

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

"ESTUDIO DE UN SISTEMA DE COMUNICACION AMATEUR  
VIA SATELITE MODO A CON LOS SATELITES RADIO  
SPUTNIK RS5, RS6, RS7 Y RS8"

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

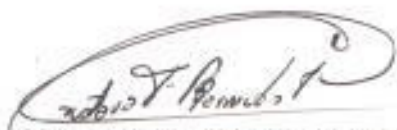
ESPECIALIZACION: ELECTRONICA

PRESENTADA POR:

JAI ME ROBERTO SANTORO DONOSO

GUAYAQUIL-ECUADOR

1985



.....  
Ing. Gustavo Bermúdez Flores  
SUBDECANO  
Facultad de Ingeniería Eléctrica



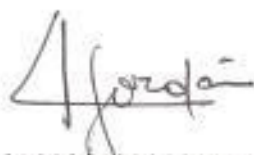
.....  
Ing. César Vépez Flores  
DIRECTOR DE TESIS



.....  
Ing. Pedro Vargas González  
MIEMBRO PRINCIPAL



.....  
Ing. Pedro Carlo Paredes  
MIEMBRO PRINCIPAL



.....  
Ing. Carlos Jordán Villamar  
MIEMBRO SUPLENTE

## DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)

*Jaime Roberto Santoro Donoso*  
.....  
JAIME ROBERTO SANTORO DONOSO

## RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un estudio de los fundamentos básicos para la realización de comunicación aficionada vía satélite con los satélites radio Sputnik RS5, RS6, RS7 y RS8, de órbita circular y baja altura.

Antes de comenzar a estudiar los fundamentos de este tipo de comunicación, se realiza una breve historia sobre la misma, que cubre desde sus inicios hasta hoy, para familiarizar al lector con esta forma de enlace.

El modo de enlace escogido es el A, lo que significa que la estación terrena transmite a 150 MHz (2 m.) y recibe a 30 MHz (10 m.). Este modo es accesible a la mayoría de los radioaficionados, ya que por lo general cuentan con los equipos que les permiten establecer enlace en esta modalidad.

Es necesario conocer la posición del satélite en el espacio para poder establecer comunicación, y eso lo logramos mediante el rastreo del mismo. Los métodos que se presentan son los más utilizados en los países en que este tipo de comunicación está muy difundida.

Una vez hecho el estudio de los efectos del enlace, se presenta la implementación de una estación terrena utilizando

los equipos de un radioaficionado de la ciudad y construyen  
do caseramente las antenas.

## INDICE GENERAL

	<u>Pág.</u>
RESUMEN . . . . .	VI
INDICE GENERAL . . . . .	VIII
INDICE DE FIGURAS . . . . .	XI
INDICE DE FOTOGRAFIAS . . . . .	XIII
INDICE DE TABLAS . . . . .	XIV
INTRODUCCION . . . . .	16
I. BREVE HISTORIA DE LA COMUNICACION AMATEUR	
VIA SATELITE . . . . .	19
II. FUNDAMENTOS DE LA COMUNICACION AMATEUR VIA	
SATELITE . . . . .	30
2.1 TIPOS DE ORBITA DE LOS SATELITES . . . . .	30
2.1.1 GEOESTACIONARIA . . . . .	30
2.1.2 POLAR . . . . .	30
2.1.3 ELIPTICA . . . . .	31
2.2 MODOS DE ENLACE . . . . .	32
2.2.1 MODO A . . . . .	32
2.2.2 MODO B . . . . .	32
2.2.3 MODO J . . . . .	33
2.2.4 MODO L . . . . .	33
2.3 RASTREO . . . . .	34
2.3.1 METODOS . . . . .	36
2.4 ANTENAS DE LA ESTACION TERRENA . . . . .	96
2.4.1 CARACTERISTICAS . . . . .	96

2.4.1.1	GANANCIA Y EIRP . . . . .	96
2.4.1.2	EFICIENCIA Y POLARIZACION . . . . .	104
2.4.2	TIPOS PRACTICOS DE ANTENAS PARA LA ESTACION TERRENA . . . . .	110
2.4.2.1	YAGI . . . . .	110
2.4.2.2	HELICOIDAL . . . . .	114
2.4.2.3	TORNIQUETE . . . . .	114
2.4.2.4	LAZO . . . . .	114
2.4.2.5	ACCESORIOS . . . . .	114
2.4.2.5.1	ROTORES . . . . .	114
2.5	EFFECTOS DEL ENLACE . . . . .	116
2.5.1	ROTACION DE FARADAY . . . . .	121
2.5.2	MODULACION SPIN . . . . .	122
2.5.3	EFFECTO DOPPLER . . . . .	124
III. IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE COMUNICACION AMATEUR VIA SATELITE MODO A CON LOS SATELITES RADIO SPUTNIK RS5, RS6, RS7 Y RS8 . . . . .		
3.1	RECEPCION . . . . .	128
3.1.1	RECEPTOR . . . . .	128
3.1.2	LINEAS DE TRANSMISION . . . . .	129
3.1.3	ANTENAS . . . . .	130
3.1.4	ACCESORIOS . . . . .	141
3.2	TRANSMISION . . . . .	143
3.2.1	TRANSMISOR . . . . .	144

	<u>P&amp;g.</u>
3.2.2 LINEAS DE TRANSMISION . . . . .	145
3.2.3 ANTENAS . . . . .	145
3.2.4 ACCESORIOS . . . . .	157
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	158
APENDICES . . . . .	159
BIBLIOGRAFIA . . . . .	160



## INTRODUCCION

Esta tesis ha sido realizada con el objeto de que se constituya en un manual práctico para aquellas personas que teniendo cierto conocimiento en comunicaciones, desea reali-zar como aficionado este tipo de enlace. Se escogió los radio Sputnik, debido a que ellos se encuentran aún operando, mas no así los OSCAR, de los cuales se encuentra operando sólo el nueve, y el diez. El OSCAR 9 no fue escogido ya que lleva a bordo sólomente radiofaros, no pudiéndose por lo tanto establecer un enlace con otra estación terrena y el OSCAR 10 que es de órbita elíptica y que opera en el mo-do B y L tampoco fue escogido ya que esta tesis abarca satélites con órbitas circulares y que operan en el modo A.

Es importante recalcar que este manual permite al lector trabajar, si él lo desea, en enlaces con satélites con órbitas elípticas y operando en otros modos, ya que en él se encuentran los conocimientos básicos para la comunicación vía satélite de carácter aficionado. Es lógico suponer que di-cha persona tendrá que completar su información con alguna otra bibliografía sobre todo en lo que respecta al rastreo del satélite.

A mediados de 1940, mucho antes de que el primer satélite haya sido puesto en órbita, Arthur C. Clarke publicó un ar-

tículo detallado sobre como una estación de satélite retransmisor puede permitir a estaciones terrestres comunicarse a largas distancias. En un análisis independiente, John Pierce, un físico de los laboratorios de teléfono Bell, llegó a una conclusión similar: satélites activos retransmisores pueden tener un positivo impacto en comunicaciones de larga distancia. Este sistema podría ser más exacto si las frecuencias de radio usadas no fueran afectadas por la ionósfera.

Un transpondedor es un dispositivo que recibe señales de radio en un segmento del espectro, las amplifica, traslada (desplaza) su frecuencia a otro segmento del espectro y las retransmite. El transpondedor de los radioaficionados usado a bordo de los satélites puede manejar un gran número de señales de varios tipos simultáneamente, con la potencia de cada señal recibida multiplicada aproximadamente  $10^{13}$  veces (130 dB) antes de ser retransmitida de regreso a la tierra.

Las señales de radio entre satélites y estaciones de tierra son a menudo catalogadas como "Conexiones hacia abajo" (señales de una nave hacia una estación de tierra); "Conexiones hacia arriba" (señales originadas en la tierra y dirigidas hacia un satélite); y comerciales o conexiones de comunicación (que incluyen las dos anteriores).

La más simple conexión hacia abajo, un tono continuo, puede ser útil para estaciones terrestres de rastreo de satélite y para investigadores que están estudiando la propagación de radio o investigando la ionósfera. Una más compleja conexión hacia abajo, un radiofaro, puede ser usada para transmitir información telemétrica (medidas hechas por instrumentos científicos y de ingeniería a bordo de la nave) para interesar a las estaciones terrestres.

Conexiones hacia arriba pueden ser usadas para controlar las operaciones de satélites. Por ejemplo, si el particular diseño de un satélite permite, podemos reprogramar una computadora que está a bordo desde la tierra para adecuar la actitud de la nave (orientación en el espacio), o para apagar un radiofaro temporalmente para ahorrar energía. Las estaciones de tierra equipadas para controlar naves se las llama estaciones de comando.

Conexiones hacia arriba y hacia abajo son usadas juntas en muchas aplicaciones. Por ejemplo, una estación terrestre B (sobre la ruta de línea-sin vista-) por vía satélites de retransmisión. La estación A podría ser un transmisor central de T.V. y la estación B los millones de hogares capaces de recibir las señales de T.V. Este ejemplo ilustra una conexión comercial. Si las dos estaciones están equipadas para transmitir y recibir tenemos conexiones de comunicación.

## CAPITULO I

### BREVE HISTORIA DE LA COMUNICACION AMATEUR VIA SATELITE

En Abril de 1959 Don Stoner (W6TWS), experimentador electrónico escribió en CQ, sugiriendo que los aficionados tomaran la construcción de un satélite retransmisor. Stoner, estaba proponiendo que los radioaficionados construyan una nave que contenga un transpondedor capaz de soportar dos vías de comunicación.

En 1960, un grupo de radioaficionados (inspirados en el artículo de Stoner) en Sunnyvale, California, organizaron la asociación OSCAR (Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio). Los términos de este club pionero incluía la creación de satélites aficionados y la obtención de lanzamientos. Para arreglar un lanzamiento, el gobierno de EE.UU. debía estar convencido que los satélites aficionados podían realizar una función útil en uno o más de las siguientes áreas: Exploraciones científicas, desarrollo técnico, comunicación de desastres y educación científica o técnica.

#### OSCAR I

Después de dos años de esfuerzos por parte de los miembros de la Asociación OSCAR, el primer satélite radioaficionado, el OSCAR I con un peso de 10 lbs., estuvo listo y fijado su

lanzamiento el 12 de Diciembre de 1961. La nave contenía un radiofaro de 140 mW a 145 MHz transmitiendo un simple mensaje repetido a una velocidad controlada por un sensor, respondiendo a la temperatura interna del satélite. Debido a su baja altura, el OSCAR I sólo quedó en órbita 22 días antes de que se quemara en su regreso a la atmósfera de la tierra, el 1° de Enero de 1962.

## OSCAR II

El OSCAR II fue lanzado exitosamente en Junio 2 de 1962 aproximadamente 6 meses después de OSCAR I, y fueron muy similares, tanto en su estructura como en su parte eléctrica.

Los resultados del vuelo del OSCAR I, causaron mejoras en el OSCAR II, como :

- 1) Cambiar las capas de la superficie térmica para lograr un medio ambiente más frío en el interior.
- 2) Modificar el sistema sensitivo de tal manera que la temperatura del satélite podría ser medida exactamente a la vez que las baterías se descargan; y
- 3) Bajar la potencia de salida del transmisor a 100 milivatios para extender la vida de la batería.

La rápida alza de temperatura del OSCAR II probablemente fue causada por calentamiento aerodinámico (fricción de moléculas de aire) a medida que la nave volvía a entrar en la atmósfera, los reportes finales telemétricos desde la órbita 295, 18 días después del lanzamiento, indicaban una temperatura interna de  $54^{\circ}\text{C}$ , la concha exterior probablemente estaría sobre  $100^{\circ}\text{C}$ .

### OSCAR\*

Con los OSCAR I y II, fue diseñado, construido y probado OSCAR\* por Chuck Smallhouse (W6GHGZ) y Orv Dalton (K6 VEY). Dimensionalmente estaba entre los OSCARES anteriores, pero contenía un radiofaro de 250 milivatios. Debido al éxito de sus antecesores OSCAR\*, nunca fue lanzado, los trabajadores decidieron enfocar sus esfuerzos en el primer satélite retransmisor, el OSCAR III.

Para ayudar a financiar satélites futuros, en el mes de Abril de 1962, la asociación OSCAR formalmente se incorporó como proyecto OSCAR Inc. y comenzó a solicitar miembros a nivel nacional.

### OSCAR III

Fue lanzado el 9 de Marzo de 1965, llevaba un transpondedor de 1 vatio y recibía señales cerca de 146 MHz y las retrans

mitía de vuelta a la tierra en los 144 MHz.

El transpondedor fue diseñado para que radioaficionados con equipos modestos se pudieran comunicar hasta 3000 millas. En adición al transpondedor, el OSCAR III tenía dos radiofaros transmisores, uno proveía una portadora continua para rastreo y para estudios de propagación y el otro telemetreaba 3 parámetros : temperatura y voltaje de la batería principal y la temperatura del amplificador final del transpondedor. Un pequeño banco de células solares fue usado como respaldo de la batería que alimentaba los radiofaros. El OSCAR III fue la primera nave espacial aficionada en usar potencia solar, debe notarse que las células solares era una reciente tecnología, habiendo sido inventada recién en 1954.

El transpondedor operó por 18 días, durante los cuales cerca de 1000 aficionados en 22 países lo escucharon. Un gran número de comunicaciones de larga distancia fueron reportadas, incluyendo de USA (Massachussets) a Alemania, USA (New Jersey) a España y New York a Alaska. El transpondedor demostró claramente que el concepto de satélites de acceso libre y acceso múltiple funcionaba.

Acceso libre, significa que cualquiera que tenga licencia de su gobierno puede unirse a la nave espacial sin recargo

alguno o sin notificación.

Acceso múltiple, significa que un gran número de estaciones terrestres pueden usar la nave espacial simultáneamente si ellos cooperan en escoger frecuencias y niveles de potencia limitados. El radiofaro telemétrico, con su propia batería y las células solares funcionó varios meses.

Estaba claro que los satélites necesitaban cambios mayores. La vida operacional debería de crecer por 10 y 1000 veces para justificar el esfuerzo y gastos usados para construir la sofisticada nave espacial.

#### OSCAR IV

El OSCAR IV fue lanzado el 21 de Diciembre de 1965, llevando un transpondedor que recibía en los 144MHz y transmitía en los 432 MHz. Fue diseñado para que sea de potencia solar y que tenga un tiempo de vida de un año. Por fallos en el vehículo de lanzamiento, el OSCAR IV entró en un órbita elíptica, para la cual no fue diseñado, sin embargo, el radio siguió operando hasta el 16 de Mayo de 1966 y a través de él se realizó el primer contacto 2 vías via satélite entre Rusia y EE.UU.

#### OSCAR 5

El 23 de Enero de 1970, cinco años después del último lanzau



miento fue puesto en órbita este satélite, el OSCAR 5, el cual fue construido por la Universidad de Australia. La AMSAT (The Radio Amateur Satellite Corporation), proyecto análogo al OSCAR, fue fundado el 3 de Mayo de 1969 en Washington D.C., con el objeto de fortalecer el proyecto espacial aficionado en la Costa Este y su primer trabajo fue ayudar a poner en operación al AUSTRALIS OSCAR 5 (A-0-5).

El A-0-5 tuvo como misión tres objetivos fundamentales, los cuales fueron cumplidos :

- 1) Evaluar la conveniencia de utilizar la banda de 10 m. en enlaces futuros,
- 2) Probar un esquema magnético pasivo de estabilización de altitud, y
- 3) Demostrar la factibilidad de controlar un satélite aficionado con comandos vía enlace de subida.

Para cumplir lo propuesto el OSCAR 5 fue equipado con dos radiofaros, uno a 144,05 MHz y otro a 29,45 MHz, un comando receptor y decodificador, un sistema de telemetría con siete canales análogos y una batería de magnesio alcalina como suministro de potencia. El satélite no contenía ni celdas solares, ni transpondedor. El radiofaro a 144,05 MHz dejó de funcionar 23 días después del lanzamiento y el de 29,45 MHz, controlando su funcionamiento desde tierra (apagándolo

o prendiéndolo), reduciendo así el consumo de energía operó hasta 46 días después del lanzamiento.

#### AMSAT OSCAR 6

Con este satélite, lanzado el 15 de Octubre de 1972, se abre la fase II del programa de satélites aficionados, que incluye a los satélites de larga vida. Llevó un transpondedor operando en el modo A, es decir 145 MHz como frecuencia para el enlace de subida, y 29 MHz para el enlace de bajada, además tenía un radiofaro de 435,1 MHz. Este satélite poseía todas las características del A-0-5, pero mejoradas. Este radio dejó de operar el 21 de Junio de 1977, cuatro años y medio después de su lanzamiento.

#### AMSAT OSCAR 7

El A-0-7 fue lanzado el 15 de Noviembre de 1974, abriendo así una nueva etapa para la comunicación aficionada vía satélite, tener 2 naves espaciales operando al mismo tiempo. Este satélite contenía 2 transpondedores, el uno que operaba en el modo A, es decir a 146 MHz para el enlace de subida y a 29 MHz para el de bajada, y el otro en el modo B, es decir a 432 MHz para el enlace de subida y 146 MHz para el de bajada; además llevo radiofaros a 146 MHz, 435 MHz, y 2304 MHz, este último, debido a que la FCC decidió negar el permiso para encenderlo, nunca pudo ser probado. Este saté

lite dejó de operar en Junio del 81, seis años y medio después de su puesta en órbita.

#### AMSAT OSCAR 8

Este satélite fue puesto en órbita el 5 de Mayo de 1978 y al igual que sus antecesores fue de baja altitud y órbita circular. El A-0-8 contenía dos transpondedores, el uno operando en el modo A y el otro en el modo J (transpondedor desarrollado por la JAMSAT, filial de AMSAT en Japón), es decir a 145 MHz para enlace de subida y 435 MHz para el de bajada. Además llevó dos radiofaros, el uno a 29,4 MHz y el otro a 435 MHz. Un rasgo interesante del A-0-8, es que los transpondedores podían ser operados simultáneamente, tanto tiempo como las baterías se pudieran mantener cargadas. Un enlace de subida podía ser retransmitido en ambos modos de enlace de bajada, pudiendo ser fácilmente comparados.

Por este tiempo se comenzó a trabajar ya en la fase III, que consistía en desarrollar satélites de gran altitud y larga vida. El A-0-8 dejó de operar el 15 de Junio de 1983.

#### SATELITES RUSOS RS1 Y RS2

El 26 de Octubre de 1978, los rusos pusieron en órbita simultáneamente a dos satélites, el RS1 y RS2, ambos de baja

altitud y órbita circular. Estas naves espaciales llevaban cada una un transpondedor, operando en el modo A y un radio faro a 29,4 MHz.

Debido a que los radioaficionados rusos estaban limitados a potencias no mayores de 5W en la banda de 146 MHz, los transpondedores contenían receptores muy sensitivos, debido a que las estaciones terrenas deberían transmitir a bajas potencias. Un circuito de apagado automático los protegía cuando se transmitía a potencias elevadas. Como consecuencia de esto el RS1 y RS2 permanecían apagados casi siempre que volaban sobre Occidente, debido a unos cuantos usuarios des considerados. Es desconocida la fecha en que dejaron de operar estos radios, pero se cree fue alrededor del 23 de Mayo de 1980.

#### AMSAT FASE III-A

El 23 de Mayo de 1980 se lanzó este satélite, y debido a fallas en el vehículo de lanzamiento, cayó en esa misma fecha en el Océano Atlántico. Este hubiera sido el primer sa télite de órbita elíptica y larga vida.

El AMSAT Fase III-A contenía un transpondedor que operaba en el modo B.

Un satélite de esta fase está disponible para el 42% de la

tierra cuando esté en apogeo, a diferencia de los satélites de las fases I y II que están disponibles en cualquier momento para el 9% de la tierra.

#### UOSAT OSCAR 9

Este satélite fue puesto en órbita el 6 de Octubre de 1981 con propósitos exclusivos educacionales y de experimentación.

Para ello este satélite fue equipado con varios radiofaros, cada uno a diferentes frecuencias. El UOSAT OSCAR 9 fue construido por la Universidad de Surrey (Inglaterra) y aún se encuentra operando.

#### SATELITES RUSOS RS3,4,5,6,7 y 8

Los rusos pusieron en órbita seis satélites en forma simultánea el 17 de Diciembre de 1981. Estos satélites están aún operando y son de baja altitud y órbita circular. Llevan cada uno un transpondedor que opera en el modo A. Características más detalladas sobre estos satélites se encuentran en el Apéndice C.

