave desde una órbita circular a otra.
- Órbita elíptica: una órbita cuya excentricidad es mayor que cero pero menor que uno y su trayectoria tiene forma de elipse.
- Órbita de transferencia geosíncrona: una órbita elíptica cuyo perigeo es la altitud de una órbita baja terrestre y su apogeo es la de una órbita geosíncrona.
- Órbita de transferencia geoestacionaria: una órbita elíptica cuyo perigeo es la altitud de una órbita baja terrestre y su apogeo es la de una órbita geoestacionaria.
- Órbita de Molniya: una órbita muy excéntrica con una inclinación de  $63,4^\circ$  y un período orbital igual a la mitad de un día sideral (unas doce horas).
- Órbita tundra: una órbita muy excéntrica con una inclinación de  $63,4^\circ$  y un período orbital igual a un día sideral (unas 24 horas).
- Órbita hiperbólica: una órbita cuya excentricidad es mayor que uno. En tales órbitas, la nave escapa de la atracción gravitacional y continua su vuelo indefinidamente.
- Órbita parabólica: una órbita cuya excentricidad es igual a uno. En estas órbitas, la velocidad es igual a la velocidad de escape.
- Órbita de escape: una órbita parabólica de velocidad alta donde el objeto se aleja del planeta.
- Órbita de captura: una órbita parabólica de velocidad alta donde el objeto se acerca del planeta.

### *Clasificación por sincronía*

Órbita síncrona: una órbita donde el satélite tiene un periodo orbital igual al periodo de rotación del objeto principal y en la misma dirección. Desde el suelo, un satélite trazaría una analema en el cielo.

- Órbita semisíncrona: una órbita a una altitud de 12.544 km aproximadamente y un periodo orbital de unas 12 horas.
- Órbita geosíncrona: una órbita a una altitud de 35.768 km. Estos satélites trazarían una analema en el cielo.
- Órbita geoestacionaria: una órbita geosíncrona con inclinación cero. Para un observador en el suelo, el satélite parecería un punto fijo en el cielo.
- Órbita cementerio: una órbita a unos cientos de kilómetros por encima de la geosíncrona donde se trasladan los satélites cuando acaba su vida útil.
- Órbita areosíncrona: una órbita síncrona alrededor del planeta Marte con un periodo orbital igual al día sideral de Marte, 24,6229 horas.
- Órbita areoestacionaria: una órbita areosíncrona circular sobre el plano ecuatorial a unos 17.000 km de altitud. Similar a la órbita geoestacionaria pero en Marte.
- Órbita heliosíncrona: una órbita heliocéntrica sobre el Sol donde el periodo orbital del satélite es igual al periodo de rotación del Sol. Se sitúa a aproximadamente 0,1628 UA.

### *Otras órbitas*

- Órbita de herradura: una órbita en la que un observador parecer ver que órbita sobre un planeta pero en realidad coorbita con el planeta. Un ejemplo es el asteroide (3753) Cruithne.
- Punto de Lagrange: los satélites también pueden orbitar sobre estas posiciones.

### *Puesta en órbita*

Para orbitar un satélite debemos elevarlo mediante poderosos cohetes hasta una altura determinada la cual (aunque varía de un satélite a otro notablemente), no debe ser menor a 150 Km para que en la región donde el satélite se moverá la atmósfera esté enrarecida y así la fuerza resultante del aire no perturbe la órbita del satélite.

Cuando alcanza la altura deseada el satélite también por medio de cohetes es lanzado horizontalmente a una velocidad conocida, en cuestión de la órbita necesitada para el satélite. Por ejemplo, está en relación directa con el período de revolución requerido para el satélite

La Tierra ejercerá sobre dicho satélite una fuerza de atracción, propiciada por la ley de Gravitación Universal, que alterará la dirección de la velocidad provocando que describa una trayectoria curvilínea.

Una vez puesto en órbita, y si no existe perturbación alguna, este continuará girando indefinidamente entorno a la Tierra.

Suponiendo todas las trayectorias elípticas, y que la trayectoria circular es una elipse especial, se probará como la fuerza gravitatoria proporciona la fuerza centrípeta (*fuerza dirigida hacia un centro, que hace que un objeto se desplace en una trayectoria circular, Por ejemplo, supongamos que atamos una pelota a una cuerda y la hacemos girar en círculo a velocidad constante. La pelota se mueve en una trayectoria circular porque la cuerda ejerce sobre ella una fuerza centrípeta*) necesaria para el movimiento elíptico:

Dado  $F=GMm/a^2$ ,  $GMm/a^2 = m\omega^2a$ , reemplazando  $\omega$  por  $2\pi/T$ , obtiene  $T^2 = (4\pi^2/GM) a^3$

Téngase en cuenta que para órbitas circulares, el semieje mayor  $a$  se reemplaza por el radio de la órbita  $r$ .

