



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

**"COMUNICACIONES, LA ANTENA PARABOLICA
EN LA RECEPCION VIA SATELITE"**

TRABAJO DE SEMINARIO

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

PRESENTA :

ALEJANDRO CHAVEZ ROJAS

ASESOR : ING. JUAN GONZALEZ VEGA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

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

Comunicaciones. "La Antena Parabólica en la Recepción Vía
Satélite".

que presenta el pasante: Alejandro Chávez Rojas

con número de cuenta: 8912846-6 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"

Comisión Académica, Edo. de México, a 9 de Septiembre de 1997

MODULO:

PROFESOR:

FIRMA:

I Ing.
III Ing.
IV Ing.

Alfonso Contreras Marquez
Juan González Vega
Vicente Magaña González

Alfonso Contreras Marquez
Vicente Magaña

DEP/VOB05EN

Agradecimientos:

Gracias a Dios

Por haberme dado vida y salud, desde que nací hasta este momento, y así poder concluir con un logro muy importante para mí, como es una carrera profesional.

Gracias a Dios

Por haberme dado a una familia tan maravillosa como la que tengo, que siempre me apoyó en todo y me brindaron lo mejor de ellos sin esperar nada a cambio.

Gracias Papá porque tú me enseñaste con tus hechos a ser responsable y siempre me diste lo necesario para mis estudios.

Gracias Mamá porque con tus cuidados me mostraste tu Amor hacia mí, y sin ti no hubiera concluido la carrera.

Gracias Israel, Verónica, Fernando, y Adriana (mis hermanos) porque en los momentos en que necesite de ellos, me ayudaron.

Gracias a Dios

Por la dicha de tener a una Maravillosa mujer como mi novia.

Gracias Aline por tu ayuda y comprensión ya que tú fuiste muy importante en la realización de este trabajo.

Gracias a dios Por mis amigos de la Facultad con quienes pasé momentos muy agradables y siempre me apoyaron y me supieron aconsejar cuando los necesite. Gracias Eloisa, David, Carolina, Aurelio, Beatriz, Javier, Teodoro, Enrique, Ernesto, Eduardo, Hector y Jorge.

Gracias a dios por todos mis profesores de la Facultad quienes me transmitieron sus valiosos conocimientos.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	3
CAPITULO I Introducción a los satélites de comunicación	
Los satélites de comunicación	4
Posición y orientación.....	4
El principio geoestacionario.....	5
Huellas del satélite.....	8
Haces puntuales.....	10
El Arco celeste.....	11
Zonas de cobertura.....	12
Vida útil	13
CAPITULO II La antena parabólica	
La antena parabólica.....	15
Parámetros básicos.....	16
a) ganancia.....	16
b) Relación f/D	17
c) Rendimiento.....	19
d) Lóbulos secundarios.....	20
e) Haz.....	21
Configuraciones de las antenas parabólicas.....	23
Parábolas de foco primario.....	24
Parábolas de tipo offset.....	25
Parábolas tipo Cassegrain.....	26
Base para la columna de la parábola.....	27

El iluminador o guía de onda	28
El ortomodo	29
El polarotor	30
Posicionadores de la antena	31

CAPITULO III INSTALACIÓN Y ORIENTACIÓN DE LA ANTENA PARABÓLICA

Variables de orientación.....	32
Orientación y Azimut	34
Instrumentación	37
Métodos de orientación.....	37
a) Método magnético.....	39
b) Método de la hora solar.....	39
CONCLUSIONES	43
GLOSARIO	44
BIBLIOGRAFÍA	45

INTRODUCCIÓN

Los satélites de comunicación representan la privatización del espacio. Su desarrollo, rápido y espectacular, ha ido adquiriendo paulatinamente connotaciones de poder político y económico. Los países que hoy día se pretenden modernos deben contar con un satélite propio; es condición indispensable para entrar en el umbral del siglo XXI.

Los satélites de comunicación son también redes, en el sentido clásico de término, líneas (frecuencias) a través de los cuales se transmiten informaciones de un punto hacia otro lo que resulta sorprendente es como constatar, cómo a través de los siglos el concepto de canal de comunicación evolucionaría y al perfeccionarse se complica. Simplemente hay que observar hasta qué punto se ha incrementado la densidad de las líneas de comunicación del telégrafo al satélite.

Es común hablar de la tecnología y dejar en segundo plano a sus creadores. Son científicos e ingenieros quienes han ideado este mundo de interconexiones y ellos representan una cultura, la nuestra.

De las redes satélites deriva una concepción espacio - temporal. Una revolución geopolítica que altera el sentido de una comunicación ligada a la territorialidad (el espacio sideral) y a la lengua (su universalidad). De aquí resultan nuevas formas de medir el espacio - tiempo y encuadrarlo en una realidad concreta: disponibilidad de redes y variación de tarifas.

CAPITULO I

LOS SATÉLITES DE COMUNICACIÓN

Los satélites de comunicación

Hablar de satélites de comunicación implica referirse a un mito aún para la gente que trabaja en los medios y en los campos relacionados con la comunicación. Los satélites representan el vínculo material de dos amplias áreas del conocimiento: la ingeniería y la comunicación.

Los satélites de comunicación que se usan para la transmisión, distribución y diseminación de la información desde diversas ubicaciones en la tierra a otras diversas ubicaciones. Un satélite es un sistema muy complejo y delicado integrado por varios subsistemas; cada uno de ellos es igualmente importante, pues es probable que una falla podría causar la inutilidad parcial y total del conjunto. El satélite necesita energía eléctrica, disipar calor, corregir sus movimientos y mantenerse en equilibrio, ser capaz de regular su temperatura, ser resistente al medio ambiente en el que vive y desde luego poder comunicarse con la tierra.

Posición y orientación

El objetivo de un satélite de comunicaciones es recibir señales radioeléctricas desde alguna parte de la tierra y retransmitirla hacia otra a través de su subsistema de antenas direccionales que por supuesto deben estar permanentemente orientadas hacia la zona geográfica de servicio. Para que tal situación se logre es necesario mantener la orientación

de la estructura del satélite estable con respecto a la superficie de la tierra, lo cual se obtiene mediante las técnicas de estabilización por giro o de estabilización traxial.

Con la técnica de estabilización por giro, una parte del satélite gira para conservar el equilibrio del conjunto al mismo tiempo que las antenas permanecen orientadas hacia la tierra.

Los satélites de estabilización traxial no giran, y aparentemente permanecen estáticos con sus largos paneles solares extendidos en el vacío y sus antenas apuntando hacia la tierra. En estos casos la estabilización de la estructura del satélite que conserva mediante volantes giratorios que van colocados en su interior sobre cada uno de los tres ejes utilizados como referencia para definir la orientación del satélite hacia la superficie terrestre

El principio geoestacionario

Los satélites de comunicación están en lo que se llama órbitas geoestacionarias. Geo proviene del Griego y significa "tierra", lo que conduce al concepto de un satélite estacionario respecto a la Tierra. En consecuencia, las antenas para tal satélite permanecen en una posición fija y no se necesita efectuar seguimiento alguno.