#### AMSAT OSCAR 10

Este satélite pertenece a la fase IIIB del programa espacial de los radioaficionados y es de órbita elíptica y lar-

ga vida. Contiene dos transpondedores, uno operando en el modo B y otro, usado como redundante, operando en el modo L, esto es a 1269 MHz para el enlace de subida y a 436 MHz para el de bajada. Este satélite fue lanzado el 16 de Junio de 1983 y se espera que tenga un tiempo de vida de entre 7-10 años.

Otros satélites han sido lanzados, y seguirán siendo lanzados, pero los que se han nombrado en este capítulo son los que han ido haciendo historia, hasta hoy en este tipo de comunicación.

## CAPITULO II

### FUNDAMENTOS DE LA COMUNICACION AMATEUR VIA SATELITE

#### 2.1 TIPOS DE ORBITA DE LOS SATELITES

La órbita de los satélites está descrita por una elipse y dependiendo de la variación de sus parámetros (semi-eje mayor, semi-eje menor, distancia entre centro y un punto focal y excentricidad), inclinación de la órbita (ángulo entre el plano ecuatorial y el plano orbital) y altitud a la que se encuentra el satélite, tenemos diferentes tipos de órbitas.

##### 2.1.1 GEOESTACIONARIA

Si un satélite es lanzado hacia una órbita circular a una altura cuidadosamente seleccionada (35.800 KM) y con una inclinación de 0 grados, su velocidad angular será igual a la de la tierra. A este tipo de órbita se la llama geostacionaria, ya que el satélite aparece como si estuviera sin movimiento en el espacio.

##### 2.1.2 POLAR

Cuando un satélite es lanzado hacia una órbita

con una inclinación de noventa grados (cerca de 90 grados) y sea esta circular o elíptica, la órbita es polar.

### 2.1.3 ELIPTICA

La forma de la órbita de un satélite está descrita de manera general por una elipse. De acuerdo a la primera ley de Kepler se moverá alrededor de la Tierra con una órbita elíptica y con la Tierra en un foco.

La geometría de la elipse nos dice que :

$$c = \sqrt{a^2 - b^2}$$

$$c = \sqrt{1 - (b/a)^2} \quad \text{ó} \quad c = ae$$

$$0 \leq e < 1$$

donde:

$a$  = semi-eje mayor de la elipse

$b$  = semi-eje menor de la elipse

$c$  = distancia entre el centro y un foco

$e$  = excentricidad

La excentricidad es un número que nos dice que tan aproximada está la elipse a ser un círculo



( $e=0$ ).

Resumiendo podemos decir que los tipos de órbita de los satélites son elíptico o circular dependiendo de la variación de los parámetros de la elipse y geoestacionaria o polar dependiendo de la altura e inclinación de la órbita.

## 2.2 MODOS DE ENLACE

De acuerdo a la combinación de frecuencias de transmisión y recepción en una estación terrena, tenemos los siguientes modos de enlace :

### 2.2.1 MODO A

En el modo A la estación terrena transmite a 150 MHz (2 m.) y recibe a 30 MHz (10 m.).

El modo A es utilizado en satélites con órbitas a una altura baja.

Para Agosto de 1983 cuatro satélites fueron equipados para operar en modo A, ellos son el RS-5, RS-6, RS-7 y RS-8.

### 2.2.2 MODO B

En el modo B, la estación terrena transmite a

430 MHz (70 cm.) y recibe a 150 MHz (2 m.).

El modo B puede ser utilizado tanto para satélites con órbitas a una altura baja como para satélites con órbitas a una altura alta.

El modo B fue instalado en el OSCAR 10 y OSCAR 7 y este último demostró durante seis años y medio tener una señal de mejor calidad, demostrando ser superior al modo A cuyas señales son muchas veces reflejadas hacia atrás en el espacio, no escuchándose nada en tierra.

### 2.2.3 MODO J

El modo J utiliza la misma banda del modo B pero cambiadas las frecuencias de transmisión y recepción, es decir 150 MHz (10 m.) para la transmisión o frecuencia de subida y 430 MHz (70 cm.) para la recepción o frecuencia de bajada. El OSCAR 8 está equipado con este modo.

### 2.2.4 MODO L

En el modo L, la estación terrena transmite a 1.300 MHz (23 cm.) y recibe a 430 MHz (70 cm.). El OSCAR 10 también está equipado para operar

en este modo.

De lo anterior nos damos cuenta que una estación terrena operando en el modo A también puede trabajar en el modo J por obtención de un receptor a 430 MHz (70 cm.) y además serviría para trabajar en el modo L obteniendo un transmisor que opere a 1.300 MHz (23 cm.)

### 2.3 RASTREO

Para establecer enlace con un satélite, es necesario conocer la posición del satélite en el espacio, para saber hacia donde apuntar la antena cuando el satélite esté en rango.

Un buen método para rastreo de satélite es aquel que permite predecir :

- 1) Cuando un satélite está en rango: más específicamente cuando existe AOS (adquisición de señal) y LOS (pérdida de señal).
- 2) Dirección de la antena (acimut y elevación) en cualquier momento, y
- 3) Las regiones de la tierra que tienen acceso al satélite en cualquier instante.

El SSP "punto subsatelital" (subsattellite point) es el punto en la superficie de la tierra directamente bajo el satélite. Para la mayoría de los satélites el SSP está en constante movimiento así como el satélite se mueve en el espacio. Si unimos los SSP a lo largo de la órbita del satélite, obtenemos una curva llamada la "pista terrestre" (ground track) o "camino satelital" (subsattellite path). Un satélite estará en rango cuando el SSP esté cerca de la localización de la estación terrena y fuera de rango cuando el SSP está lejos de la localización de la estación terrena.

Cuando el SSP entra al "círculo de adquisición" (acquisition circle), el satélite está en rango y tenemos AOS y cuando lo deja el satélite está fuera de rango y tenemos LOS.

Los dos puntos donde la "pista terrestre" y la línea ecuatorial se intersectan se llaman nodos. El nodo as cendente" (ascending node) ocurre cuando el SSP atraviesa la línea ecuatorial dirigiéndose al norte; el "nodo descendente" (descending node) ocurre cuando el SSP atraviesa la línea ecuatorial dirigiéndose al sur. Es muy utilizado como punto de referencia al "nodo ascendente", algunas veces abreviado EQX.

La cantidad de tiempo que se toma un satélite en completar una órbita es llamada "período" (period). Los períodos de los satélites aficionados de la fase II están desde 95 minutos (Uo SAT OSCAR 9) a 120 minutos (RS3 a RS8). Los períodos de los satélites aficionados de la fase III están en el rango de 10 a 24 horas. Conociendo el período de los satélites nosotros podemos calcular el número de órbitas por día (alrededor de 12 a 15 para los satélites de la fase II, 1 a 2 para los satélites de la fase III).

### 2.3.1 METODOS

Existen diferentes métodos basados en mapas y cada uno depende de un tipo particular o clase de mapa. En ciertos tipos de mapas (polar y rectangular) la forma de la "pista terrestre" para órbitas circulares no cambia. Con esas proyecciones es posible dibujar una "pista terrestre" permanente en una hoja transparente que puedan ser reposicionadas para cada caso del satélite.

En un mapa polar, reposicionar significa rotar la hoja transparente con la "pista terrestre", alrededor del polo; en un mapa de coordenadas

rectangulares significa desplazamiento de la hoja transparente con la "pista terrestre" en forma horizontal a lo largo del Ecuador.

Los mapas polares han resultado ser más populares entre los radioaficionados por varias razones :

- 1) Las láminas con la "pista terrestre" son fáciles de reposicionar.
- 2) Estaciones terrenas en latitudes medias con "telaraña" (spiderweb) aproximados a círculos incurren muy poco en perjuicio de la exactitud, y
- 3) Existe una forma rápida y simple de dibujar "pistas terrestres" que será bosquejada más adelante.

No obstante, otros tipos de mapas pueden tener ventajas para ciertas órbitas o estaciones terrenas en lugares específicos. En órbitas elípticas la forma de la "pista terrestre" en mapas de coordenadas polares y rectangulares cambia con el desplazamiento del argumento del perigeo. El argumento del perigeo cambia lentamente para

órbitas de inclinación alta ( $i > 50$  grados) del tipo planeado para las misiones de la fase III. Una hoja transparente con una "pista terrestre" para órbita elíptica será adecuada para un mes o más tiempo, aunque un cambio periódico será necesitado.

#### MAPAS DE PROYECCION POLAR

Existen centrados en el polo norte o en el polo sur. En estos mapas las curvas de latitud son representadas por un grupo de círculos concéntricos centrados en el polo norte y curvas de longitud (meridianos) representadas por líneas radiadas hacia afuera desde el polo. Las proyecciones difieren primeramente en el espacio entre las curvas de latitud. Dispositivos de búsqueda o rastreo de satélites basados en mapas polares son muy populares para satélites con órbitas circulares y de baja altura, así como para órbitas elípticas de gran altura con ángulos de inclinación mayores a 50 grados.

Los mapas de proyección polar más comunes son : el equidistante, el estereográfico, y el ortográfico. El equidistante es diseñado para mos-

trar distancias reales desde el polo, el estereográfico es diseñado de modo que todos los círculos en el globo serán mostrados como círculos (sin distorsión), y el ortográfico muestra a la tierra vista desde una particular altura sobre el polo. Las dos primeras proyecciones son excelentes para rastreo utilizando el "OSCARLOCATOR" y el "rastreador  $\phi 3$ "; más adelante será detallado el rastreo utilizando el "OSCARLOCATOR". La proyección ortográfica es útil por ejemplo para expediciones en el ártico, ya que las latitudes cerca a la línea ecuatorial a parecerán comprimidas, siendo por lo tanto pobre la aproximación del rastreo para estaciones terrenas en dichas latitudes.

Entre una de las razones por la que los mapas polares son muy populares, está el poder dibujar rápidamente y con cierta exactitud una "pista terrestre" para órbitas circular y de baja altura. Analicemos primero: Se conoce como incremento de longitud o simplemente incremento al cambio de longitud ( $\lambda$ ) entre dos sucesivos nodos ascendentes. En términos matemáticos:

$$I = \lambda_{n+1} - \lambda_n$$



donde  $\lambda_{n+1}$  es la longitud de cualquier nodo ascendente en grados oeste de Greenwich ( $^{\circ}W$ ),  $\lambda_n$  es la longitud del nodo ascendente anterior en  $^{\circ}W$  e  $I$  está en grados oeste por órbita ( $^{\circ}W/\text{órbita}$ ).

El incremento puede ser obtenido experimentalmente por observaciones promedios sobre un largo período de tiempo, o calculado teóricamente a partir de un modelo. Aunque los valores experimentales son los mejores, la aproximación teórica es necesitada para predicciones antes del lanzamiento de un satélite y en las primeras semanas o meses, mientras las observaciones están siendo realizadas. Una vez obtenido el valor del incremento de longitud puede calcularse la longitud de un nodo ascendente para cualquier órbita mediante la ecuación :

$$\lambda_m = \lambda_n + (m-n)I$$

Esta fórmula trabaja tanto hacia adelante como hacia atrás; cuando órbitas futuras están siendo predichas,  $m > n$ . El resultado del uso de esta ecuación debe ser puesto en el rango de 0 grados a 360 grados si no lo está, por sucesi-

vas adiciones o subtracciones de 360 grados.

El valor de  $I$  lo obtenemos como sigue :

$$\frac{\text{Rotación angular de la tierra durante una órbita completa (E)}}{\text{Rotación angular de la tierra durante un día sideral (360°)}} = \frac{\text{Número de minutos para una órbita completa (T)}}{\text{Número de minutos en un día sideral (1436.07)}}$$

o,

$$\frac{E}{360^\circ} = \frac{T}{1436,07 \text{ min.}}$$

resolviendo para  $E$  tenemos :

$$E = (0,250684^\circ/\text{min}) T$$

De esta última ecuación nos damos cuenta que podemos calcular un valor estimado de  $E$  rápidamente por el cálculo de  $T/4$ . La diferencia entre  $I$  y  $E$  es que para encontrar  $E$  hemos considerado la orientación del plano orbital como fijo. Un valor real de  $I$  difiere muy poco del valor de  $E$ . Ahora sí:

Procedamos a encontrar los puntos que unidos nos darán en forma rápida una "pista terrestre" aproximada para una órbita particular de baja altitud y circular: Asumamos que un mapa de proyección polar está siendo utilizado y que tenemos un valor estimado del periodo,  $T$  (en minutos),

e inclinación de la órbita,  $i$  (en grados). Si un nodo ascendente ocurre en la latitud  $\phi_{an} = 0^\circ N$  y longitud  $\lambda_{an} = 0^\circ W$ , entonces el nodo descendente ocurrirá  $T/2$  minutos más tarde en  $\phi_{dn} = 0^\circ N$  y  $\lambda_{dn} = 180^\circ W + (T/8)^\circ W$ .

Entre esos dos puntos, el satélite estará en su punto más hacia el Norte:  $\phi_{np} = i^\circ N$  y  $\lambda_{np} = 270^\circ W + (T/16)^\circ W$  cuando  $i$  está entre 0 grados y 90 grados, o  $\phi_{np} = (180-i)^\circ N$  y  $\lambda_{np} = 90^\circ W + (T/16)^\circ W$  cuando  $i$  está entre 90 grados y 180 grados. Resumiendo tenemos los siguientes 3 puntos para el nodo ascendente asumido:

- 1)  $\phi_{an} = 0^\circ N$ ,  $\lambda_{an} = 0^\circ W$
- 2)  $\phi_{np} = i^\circ N$ ,  $\lambda_{np} = 270^\circ W + (T/16)^\circ W$   
 para  $0 \text{ grados} < i < 90 \text{ grados}$ , o  
 $\phi_{np} = (180-i)^\circ N$ ,  $\lambda_{np} = 90^\circ W + (T/16)^\circ W$   
 para  $90 \text{ grados} < i < 180 \text{ grados}$ , y,
- 3)  $\phi_{dn} = 0^\circ N$ ,  $\lambda_{dn} = 180^\circ W + (T/8)^\circ W$

que unidos nos dan una "pista terrestre" en forma rápida y aproximada:

#### OSCARLOCATOR

Es el método de rastreo más popular para los sa

telites AMSAT OSCAR 8, RS3 hasta RS8 y el UoSAT OSCAR 9.

Este consiste en dos partes :

- 1) Un mapa centrado en el Polo Norte
- 2) Una "pista terrestre" dibujada en una lámina de material transparente para ser montada so  
bre el mapa para que pueda ser rotada alrede  
dor del polo.

EL OSCARLOCATOR es usado con un calendario de órbitas. La tabla I muestra un día de tres meses del calendario del AMSAT OSCAR 8. Las 14 filas horizontales de información corresponden a las 14 órbitas que el OSCAR 8 hizo ese día. El calendario provee varias piezas de información. La primera columna contiene un número de referencia que identifica cada órbita. Las órbitas son numeradas desde el lanzamiento, comen  
zando con la órbita uno cuando el primer nodo ascendente ocurre. Las otras 2 columnas en el calendario presentan el tiempo y longitud del nodo ascendente (la latitud es cero, ya que un nodo ocurre en el Ecuador). El tiempo está dado en UTC (Universal coordinated time) usando

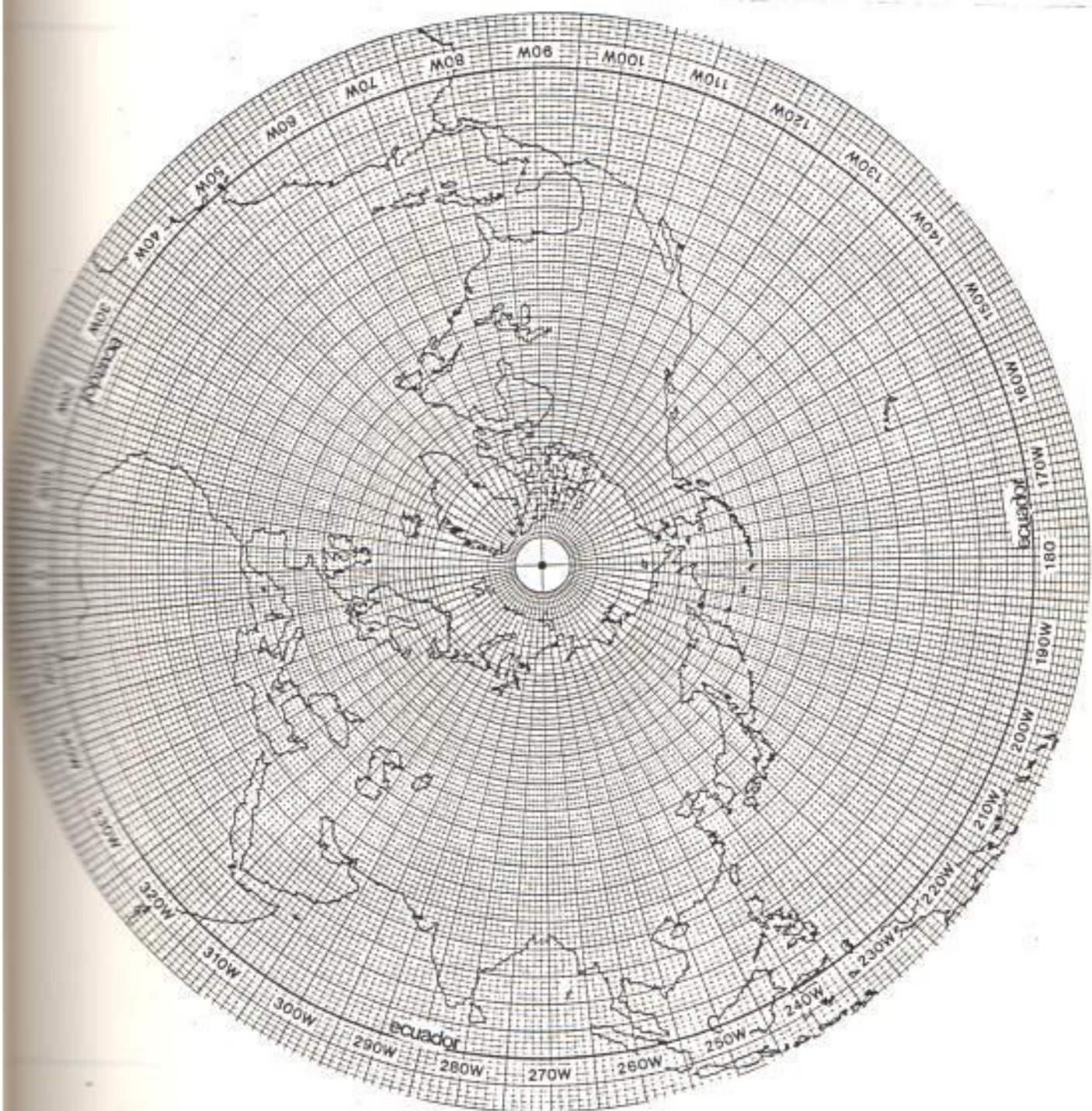


Fig. 1 MAPA CENTRADO EN EL POLO NORTE QUE FORMA PARTE DEL OSCARLOCATOR

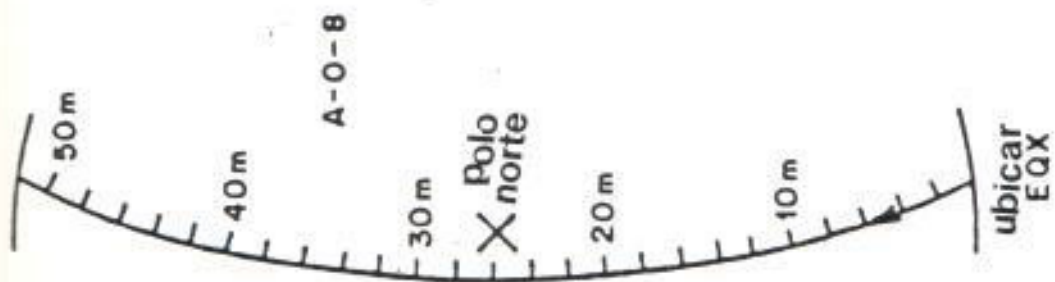


Fig. 2 PISTA TERRESTRE DEL SATELITE OSCAR 8

ORBITA Nº	TIEMPO UTC (H:M:S)	EQX (°W)
11695	00:53:37	66.0
11696	02:36:49	91.8
11697	04:20:01	117.6
11698	06:03:14	143.4
11699	07:46:26	169.2
11700	09:29:38	195.0
11701	11:12:50	220.8
11702	12:56:02	246.6
11703	14:39:15	272.4
11704	16:22:27	298.2
11705	18:05:39	324.0
11706	19:48:51	349.8
11707	21:32:03	15.6
11708	23:15:16	41.4

TABLA I CALENDARIO DE ORBITA DE UN DIA DEL SATELITE AMSAT-OSCAR 8  
21 de Junio (173) de 1980.