Se pensará que si la Ley de Gravitación es universal, entonces todo cuerpo con masa considerable en el espacio realizará una fuerza en torno a un satélite artificial puesto en órbita por el hombre. En teoría resulta verdadera tal afirmación, de hecho Newton utilizando una vez demostró que las variaciones en la órbita de un planeta determinado se deben a las atracciones que los demás planetas ejercen sobre él. En la puesta en órbita de un satélite, se calcula la posición lo suficientemente cerca como para que la única fuerza de atracción gravitacional considerable sea la provocada por la atracción terrestre.

Ejemplo de una órbita ideal para un satélite Geoestacionario:

| <b>PARÁMETROS DE UNA ÓRBITA GEOESTACIONARIA IDEAL</b> |                       |
|---|-----------------------|
| Periodo del satélite (T)                              | 23 hr, 56 min., 4 seg |
| Radio de la Tierra (r)                                | 6,377 Km              |
| Altitud del satélite (h)                              | 35,779 Km             |
| Radio de la Órbita (d = r+h)                          | 42,157 Km             |
| Inclinación (respecto al ecuador)                     | 0                     |
| Velocidad tangencial del satélite (v)                 | 3.074 km/seg          |
| Excentricidad de la órbita                            | 0                     |

**Tabla 1** Parámetros de una órbita Geoestacionaria Ideal

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

**Tabla 2** Principales perturbaciones de una órbita Geoestacionaria

## Los satélites según sus órbitas

- *Satélites LEO (Low Earth Orbit, que significa órbitas bajas)* Orbitan la Tierra a una distancia de 160-2000 km y su velocidad les permite dar una vuelta al mundo en 90 minutos. Se usan para proporcionar datos geológicos sobre movimiento de placas terrestres y para la industria de la telefonía satélite.
- *Satélites MEO (Medium Earth Orbit, órbitas medias)*. Son satélites con órbitas medianamente cercanas, de unos 10.000 km. Su uso se destina a comunicaciones de telefonía y televisión, y a las mediciones de experimentos espaciales.
- *Satélites HEO (Highly Elliptical Orbit, órbitas muy elípticas)*. Estos satélites no siguen una órbita circular, sino que su órbita es elíptica. Esto supone que alcanzan distancias mucho mayores en el punto de órbita más alejada. A menudo se utilizan para cartografiar la superficie de la Tierra, ya que pueden detectar un gran ángulo de superficie terrestre.
- *Satélites GEO*. Tienen una velocidad de traslación igual a la velocidad de rotación de la Tierra, lo que supone que se encuentren suspendidos sobre un mismo punto del globo terrestre. Por eso se llaman satélites geoestacionarios. Para que la Tierra y el satélite igualen sus velocidades es necesario que este último se encuentre a una distancia fija de 35.800 km sobre el ecuador. Se destinan a emisiones de televisión y de telefonía, a la transmisión de datos a larga distancia, y a la detección y difusión de datos meteorológicos.

## Emisión y recepción, funcionamiento y usos

En la actualidad, este tipo de comunicación puede imaginarse como si tuviésemos un enorme repetidor de microondas en el cielo. Está constituido por uno o más dispositivos receptor-transmisores, cada uno de los cuales escucha una parte del espectro, amplificando la señal de entrada y retransmitiendo a otra frecuencia para evitar los efectos de interferencia.

Cada una de las bandas utilizadas en los satélites se divide en canales. Para cada canal suele haber en el satélite un repetidor, llamado transponder o transpondedor, que se ocupa de capturar la señal ascendente y retransmitirla de nuevo hacia la tierra en la frecuencia que le corresponde.

Cada canal puede tener un ancho de banda de 27 a 72 MHz y puede utilizarse para enviar señales analógicas de vídeo y/o audio, o señales digitales que puedan corresponder a televisión (normal o en alta definición), radio digital (calidad CD), conversaciones telefónicas digitalizadas, datos, etc. La eficiencia que se obtiene suele ser de 1 bit/s por Hz; así, por ejemplo, un canal de 50 MHz permitiría transmitir un total de 50 Mbit/s de información.

Un satélite típico divide su ancho de banda de 500 MHz en unos doce receptores-transmisores de un ancho de banda de 36 MHz cada uno. Cada par puede emplearse para codificar un flujo de información de 500 Mbit/s, 800 canales de voz digitalizada de 64 kbit/s, o bien, otras combinaciones diferentes.

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



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

En los primeros satélites, la división en canales era estática, separando el ancho de banda en bandas de frecuencias fijas. En la actualidad el canal se separa en el tiempo, primero en una estación, luego otra, y así sucesivamente. El sistema se denomina multiplexión por división en el tiempo. También tenían un solo haz espacial que cubría todas las estaciones terrestres. Con los desarrollos experimentados en microelectrónica, un satélite moderno posee múltiples antenas y pares receptor-transmisor. Cada haz de información proveniente del satélite puede enfocarse sobre un área muy pequeña de forma que pueden hacerse simultáneamente varias transmisiones hacia o desde el satélite. A estas transmisiones se les llama 'traza de ondas dirigidas'.