Surge inmediatamente una cuestión : si la tierra se desplaza alrededor del sol y gira, además sobre su eje, ¿ como puede haber en el espacio algo geoestacionario, es decir, visible siempre desde el mismo punto de la tierra ?.

La siguiente figura 1 muestra lo sencillo de este principio.

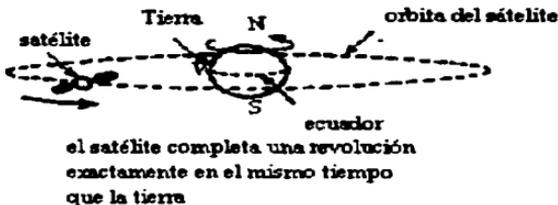


Fig. 1 El principio geoestacionario

El satélite viaja a una velocidad elevadísima, unos 11,000 km. por hora (unas 7000 millas por hora) y a una altura de casi 36,000 km. (unas 23,000 millas). A esta elevada velocidad en los cielos el satélite circunda la tierra describiendo una circunferencia (su órbita) una vez cada 24 horas, como la propia tierra. En consecuencia, parece como si el satélite estuviera inmóvil en el cielo aunque, de hecho, tanto el observador en la tierra como el satélite viajan a gran velocidad.

Todo es cuestión de relatividad, como indicó Enstein. En reconocimiento a las predicciones de Arthur Clarke, la órbita geostacionaria se denomina frecuentemente el " Cinturón de Clarke".

El foco en un teatro surge de una pequeña y potente fuente luminosa enfocada en un haz estrecho mediante un reflector. Al llegar al escenario se forma una figura luminosa alargada. La transmisión del satélite es algo semejante (ya que las ondas luminosas y el radio tienen mucho en común), de forma que el haz de radio es enfocado con el satélite de la misma manera con un reflector o " plato " y llega a la tierra, donde " ilumina " el área hacia la que apunta, que puede ser, por ejemplo, todo el Reino Unido o Francia el área en cuestión es conocida como huella del satélite. Los satélites están destinados específicamente a la radio difusión de TV y son lo suficientemente potentes para permitir el empleo de antenas parabólicas razonablemente pequeñas. En la siguiente imagen podemos observar una estación transmisora.

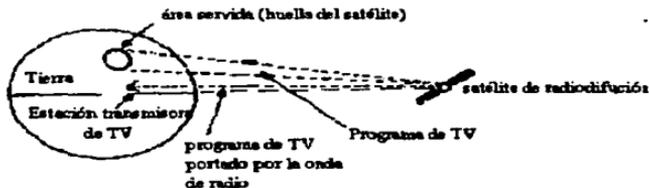


Fig. 2. Trayectorias de radio

Huellas de un satélite

Si nos imaginamos un potente proyector situado en lo alto de la vertical a la altura geostacionaria la proyección de luz sobre una tierra regular tendría forma circular, aunque la superficie de la tierra sea curva. Pero si suponemos que la tierra es plana y el proyector se desplaza hacia un lado, de forma que el haz llegue formando un ángulo inferior a 90° , la proyección de luz se hace elíptica.

Sin embargo la tierra no es plana y el haz puede llegar formando ángulos distintos tanto en longitud como en latitud. Puede demostrarse que en esas circunstancias prácticas la proyección elíptica de luz se hace ovalada con el extremo cónico en el lado polar. Esto mismo se aplica al haz del radio del satélite, cuya área (iluminada) es la huella. El trabajo de una antena, es situar una huella del tamaño correcto en el lugar adecuado con la mejor intensidad de señal de radio posible. Brevemente tiene la capacidad de enfocar la onda de radio de un haz ligeramente divergente y dirigirlo hacia la tierra.

En la figura 4 se muestra que solamente se necesitan 3 dimensiones para definir aproximadamente el área de una huella, d_1 , en la anchura mayor del ovoide, d_2 la dimensión mayor axial desde el extremo hasta la línea d_1 , y finalmente d_3 desde este punto hasta la base. Se puede calcular cada una de las d para cualquier posición en la tierra siempre que se conozca la anchura del haz de la antena del satélite, sin embargo, no es probable encontrarlo en los estilos generales sobre el rendimiento de los satélites ya que son de utilidad los mapas de huella. Típicamente son como el que se muestra en la figura 5, de una evidencia formal oval.

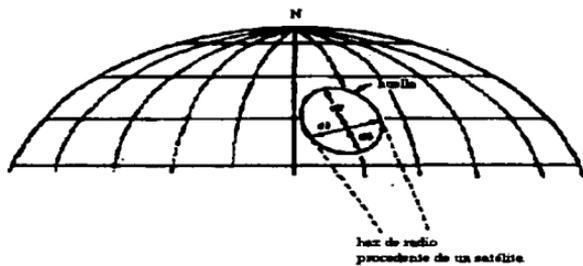


fig. 4 Dimensiones de una huella

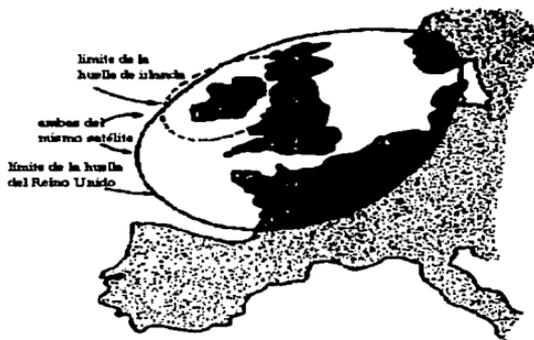


Fig. 5. Huella de un satélite

El tamaño de una huella se controla, por supuesto, por la longitud de apertura del haz en su recorrido hasta la tierra, se ilustra en la figura 6 (i) y(ii). La potencia máxima de señal en un terreno se produce en el centro de la huella y va disminuyendo con la distancia a esta. Las huellas se publican de varias formas pero la mas frecuente es que se haga como el área limitada por una sola línea fig 5. Esta línea representa el control en el que la potencia de la señal es la mitad de la potencia en el centro, es decir, en donde la potencia está 3 db por debajo.

Haces puntuales

La figura 5 muestra las huellas primarias desde antenas sencillas. Muchos satélites emplean no obstante antenas adicionales para producir haces puntuales que pueden ser necesarios para completar la cobertura de una región de tamaño irregular, que claramente no se adapta a un ovoide normal.