Horas:Minutos:Segundos [H:M:S] como notación. El número 173 en paréntesis indica que el día 21 de junio es el día número 173 de 1980. La mejor forma de aprender el uso del OSCARLOCATOR es ilustrándolo con un ejemplo y para ello hemos seguido la última órbita del día sábado 21 de junio de 1980. La órbita número 11.708 tiene un nodo ascendente a las 23:15:16 UTC y a una longitud de  $41,4^{\circ}W$  (para la mayoría de las aplicaciones es aceptable el redondeo del tiempo hasta minutos y el redondeo de la longitud). La lámina transparente con la "pista terrestre" deberá ser rotada hasta que el EQX se alinee con los  $41^{\circ}W$  de longitud en el mapa y deberá permanecer así durante toda la órbita.

La pista terrestre está dividida en intervalos de tiempo de 2 minutos cada uno, lo cual hace posible poder decir donde se encuentra el SSP en cualquier momento durante la órbita. A las 23:22 UTC (alrededor de 7 minutos después del EQX) el SSP estará en el punto A. Hasta aquí no nosotros podemos localizar el SSP del OSCAR 8 si tenemos un OSCARLOCATOR y un calendario de órbitas.



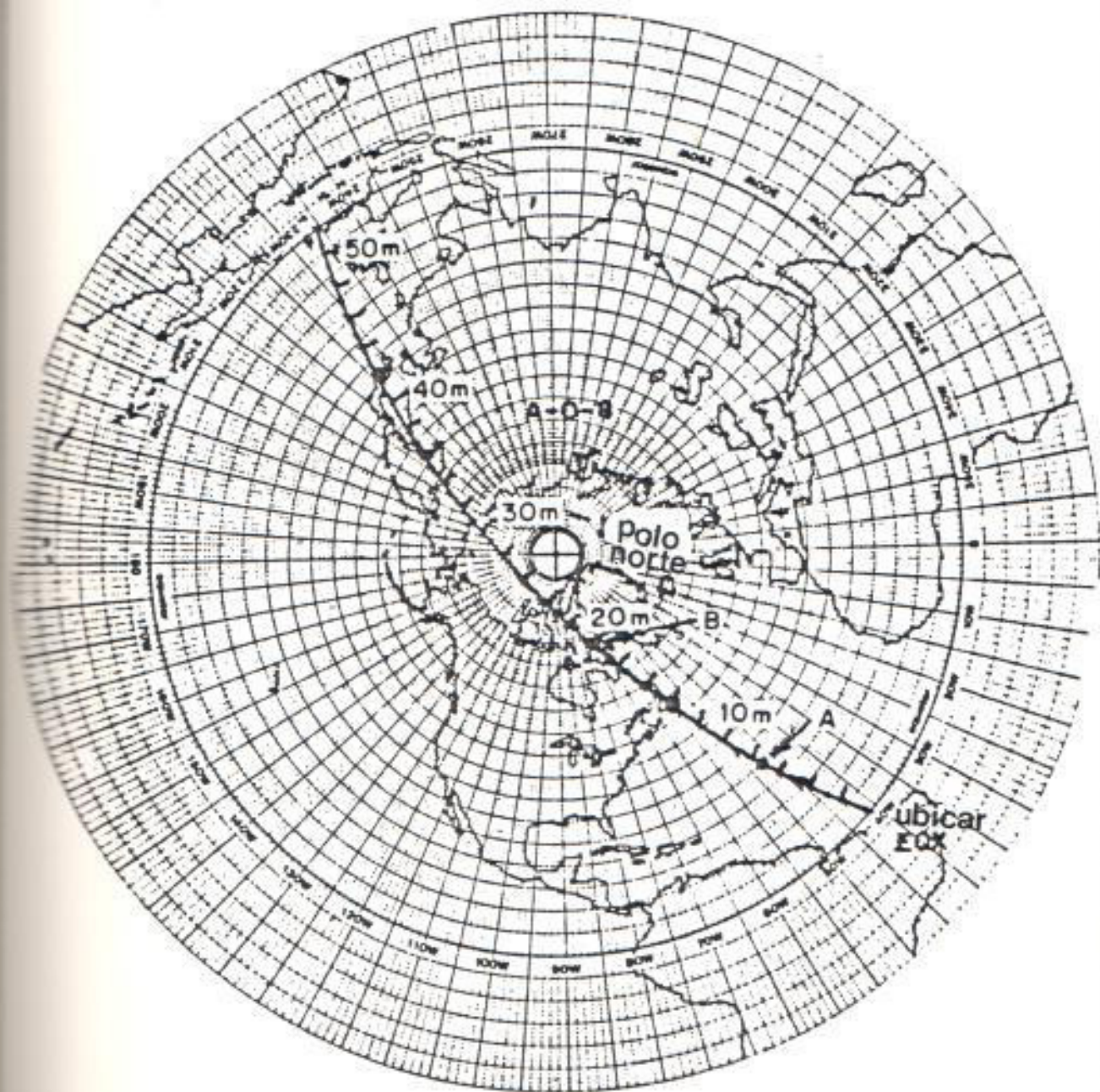


Fig. 3 PISTA TERRESTRE UBICADA SOBRE EL MAPA POLAR CON EL EQX UBICADO EN LOS 41°W DE LONGITUD.

Ahora nos interesa predecir cuando existe AOS y LOS y obtener información de hacia donde apuntar la antena. Enfrentemos primero el problema de predecir cuando existe adquisición de señal y cuando se la pierde: De la Tabla II podemos notar que el OSCAR 8 está en rango si la distancia entre el SSP y la estación terrena (medida a lo largo de la superficie de la tierra) es menor a 3.218 Km. Para utilizar esta información hay que dibujar un círculo de radio 3.218 Km. centrado en las coordenadas de la estación terrena, sobre el mapa del OSCARLOCATOR.

Continuemos con nuestro ejemplo: Veamos como una estación en Washington, DC. predecirla AOS y LOS. La Figura 4 muestra la pista terrestre y la telaraña (explicada más adelante) sobre el mapa del OSCARLOCATOR. En esta figura, el círculo más exterior de la telaraña es el círculo de adquisición (los círculos en el globo se distorsionan un poco cuando son dibujados en la mayoría de los mapas); y nos permite conocer que existe AOS en el punto A (alrededor de 7 minutos después de ocurrido el nodo ascendente) ya que el SSP entra en dicho círculo en ese momento y en esas coordenadas y que LOS ocurre en el

SATELITE	ALTURA	CIRCULO DE ELEVA- CION DE 0° (RADIO) (DISTANCIA DE ADQUISICION)	CIRCULO DE ELEVA- CION DE 30° (RADIO) (DISTANCIA DE ADQUISICION)	CIRCULO DE ELEVA- CION DE 60° (RADIO) (DISTANCIA DE ADQUISICION)
UoSAT- OSCAR 9	338 millas 544 Km.	1581 millas 2544 Km. 22.9°	488 millas 785 Km. 7.1°	178 millas 286 Km. 2.6°
AMSAT- OSCAR 8	565 millas 909 Km.	2000 millas 3218 Km. 29.0°	741 millas 1192 Km. 10.7°	280 millas 451 Km. 4.1°
AMSAT- OSCAR 7	907 millas 1459 Km.	2456 millas 3952 Km. 35.6°	1050 millas 1689 Km. 15.2°	414 millas 666 Km. 6.0°
RS3 $\alpha$ RS8	1050 millas 1690 Km.	2610 millas 4200 Km. 37.8°	1161 millas 1868 Km. 16.8°	464 millas 747 Km. 6.7°

TABLA II DISTANCIAS ENTRE EL SSP Y UNA ESTACION TERRENA DE ACUERDO A ANGULOS DE ELEVACION ESPECIFICOS

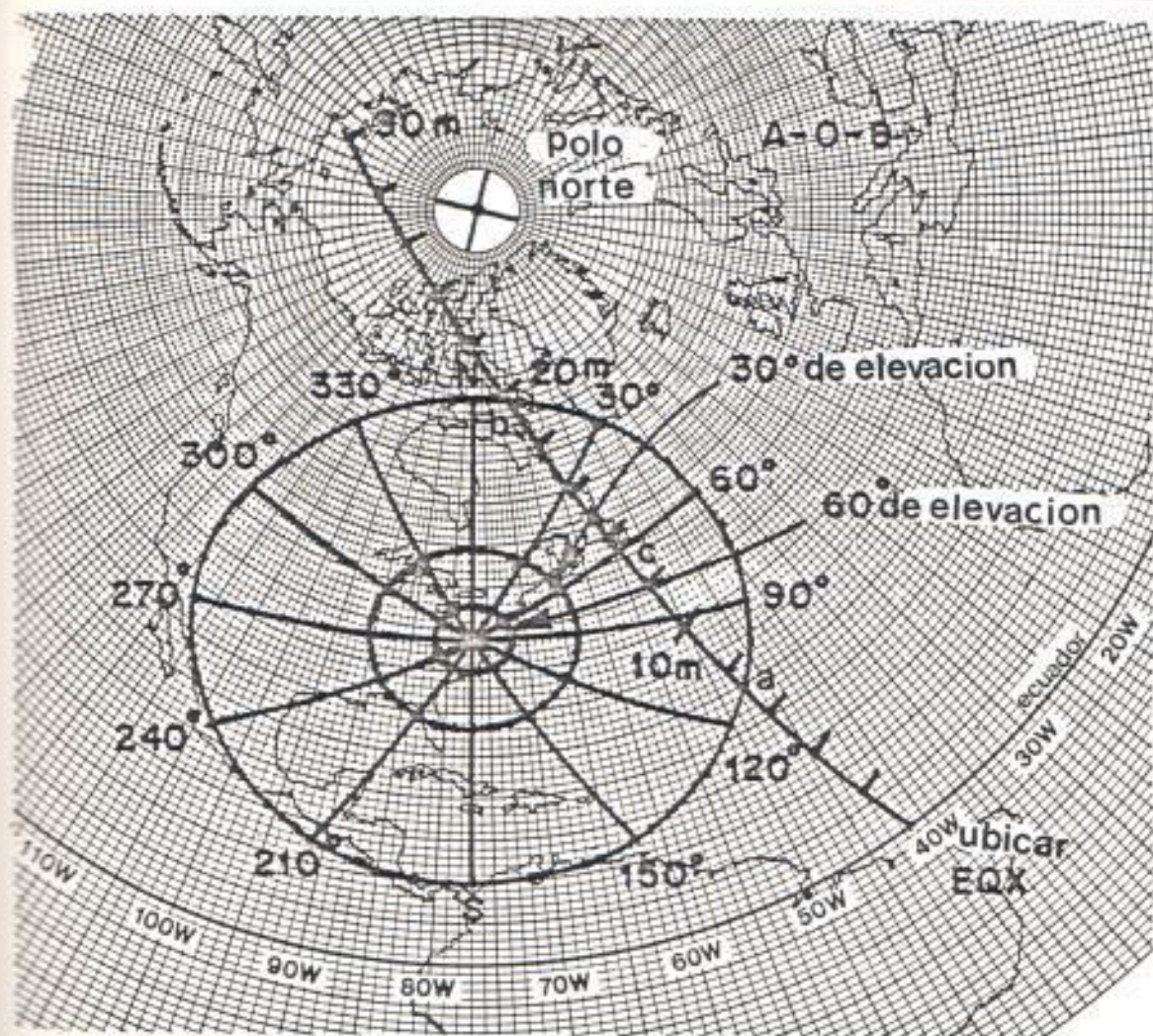


Fig. 4 TELARANA UBICADA SOBRE UNA ESTACION TERRENA EN WASHINGTON, D.C.

punto B [alrededor de 20 minutos después de ocurrido el nodo ascendente]. La distancia entre el SSP y la estación terrena es mínima en el punto C y es llamado el PCA "punto de mayor aproximación" (point of closest approach). En esta órbita, el PCA es alcanzado alrededor de 13 minutos después del nodo ascendente. El TCA "tiempo al cual ocurre la mayor aproximación" (time of closest approach), es 23:28 UTC.

Del análisis anterior concluimos que el OSCAR 8 estará en el rango de la estación en Washington alrededor de 13 minutos a partir de las 23:22 UTC durante la órbita número 11.708 de este satélite. Debido a que la estación en Washington ve el SSP dirigiéndose al norte, a esta órbita se la llama de "paso ascendente" (ascending pass). Notemos que el término de paso ascendente es relativo, ya que una estación en Japón vería al satélite dirigiéndose hacia el sur, por lo tanto ellos llamarán a esta órbita de "paso descendente" (descending pass).

Una estación terrena tiene por lo general acceso a dos o tres pasos ascendentes y a dos o tres pasos descendentes cada día para el OSCAR 8 y

otros satélites de baja altitud. Ahora que ya podemos predecir el AOS, LOS y el TCA, enfrentemos el problema de hacia donde apuntar la antena.

Para apuntar una antena tenemos que determinar 2 ángulos :

- 1) ELEVACION : ángulo sobre el plano horizontal hacia arriba o hacia abajo.

Cuando el SSP coincide con la localización de la estación terrena (el satélite directamente sobre la cabeza) la antena estará apuntada hacia arriba en ángulo recto con la horizontal ( $90^\circ$  de elevación). En las posiciones donde el SSP cruza el círculo de adquisición (AOS y LOS) la antena es puesta coincidiendo con la horizontal ( $0^\circ$  de elevación). Entre esos extremos (SSP dentro del círculo de adquisición), el ángulo de elevación estará entre 0 y 90 grados. El método de estimación de los ángulos de elevación que discutiremos provee la aproximación generalmente requerida.

Notemos que el círculo de adquisición está

compuesto de todos los puntos con  $0^\circ$  de elevación. Círculos correspondientes a varios otros ángulos de elevación pueden también ser dibujados alrededor de la estación terrena.

En la Figura 4, podemos observar los círculos de elevación a los  $30^\circ$  y  $60^\circ$  alrededor de la estación en Washington, DC. Una antena con un ángulo de media potencia relativamente ancho puesta a un ángulo de elevación de  $15^\circ$  trabajará muy bien si el SSP está entre el círculo de elevación de  $0^\circ$  (círculo de adquisición) y el círculo de elevación de  $30^\circ$ . De manera similar si el SSP está entre los círculos de elevación de  $30^\circ$  y  $60^\circ$ , una antena con un ángulo de elevación de  $45^\circ$  será suficiente. En la Tabla II se encuentran los datos para dibujar el círculo de adquisición y los círculos de elevación.

En nuestro ejemplo (la órbita número 11.708 del OSCAR 8) podemos estimar que la elevación en el PCA es aproximadamente  $20^\circ$  (ver Fig. 4). Una buena estrategia para una estación en Washington DC., durante este paso se

ría dejar la antena en  $10^\circ$  de elevación durante todo el tiempo. Notemos que los sistemas normales de antenas de radioaficionados, ni permiten, ni requieren de gran precisión para rastreo de satélites de la fase II; se tiene unos pocos grados de tolerancia.

- 2) ACIMUT : ángulo en el plano horizontal, de lado a lado, medido en el sentido de las manecillas del reloj con respecto al norte.

Direcciones acimutales radiando hacia afuera de una estación terrena, generalmente aparecen como líneas curvas en un mapa. La Fig. 4 muestra un grupo de tales curvas centradas en Washington. En nuestro ejemplo, ocurre el AOS en un acimut de  $110^\circ$ , el PCA en un acimut de  $50^\circ$  y el LOS en un acimut de  $5^\circ$  (ver Fig. 4).

El conjunto de círculos concéntricos de elevación junto con las curvas radiales de acimut, es lo que se conoce con el nombre de "telaraña".

Extendiendo la información hasta aquí presen



tada, podemos ahora determinar :

- Las regiones de la tierra que nos son accesibles vía satélite, y
- Las órbitas apropiadas para comunicación con estaciones distantes.

Tomando nuevamente el OSCAR 8 como ejemplo, la distancia máxima de adquisición para este satélite es 3.218 Km. (Tabla II), por lo tanto dos estaciones separadas por el doble de esta distancia (6.436 Km.) pueden comunicarse entre sí vía satélite, pero sólo cuando el SSP esté en el punto medio de la trayectoria del gran círculo uniéndolas. Podemos dibujar un círculo de cobertura, de radio igual al doble de la distancia de adquisición, para mostrar las regiones de la tierra que estarán en el rango de una estación terrena dada.

Así, una estación para saber si puede establecer comunicación con otra, tiene que chequear el círculo de cobertura. Como ejemplo, seleccionemos las órbitas adecuadas para comunicación entre Nueva York y Londres :

Dibujemos primero los círculos de adquisición

para cada estación en el mapa, como se muestra en la Figura 5.

Si el SSP del OSCAR 8 está en la región común de ambos círculos, la comunicación entre estas dos estaciones es posible. Para encontrar el mejor paso, rotamos la lámina con la pista terrestre, hasta que pase por el centro de la ventana. Como se muestra en la figura, el nodo ascendente ocurre a los  $26^{\circ}W$  y aproximadamente 11 minutos después se abre la ventana, para cerrar se luego de 8 minutos aproximadamente. Ahora rotamos la lámina ligeramente, para determinar los límites de los nodos ascendentes que permiten comunicación.

Encontramos que los pasos con EQX entre  $19^{\circ}W$  y  $31^{\circ}W$  permiten la comunicación entre Londres y Nueva York. Los nodos descendentes correspondientes son  $217^{\circ}W$  y  $229^{\circ}W$ . Una vez obtenidos estos límites, chequeamos un calendario de órbitas para encontrar las órbitas apropiadas.

#### CALENDARIO DE ORBITAS

Un cuidadoso análisis de la Tabla I, revela que cada línea en el calendario de órbita difiere

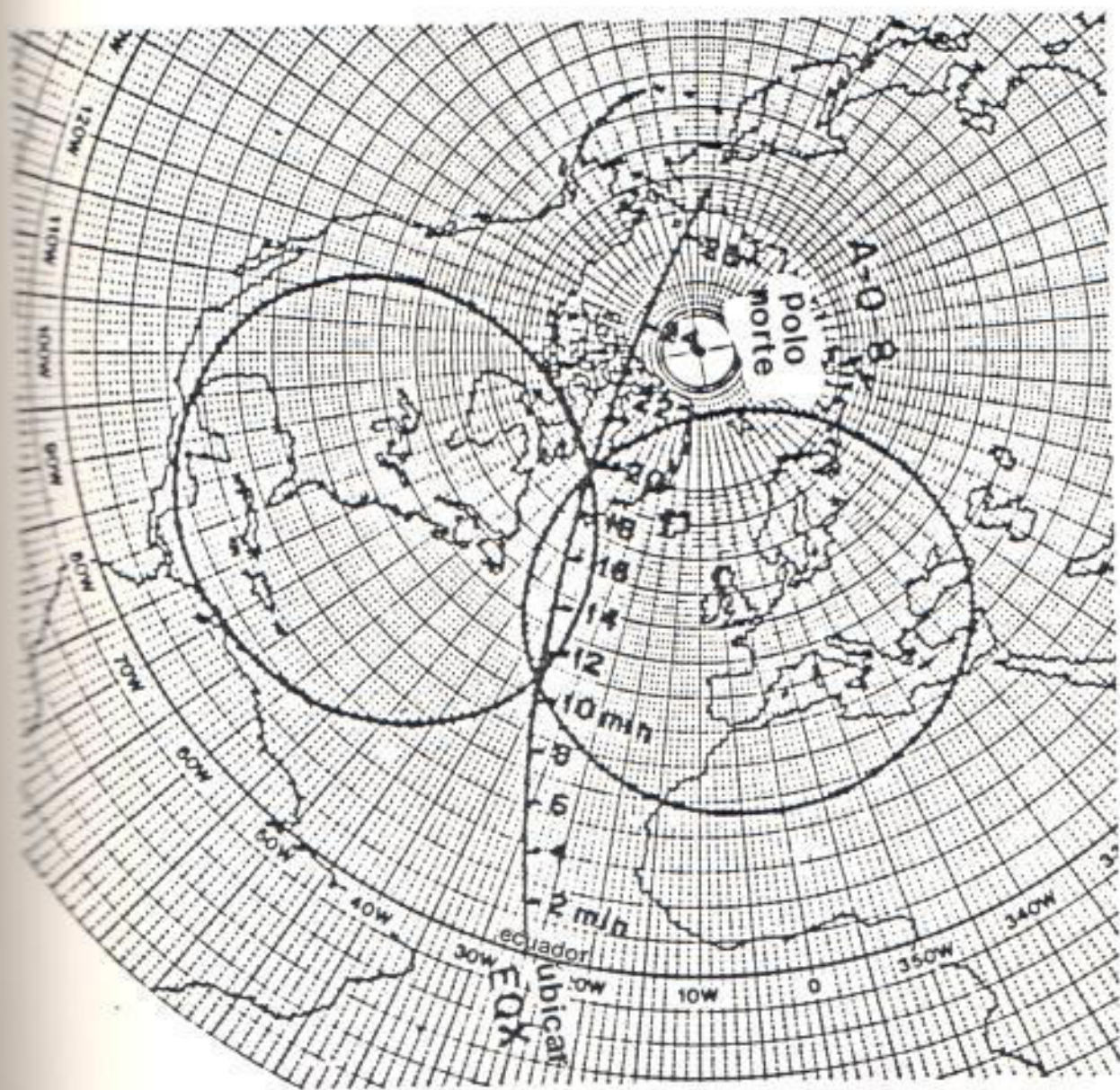


Fig. 5 ORBITA DEL OSCAR 8 PASANDO A TRAVES DE UNA VENTANA NUEVA YORK-LONDRES

de la anterior por 1:43:12 o 103,20 minutos (notación decimal) en la columna de tiempo y por  $25,8^\circ$  en la columna de longitud. Por lo tanto, si tenemos los datos de la primera órbita de un día, los datos de las órbitas restantes pueden ser obtenidos sumando sucesivamente 103,20 minutos a la columna de tiempo y  $25,8^\circ$  a la columna de longitud. El número 103,20 minutos es el período del OSCAR 8 y el número  $25,8^\circ$  es el incremento de longitud de este satélite, dado en  $^\circ W$  por órbita.