Las comunicaciones vía satélite tienen algunas características singulares. En primer lugar está el retardo que introduce la transmisión de la señal a tan grandes distancias. Con 36.000 km de altura orbital, la señal ha de viajar como mínimo 72.000 km, lo cual supone un retardo de 240 milisegundos, sólo en la transmisión; en la práctica el retardo es de 250 a 300 milisegundos según la posición relativa del emisor, el receptor y el satélite. En una comunicación VSAT-VSAT los tiempos se duplican debido a la necesidad de pasar por el hub. A título comparativo en una comunicación terrestre por fibra óptica, a 10.000 km de distancia, el retardo puede suponer 50 milisegundos (la velocidad de las ondas electromagnéticas en el aire o en el vacío es de unos 300.000 km/s, mientras que en el vidrio o en el cobre es de unos 200.000). En algunos casos estos retardos pueden suponer un serio inconveniente o degradar de forma apreciable el rendimiento si el protocolo no está preparado para este tipo de redes.

Otra característica singular de los satélites es que sus emisiones son broadcast de manera natural. Tiene el mismo coste enviar una señal a una estación que enviarla a todas las estaciones que se encuentren dentro de la huella del satélite. Para algunas aplicaciones esto puede resultar muy interesante, mientras que para otras, donde la seguridad es importante, es un inconveniente, ya que todas las transmisiones han de ser cifradas. Cuando varios ordenadores se comunican a través de un satélite (como en el caso de estaciones VSAT) los problemas de utilización del canal común de comunicación que se presentan son similares a los de una red local.

El coste de una transmisión vía satélite es independiente de la distancia, siempre que las dos estaciones se encuentren dentro de la zona de cobertura del mismo satélite. Además, no hay necesidad de hacer infraestructuras terrestres, y el equipamiento necesario es relativamente reducido, por lo que son especialmente adecuados para enlazar instalaciones provisionales que tengan una movilidad relativa, o que se encuentren en zonas donde la infraestructura de comunicaciones está poco desarrollada.

Recientemente se han puesto en marcha servicios de transmisión de datos vía satélite basados en el sistema de transmisión de la televisión digital, lo cual permite hacer uso de componentes estándar de bajo coste. Además de poder utilizarse de forma full-duplex como cualquier comunicación convencional vía satélite, es posible realizar una comunicación simple en la que los datos sólo se transmiten de la red al usuario, y para el camino de vuelta, éste utiliza la red telefónica (vía módem o RDSI). De esta forma la comunicación red->usuario se realiza a alta velocidad (típicamente 400-500 kbit/s), con

lo que se obtiene una comunicación asimétrica. El usuario evita así instalar el costoso equipo transmisor de datos hacia el satélite. Este servicio está operativo en Europa desde 1997 a través de los satélites Astra y Eutelsat, y es ofrecido por algunos proveedores de servicios de Internet. La instalación receptora es de bajo coste, existen tarjetas para PC que permiten enchufar directamente el cable de la antena, que puede ser la misma antena utilizada para ver la televisión vía satélite.

## **Conclusiones**

El horizonte de las nuevas tecnologías presenta día a día en día numerosas interrogantes que ciertamente nos mueven a la reflexión y al discernimiento. Estamos recorriendo hacia un nuevo milenio y esta realidad nos lleva a una natural expectativa. En esta situación el universo de las nuevas tecnologías, nos presenta un despliegue potente y asombrosamente acelerado de novedosos métodos, procesos, máquinas e instrumentos.

Como a los inicios de la civilización, el hombre siempre encontró solución, mediante leyes, teoremas, repeticiones de sucesos que conllevaron a ciertas definiciones. Mediante el presente trabajo se puede demostrar la casi total importancia de las Leyes de la Mecánica Celeste, para su aplicación en el desarrollo de las comunicaciones entre lugares distantes del planeta, de forma muy rápida, y con gran calidad. El surgimiento de los satélites, marcó un hito en la historia de las telecomunicaciones, y de la humanidad.

## **Bibliografía**

[1] <http://www.eveliux.com/mx/via-satelite-historia-frecuencias-orbitas-estaciones-terrenas.php>. Junio 2009

[2] <http://www.sociedadelainformacion.com/departfqtobarra/gravitacion/> Junio 2009

[3] <http://www.monografias.com/Tecnologia/> Junio 2009

[4] Resnick Robert, Hallyday David, Krane Kenneth S., Física Vol. 1, 4ta edición, Editorial Continental, 2001.

[5] Microsoft Student con Encarta Premium 2008.

**Orlando José GAETANO HADAD**

[erich@golfo.grm.sld.cu](mailto:erich@golfo.grm.sld.cu)

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Universidad de Oriente

Santiago de Cuba