Pueden existir además áreas de importancia particular que no deben ser dejadas a parte o en las que la señal recibida sería en otro caso demasiado débil. Si se utilizan unas antenas parabólicas de tamaño superior al usual las señales de radio pueden ser concentradas en un haz mas estrecho, lo que proporciona una pequeña huella añadida que puede ser apuntada hacia el punto o la región requeridos. Puede haber varios haces puntuales trabajando conjuntamente con el principal. Se conoce por nombres tales como "haz puntual occidental, haz puntual oriental", etc. Y sus huellas pueden estar completamente separadas de la principal o se pueden usar para modificar.

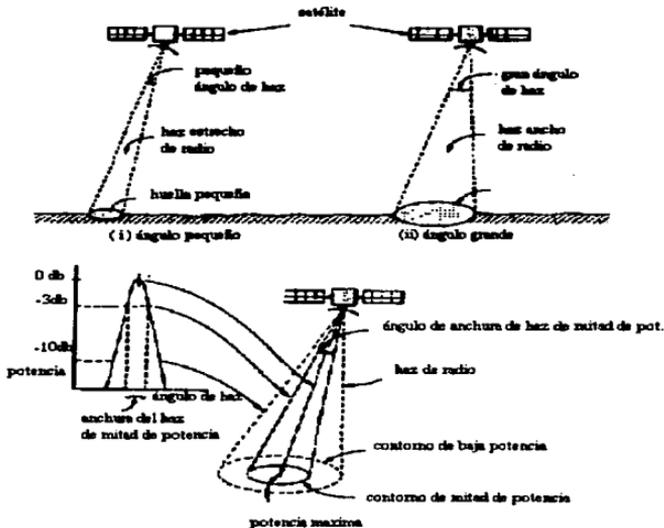


Fig. 6 Anchura de haz de una antena transmisora

El arco celeste.

En la mañana o antes de ella el sol nos mira desde el horizonte en el este. A medio día está en lo alto del cielo (el mediterráneo) y finalmente desaparece en el horizonte por el oeste.

Si tuviéramos que dibujar su posición con regularidad a lo largo del día, encontraríamos que la trayectoria tendría la forma de un arco. El sol sigue de hecho una curva polar que se define como la que está relacionada en determinada manera con una curva determinada en un punto fijo denominada polo (que nada tiene que ver con los polos terrestres). Con un poco de imaginación, es posible ver que la parte de la órbita geoestacionaria que contiene los satélites disponibles sigue también desde cualquier lugar de la tierra una curva polar.

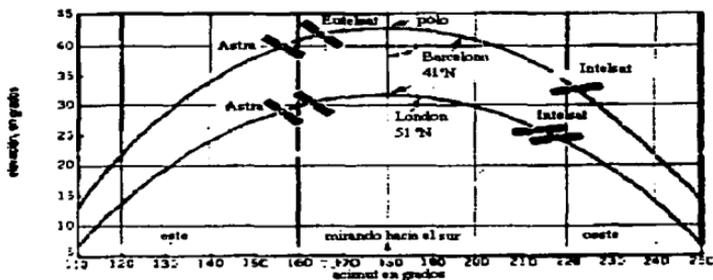


Fig. 7. Arcos geoestacionarios para Londres y Barcelona

Zonas de cobertura

La zona de cobertura se define a la superficie de la tierra delimitada por un contorno de densidad de flujo de potencia constante, que permite obtener la calidad deseada de recepción

ausencia de interferencia. La zona de cobertura debe ser el área mas pequeña que cubra la zona de servicio.

La zona de cobertura que normalmente abarca totalmente la zona de servicio, viene delimitada por la intersección del haz de la antena elíptico o circular con la superficie de la tierra y estará definida por un valor determinado de la densidad de flujo de potencia.

Vida útil

Si se considerara lo que cuesta un satélite, es natural que el equipo que lo diseña trate de que alcance una edad bien madura. Ciertos factores inevitables se combinan para evitarlo:

- 1.- Las celdas solares se deterioran y su eficiencia decae con el tiempo.
- 2.- El combustible necesario para las correcciones de altitud y otras maniobras llega un momento en que se agota.
- 3.- Siempre existe el riesgo de fallo de componentes aunque, verdaderamente, es pequeño especialmente porque no existe corrosión atmosférica como en la Tierra. Se logra incluso, que sea menos catastrófico duplicando los sistemas de forma que si uno falla asuma automáticamente su función.
- 4.- Existe otra fuente potencial de desastre, que merece la pena mencionar . Son los meteoritos y la basura espacial de origen humano bajo la forma de objetos desechados. Los meteoritos pequeños por lo general se queman en la atmósfera, así que causan pocos problemas en la Tierra pero pueden constituir un peligro a la altura geoestacionaria. Las basuras espaciales van en aumento y los artículos pueden establecerse en órbitas propias de

forma que cuando una de estas corta a la geoestacionaria puede producirse una colisión.

Hasta ahora no ha habido problemas, pero el riesgo existe.

Por lo general se espera una vida al menos de 15 años del satélite.

Capítulo II

La antena parabólica

Antenas parabólicas

El reflector parabólico es el elemento encargado de recoger las débiles señales que llegan desde el satélite situado en órbita geostacionaria y concertarlas en un punto focal en el que se encuentra un "captador". En el foco de la parábola se sitúa la unidad externa; es un elemento activo, amplificador/convertidor de microondas, auténtico corazón del sistema, que determina la calidad global de la instalación, que amplifica y convierte las señales recibidas en la banda Ku(11-12 Ghz) a una frecuencia aproximadamente 10 veces inferior, que se envía a través de un cable coaxial al receptor de satélite, que extrae la información en audio/vídeo y la entrega al receptor de una televisión convencional.

Como elemento pasivo, una antena parabólica presenta su forma debido a la naturaleza de las microondas, en las que la longitud de onda es del orden de 2'75 cms. a 2'4 cm. en la banda Ku de televisión vía satélite.(La banda de UHF convencional muestra una longitud de onda que se extiende desde 35 a 64 cms.). Para obtener un rendimiento a estas frecuencias partiendo de las débiles señales que llegan desde los satélites, es preciso que el reflector de la antena "concentre" al máximo la energía electromagnética sobre el captador. En el foco de la parábola se encuentra un dispositivo denominado iluminador (feeder), que forma parte del

conjunto "antena" y que está diseñado mecánicamente y eléctricamente para conseguir una iluminación óptima del paboloide a la frecuencia de trabajo.

Existe otro diseño de antenas para microondas y que utiliza un reflector esférico; geoméricamente presenta más de un foco y por tanto, es susceptible de recibir emisiones desde distintos puntos sin necesidad de reorientar la antena (dentro de un arco limitado) actualmente el reflector de tipo parabólico es el que domina en todos los diseños debido a los problemas de rendimiento que manifiestan apreciablemente los reflectores esféricos.