Un calendario de órbitas completo es muy largo, por eso, la mayoría de las revistas que dan esa información, presentan datos sólo para la primera órbita en cada día UTC, llamada órbita de referencia y proveen el período y el incremento, dejando al radioaficionado el cómputo de los datos para las órbitas restantes del día. Con una órbita de referencia es posible generar calendarios de órbitas por varios días o semanas, pero inexactitudes en los valores del período e incremento producirán errores acumulativos significativos en los resultados, por lo que es de importancia tener una lista de las órbitas de referencia por cada día.

SATELITE	PERIODO (minutos)	INCREMENTO (°W/ORBITA)
UoSAT-OSCAR 9	95.30	23.8
AMSAT-OSCAR 8	103.20	25.81
AMSAT-OSCAR 7	114.95	28.74
RS-3	118.46	29.76
RS-8	119.71	30.07

TABLA III PERIODO E INCREMENTO DE ALGUNOS SATELITES





Table with columns: UTC(I) and UTC(E) for FEB, 1985. Includes sub-sections like 25 FEB, 1985 and 26 FEB, 1985.

Table with columns: UTC(I) and UTC(E) for FEB, 1985. Includes sub-sections like 27 FEB, 1985 and 28 FEB, 1985.

Table with columns: UTC(I) and UTC(E) for FEB, 1985. Includes sub-sections like 29 FEB, 1985 and 30 FEB, 1985.

Table with columns: UTC(I) and UTC(E) for FEB, 1985. Includes sub-sections like 31 FEB, 1985 and 1 FEB, 1986.

Table with columns: UTC(I) and UTC(E) for FEB, 1985. Includes sub-sections like 2 FEB, 1985 and 3 FEB, 1985.

Table with columns: UTC(I) and UTC(E) for FEB, 1985. Includes sub-sections like 4 FEB, 1985 and 5 FEB, 1985.

Table with columns: UTC(I) and UTC(E) for FEB, 1985. Includes sub-sections like 6 FEB, 1985 and 7 FEB, 1985.

Table with columns: UTC(I) and UTC(E) for FEB, 1985. Includes sub-sections like 8 FEB, 1985 and 9 FEB, 1985.



6. FEB. 1985 ( 37 )

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 150-235.

7. FEB. 1985 ( 38 )

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 150-235.

8. FEB. 1985 ( 39 )

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 140-230.

9. FEB. 1985 ( 40 )

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 140-230.

10. FEB. 1985 ( 41 )

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 130-220.

11. FEB. 1985 ( 42 )

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 130-220.

12. FEB. 1985 ( 43 )

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 130-220.

13. FEB. 1985 ( 44 )

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 130-220.

14. FEB. 1985 ( 45 )

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 130-220.

15. FEB. 1985 ( 46 )

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 130-220.

16. FEB. 1985 ( 47 )

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 130-220.

17. FEB. 1985 ( 48 )

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 130-220.

MEV.

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 110-200.

MEV.

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 110-200.

MEV.

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 110-200.

MEV.

Table with columns: UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG, UTC(RES)JLNG. Rows 110-200.

18 FEB 1985 ( 45)  
LUM  
UTC(RES)LNG UTC(RES)LNG  
54:56 152 21:46 156  
204:25 182 250:57 186  
484 2 213 450:9 216  
652:36 242 839:21 245  
853 0 272 948:32 275  
1053:42 302 1043:44 305  
1265:55 322 1246:55 325  
1446:7 2 1446:7 2  
1655:22 32 1646:18 32  
1850:55 60 1844:30 65  
2050:28 92 2043:42 95  
2250:1 122 2242:54 125

22 FEB 1985 ( 53)  
VIEA  
UTC(RES)LNG UTC(RES)LNG  
23:30 153  
233:3 183  
432:37 212  
632:10 243  
832:5 273  
1031:16 303  
1230:50 333  
1430:20 363  
1629:58 393  
1829:39 62  
2029:2 92  
2228:36 122

26 FEB 1985 ( 97)  
MART  
UTC(RES)LNG UTC(RES)LNG  
12: 3 153  
132:35 178  
211:38 183  
411:11 212  
610:42 242  
810:17 273  
1009:51 303  
1209:24 333  
1408:50 363  
1608:26 66  
2007:37 92  
2207:10 122

19 FEB 1985 ( 50)  
MART  
UTC(RES)LNG UTC(RES)LNG  
49:34 152  
249 0 182  
448:41 212  
648:14 242  
847:47 272  
1047:21 302  
1246:54 332  
1446:29 362  
1646 0 32  
1845:23 62  
2045 7 92  
2244:40 122

23 FEB 1985 ( 54)  
SAB  
UTC(RES)LNG UTC(RES)LNG  
28:9 153  
227:42 183  
427:16 213  
626:48 243  
826:22 273  
1025:55 303  
1225:28 333  
1425:1 363  
1624:35 393  
1823:17 63  
2023:41 93  
2223:14 123

27 FEB 1985 ( 98)  
HIESK  
UTC(RES)LNG UTC(RES)LNG  
6:43 153  
206:16 184  
405:50 214  
605:23 244  
804:56 274  
1004:29 304  
1204 2 334  
1403:36 4  
1603:9 34  
1802:42 64  
2002:15 94  
2202:49 124

20 FEB 1985 ( 51)  
MAG  
UTC(RES)LNG UTC(RES)LNG  
44:13 151  
243:46 182  
443:19 212  
643:52 242  
843:26 272  
1043:50 302  
1243:32 332  
1443:6 362  
1642:39 392  
1841:10 62  
2040:21 92  
2239:18 122

24 FEB 1985 ( 55)  
BWN  
UTC(RES)LNG UTC(RES)LNG  
22:47 153  
222:21 183  
421:54 213  
621:27 243  
821 0 273  
1020:34 303  
1220:7 333  
1419:40 363  
1618:13 393  
1817:46 62  
2017:20 92  
2217:53 123

28 FEB 1985 ( 99)  
MBV  
UTC(RES)LNG UTC(RES)LNG  
1:22 154  
200:65 184  
400:38 214  
600:1 244  
858:35 274  
1058:8 304  
1258:41 334  
1458:14 364  
1657:48 394  
1857:21 64  
2056:54 94  
2256:12 124

21 FEB 1985 ( 52)  
MUM  
UTC(RES)LNG UTC(RES)LNG  
38:52 152  
238:25 182  
437:58 212  
637:3 242  
837 0 272  
1036:38 302  
1236:11 332  
1435:44 362  
1635:17 392  
1834:51 62  
2034:24 92  
2233:57 122

25 FEB 1985 ( 56)  
LUM  
UTC(RES)LNG UTC(RES)LNG  
17:26 153  
217:65 183  
416:32 213  
615 6 243  
815:39 273  
1015:12 303  
1214:44 333  
1414:19 363  
1613:52 393  
1813:26 63  
2013:59 93  
2213:31 123

1 MAR 1985 ( 60)  
WBR  
UTC(RES)LNG UTC(RES)LNG  
155:84 184  
355 7 214  
554:40 244  
754:3 274  
953:46 304  
1153:20 334  
1352:53 364  
1552:26 394  
1751:59 64  
1951:33 94  
2151:6 124  
2350:39 154



El dibujo de las telarañas siempre ha sido difícil cultoso, ya que significa pasar punto a punto un círculo en el globo terrestre a un mapa plano. Existen telarañas hechas para estaciones en las latitudes de  $30^{\circ}\text{N}$  y  $46^{\circ}\text{N}$  para cada satélite de la fase II, que trabajan con una buena aproximación para latitudes entre  $0^{\circ}$  y  $60^{\circ}$ , escogiendo de las dos, la telaraña más próxima a la latitud de nuestra estación terrena.

Una estación terrena localizada en Guayaquil, cuyas coordenadas son aproximadamente  $0^{\circ}\text{N}$  de latitud y  $80^{\circ}\text{W}$  de longitud, podría utilizar con cierta aproximación la telaraña para la latitud de  $30^{\circ}\text{N}$ . Para estaciones terrenas próximas al polo, existe un método llamado de los "dos minutos", y que consiste en ignorar la distorsión de los círculos de adquisición y de elevación y aproximarlos a círculos reales en el mapa plano, y las curvas reales de acimut aproximarlas a líneas rectas. Esta técnica no es conveniente utilizarla para una estación en Guayaquil, ya que los errores son peores mientras más lejos está la estación del polo, pero para ilustrar su uso, consideremos una estación en esta ciu-

dad.

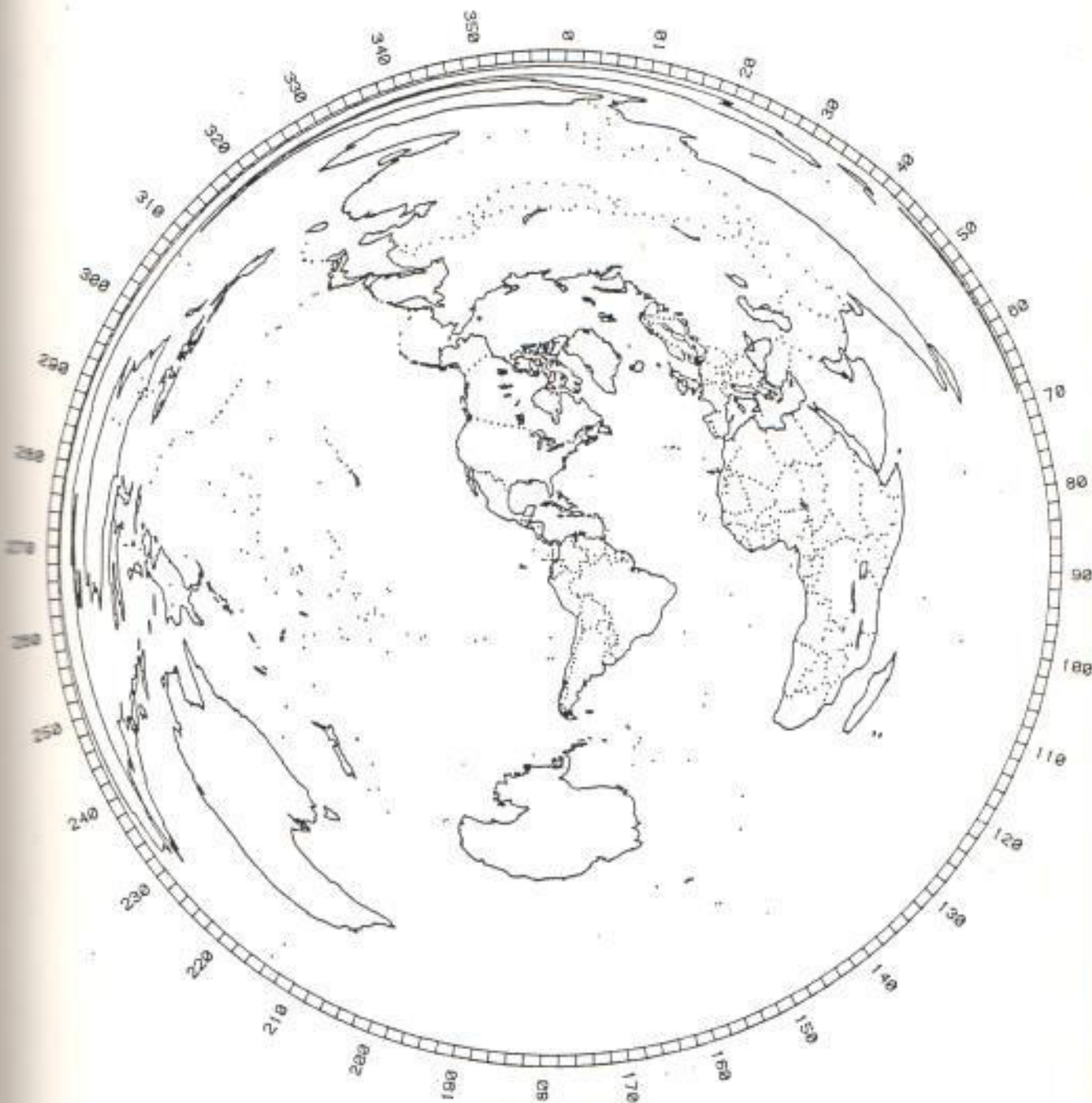
Tomemos, el satélite RS-8 para el ejemplo. De la Tabla II, vemos que la distancia de adquisición es de 4.200 Km., la que corresponde a un arco de  $37,8^\circ$  medidos a lo largo de la línea de longitud, sumado a la latitud de nuestra estación nos da un punto perteneciente al círculo de adquisición igual a  $37,8^\circ N$  de latitud y  $80^\circ W$  de longitud. Una vez que conocemos el centro del círculo ( $0^\circ N$ ,  $80^\circ W$ ) y un punto en la circunferencia ( $37,8^\circ N$ ,  $80^\circ W$ ) con un compás, podemos trazar un círculo, en este caso, el de adquisición de señal. Igual tratamiento se le da a los círculos de elevación. Las curvas de acimut pueden ser dibujadas como líneas rectas, dividiendo el círculo en ángulos con un graduador, siendo la línea que apunta hacia el Norte, la de  $0^\circ$  de acimut.

#### PROYECCION EQUIDISTANTE CENTRADA EN LA ESTACION TERRENA.

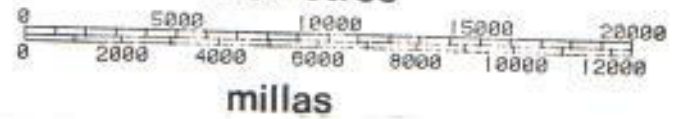
En este tipo de proyección, los círculos de adquisición y de elevación son aproximados a círculos reales y las curvas acimutales son aproximados a líneas rectas.

La proyección equidistante centrada en la estación terrena, es apropiada sólo para satélites de órbitas circulares y de baja altitud. Cuando se utiliza este tipo de proyección la construcción de la telaraña, se vuelve trivial, pero se complica un poco la pista terrestre. A diferencia del OSCARLOCATOR, la forma de la pista terrestre depende de la longitud del nodo as cedente.

Por lo anterior, no se puede dibujar una pista terrestre simple sobre una lámina transparente y reposicionarla para cada paso del satélite, sino que se dibuja pistas terrestres representa tivas para cada  $20^\circ$  de longitud para nodos as cedentes que entran en nuestros círculos de ad quisición. Las líneas de latitud pueden ser eti quetadas con el tiempo al más cercano nodo as cedente o descendente. El mapa debe ser cu bierto con una lámina plástica transparente para sobre ella dibujar la pista terrestre de una órbita particular con respecto a las pistas te restres representativas; una vez que dichas ór bitas dejan de sernos útiles, pueden ser bor radas.



escala de distancias desde el centro  
kilometros



millas

Fig. 6 MAPA EQUIDISTANTE ACIMUTAL N5KR CENTRADO EN J. SANTORO

## 2.4 ANTENAS DE LA ESTACION TERRENA

Un elemento muy importante en todo sistema de comunicación es la antena. Antes de analizar sus características hagamos la diferencia entre antenas isotrópicas y antenas direccionales. Las antenas isotrópicas, son a aquellas que radian igual potencia en todas las direcciones, su concepto es muy útil como un patrón con el cual comparar otras antenas, a diferencia de las antenas direccionales, que radian mayor potencia en una dirección específica. Ahora sí, analicemos las características de las antenas :

### 2.4.1 CARACTERISTICAS

Las principales características de una antena son :

#### 2.4.1.1 GANANCIA Y EIRP

Un radio enlace imaginario entre dos estaciones A y B nos servirá para analizar estas características de transmisión, ya que estas son más fáciles de comprender y luego veremos como están relacionadas con las de recepción. Como el tipo de antena en la estación B



ra la comparación (con antena isotrópica), asumamos que usa un dipolo. La estación A (estación transmisora) puede escoger entre dos antenas, una direccional, cuyas propiedades deseamos determinar y una isotrópica. La estación A comienza utilizando la antena direccional y una potencia conveniente ( $P$ ), tal que, ajustando la orientación de la antena, la estación B recibe una señal fuerte. La estación A entonces cambia a la antena isotrópica y ajusta la potencia  $P_i$  hasta que B recibe el mismo nivel de señal anterior. La ganancia  $G$  de la antena direccional está dada por la fórmula:  $G = \frac{P_i}{P}$

Si una potencia de 25 vatios con la antena direccional produce el mismo nivel de señal recibido en B que cuando se utiliza la antena isotrópica con una potencia de 500 vatios, la ganancia de la antena direccional es 20. Ahora supongamos que B es el satélite y A nuestra estación terrena. El satélite recibirá el mismo nivel de señal, si nosotros utilizamos una antena isotrópica con 500 vatios de potencia o una antena direccional con 25 vatios de potencia. En ambos casos la poten-

cia efectiva radiada isotrópicamente  
EIRP "potencia efectiva radiada isotró-  
picamente" (effective isotropic radia-  
ted power) es 500 vatios. La fórmula  
anterior puede escribirse como :

$$P_i = GP$$

El EIRP es igual al producto de la ga-  
nancia y la potencia de alimentación a  
la antena direccional.

Un EIRP de 500 vatios también puede  
ser producido por una antena direccio-  
nal con una ganancia de 4 y alimentado  
con 125 vatios o una antena direccio-  
nal con ganancia de 10 y alimentada  
con 50 vatios y así. La definición de  
EIRP que hemos usado, sólo depende de  
la potencia de alimentación y la ganan-  
cia de la antena.

En algunas ocasiones es utilizado como  
patrón de comparación al dipolo de me-  
dia longitud de onda, cuya ganancia es  
1,64 (2,14 dB) superior a la de un ra-  
diador isotrópico, obteniéndose por re

sultado que la ganancia de una antena se la ve mayor cuando se usa como referencia una antena isotrópica que cuando es un dipolo. Entonces tenemos :

$$G_i = 1,64 G_d$$

o

$$G_i \text{ (dB)} = G_d \text{ (dB)} + 2,14 \text{ (dB)}$$

donde :

$G_i$  : ganancia de una antena teniendo como referencia un radiador isotrópico.

$G_d$  : ganancia de una antena teniendo como referencia un dipolo.