Parámetros básicos

a) Ganancia

Ganancia: el concepto familiar de ganancia de una antena parabólica, se define como sigue:

$$G = (\pi^2 D \text{ Mhz}) (300 \times n^2)$$

donde:

G = ganancia en potencia

$$\pi = 3.1416$$

D: diámetro de la parábola en metros

Mhz = frecuencia de recepción

n = eficiencia

Para obtener la ganancia en decibels tenemos que

$$G = 10 \log \text{Ganancia (db)}$$

b) Relación f/D

Relación f/D : es intuitivo pensar de la misma forma que la ecuación matemática que define la curva parabólica puede conducir distintos paraboloides, los reflectores parabólicos se construyen en diversos tipos de curvatura o concavidad. Una relación muy sencilla que viene a caracterizar directamente una antena parabólica es la relación f/D , que expresa el cociente entre la distancia focal y el diámetro del disco; la elección de una f/D para toda una gama de antenas parabólicas no constituye una elección al azar, ya que el comportamiento eléctrico de las mismas, en lo que afecta básicamente su rendimiento, depende de este factor, entre otros.

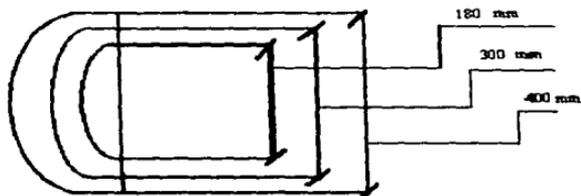


Fig. 8 La relación f/D expresa la curva de la parábola

Las antenas parabólicas con valores de f/D reducidos, requieren de iluminadores especiales mientras que valores elevados de f/D comportan problemas de ruido térmico con origen en el suelo debido a la poca concavidad que presentan y por ende al mínimo apantallamiento que contra éste, presenta el reflector.

La solución de compromiso tiende a casar los conceptos de rendimiento y apantallado de ruido térmico, estableciéndose en general en valores comprendidos entre 0'3 y 0'5. Las parábolas tipo AR que cubren el espectro desde 50 cms. hasta 4m. de diámetro muestran una $f/D=0'418$, que asegura un óptimo aislamiento del captor respecto del ruido térmico originado en el entorno inmediato y un rendimiento del 60% a las frecuencias de trabajo.

La relación f/D , que está considerada una especificación técnica que contiene cualquier catálogo de antenas parabólicas, se utiliza obviamente para calcular la distancia focal a partir de su valor y del diámetro de cada antena.

Asimismo se desconoce la relación f/D de una parábola, calcular la distancia focal es también posible conociendo su diámetro y la profundidad de la misma en su centro; la fórmula que la permite calcular la función de esos parámetros es la siguiente:

$$f = \frac{D^2}{16 \times d}$$

donde D: diámetro del reflector
donde d : profundidad del centro

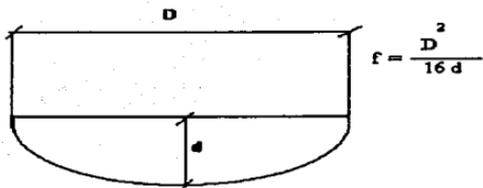


Fig.9 Cálculo de la distancia focal sobre las dimensiones de la parábola

c) Rendimiento

Rendimiento: el concepto de rendimiento, es aplicable a cualquier sistema que transforma energía; en el caso de las antenas parabólicas viene a relacionar las cantidades de energía incidente y la concentrada en el foco, susceptible de ser captada.

El rendimiento viene determinado fundamentalmente por el iluminador y disminuye rápidamente con las desviaciones que pueda mostrar el reflector ; las desviaciones de la curvatura nominal concentradas en áreas pequeñas afectan poco a la ganancia de la antena, pero si afectan críticamente desviaciones absolutas de menor valor pero repartidas sobre superficies extensas.

La disminución de ganancia debido a algunos de estos factores provoca que el nivel de lóbulos secundarios se altere también de forma apreciable. De ahí que para asegurar los

valores de ganancia y rendimiento, las parábolas tipo AR son de una pieza y se tolera una desviación máxima de la curvatura nominal de 1 mm.

A modo de ilustración, una desviación de 3 mm. Sobre un área amplia de una parábola operando en 4 Ghz se traduce en una pérdida de ganancia entre 1 y 2 dB; esa misma pérdida ya se obtiene en la banda Ku con desviaciones del orden de 1-2 mm.

d) Lóbulos secundarios

Lóbulos secundarios: como toda antena directiva, una antena parabólica presenta un haz de radiación principal (que debe apuntar al satélite y una serie de lóbulos secundarios que deben cumplir unas especificaciones que aseguren una ausencia de interferencias debido a su presencia.

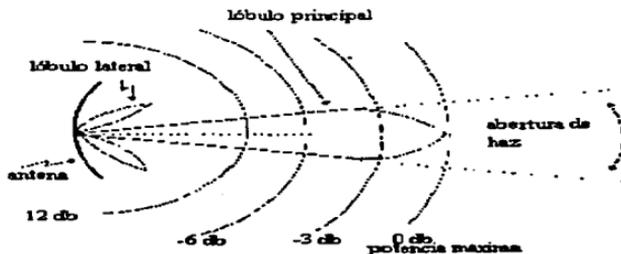


Fig. 10. Lóbulo de la antena

e) Haz

Haz (ancho de haz) para antenas convencionales muestran anchos de haz en plano horizontal de unos 40° (para ganancias de 13 - 14 db) el haz que provocará un elemento de antena con mas de 45 db de ganancia en la banda Ku será obviamente mucho mas estrecho. La ganancia y directividad, como es sabido están relacionadas, y en telecomunicación espacial, los haces del grado que presentan las antenas parabólicas representan ciertas ventajas:

- apunta a un solo satélite evitando posibles interferencias de satélites próximos a la posición orbital de la que ocupa la orientación actual;
- evita la captación del ruido atmosférico.

De este sencillo análisis, se extrae también la importante conclusión de que a mayor diámetro de antena, mayor ganancia y directividad, menor ancho de haz, menor ruido y, finalmente, mayor dificultad de orientación.

El ruido en una antena parabólica es causado por tres fuentes principales como son: la superficie terrestre (suelo, árboles), atmósfera, y el creado por la unidad externa (contribución más importante) teniendo por causa común la temperatura, por lo que se expresa habitualmente una cantidad de ruido como un valor de temperatura en $^\circ$ kelvin.

De esta forma se puede hablar ya de un aspecto importante en la caracterización del ruido global de un sistema, será el cálculo del ruido de origen térmico originado en el suelo del

entorno de la parábola (temperatura de antena), cuyo nivel dependerá de la elevación de la misma.