La representación gráfica de las propiedades de radiación de una antena, se conoce con el nombre de patrón de radiación de la antena. Una antena direccional con una ganancia dada puede tener un solo lóbulo relativamente ancho o varios lóbulos finos como se muestra en la Fig. 7. Una antena con un sólo lóbulo es generalmente más deseable, ya que así la antena es mucho más fá-

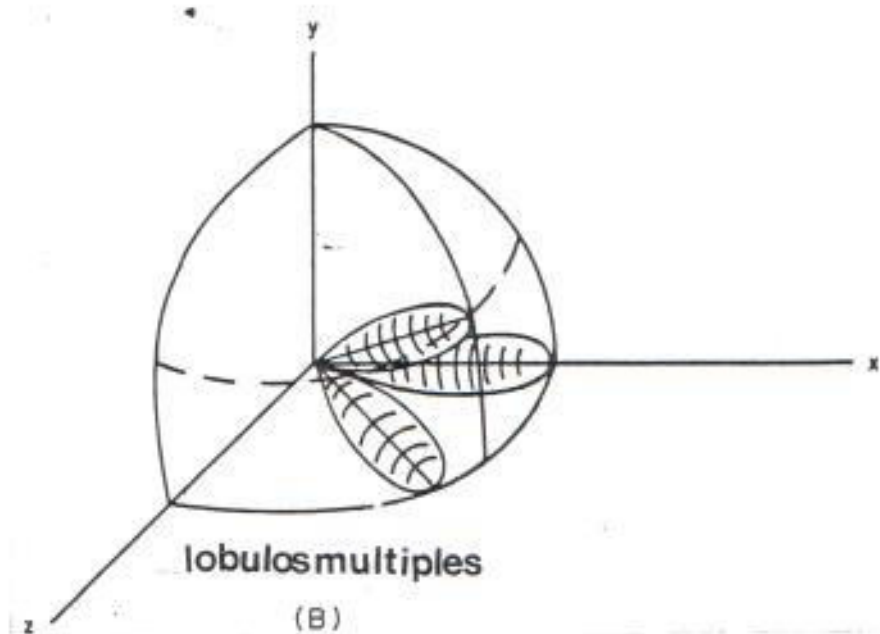
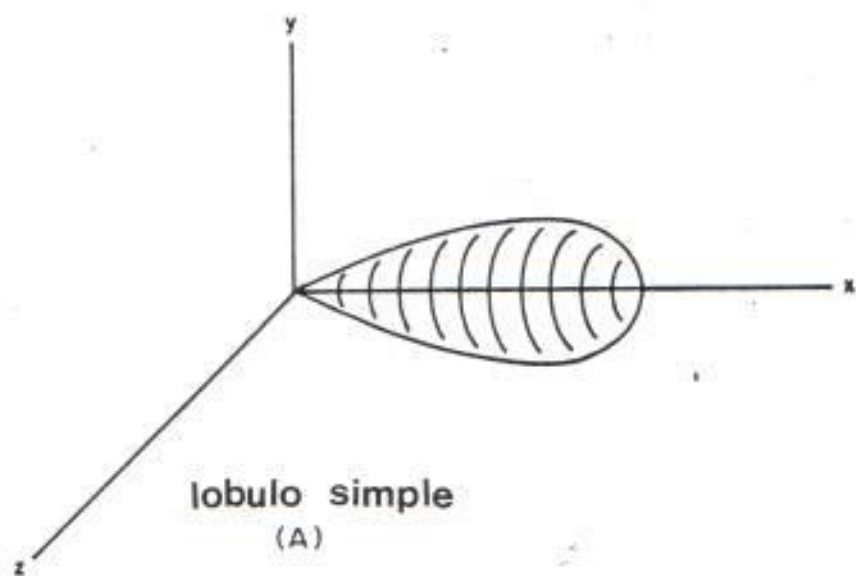


Fig. 1 ILUSTRACION DE PATRONES DE RADIACION

cil de apuntar y será menos susceptible a la interferencia de señales. Debido a que el dibujo cuantitativo en tres dimensiones de un patrón de radiación, es muy difícil, a menudo las propiedades direccionales de una antena, son dibujadas en uno o dos secciones transversales de dos dimensiones. Para comunicaciones terrestres, los planos transversales son referidos como plano horizontal (plano de acimut); y plano vertical (plano de elevación).

Una característica importante del patrón de radiación de una antena, es el ángulo de media potencia.

Antenas con ganancias elevadas son obtenidas por la concentración de la potencia radiada en una dirección específica, sacrificando el ángulo de media potencia. Muchas veces es deseable diseñar una antena cuyos patrones de radiación vertical y horizontal sean significativamente diferentes, pero sin embargo para muchas antenas direccionales

familiares, estos patrones son similares.

En los casos, en que una antena diseñada eficientemente produce patrones simétricos (independientes de la orientación de la sección transversal), el máximo ángulo de media potencia, para una ganancia dada, es aproximadamente :

$$\theta (^{\circ}) = 10 \sqrt{\frac{400}{G}}$$

Una ley básica en la teoría de antenas, conocida como el principio de reciprocidad, establece que el patrón de radiación de una antena, es el mismo para la transmisión y recepción.

Tomemos ahora la estación A, como la estación receptora. Si medimos la potencia de ruido que llega al receptor (independiente de la dirección) con ambas antenas (isotrópica y direccional) de igual eficiencia, encontraremos que dicha potencia es la misma. La antena direccional, capturará más ruido, que

la isotrópica, en la máxima dirección de su lóbulo principal y menos en las otras direcciones, pero el resultado total es que ambas capturan la misma potencia de ruido total.

Ahora veamos que pasa cuando la estación B transmite una señal de referencia a una potencia conveniente. La cantidad total de señal de potencia llegando a la estación A es fija, pero viene de una dirección particular, así una antena direccional apuntando hacia la estación B proveerá a la estación A con más señal de potencia que una antena isotrópica.

Cuando tenemos señal y ruido presentes (como en realidad ocurre), la antena direccional produce una mejor relación de S/N a la entrada del receptor de la estación A. El principio de reciprocidad no establece que una antena utilizada en recepción es también deseada como una antena de transmisión o viceversa (aunque a menudo ese es el caso).

Debemos tener claro lo siguiente :

- 1) En la transmisión el objetivo es producir el más grande nivel de señal posible en el punto receptor. Por lo tanto, alta eficiencia y ganancia son muy importantes.
  
- 2) En la recepción, el objetivo es obtener la mejor relación de S/N posible. Aunque alta eficiencia y ganancia pueden contribuir a este objetivo, la forma del patrón de radiación y la localización de sus nulos tienen un gran efecto en la relación de S/N por reducción del ruido y de señales de interferencia.

#### 2.4.1.2 EFICIENCIA Y POLARIZACION

Una antena transmitiendo, que es 100% eficiente, radia toda la potencia que llega a sus terminales de entrada.

Una eficiencia reducida, causa que la antena radie menor potencia en toda dirección pero sin afectar a su patrón



de radiación.

Cuando una onda de radio pasa por un punto en el espacio, el campo eléctrico en ese punto varía cíclicamente a la frecuencia de la onda. Cuando discutimos sobre la polarización de la onda de radio, estamos discutiendo las variaciones del campo eléctrico. El campo eléctrico puede variar en magnitud, en dirección o en ambos. La dirección del campo eléctrico está confinada al plano perpendicular a la dirección de propagación.

Si en un punto del espacio, la magnitud del campo eléctrico permanece constante pero en dirección cambia, tenemos polarización circular (CP). Si por el contrario, la dirección del campo permanece constante pero su magnitud cambia, tenemos polarización lineal (LP). Si tanto la magnitud y la dirección cambian, tenemos polarización elptica.

Dos de los varios enfoques para describir la polarización son de interés práctico para los radioaficionados. El primero considera a una onda polarizada elípticamente formada por una componente lineal y una componente circular. Si la magnitud del campo eléctrico varía muy levemente en el curso de cada ciclo, la componente circular domina. Si la magnitud del campo eléctrico disminuye a cerca de cero durante cada ciclo, la componente lineal domina.

Desde este punto de vista, la polarización lineal y la circular son simplemente casos de la polarización elíptica.

El segundo enfoque para describir la polarización, también considera a la onda polarizada elípticamente, formada por dos componentes, pero esta vez cada componente está polarizada linealmente con ambas en ángulo recto físicamente y  $90^\circ$  fuera de fase eléctricamente. Si los valores máximos de ambas

componentes de campo eléctrico son iguales, tenemos polarización circular, pero si un componente es siempre cero, tenemos polarización lineal.

La polarización de las ondas de radio dependen de la antena, nada tiene que ver el transmisor. Como las ondas de radio, las antenas pueden ser llamadas de acuerdo a la polarización de la onda que transmiten en la dirección de máxima ganancia.

La mayoría de las antenas más populares, tales como la helicoidal, las Vagi cruzadas, alimentadas  $90^\circ$  fuera de fase y la torniquete son antenas de polarización circular, ya que un observador en la dirección de máxima ganancia verá a la onda de radio con este tipo de polarización.

Si utilizamos una de estas antenas en nuestra estación terrena, es importante mantenerla apuntada hacia el satélite para aprovechar las ventajas de la

CP. Si una antena de este tipo es uti-  
lizada por la nave espacial, sólo vere-  
mos CP cuando la antena esté apuntando  
hacia nosotros. Algunas antenas pro-  
ducen polarización circular en la mayo-  
ría de sus lóbulos.

Nuestra descripción de una onda con po-  
larización circular enfatizó que en  
un punto particular del espacio la mag-  
nitud constante del campo eléctrico ro-  
ta a la frecuencia de la fuente.

Es importante especificar si el senti-  
do de la rotación es a favor o en con-  
tra de las manecillas del reloj.

Por razones históricas, físicos e inge-  
nieros electrónicos especificaron el  
sentido de la polarización en formas o-  
puestas, un hecho que puede traer con-  
fusión. La norma establecida por la  
IEEE es muy utilizada recientemente  
por los radioaficionado y permite de-  
terminar si una antena es de polariza-  
ción circular de mano derecha (RHCP),

si el campo eléctrico rota en el sentido de las manecillas del reloj o de polarización circular de mano izquierda (LHCP), si el campo eléctrico rota en sentido contrario a las manecillas del reloj.

La manera de determinar el sentido es ubicándose en la parte de atrás de la antena, y mirar en la dirección de máxima ganancia, escoger un punto en el eje principal y observar la posición del campo eléctrico en un instante particular y hacerlo nuevamente después de una fracción de ciclo. Como nosotros obviamente no podemos ver el campo eléctrico transmitido, en la sección siguiente veremos como determinar el sentido de la CP por inspección de la antena.

Aunque el nombre de la antena haciendo referencia a su polarización depende enteramente de sus propiedades de transmisión, los mismos nombres son aplicados cuando la antena es usada pa-

ra recepción. Una antena receptora, polarizada circularmente, responderá mejor a ondas de radio de polarización circular con el mismo sentido, de manera similar una antena receptora, polarizada linealmente, responderá mejor a ondas de radio polarizadas linealmente de la misma orientación.

#### 2.4.2 TIPOS PRACTICOS DE ANTENAS PARA LA ESTACION TERRENA.

En la modalidad A, para la transmisión y recepción se hacen necesarias las siguientes antenas:

##### 2.4.2.1 YAGI

La antena Yagi está formada básicamente por tres elementos : reflector, excitador y director. Esta antena es empleada tanto para la transmisión como para recepción, debido a sus características de directividad, mayor ganancia y fácil construcción.

La polarización que brinda esta antena puede ser lineal horizontal o lineal

vertical, y polarización circular si se combinan ambas modalidades de polarización lineal. La ganancia de la antena, así como la directividad están determinadas por el número de directores que posee.

Una antena Yagi es de polarización lineal horizontal cuando sus elementos están paralelos al plano tierra, y de polarización lineal vertical cuando sus elementos están perpendiculares al mismo plano.

La polarización circular se la obtiene cuando se construye una Yagi horizontal y una vertical como un solo sistema de antena y la forma de alimentación es tal que existen  $90^\circ$  de desfase entre ellas.

Para cambiar el sentido de rotación de la onda polarizada circularmente hacia la derecha o hacia la izquierda, utilizamos la norma establecida por la IEEE, es decir nos ubicamos en la parte de a

trás de la antena de la Fig. 8, y miramos hacia la dirección de máxima ganancia, poniendo atención al punto P localizado en el centro de los elementos excitados. El campo en P resulta de la suma de la componente paralela a AA' y de la componente paralela a BB'. Debido a los  $90^\circ$  de desfase, cuando una componente sea un máximo, la otra será un cero. Supongamos que A y B están conectados al centro de la línea de alimentación, por lo tanto si tomamos el instante en que la componente en A es un máximo, un cuarto de ciclo más tarde habrá un máximo en B, y ya que el campo rotó de A a B (en el sentido de las manecillas del reloj), habrá RHCP. Podemos cambiar a LHCP, si cambiamos la conexión de la alimentación, entre A y A' ó entre B y B', pero no cambiamos el sentido de rotación si la conexión de la alimentación entre A y A' y B y B' son cambiadas a la vez.



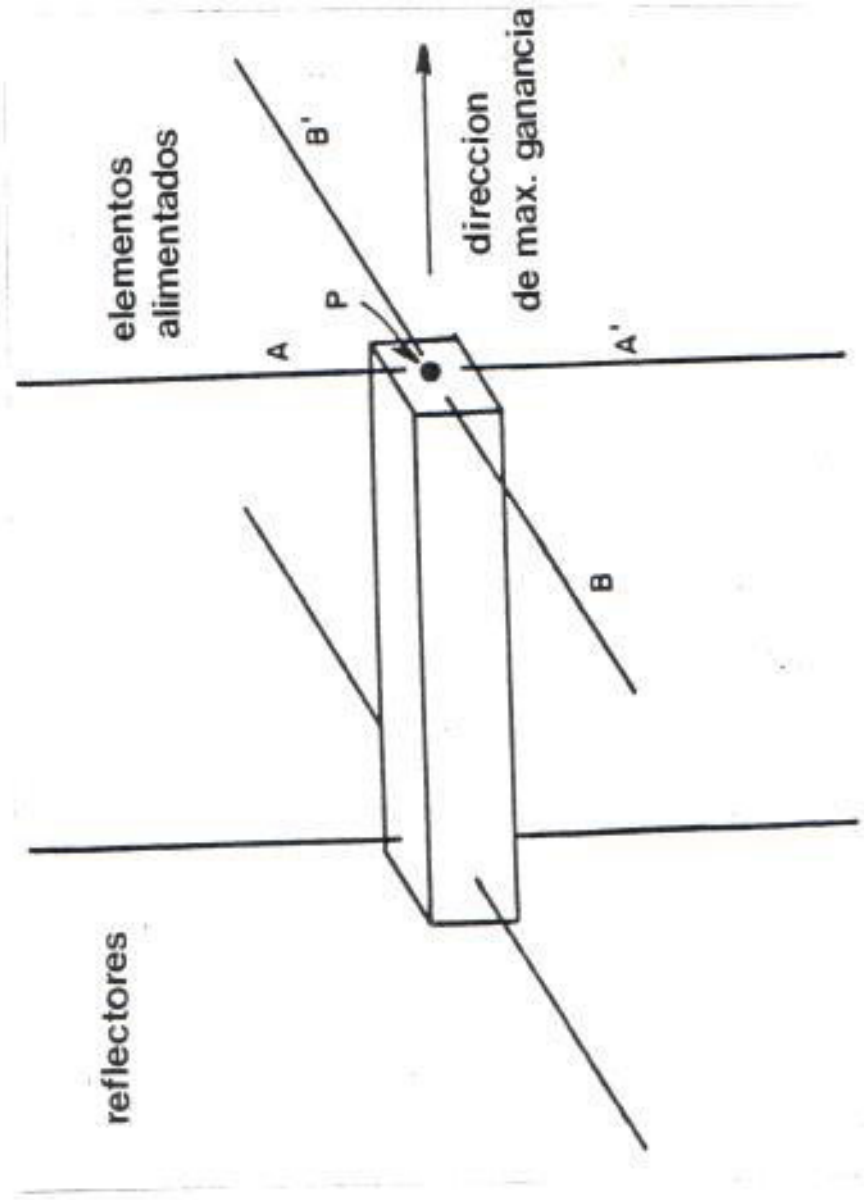


Fig. 8 PRODUCCION DE POLARIZACION CIRCULAR CON ANTENAS YAGI

#### 2.4.2.2 HELICOIDAL

La antena helicoidal es una de las más utilizadas para la transmisión en todas las modalidades de enlace. No es usada en la recepción del modo A, ya que sus dimensiones de construcción a esa frecuencia, no la hacen práctica. Esta antena es de polarización circular y su sentido queda fijo una vez construída.

Si parándose atrás del reflector, observamos que las vueltas de la espiral siguen el sentido de las manecillas del reloj, es de RHCP y viceversa. La directividad y ganancia de la antena helicoidal está dada por el número de vueltas que posee la espiral.

#### 2.4.2.3 TORNQUETE

Es una antena de CP, no directiva muy utilizada en transmisión y recepción para todos los modos, debido a su amplio lóbulo de radiación. La forma de alimentación y por ende polarización,

es idéntica a la de los Yagis con CP.

#### 2.4.2.4 LAZO

La antena Lazo es de polarización horizontal, no directiva muy utilizada en la recepción del modo A, debido a su fácil construcción.

#### 2.4.2.5 ACCESORIOS

Los accesorios más utilizados son los amplificadores y preamplificadores de radiofrecuencias, las líneas de transmisión de baja atenuación, conectores balanceados y rotores.

##### 2.4.2.5.1 ROTORES

Los rotores son herramientas indispensables para el rastreo del satélite en el espacio, ya que nos permite mover la antena en acimut y elevación. Es indispensable que el rotor de acimut tenga la cobertura de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ ,

mientras que el de elevación requiere solamente de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  de cobertura angular.

## 2.5 EFECTOS DEL ENLACE

Hasta aquí hemos considerado a las antenas operando en el espacio libre, lejos de objetos que afecten a su funcionamiento, pero en el mundo real, las reflexiones de las radiofrecuencias pueden tener un gran impacto en el funcionamiento de las antenas, especialmente esto es verdad para el plano vertical del patrón de radiación.

A ángulos de elevación bajos, una antena receptora verá dos señales : una señal directa y una señal reflejada por la tierra. Dependiendo de la diferencia de fase, esas señales podrán sumarse, dando hasta 3dB de ganancia a la señal, o causar interferencia destructiva produciendo nulos. El plano vertical del patrón de radiación por lo tanto a menudo consistirá de picos y nulos.

Las reflexiones de la tierra también afectan a la fase. Una onda polarizada verticalmente es reflejada sin ningún cambio de fase, pero una polarizada horizontalmen-

te experimenta un cambio de fase de  $180^\circ$ . Consideremos ahora como la polarización afecta a un enlace de comunicaciones que involucra a dos estaciones: T (la estación que transmite) y R (la estación que recibe). Cada estación puede escoger entre antenas que proveen RHCP, LHCP o LP.

La orientación de las antenas de LP puede ser variada por la rotación del campo eléctrico alrededor de la línea uniendo T y R. Asumamos que todas las antenas tienen la misma ganancia y cada una está apuntando hacia la otra estación.

Varias combinaciones posibles de enlaces pueden ser caracterizadas por la polarización en T, la polarización en R y la orientación relativa (en polarización lineal) o sentido (en polarización circular) de las antenas utilizadas.

Por ejemplo, (LP, CP, aleatorio) de la Tabla IV, puede significar o que T tiene una antena de LP y R una antena de CP, o viceversa, y que la orientación de la antena de LP es aleatoria.

Considerando la polarización de las antenas, es posible distinguir cinco tipos de enlaces de comunicación:

TIPO DE ENLACE	CARACTERISTICA
1	LP, LP acoplado
2	LP, LP aleatorio
3	LP, CP aleatorio
4	CP, CP igual sentido
5	CP, CP sentido opuesto

TABLA IV CINCO DISTINTOS TIPOS DE ENLACES DE COMUNICACION DE ACUERDO A LA POLARIZACION DE LAS ANTENAS.

- 1) LP, LP ACOPLADO : El nivel de la señal recibida es constante. Asumamos este enlace como referencia.
- 2) LP, LP ALEATORIO : La fuerza de la señal recibida varía desde un máximo igual al nivel de referencia cuando las dos antenas se encuentran paralelas hasta cero (teóricamente) cuando las dos antenas están perpendiculares. En la práctica, la atenuación es raramente más de 30 dB para la situación perpendicular.
- 3) LP, CP ALEATORIO : La fuerza de la señal recibida en este enlace es constante a 3dB bajo el nivel de referencia y es independiente de la orientación de la antena de LP y el sentido de la antena de CP.
- 4) CP, CP IGUAL SENTIDO : La fuerza de la señal recibida en este enlace es constante e igual a la señal de referencia.
- 5) CP, CP SENTIDO OPUESTO : Un modelo técnico simple predice atenuación infinita comparada a la señal del enlace de referencia, pero en la práctica, atenuaciones más grandes que 30dB son raras.

De acuerdo a la antena de un satélite específico, escogeremos la antena de nuestra estación terrena para rea

lizar el enlace más adecuado. Si la antena del satélite es linealmente polarizada, los tipos de enlace posible serán el 1, el 2 o el 3.

De los tres, el enlace tipo 1 es el mejor, ya que éste posee la señal más fuerte, pero desde el punto de vista práctico, éste es casi imposible, ya que la orientación de la onda que viene está continuamente cambiando debido al movimiento del satélite mientras rota.

Por lo tanto, estamos limitados a escoger entre los tipos de enlace 2 y 3. Aunque el enlace tipo 2 algunas veces proveerá una señal hasta 3dB más fuerte (en la orientación de acoplamiento) que en el enlace tipo 3, éste último algunas veces proveerá señales hasta 30dB más fuertes (en la orientación perpendicular) que en el enlace tipo 2, siendo así de los dos, el enlace tipo 3 el preferible.

Podemos hacer un análisis similar para un satélite con una antena que provee orientación circular. Escoger la antena de la estación terrena, es equivalente escoger los tipos de enlace 3, 4 o 5. El enlace tipo 4 es claramente preferible, pero notemos que el enlace tipo 3 provee señales, sólo 3dB más débiles y con ningún tipo serio de desvanecimiento como en el enlace tipo 2,



por ello en enlaces donde la relación S/N es generalmente buena, muchas estaciones terrenas prefieren la antena de LP por su simplicidad mecánica.

Las señales que llegan desde un satélite usualmente son elípticamente polarizadas y pueden ser pensadas como formadas por una componente lineal y una circular, como anteriormente vimos, además una estación terrena con antena de CP produce el mejor funcionamiento sea que la señal desde la nave espacial venga con LP o CP.

De lo anterior, podemos concluir que una estación terrena con una antena CP proveerá el mejor resultado en el caso general, donde las señales que llegan desde el satélite lo hacen con polarización elíptica.

El escoger la polarización para una antena de la estación terrena puede estar influenciado por otros factores como la rotación de Faraday y la modulación spin.

#### 2.5.1 ROTACION DE FARADAY

Cuando una onda de radio polarizada linealmente pasa a través de la ionósfera, la dirección del campo eléctrico rota lentamente alrededor de la dirección de propagación. Esta rotación conoci

da como el efecto Faraday es más notable en las frecuencias más bajas tales como 29 MHz y 146 MHz.

Sus efectos pueden ser observados por estaciones terrenas que usan antenas de LP. Ocurrirán desvanecimientos lentos cuando el ángulo entre la componente lineal de la onda que viene y la antena de la estación terrena cambia durante un paso. En el modo A este efecto es especialmente notable ya que la mayoría de los radioaficionados usan antenas de polarización lineal para la frecuencia de recepción en los 29 MHz.

El uso de una antena de CP en la estación terrena eliminaría esos efectos. Es importante notar que la polarización circular no soluciona totalmente el desvanecimiento, ya que éste también se debe al constante cambio de la orientación del patrón de radiación de las antenas a bordo de la nave espacial, debido a los giros que éste da.

#### 2.5.2 MODULACION SPIN

La posición relativa entre la estación terrena

y el patrón de radiación de la antena en el satélite cambiará momento a momento. Como sabemos, tanto la polarización, como la ganancia de la antena varían con la posición del observador. Por lo tanto, una estación terrena verá un cambio cíclico de la ganancia y polarización de la señal que recibe debido a la rotación del satélite; esos cambios son llamados modulación Spin.

La frecuencia de la modulación Spin depende de la rotación del satélite, la cual depende a la vez de la técnica empleada en la estabilización de la altitud. Los OSCAR 5, 6, 7 y 8 rotaban a frecuencias del orden 0,01 Hz (alrededor de una revolución cada cuatro minutos) después de unas pocas semanas en órbita.

La modulación Spin a 0,01 Hz suena como un desvanecimiento lento y su efecto en inteligibilidad es menor a menos que la señal caiga bajo el nivel del ruido.

Una estación terrena no puede hacer mucho para resolver el problema de verdaderas variaciones de ganancia, pero variaciones causadas por desacoplamiento de la polarización pueden ser mini-

mizados usando una antena de polarización circular.

### 2.5.3 EFECTO DOPPLER

Una estación receptora que está en reposo con respecto a la estación que transmite, recibirá a la frecuencia  $f_r$  de recepción igual a la de transmisión, mientras que si dicha estación está en movimiento relativo con respecto al transmisor o viceversa, recibirá a una frecuencia diferente  $f'_r$ . La relación entre estas frecuencias está dada por :

$$f'_r = f_r \pm \frac{v_r}{c} f_r$$

donde:

$f_r$  : frecuencia a la que recibe una estación en reposo con respecto al transmisor.

$f'_r$  : frecuencia a la que recibe una estación en movimiento con respecto al transmisor.

$v_r$  : velocidad relativa del receptor con respecto al transmisor.

$c$  : velocidad de la luz =  $3.00 \times 10^8$  m/s.

convención de signos :

Cuando la distancia entre la estación receptora y la estación transmisora está decreciendo, el signo "+" es utilizado ( $\delta'_r > \delta_r$ ) y cuando esta distancia se va incrementando, el signo "-" es el utilizado ( $\delta'_r < \delta_r$ ).

La ecuación anterior, es conocida como el desplazamiento Doppler cuando es escrita como sigue :

$$\Delta f = \delta'_r - \delta_r = \pm \frac{v_r}{c} \delta_r$$

Para poder calcular el  $\Delta f$  instantáneo necesitamos conocer la  $v_r$ , que puede ser obtenido en forma aproximada aplicando la definición de velocidad al gráfico de la Fig. 9. Así tenemos :

$$\bar{v}_r = \frac{\rho(t_b) - \rho(t_a)}{t_b - t_a}$$

donde:

- $\bar{v}_r$  : velocidad relativa aproximada
- $t_b$  : tiempo al cual el satélite pasa por el punto B.

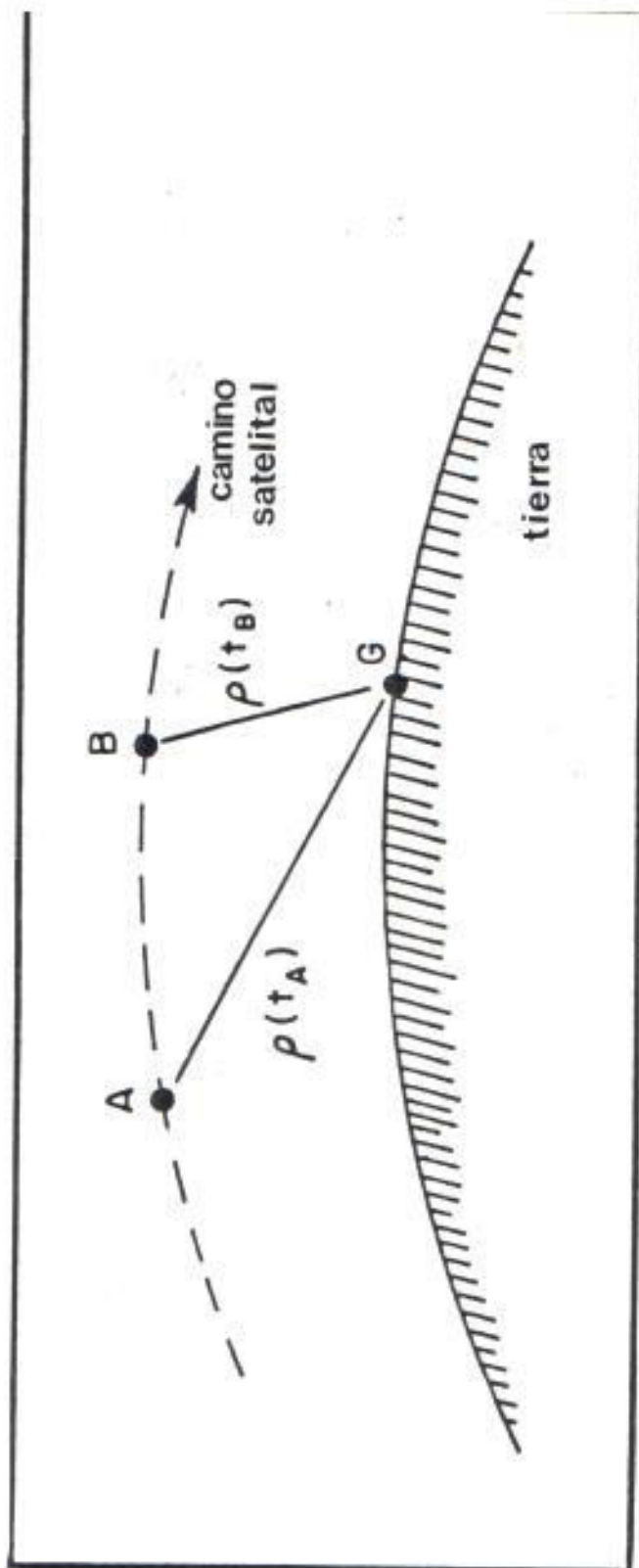


Fig. 9 EFECTO DOPPLER

$t_a$  : tiempo al cual el satélite pasa por el punto A.

$\rho(t_a)$ : rango de inclinación al tiempo  $t_a$ .

$\rho(t_b)$ : rango de inclinación al tiempo  $t_b$ .

Para calcular el rango de inclinación a los dos tiempos podemos aplicar la ecuación :

$$\rho = \{ [R+h]^2 + R^2 - 2R(R+h) \cos \{S/R\} \}^{1/2}$$

donde:

R : radio de la tierra= 6.371 Km.

h : altura del satélite

s : distancia del SSP a la estación terrena

Esta ecuación sirve tanto para órbitas circulares o elípticas ya que sólo depende de h y s. Para poder realizar un enlace y evitar que el efecto Doppler lo impida, es necesario que el radioaficionado esté monitoreando la señal corrida de la frecuencia de transmisión del satélite, es decir a una frecuencia mayor o menor ya sea que el satélite esté acercándose o alejándose respectivamente. En el TCA la estación terrena recibirá a la frecuencia de transmisión de la nave espacial.

## CAPITULO III

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE COMUNICACION AMATEUR VIA SATELITE MODO A CON LOS SATELITES RADIO SPUTNIK RS5, RS6, RS7 Y RS8.

### 3.1 RECEPCION

Como vimos en la sección 2.2 del capítulo anterior, la frecuencia a la cual recibe la estación terrena en el modo A es de 30 MHz y específicamente para los radio Sputnik a las frecuencias que se muestran en la Tabla V.

#### 3.1.1 RECEPTOR

El receptor que utilizamos para la experiencia es un SWAN CYGNET modelo 270 que tiene las siguientes características :

RANGOS DE FRECUENCIAS:	80 m	3.5 a 4 MHz
	40 m	7.0 a 7.450 MHz
	20 m	14.0 a 14.450 MHz
	10 m	28.0 a 29.7 MHz

MODOS: SSB (A3J), CW (A1), AM

SUPRESION DE LA BANDA LATERAL NO DESEADA:

Mayor a 50 dB



SUPRESION DE LA PORTADORA :

Mayor a 60 dB

SALIDA DE AUDIO : 3 vatios con carga de 3.2 Ohms.

SENSITIVIDAD: Menor a 0.5 uV en la imped. de 50  
Ohms para una relación S/N de 10  
dB.

REQUERIMIENTOS DE POTENCIA: 12 Vdc, 25 A max.

117 Vac, 60 Hz, 3 A max.

DIMENSIONES: Altura 5 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> pulg.

Ancho 13 pulg.

Profundidad 11 pulg.

PESO : 24 lbs.

Este equipo transmite y recibe en los rangos de frecuencias especificado en sus características pero lo utilizamos sólo como receptor en la implementación de nuestro sistema, ya que a las frecuencias que transmite no nos es útil.

### 3.1.2 LINEAS DE TRANSMISION

La línea de transmisión que usamos es cable RG 8/U con conectores PL259 y cuyas características, entre las de otros cables, se encuentran

en las Tablas VI y VII.

### 3.1.3 ANTENAS

Antes de construir las antenas, escogemos la frecuencia media del pasabanda del enlace hacia abajo, de acuerdo a la siguiente tabla :

SATELITE	PASABANDA ENLACE HACIA ABAJO (MHz)
RS5	29.410-29.450
RS6	29.410-29.450
RS7	29.460-29.500
RS8	29.460-29.500

TABLA V FRECUENCIAS DEL ENLACE HACIA ABAJO

Entonces la frecuencia media para el enlace de bajada es 29.455 MHz.

Procedamos a la construcción de cada antena :

1) TORNIQUETE :

$$f = 29.455 \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.0 \times 10^8 \text{ m}}{29.455 \times 10^6 \text{ Hz}}$$

$$\Rightarrow \lambda = 10,185 \text{ m} \Rightarrow \lambda/2 = 5,093 \text{ m}$$

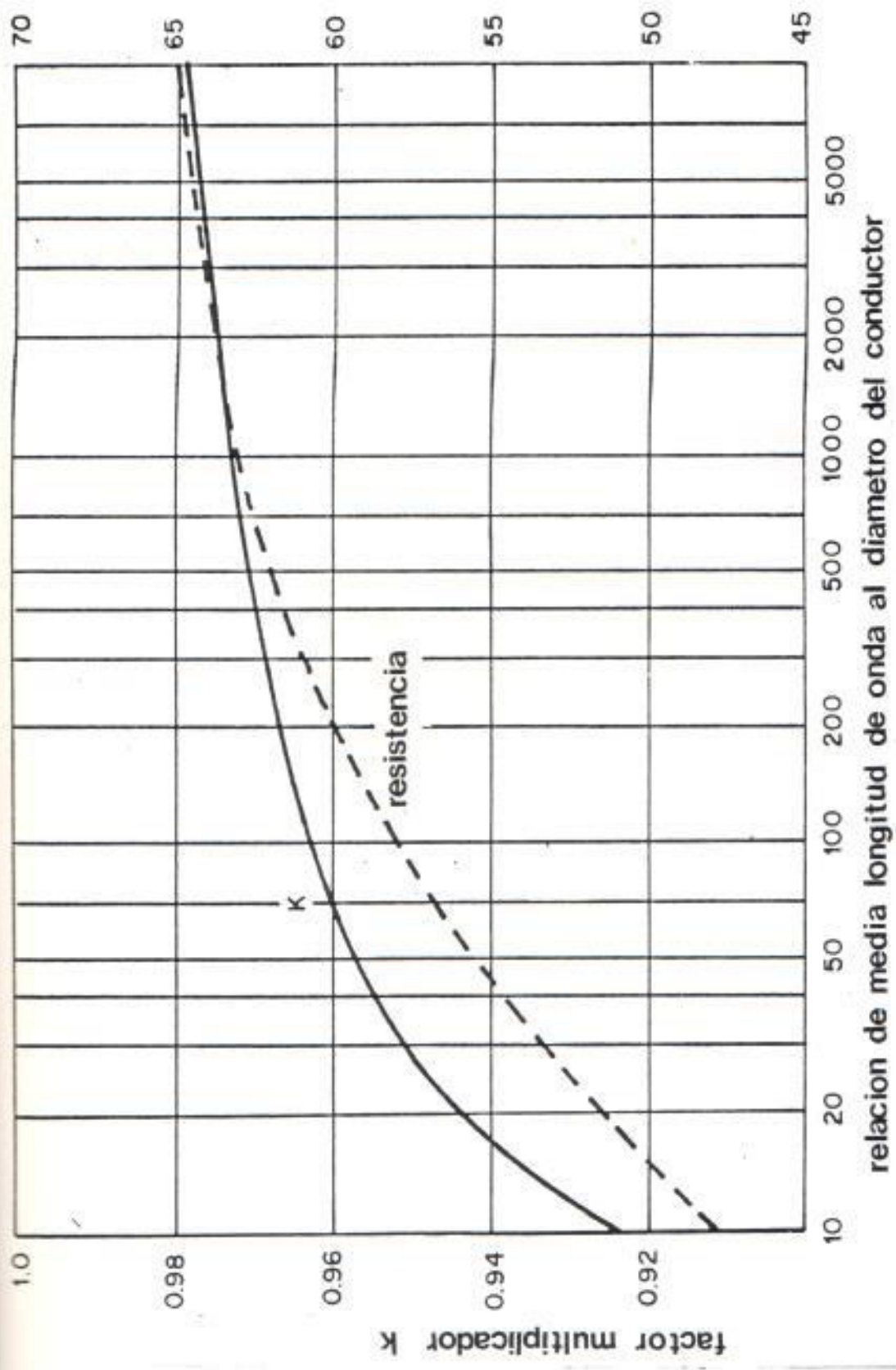


Fig. 10 CURVA QUE MUESTRA COMO EL FACTOR MULTIPLICADOR K VARIA CON LA RELACION DE  $\lambda/2$  AL DIAMETRO DEL CONDUCTOR.

dado el diámetro del material que se use para la construcción del torniquete, las medidas de  $\lambda$  se alteran por el fenómeno conocido como Efecto Terminal (END EFFECT), que no es otra cosa que la resistencia a la resonancia dada por el diámetro del material que se emplea para una frecuencia establecida.

Primero dividimos  $\lambda/2$  para el diámetro del material a usar, teniendo mucho cuidado en las unidades de medidas. El diámetro del material que usamos fue  $3/4" = 0.02 \text{ m}$ , por lo tanto :

$$\frac{\lambda/2}{\text{Diámetro}} = \frac{5.093 \text{ m.}}{0.02 \text{ m.}} = 254.65$$

Este valor en el gráfico anterior, nos da un valor de  $K = 0.975$  (resistencia a la resonancia) y entonces obtenemos :

$$\text{Longitud del dipolo (m)} = \frac{150 \times K}{f \text{ (MHz)}} = 4.965 \text{ (m)}$$

Esta longitud de casi cinco metros es la longitud total de los dipolos del torniquete.

Los reflectores son el 60% de la longitud del  $\lambda$  tomando en cuenta ya el factor K. Por lo tanto:

$$\lambda_K = (4.965)2 = 9.93 \text{ m.}$$

$$\Rightarrow \text{longitud del (m) reflector} = 0.6 (9.93) = 5.958 \text{ m.}$$

Así, la longitud de los reflectores es de 5.958 m. El espaciamento S entre los dipolos y los reflectores, depende del patrón de radiación que se de see obtener. El S que utilizamos para obtener una mayor cobertura del satélite fue de  $3/8\lambda$ .

Así :

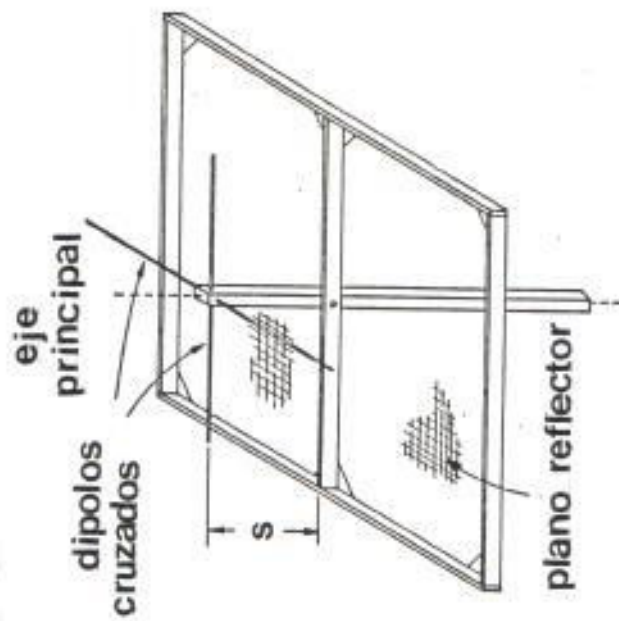
$$S = 3/8 (10.185) = 0.375 (10.185)$$

$$\Rightarrow S = 3.82 \text{ m.}$$

Debido a que necesitamos acoplar la impedancia del radioreceptor ( $50 \Omega$ ) a la antena, necesitamos de una sección de acoplamiento de  $50 \Omega$ , la misma que es obtenida como sigue :

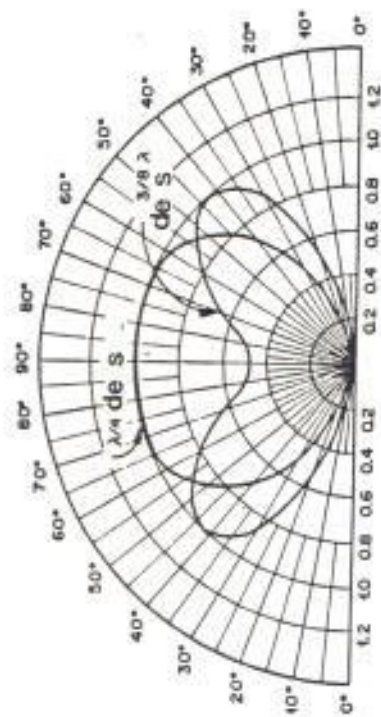
$$\text{Longitud de la sección de acoplamiento} = \frac{(\lambda) (V)}{4}$$

donde V es el factor de velocidad que es la rela ción entre la velocidad de la señal en la línea



(A)

torniquete



(B)

patron de radiacion

Fig. 11 ANTENA TORNIQUETE Y SU PATRON DE RADIACION PARA DOS VALORES DE S.

de transmisión y la velocidad de la señal en el espacio libre. Entonces tenemos :

$$\text{Longitud de la sección de acoplamiento (m)} = \frac{(10.185) (0.66)}{4} = 1.68 \text{ m.}$$

Este valor es el mismo para RG58, RG59, RG11 o RG8, todos de dieléctrico sólido, como lo podemos observar de la Tabla VI.