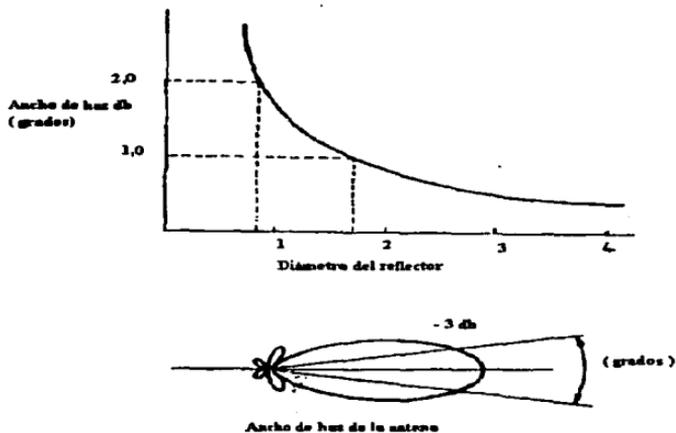


figura 11. Ancho de haz de la antena

Una antena con una elevación de 90° (paralela al suelo) no presentaría teóricamente ningún ruido térmico con esa causa, mientras que en los meridianos en dirección norte o sur, la elevación disminuye y el ruido térmico que capta la antena se va incrementando.

Ese nivel de ruido expresado en términos de potencia dependiente de la elevación de la antena y se denomina temperatura de antena y se expresa en ° K.

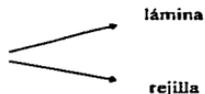
Como caso extremo, una antena parabólica totalmente enfocada sobre el suelo captaría el ruido térmico del mismo que está evaluado en 290 ° K a 25 ° C (3 db a 25 ° C), lo que representaría una imagen totalmente ruidosa o ausencia de imagen ya que supera al ruido propio de la unidad externa con que se opere.

Configuraciones de las parábolas

Atendiendo únicamente a los materiales empleados en la concepción del disco, estos pueden construirse en aluminio, chapa de acero, fiberglass y otras materias plastificadas. Si se establece una clasificación inicial en función del montaje del disco (para cualquiera de los materiales mencionados), se obtiene:

- Parábolas de una sola pieza.

- Sectores o pétalos



Una segunda clasificación que ilustra eléctricamente el comportamiento de distintos tipos de paraboloides es la siguiente:

- Foco primario:

- Offset

- Cassegrain

Parábolas de foco primario:

inicialmente cualquier curva parabólica puede obtenerse de la ecuación:

$$X = \frac{Y^2}{4D \times (f/D)}$$

En donde X e Y representan las coordenadas horizontales y verticales, D el diámetro de la antena, y f/D la relación distancia focal/diámetro del parabolóide que se desea construir.

Una antena parabólica alimentada por foco primario es esencialmente un reflector único que sigue la anterior ecuación y cuya alimentación es simétrica respecto al eje; al estar situado el foco en el sentido de incidencia de la energía electromagnética que recibe el reflector (apunta a la línea de visión del satélite), crea artificialmente una zona de sombra en la parábola dejando una pequeña parte de su superficie central no operativa.



Fig. 12. Parábola de foco primario

Parábolas de tipo offset

Son antenas parabólicas no simétricas (realmente es una sección de una antena de foco primario) que evitan el efecto citado al quedar desplazado el iluminador de la línea de visión del satélite.

Ambos tipos de alimentación, denominada directa por la trayectoria que sigue la señal desde la incidencia, presentan un orden decreciente de facilidad de construcción, con la diferencia básica en cuanto al rendimiento de la antena, que es solo apreciable en la versión offset frente a la versión foco primario, para diámetros inferiores a 120 cm.

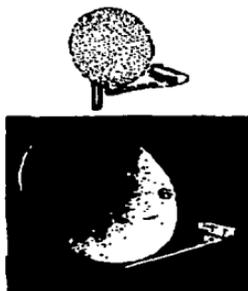


Fig. 13. Parábolas offset

- Parábolas tipo Cassegrain:

constituye el tipo de parábola más habitual para las estaciones profesionales de gran diámetro, con antenas para seguimiento de satélites. Utilizan un método indirecto de alimentación. Esencialmente consta de un doble reflector (uno, principal, parabólico y otro de tipo hiperbólico situado en el foco del primero), alojándose el elemento captador en el centro geométrico de la parábola. Esta doble reflexión que sufre la señal en su camino es la característica principal del sistema; mecánicamente la principal ventaja de las parábolas Cassegrain radica en la simplicidad de la colocación del iluminador en el centro de la parábola y en la estructura soporte para el subreflector. Eléctricamente, por el hecho de ubicar el iluminador enfocado hacia el satélite, la captación de ruido con origen en el suelo es menor.

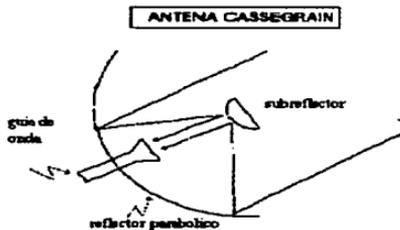


Fig. 14. Parábola cassegrain

Esta clasificación incluye dos tipos básicos de alimentación, aunque existen en el mercado profesional diversas configuraciones híbridas que conjugan las ventajas de uno u otro sistema pero son empleados en otros ámbitos.

Base para la columna de parábolas

Todo el sistema de fijación de la parábola, así como el conjunto mecánico Az-El, se encuentra apoyado sobre una columna metálica; ésta, a su vez, descansa sobre una base, que servirá de sujeción de todo el conjunto.

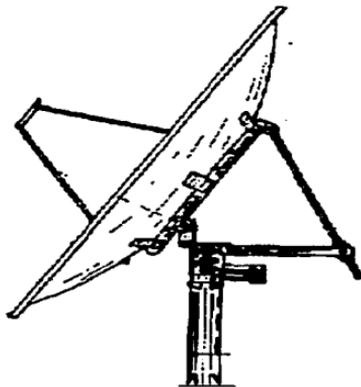


Fig. 15. Base para la parábola

Por su parte, la columna soportará un peso variable que dependerá del tamaño de la parábola utilizada así como unos momentos (momento flector y esfuerzo cortante o de cizalladura) ejercidos sobre la base debido al viento que azote sobre la parábola. Estos momentos también serán variables, dependiendo de la velocidad del viento.

Con un viento de 120Km/h, una parábola no debe sufrir un despuntamiento superior a 0,2". Hay que tener en cuenta que la antena puede sufrir vientos superiores pero su recepción debe de seguir siendo aceptable. Con vientos superiores a 175 Km/h, la parábola puede sufrir deformaciones irreparables incluso su destrucción. Asimismo, un viento de unos 80Km/h sobre una parábola de 3 m de diámetro provoca presión de 44 Kg/cm², lo cual supone que su estructura debe estar dimensionada para soportar una fuerza de vientos de 320 Kg. En consecuencia, el enclavamiento de la base debe de ser estudiado por una persona especializada (arquitecto aparejador) para poder obtener las mayores garantías en su fijación.