Si el dieléctrico es de FOAM, lo que tenemos que hacer es cambiar el factor de velocidad de 0.66 a 0.80 en la ecuación anterior y obtener la nueva longitud de sección de acoplamiento, la cual es de 2.037 m.

Para darle a la antena la polarización circular, necesitamos alimentar a uno de los dipolos con una línea de transmisión de 75 ( $\Omega$ ) de  $\lambda/4$  de longitud de onda, para lograr el desfase de  $90^\circ$  requerido entre ambos dipolos. Esto lo conseguimos usando el mismo procedimiento para la obtención de la longitud de la sección de acoplamiento. Por lo tanto, esta longitud es también de 1.68 m. para factor de velocidad de 0.66 y para FOAM de 2.037 m.

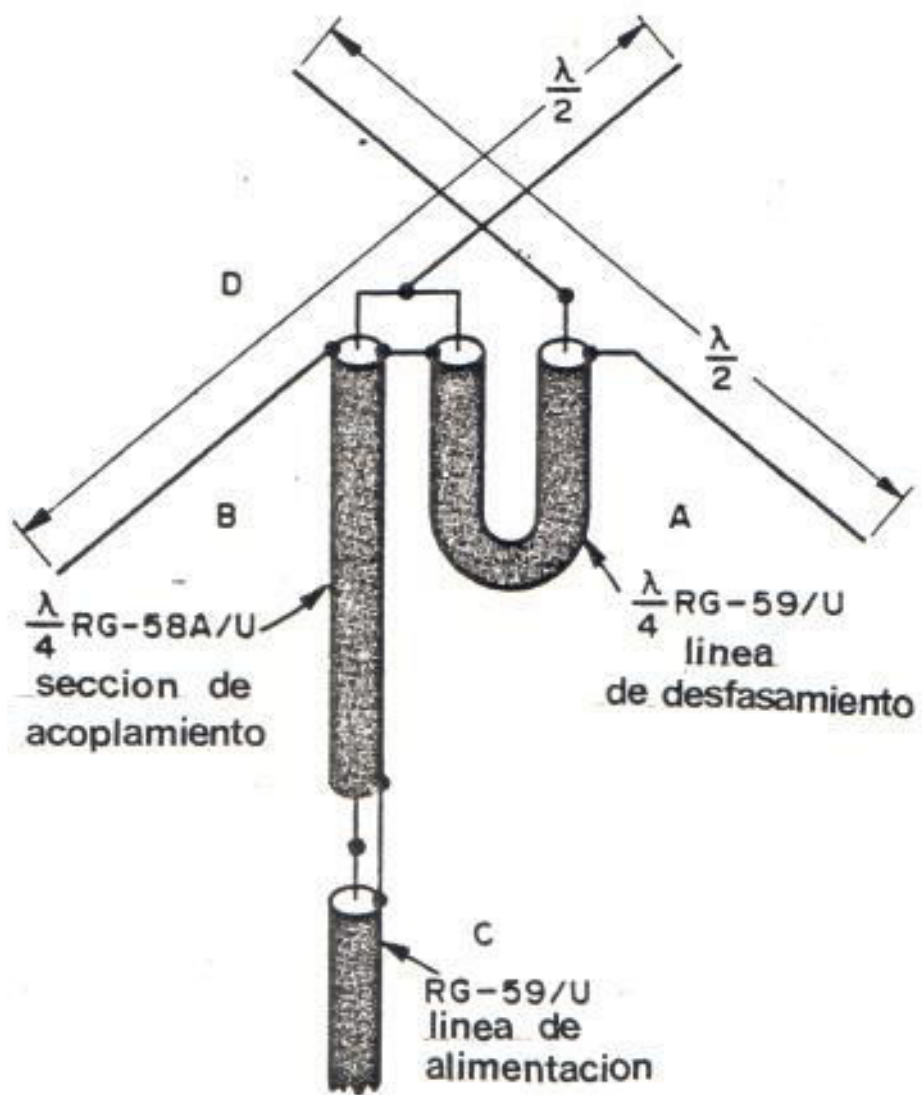


Fig. 12 DIMENSIONES Y CONEXIONES DE UNA ANTENA TORNIQUETE



TIPO DE LINEA	$Z_0$ ( $\Omega$ )	pF POR PIES	VELOCIDAD (%)	MATERIAL DIELECTRICO
RG-8/U	52.0	29.5	66	Polielileno
RG-9/U	51.0	30.0	66	Polielileno
RG-11/U	75.0	20.6	66	Polielileno
RG-58/U	53.5	28.5	66	Polielileno
RG-59/U	73.0	21.0	66	Polielileno
RG-141/U	50.0	29.4	70	Politetraflu- roetileno
RG-213/U	50.0	30.8	66	Polielileno

TABLA VI CARACTERISTICAS DE ALGUNOS TIPOS DE CABLE COAXIAL

PERDIDA DE POTENCIA CADA 100 PIES (dB)				
CABLE	29.5 MHz	146 MHz	435 MHz	1260 MHz
SERIE				
RG-58	2.5	5.5	12.0	22.0
RG-8	1.2	3.1	5.9	11.0
RG-213	1.2	3.1	5.9	11.0

TABLA VII VALORES DE ATENUACION APROXIMADA PARA ALGUNOS TIPOS DE CABLE COAXIAL

A partir de la sección de acoplamiento, puede ser utilizada cualquier longitud de cable de 75 ( $\Omega$ ) hasta el receptor.

## 2) PLANO DE TIERRA :

Este tipo de antena es de  $\lambda/4$ , polarización vertical y para el cálculo de sus dimensiones se aplican las mismas consideraciones de diseño del torniquete.

Entonces tenemos que la longitud del radiador se obtendrá en la siguiente ecuación :

$$\text{Longitud del radiador (m)} = \frac{300 \times K}{f \text{ (MHz)}} = \frac{75 \times K}{f \text{ (MHz)}}$$

$$\Rightarrow \text{Longitud del radiador (m)} = 2.48 \text{ m.}$$

Los radianes son obtenidos con la misma ecuación y agregándole al resultado el 5% de la longitud del radiador. Así :

$$\text{Longitud de los radianes (m)} = \frac{75 \times K}{f \text{ (MHz)}} \times (1.05) = 2.607 \text{ m.}$$

Para que exista acoplamiento de impedancias

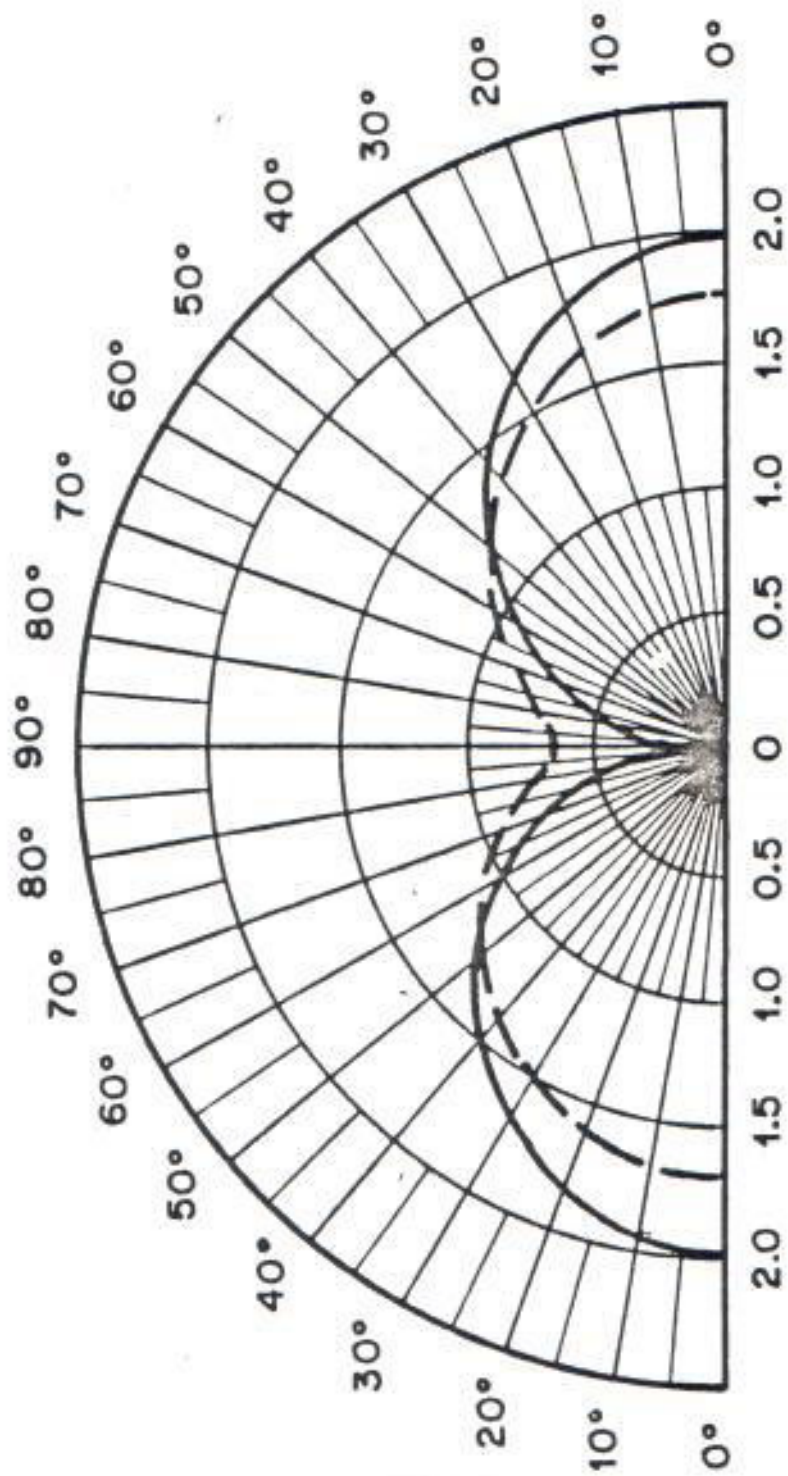


Fig. 13 PATRON DE RADIACION DE UNA ANTENA PLANO DE TIERRA

con el receptor ( $50\Omega$ ), necesitamos que exista un ángulo de  $45^\circ$  entre la Horizontal y los radianes, ya que de estar perpendiculares al radiador, su impedancia sería de  $75\Omega$ . El número mínimo de radianes que se utiliza es de tres .

#### 3.1.4 ACCESORIOS

En la recepción, un preamplificador puede ayudar a detectar señales débiles. Existen algunos diseños que utilizan el MOSFET de puerta dual RCA A0673 y muchos de ellos gozan de ser simples, pequeños, de buen funcionamiento, bajo costo y flexibilidad.

Un circuito que goza de las cualidades mencionadas es el diseñado por Gerald C. Jenkins, W4CAH, el cual una vez conectado al receptor, simplemente se sintoniza la entrada (C1) y la salida (C4).

Los valores de los elementos utilizados en el diseño, se encuentran en el gráfico y los que varían de acuerdo a la frecuencia (se puede usar este diseño para 6 y 2 metros también) en

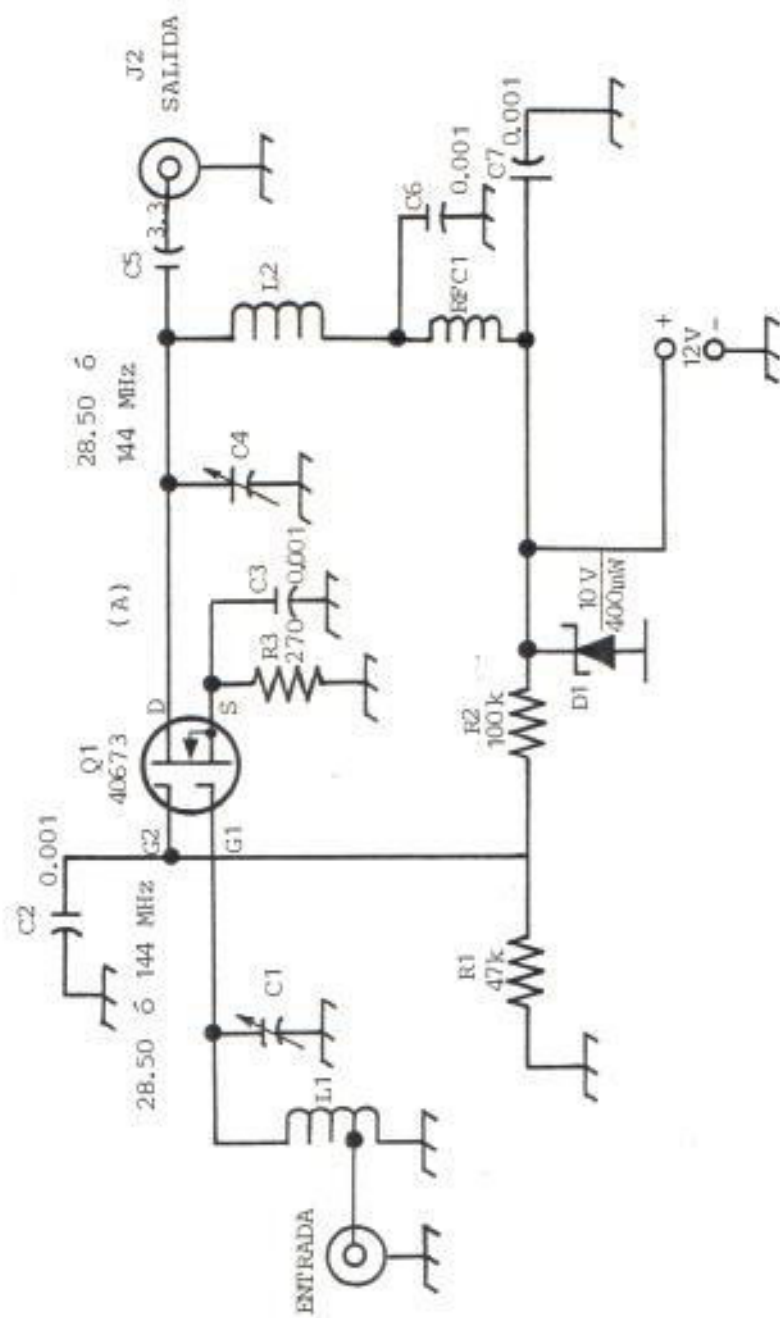


Fig. 14 PREAMPLIFICADOR UTILIZADO EN LA RECEPCION

la siguiente tabla :

ELEMENTO	$f = 28 \text{ MHz}$
L1	17 vueltas de alambre #28 sobre un núcleo Amidon T-50-6 El tap se lo hace en la sexta vuelta a partir del extremo a tierra.
L2	Igual que L1, sin Tap.
C1, C4	Condensadores cerámicos variables (Trimmers) de 15 a 60 pF (ERIE 538-002F)

TABLA VIII ELEMENTOS DEL PREAMPLIFICADOR DISEÑADO POR  
GERALD C. JENKINS, W4CAH

### 3.2 TRANSMISION

Como vimos en la sección 2.2 del capítulo anterior, la frecuencia a la cual transmite la estación terrena en el modo A es de 146 MHz y específicamente para los radio Sputnik a las frecuencias que se muestran en la Tabla VIII.

### 3.2.1 TRANSMISOR

El transmisor que utilizamos para la experiencia es un Kenwood modelo TR-9000 que tiene las siguientes características :

RANGO DE FRECUENCIA: 144.000.00 a 147.999.9 MHz

MODOS: SSB (A3J), FM (F3), CW (A1)

SUPRESION DE LA BANDA LATERAL NO DESEADA: Mayor a 40 dB.

SUPRESION DE LA PORTADORA : Mayor a 40 dB

SALIDA DE AUDIO: Más de 2.0 vatios con carga de  
8 Ohms.

SENSITIVIDAD: FM mejor a 0.5 uV para una relación S/N de 30 dB.

SSB, CW mejor a 0.25 uV para una relación S/N de 10 dB.

REQUERIMIENTOS DE POTENCIA: 13.8 Vdc  $\pm$  15%

CORRIENTE: 0.4 A en recepción sin señal de entrada

2.9 A en modo de transm. HI (aprox.)

1.3 A en modo de transm. LOW (aprox.)

Menos que 2.5 mA para el respaldo de memoria.

POTENCIA DE SALIDA: HI (SSB, FM, CW) 10 vatios



LOW (FM, CW) 1 vatio aprox.

DIMENSIONES: Altura 69 mm.

Ancho 170 mm.

Profundidad 234 mm.

PESO : 5.5 Lbs.

Este equipo transmite y recibe en el rango de frecuencia especificado en sus características, pero lo utilizamos sólo como transmisor en la implementación de nuestro sistema, ya que a las frecuencias que recibe no nos es útil.

### 3.2.2 LINEAS DE TRANSMISIÓN

Utilizamos cable coaxial RG8 y RG11 con sus respectivos conectores PL259, cable heliax de 1/2" marca CABLEWAVE con conectores balanceados CABLEWAVES Y ANDREWS.

### 3.2.3 ANTENAS

Antes de construir las antenas, escogemos la frecuencia media del pasabanda del enlace hacia arriba, de acuerdo a la siguiente Tabla :

SATELITE	PASABANDA ENLACE HACIA ARRIBA (MHz)
RS5	145.910-145.950
RS6	145.910-145.950
RS7	145.960-146.000
RS8	145.960-146.000

TABLA IX FRECUENCIAS DEL ENLACE HACIA ARRIBA

Entonces la frecuencia media para enlace de subida es 145.955 MHz.

El proceso de construcción de cada antena es igual al visto en recepción, pero en los cálculos utilizamos la frecuencia media para el enlace de subida :

1) TORNIQUETE :

$$f = 145.955 \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m}}{145.955 \times 10^6 \text{ Hz}}$$

$$\Rightarrow \lambda = 2.056 \text{ m} \Rightarrow \lambda/2 = 1.028 \text{ m.}$$

dado el diámetro del material que se use pa-



FOTO 1 Antena torniquete para 2 m perteneciente a la estación terrena de HC2CEV.

ra la construcción del torniquete, las medidas de  $\lambda$  se alteran por el fenómeno conocido como Efecto Terminal (END EFFECT), que no es otra cosa que la resistencia a la resonancia dada por el diámetro del material que se emplea para una frecuencia establecida.

Primero dividimos  $\lambda/2$  para el diámetro del material a usar, teniendo mucho cuidado en las unidades de medidas. El diámetro del material que usamos fue  $3/8" = 0.01$  m, por lo tanto :

$$\frac{\lambda/2}{\text{diámetro}} = \frac{1.028 \text{ m.}}{0.01 \text{ m.}} = 102.8$$

Este valor en el gráfico anterior, nos da un valor de  $K = 0.970$  (resistencia a la resonancia) y entonces tenemos :

$$\text{Longitud del dipolo (m)} = \frac{150 \times K}{f \text{ (MHz)}} = 0.99 \approx 1 \text{ m.}$$

Esta longitud de un metro es la longitud total de los dipolos del torniquete.

Los reflectores son el 60% de la longitud del  $\lambda$ , tomando en cuenta ya el factor K. Por lo tanto :

$$\lambda k = (0.99)^2 = 1.98 \text{ m.}$$

$$\Rightarrow \text{longitud del reflector (m)} = 0.6 (1.98) = 1.19 \text{ m.}$$

Así, la longitud de los reflectores es de 1.19 m. El espaciamiento S entre los dipolos y los reflectores, depende del patrón de radiación que se desea obtener. El S que utilizamos para obtener una mayor cobertura del satélite fue de  $3/8\lambda$ . Así :

$$S = 3/8 (2.056) = 0.375 (2.056)$$

$$\Rightarrow S = 0.77 \text{ m.}$$

Debido a que necesitamos acoplar la impedancia del radiotransmisor ( $50 \Omega$ ) a la antena, necesitamos de una sección de acoplamiento de  $50 \Omega$ , la misma que es obtenida como sigue :

$$\text{Longitud de la sección de acoplamiento} = \frac{(\lambda) (V)}{4}$$

donde  $V$  es el factor de velocidad que es la relación entre la velocidad de la señal en la línea de transmisión y la velocidad de la señal en el espacio libre. Entonces tenemos:

$$\text{Longitud de la sección de acoplamiento (m)} = \frac{(2.056) (0.66)}{4} = 0.34 \text{ m.}$$

Este valor es el mismo para RG58, RG59, RG11 o RG8, todos de dieléctrico sólido, como lo podemos observar en la Tabla VI. Si el dieléctrico es de FOAM, lo que tenemos que hacer es cambiar el factor de velocidad de 0.66 a 0.80 en la ecuación anterior y obtener la nueva longitud de sección de acoplamiento, la cual es de 0.41 m.