El iluminador o guía de onda

Es el encargado de recoger la señal de microondas procedente de la parábola a través de una guía de onda. Está situado en el foco de la misma. Por lo tanto, se puede que actúa como colector de la energía electromagnética, adoptando, además, una configuración distinta según el tipo de polarización, además de por la frecuencia ya que, los satélites de 11 Ghz emiten en polarización lineal (horizontal/vertical).



Fig. 16. Iluminador o guía de onda

El ortomodo.

Al utilizar la polarización lineal, unos canales pueden encontrarse en polarización horizontal y otros en polarización vertical, con lo cual el usuario debe de tener acceso a una de las polarizaciones.

El sistema para realizarlo, que aporta un mayor rendimiento eléctrico, es el que utiliza un accesorio llamado ortomodo, consiste en una doble guía de ondas que separa las dos polarizaciones, obteniéndose desacoplos mayores de 30 dB.

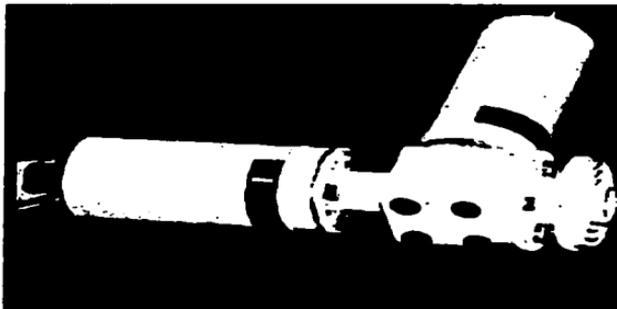


Fig. 17. El ortomodo

La atenuación que provoca el ortomodo puede llegar a 0,5 dB en algunos puntos de la banda de trabajo. A la hora de elegir una unidad externa se tendrá en cuenta su adaptación a la parábola, ya que está debe ser tanto eléctrica como mecánica.

Normalmente, suele existir una estandarización en las bocas de la guía de onda, que permite obtener la combinación iluminador- ortomodo-unidad externa más idónea.

Existen también sistemas que integran los elementos citados anteriormente. Con ello, se logra una mayor economía, simplicidad mecánica en el equipo, así como un mejor rendimiento.

El polarotor.

Es un aparato que combina las dos polarizaciones lineales. Su mayor aplicación se produce en instalaciones individuales.

El polarotor efectúa mecánicamente el giro de 90° que separa dichas polarizaciones, es decir, horizontal y vertical.

Esté giro lo puede realizar todo el conjunto que conforma la unidad externa, desplazando la lámina polarizadora del iluminador que se encuentra en el interior de la guía de onda, consiguiéndose un desacople aceptable.

El inconveniente de este sistema reside en la posición que debe tener las partes mecánicas en el frenado cuando la unidad externa realiza el giro, ya que al encontrarse a la intemperie puede presentar problemas.

Posicionadores de antena.

Los posicionadores de antena o actuadores están formados por un cilindro con un émbolo situado en la parte posterior de la parábola, de modo, que haciendo avanzar o retroceder el símbolo, la parábola describa un arco coincidente con la órbita geoestacionaria. De este modo, se pueden captar los distintos satélites situados en ese arco.

Los actuadores suelen llevar un motor paso a paso, con dos velocidades, una lenta y otra rápida, de modo que se pueda actuar sobre él y seleccionar el satélite que se desee, normalmente suelen estar conectados al equipo receptor. De este modo, se puede memorizar la posición de varios de ellos, de manera que el usuario tenga acceso al que desee manteniéndolo en un canal pre sintonizado desde su mando o distancia, obligando al equipo a seleccionar directamente el canal, la polarización y el satélite.

CAPITULO III

Instalación y Orientación de la antena parabólica

Los pasos a seguir para la instalación y orientación de la antena parabólica son:

- a) construcción del enclavamiento de la antena
- b) montaje físico de la antena
- c) ajuste de distancia focal
- d) orientación:
 - 1.- colocación del ángulo de elevación
 - 2.- aproximación azimuthal

Variables de la orientación

Variables de la orientación

Un satélite en órbita geoestacionaria es identificable rápidamente por su posición orbital . Por ejemplo, el EUTELSAT 1 F-1 tiene una posición orbital de 13° E y el INTELSAT VA F-11 de 27'5 W. Las posiciones orbitales de la Región 1 (que incluye Europa) están generalmente referidas respecto al Sur.

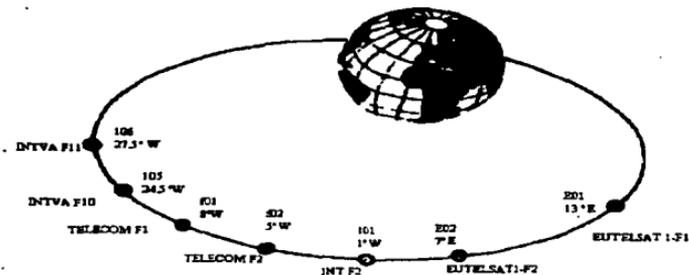


Fig. 19. Posiciones orbitales de satélites sobre Europa

Una antena parabólica que enfoque una determinada posición orbital , presentará con respecto a las coordenadas terrestres en una longitud y una latitud que indentifican su emplazamiento ; en función de la posición orbital del satélite y de las coordenadas del emplazamiento de la antena , se hallan las dos variables de orientación : elevación y azimuth. La elevación es la medida del plano vertical sobre el suelo (en grados) que indica la inclinación de la parábola.

El azimuth indica el valor en grados de desviación sobre el plano horizontal respecto al Sur. Los valores positivos expresan direcciones hacia el Este (SE) y los valores negativos hacia el Oeste (SW) ; también pueden expresarse directamente respecto al meridiano O (desde 0° a 360°).

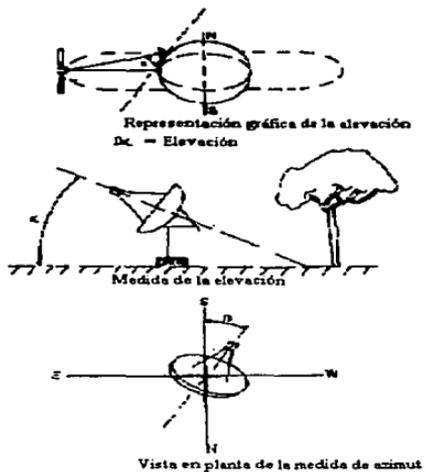


Fig.20. Elevación y Azimuth

Orientación y Azimuth

Las fórmulas para calcular ambos valores de azimuth y elevación parten de simples relaciones trigonométricas y son:

AZIMUTH (α)

$$\alpha = \text{arctg} \frac{\text{tg} \phi}{\sin \phi}$$

donde ϕ : diferencia en grados entre la longitud del emplazamiento de la antena y la posición de orbital del satélite

θ : latitud en grados de emplazamiento de la antena.

ELEVACIÓN(e)

$$e = \arctg \left(\frac{\cos\theta \cos\phi - \left(\frac{R}{R+h} \right)}{1 - \cos\theta \cos\phi} \right)$$

La implementación de estas fórmulas es muy simple y facilita el obtener las orientaciones directamente para cualquier satélite , conociendo únicamente las coordenadas del punto donde se instala la antena, que se pueden localizar en un Atlas.

La tabla universal que se acompaña ilustra un método para efectuar este mismo proceso gráficamente, partiendo en la escala horizontal de la longitud relativa (diferencia en valor absoluto entre la posición orbital del satélite y la longitud del emplazamiento de la antena) y en la escala vertical derecha, de la latitud de recepción.

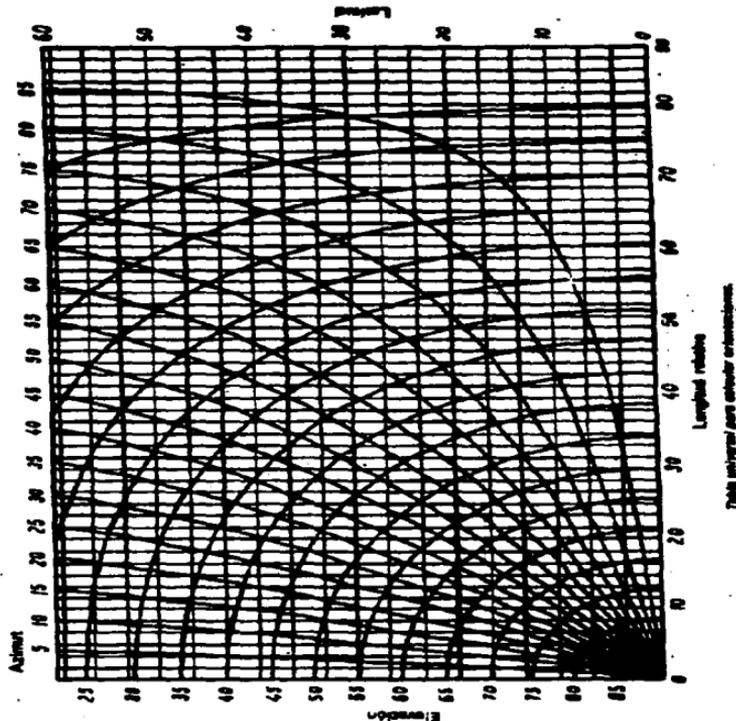


Fig. 21. Tabla universal para calcular orientaciones

El punto de intersección obtenido se proyecta siguiendo las curvas concéntricas para obtener en la escala vertical izquierda el valor de la elevación directamente.

El azimuth, se extrae trazando una línea paralela a las líneas convergentes en el origen sobre el punto hallado, estando su valor en la escala horizontal superior.

Instrumentación

Para la colocación del azimuth se utiliza una brújula (método magnético) o una plomada y un transportador de ángulos (método de la hora solar). La elevación es una medida angular que se obtiene con un inclinómetro (óptico o mecánico).

Métodos de orientación

El proceso de orientación se indica por situar la elevación indicada sobre la parábola . Es importante situar correctamente esta variable porque depende únicamente de un instrumento de medida y no de factores externos (como la brújula), lo que aporta una precisión de orientación de orientación importante. Existen dos tipos básicos de inclinómetro:

- óptico
- mecánico

El inclinómetro óptico tiene la ventaja de que al actuar sobre una referencia desde un punto de mira, sirve también para asegurar la no presencia de algún obstáculo que impida o dificulte la recepción.

El inclinómetro mecánico, en sus distintas versiones, necesita de un plano físico de referencia para efectuar la medición, que proporciona la misma parábola.

Ambos tipos de inclinómetro necesitan de una referencia o guía para poder situar el valor de la elevación ; para ello , y tal como ilustra la figura , se efectúa una medida directa a través del ángulo complementario, que viene determinado por el plano del paraboloide. Con el inclinómetro óptico, el procedimiento se observa en figura 22 ; se alinea con la visión del inclinómetro y el plano del paraboloide tomando la periferia del mismo. Para el inclinómetro mecánico, se emplea una barra o listón que se coloca sobre el paraboloide variando la elevación de la antena hasta encontrar el valor calculado. Por ejemplo, según las capas de orientación, la elevación del satélite EUTELSAT 1 es de 41° ; la medida que se toma sobre el paraboloide será el ángulo complementario $90^\circ - 41^\circ = 49^\circ$.

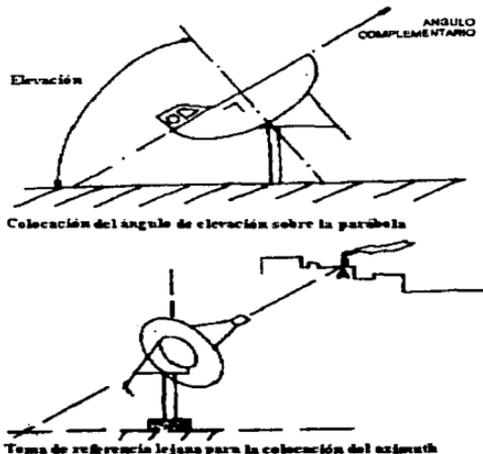


Fig. 22 Elevación y Azimuth

Método magnético. Brújula

para situar el azimuth se puede utilizar una brújula convencional; es importante tomar un punto de referencia físico en el horizonte para el valor azimuthal que sea lo más preciso posible (a mayor lejanía mayor precisión). La brújula, como material magnético está sujeta a perturbaciones exteriores que desvían el valor real; entre las fuentes de error están:

- La declinación magnética (hasta 4°); la brújula indica el norte magnético, no el geográfico.
- Efectos de entorno provocados por elementos metálicos.
- Efecto próximo provocado la misma antena o su soporte.

Por todo ello, será preciso reunir en alguna ocasión (emplazamientos de antenas con inseguridad de campo libre) y que se manifiesten de entrada como poco precisas al tomar referencias con la brújula, y a tomar una serie de medidas para obtener un promedio e incluso corregir el valor de la inclinación magnética, antes de acometer una toma de decisión de instalación.

Las parábolas tipo AR con soporte de columna, presentan una orientación muy sencilla ya que una vez situada la elevación es posible un giro de 360° por lo que los errores de orientación se corrigen por un simple barrido o búsqueda en el plano horizontal.

Método de la hora solar

La problemática de los errores cometidos por las brújulas pueden complicarse previa instalación de una antena si:

- a) Es de gran diámetro (haz muy estrecho $< 0.6^\circ$).

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

b) Existe incertidumbre sobre la presencia de obstáculos.

c) Es una antena con ajuste azimuthal limitado (antenas de soporte arriostrado o de trineo).

Por lo que en algunos casos como los citados se deba recurrir a métodos más fiables. El método solar proporciona la precisión necesaria para estos problemas.

La hora solar es el instante en que el sol pasa por el cenit, es decir, indica perfectamente el sur con una simple plomada que se coloca frente al sol durante la hora solar entre el emplazamiento de la antena, la sombra que determina indica con total fiabilidad la dirección N-S. Sobre esta línea y con un simple transportador de ángulos se traza otra correspondiente al valor azimuthal, para terminar la operación situando la parábola sobre esta dirección. Para ello debe identificarse dos puntos de referencia que marquen el eje de la misma (por ejemplo sobre el soporte de la unidad externa en el punto central y en el orificio central del paraboloide), en los que se cuelgan dos plomadas que se hacen coincidir con la línea azimuthal trazada en el suelo.

El cálculo de la hora solar es muy simple y depende de tres factores:

- corrección invierno (+ 60 min) y verano + 120 min.

- coordenadas de emplazamiento día del año según la ecuación:

60 min (invierno)

$$\text{hora solar} = 12 \text{ h} + \left\{ \begin{array}{l} 60 \text{ min (invierno)} \\ 120 \text{ min (verano)} \end{array} \right\} - 4 (L) \text{ min} + (t') \text{ min.}$$

120 min (verano)

Donde L: longitud de emplazamiento en grados

t': corrección según el día del año en grados (según tabla)

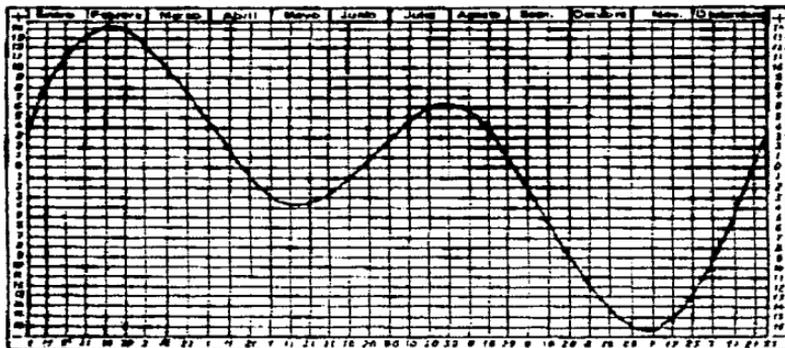


Fig. 23. Gráfica representativa del valor o variaciones anuales de la ecuación de tiempo

Por ejemplo, el día 21 de diciembre la hora solar ocurrirá en Barcelona (longitud $2^{\circ} 10E$):
 hora solar = $12 \text{ h} + 60 \text{ min} - 4 (2 + 10/60) \text{ min} + (2 + 10/60) = 12\text{h } 49 \text{ min}$.

Existe una aplicación más directa en este método que consiste en calcular, no la hora solar a partir de ahí. Trazar el azimuth, sino calcular en qué hora coinciden azimuthalmente la longitud del sol con la posición orbital del satélite, es decir a que hora el sol pasa por el satélite o viceversa. En este momento se puede tomar una referencia lejana y dirigir la parábola hacia ella o trazar también una línea en el suelo que proporcionará directamente el azimuth.

Siguiendo el ejemplo del día 21 de diciembre para la ciudad de Barcelona, la hora en que coincidirá en longitud con el satélite EUTELSAT F-1 será

EUTELSAT 1 F-1: posición orbital 13°



52 minutos en tiempo

al estar este satélite hacia el este el sol pasará antes por este punto que por el sur, por lo que restando este periodo de la hora solar calculada se obtiene el resultado apetecido, para satélites situados en posiciones orbitales Suroeste, estos valores equivalentes en tiempo de sus respectivas posiciones orbitales habrá que sumarlos en la hora solar.

Una vez concluida la puesta en marcha mecánica (orientación), el siguiente paso es la puesta en marcha eléctrica. Preorientada la antena se coloca la unidad externa sobre un soporte en la polarización escogida (vertical u horizontal corrigiendo el denominado offset de polarización, que es una pequeña correlación de la posición relativa de la unidad externa con respecto a la línea vertical u horizontal teóricas.

CONCLUSIONES

Todos los satélites son un nodo de una red de comunicaciones de la que forma parte, que se complementa con las estaciones terrenas que se comunican a través de él. Una estación terrena consiste en una serie de equipos interconectados entre sí, de los cuales el más representativo es su antena parabólica. Una antena parabólica tiene la propiedad de reflejar las señales que llegan a ella y concentrarlas en un punto común llamado foco; asimismo si las señales provienen del foco, las refleja y las concentra en un haz muy angosto de radiación .

Cuanto mayor es el diámetro de una antena parabólica, mayor es su ganancia, su lóbulo principal de radiación es mas angosto y los lóbulos secundarios se reducen; asimismo si su diámetro se conserva fijo, el mismo efecto anterior se obtiene mientras mayor sea la frecuencia de operación.

Una de las características mas importantes de una antena parabólica es su ganancia. La ganancia es la capacidad de la antena para amplificar las señales que transmite o recibe en cierta dirección, y se mide en decibeles en relación con la potencia radiada o recibida. Por lo tanto, siempre se desea tener la mayor ganancia posible en la dirección en la que vienen las señales que se quieren recibir o en las que se va a transmitir algo. la ganancia de una antena tiene siempre un valor definido en cualquier dirección a su alrededor, su valor depende de varios factores, entre ellos el diámetro de la antena, su concavidad la rugosidad de la superficie, el tipo de alimentador así como la posición y la orientación geométrica.

Glosario

- Alimentador:** Es el elemento que recibe las ondas concentradas del foco geométrico de la parábola y las guía al bajo convertidor de ruido.
- Azimuth :** Es el valor en grados de desviación sobre el plano horizontal respecto al sur.
- Decibel:** Razón entre dos niveles de potencia existentes entre dos puntos.
- Elevación :** Es la medida del plano vertical sobre el suelo.
- INTELSAT:** Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite.
- Ruido:** Se refiere a aquellas señales eléctricas indeseables que se encuentran presentes en cualquier sistema eléctrico.
- Satélite Geostacionario:** Es aquel que situado en una órbita ecuatorial, gira en el mismo sentido y a la misma velocidad que la tierra .

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Rodolfo Neri Vela, Satélites de comunicación.
Editorial Mc Graw Hill**
- 2.- Ploman Edward, Satélites de comunicación
Ediciones Alfa Omega**
- 3.- Ojeda, Luis Javier, TV Via Satélite
Editorial Marcombo**
- 4.- García Domínguez Armando, Cálculo de antenas.
Editorial Prentice-Hall**