Para darle a la antena la polarización circular, necesitamos alimentar a uno de los dipolos con una línea de transmisión de  $75 \text{ } (\Omega)$ , de  $\lambda/4$  de longitud de onda, para lograr el desfase de  $90^\circ$  requerido entre ambos dipolos. Esto lo conseguimos usando el mismo procedimiento para la obtención de la longitud de la sección de acoplamiento.

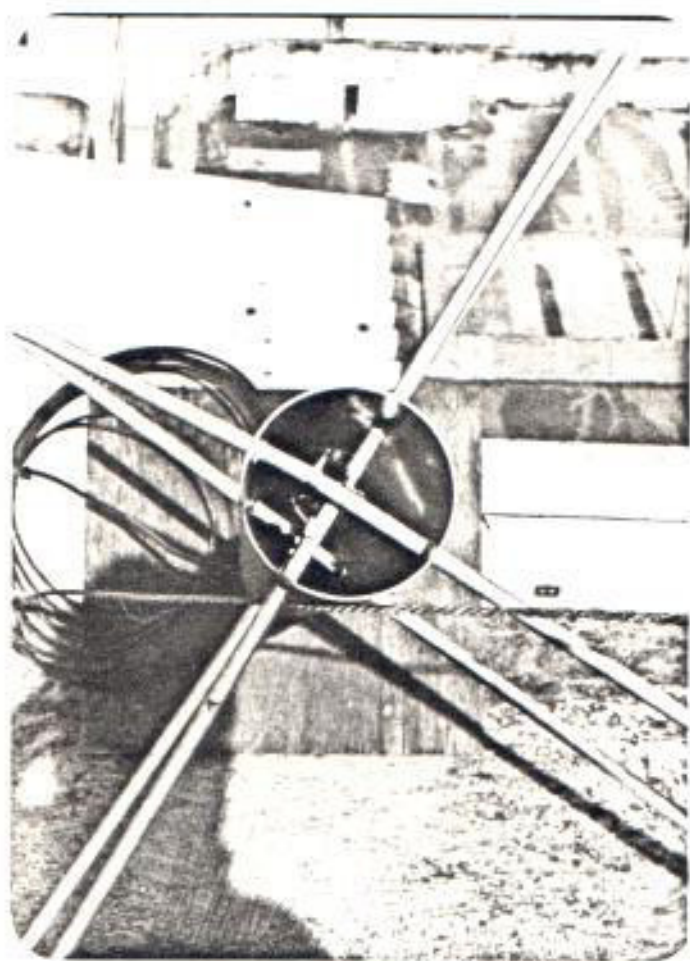


FOTO 2 Alimentación de la antena torniquete para obtener polarización RHCP.

Por lo tanto, esta longitud es también de 0.34 m. para factor de velocidad de 0.66 y para FOAM de 0.41 m. A partir de la sección de acoplamiento, puede ser utilizada cualquier longitud de cable de 75 ( $\Omega$ ) hasta el transmisor.

## 2) PLANO DE TIERRA :

Este tipo de antena es de  $\lambda/4$ , polarización vertical y para el cálculo de sus dimensiones se aplican las mismas consideraciones de diseño del torniquete. Entonces tenemos que la longitud del radiador se obtendrá con la siguiente ecuación :

$$\text{Longitud del radiador (m)} = \frac{300 \times K}{f \text{ (MHz)}} = \frac{75 \times K}{f \text{ (MHz)}}$$

$$\text{Longitud del radiador (m)} = 0.504 \text{ m.}$$

Los radianes son obtenidos con la misma ecuación y agregándole al resultado el 5% de la longitud del radiador. Así :

$$\text{Longitud de los radianes (m)} = \frac{75 \times K}{f \text{ (MHz)}} \times (1.05) = 0.529 \text{ m.}$$



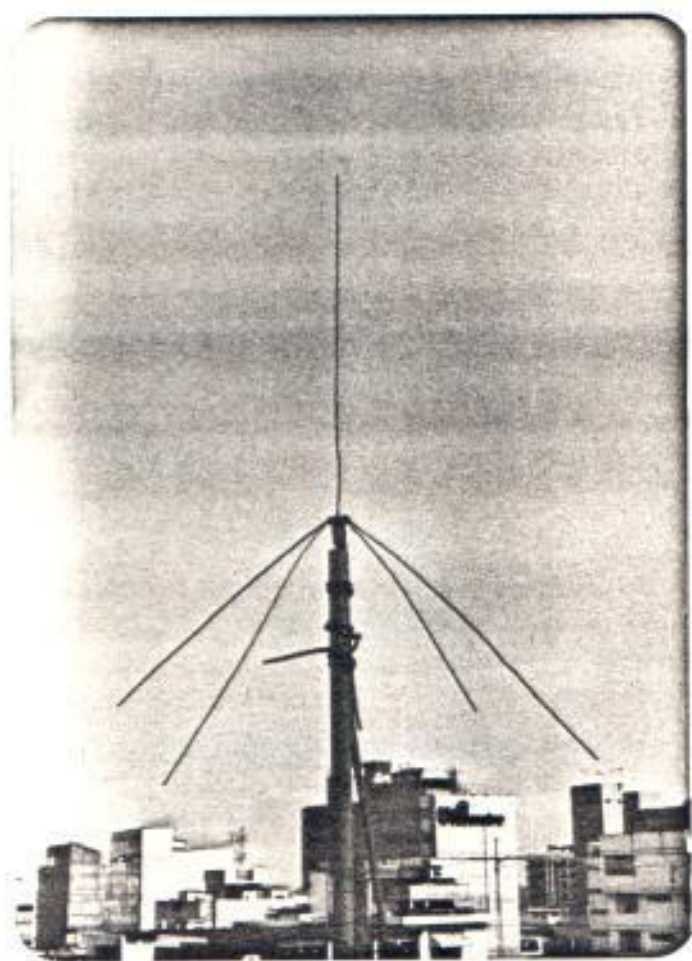


FOTO 3 Antena plano de tierra para 2 m perteneciente a la estación terrena de HC2CEV.

Para que exista acoplamiento de impedancias con el transmisor ( $50 \Omega$ ), necesitamos que exista un ángulo de  $45^\circ$  entre la horizontal y los radianes, ya que de estar perpendiculares al radiador, su impedancia sería de  $75 \Omega$ . El número mínimo de radianes que se utiliza es de tres.

### 3) HELICOIDAL :

Sabemos que :

$$f = 145.955 \text{ MHz}$$

$$\Rightarrow \lambda = 2.0554 \text{ m.}$$

La longitud del reflector es del 60% de la longitud de onda. Por lo tanto :

$$\text{Longitud del reflector (m)} = 0,60 (\lambda) = 0,60 (2.0554)$$

$$\Rightarrow \text{Longitud del reflector (m)} = 1,23 \text{ m.}$$

La circunferencia de la helicoidal es igual a  $\lambda = 2.0554 \text{ m.}$  y el diámetro será igual a la circunferencia  $C$  dividida para  $\pi$ . Entonces :

$$C = \lambda \quad \text{y} \quad D = \frac{C}{\pi} = \frac{2.0554}{3,1416}$$



FOTO 4 El Sr. Jaime Alfaro, HC2CEV, junto a la antena helicoidal para 2 m implementada para la estación terrena de su propiedad.

$$\Rightarrow D = 0.65 \text{ m.}$$

El espacio  $S$  entre vuelta y vuelta está dado por :

$$S = C (\text{Tg } \alpha)$$

donde  $\alpha = \text{ángulo de inclinación} = 12.5^\circ$

$$\Rightarrow S = 0.456 \text{ m.}$$

La longitud de cable por vuelta es igual a :

$$L = \frac{C}{\text{Cos } \alpha} = 2.105 \text{ m.}$$

Ahora si podemos calcular la longitud total del radiador de acuerdo al número de vueltas que utilicemos.

$$\text{Longitud total del radiador (m)} = \ell = nL + 1/2 \sqrt{S^2 + D^2}$$

donde  $n$  es el número de vueltas.

Si llamamos  $J = 1/2 \sqrt{S^2 + D^2}$  tendremos :

$$\ell = nL + J$$

donde  $J = 0.3969$

Nosotros escogimos  $n=6$  , por lo tanto:

$$l = (6) (2.105) + 0.3969 = 13.03 \text{ m.}$$

Para el radiador se recomienda cañería de co  
bre de 3/8" o 1/4" o cable coaxial (de cu  
al  
quier impedancia) cortocircuitado los conduc  
tores internos y externos.

#### 3.2.4 ACCESORIOS

Cuando no se utilizan antenas de mucha ganancia, como la torniquete, por ejemplo, se hace impres  
cindible el uso de amplificadores de RF. Como la antena que utilizamos para establecer este tipo de comunicación es una antena helicoidal (direccional) de seis vueltas, no utilizamos un amplificador lineal de RF.

Entre los accesorios tanto para transmisión como para recepción, están los rotores de elevación y de acimut, de los cuales se habla en la sección 2.4.2.5.1; así como los interruptores para la conmutación de las antenas.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el Ecuador el sistema especializado de comunicación amateur vía satélite no se encuentra difundido ni desarrollado plenamente aún. Por lo cual, esta tesis fue desarrollada con el ánimo de facilitar a los radioaficionados la realización de este tipo de enlace.

Un énfasis especial se ha dado a la sección 2.3 concerniente al rastreo del satélite, que constituye la parte principal para establecer este tipo de comunicación, por lo cual recomiendo una especial atención a esta sección.

El costo aproximado de este sistema, el cual ha sido implementado en esta ciudad, para modalidad A y órbitas circulares, es de S/. 150.000,00 (Ciento cincuenta mil 00/100 sucres), pero hay que tomar en cuenta que las antenas han sido de fabricación casera y además no se ha monetarizado la mano de obra, recargándose por lo tanto la mayor parte del costo en los radios, aún cuando en nuestro caso específico fueron conseguidos a bajo costo.

Espero que este manual, influya en el incremento de sistemas de este tipo en nuestro país.

## BIBLIOGRAFIA

1. ARRL, The ARRL Antenna Book (14a. edició; The American Radio Relay League, Inc., 1983), pp. 3-19/3-23, 11-23/11-24, 12-1/12-3, 12-7/12-12.
2. Head Quarters Staff of the American Radio Relay League, The Radio Amateur's handbook (48ava. edició; The American Radio Relay League, Inc. 1971), pp. 484-485.
3. Radio Society of Great Britain, Radio Communications Handbook (5a. edició; The Radio Society of Great Britain, 1982), pp. 20.1-20.12.
4. G. R. Jessop, GGJP, VHF-UHF Manual (4a. edició; The Radio Society of Great Britain, 1983), pp. 8.1-8.25.
5. The American Radio Relay League, "Circular Polarization and Oscar Communications", Revista QST, Vol. 64, No. 5 (Mayo 1980), pp. 11-15.
6. The American Radio Relay League, "Easy 50 $\Omega$  feed for a Helix", Revista QST, Vol. 65, No. 6 (Junio 1981), pp. 28-29.

7. The American Radio Relay League, "A Helical Antenna for Space - Shuttle Communications", Revista QST, Vol. 68, No. 12 (Diciembre 1984), pp. 14-18.



A P E N D I C E S

## APENDICE A

### TERMINOS UTILIZADOS EN APLICACIONES ESPACIALES

RANGO DE ACCESO (Access range): Máxima distancia de acceso

CIRCULO DE ADQUISICION (Acquisition circle): Sobre un mapa del globo, un círculo dibujado sobre una estación particular y para un satélite específico. Cuando el punto del sub satélite está dentro del círculo, el satélite está en rango.

DISTANCIA DE ADQUISICION (Acquisition distance): Máxima distancia de acceso.

ALTITUD (Altitude): La distancia entre un satélite y un punto en la tierra directamente debajo de éste. Lo mismo que altura.

AMSAT: Firma registrada de la Corporación de Satélites Radio Amateur (Radio Amateur Satellite Corporation).

PERIODO ANOMALISTICO (Anomalistic period): El tiempo de retraso entre dos perigeos sucesivos de un satélite.

A.O.S. (ADQUISICION DE SENAL) (acquisition of signal): El tiempo cuando una estación particular comienza a recibir señales de radio de un satélite. Para cálculos, AOS está asumido que ocurra en un ángulo de elevación de  $10^{\circ}$ .

APOGEO (Apogee): El punto de la órbita donde la distancia

satélite-geocentro es máxima.

ARGUMENTO DEL PERIGEO (Argument of perigee): El ángulo polar localizado en el punto de perigeo de un satélite en el plano orbital, dibujado entre el nodo de ascenso, geocentro y perigeo; y medido desde el nodo ascendente en dirección del movimiento del satélite.

ARRL (AMERICAN RADIO RELAY LEAGUE): Binacional (US y Canadá) miembros de la organización de radio amateurs.

NODO ASCENDENTE (Ascending node): Punto en la órbita del satélite o (pista terrestre) donde el punto subsatelital cruza el Ecuador, desde el Hemisferio Sur hacia el Hemisferio Norte.

PASO ASCENDENTE (Ascending pass): Cuando un satélite pasa sobre una estación en particular dirigiéndose hacia el norte.

AU (UNIDAD ASTRONÓMICA) (Astronomical unit): Significa distancia del sol a la tierra  $1,49 \times 10^{11}$  m.

AUTOTRANSPONDEDOR (Autotransponder): Una computadora como recurso a bordo de la nave espacial para recibir y responder a las señales de enlace hacia arriba directamente hacia ella. Radio-5 y Radio-7 contienen autotranspondedores. También llamados Robots.

ACIMUT (Azimuth): Angulo en el plano local horizontal en el sentido de las manecillas del reloj con respecto al norte.

ELEMENTOS CLASICOS DE LA ORBITA (Classical orbital elements): Un grupo de elementos orbitales usualmente incluyendo la longitud del nodo ascendente y época (hora y fecha), período nodal, inclinación, excentricidad, argumento del perigeo, debido a que estos elementos son tierra-referenciado y basados en propiedades geométricas, ellos son especialmente usados para dibujar intuitivamente una órbita.

ALMACENAMIENTO DE CODIGOS (Codestore): Un sistema de tablero digital con memoria que puede ser cargado con datos de estaciones para después transmitirlo en Morse y otros códigos.

CIRCULO DE COBERTURA (Coverage circle): Región de la tierra la cual está eventualmente accesible para comunicaciones con una estación terrena en particular vía un satélite específico.

DBS (SATELITE COMERCIAL DIRECTO) (Direct broadcast satellite): Satélite comercial diseñado para transmitir programas de TV directamente al hogar.

TIEMPO DE RETRASO DEL TRANSPONDEDOR (Transponder delay time): El tiempo pasado entre el instante en que la señal entra al transpondedor y el instante en que lo deja.

CAMINO DE TIEMPO DE RETRASO (Path delay time): El tiempo pasado entre transmitir una señal de enlace de subida a un satélite con transpondedor y recibir el enlace de bajada.

NODO DESCENDENTE (Descending node): Punto en la órbita satelital o (pista terrestre) donde el punto subsatelital cruza el Ecuador desde el Hemisferio Norte al Hemisferio Sur.

PASO DESCENDENTE (Descending pass): Cuando un satélite pasa sobre una estación en particular dirigiéndose hacia el sur.

ENLACE DE BAJADA (Downlink): El enlace de radio se origina en un satélite y termina en una o más estaciones terrenas.

EXCENRICIDAD (Eccentricity): Un parámetro usado para describir la forma de una elipse constituyendo una órbita satelital.

EIRP (POTENCIA EFECTIVA RADIADA ISOTROPICAMENTE) (Effective isotropic radiated power).

ELEVACION (Elevation): Angulo sobre el plano horizontal.

CIRCULO DE ELEVACION (Elevation circle): Sobre un mapa, el grupo de todos los puntos alrededor de una estación terrena donde el ángulo de elevación para un satélite específico es un valor particular.

EME (TIERRA-LUNA-TIERRA) (Earth-moon-earth): Usualmente se refiere a los nodos de comunicación que invo-

lucran señales de rebote en la luna.

TIEMPO EPOCA (Epoch time): Tiempo referencial en el cual los parámetros que describen el movimiento de los satélites son especificados.

PLANO ECUATORIAL (Equatorial plane): Plano imaginario que contiene la línea ecuatorial y el geocentro.

EQX:NODO ASCENDENTE (Ascending node).

ESA:AGENCIA EUROPEA DEL ESPACIO (European space agency).

GEOCENTRO (Geocenter): Centro de la tierra.

SATELITE GEOESTACIONARIO (Geostationary satellite): Un saté  
lite que se encuentra inmóvil en un punto fijo sobre el E-  
cuador.

ESTACION TERRENA (Ground station): Una estación de radio so  
bre o cerca de la superficie de la tierra, diseñada para re  
cibir señales desde, o transmitir señales hacia una nave es  
pacial.

PISTA TERRESTRE (Ground track): Camino formado por el punto subsatelital durante curso de una órbita completa.

INCLINACION (Inclination): El ángulo entre el plano orbital de el satélite y el plano ecuatorial de la tierra.

INCREMENTO (Increment): Cambio en longitud del nodo ascendente entre 2 sucesivos pasos del satélite. Medido en grados Oeste por órbita ( $^{\circ}W/Orbit$ ).

LINEA DE NODOS (Line of nodes): La línea de intersección del plano orbital del satélite y el plano ecuatorial de la tierra.

LNA (AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO) (Low noise amplifier): LNA es un término comercial para un aparato que los radio amateurs generalmente refieren como un preamplificador de RF de bajo ruido.

INCREMENTO LONGITUDINAL (Longitudinal increment): Incremento.

LOS (PERDIDA DE SENAL) (Loss of signal): El tiempo en el cual una estación terrena en particular pierde señales de radio de un satélite. Para cálculos, LOS está asumido que ocurra en un ángulo de elevación de  $0^{\circ}$ .

MAXIMA DISTANCIA DE ACCESO (Maximum access distance): La máxima distancia, medida a través de la superficie de la tierra, entre una estación y el punto subsatelital en el cual el satélite entra en rango. (Corresponde a un ángulo de elevación de  $0^{\circ}$ ).

NASA (ADMINISTRACION NACIONAL DE LA AERONAUTICA Y EL ESPACIO) (National Aeronautics and Space Administration): La agencia espacial de EE.UU.

PERIODO NODAL (Nodal period): El tiempo pasado entre dos su cesivos nodos ascendentes de un satélite.

NODO (Node): Punto donde la pista terrestre del satélite cruza el Ecuador.

PLANO ORBITAL (Orbital plane): Un plano imaginario, extendiéndose a través del espacio que contiene la órbita sateli tal.

OSCAR: SATELITE ORBITAL LLEVANDO UN RADIO AMATEUR (Orbital Satellite carrying Amateur Radio).

OSCARLOCATOR : Un dispositivo de rastreo diseñado para ser usado con un satélite en órbita circular.

PCA (PUNTO DE MAYOR APROXIMACION) (Point of closest approach): Punto en una pista terrestre durante una órbita específica donde el paso del satélite es el más cercano a una estación terrena en particular.

PERIGEO (Perigee): El punto en la órbita donde la distancia satélite-geocentro es mínima.

PERIODO (Period): El tiempo que le toma a un satélite en dar una revolución completa alrededor de la tierra.

CIRCULO DE RANGO (RANGLE CIRCLE): Círculos de radio específicos sobre la superficie de la tierra centrados sobre una estación terrena en particular.



ORBITA REFERENCIAL (Reference orbit): La órbita que sigue el primer nodo ascendente de un día UTC dado.

PASO DEL SATELITE (Satellite pass): Segmento de la órbita durante el cual el satélite pasa cerca y en rango de una estación terrena en particular.

S/C : Abreviación para satélite.

DIA SIDERAL (Sidereal day): La cantidad de tiempo que toma la tierra en rotar exactamente  $360^\circ$  alrededor de sus ejes con respecto al sol. El día sideral contiene 1436.07 minutos (ver día solar).

RANGO DE INCLINACION (Slant range): Distancia entre satélite y una estación terrena en particular.

DIA SOLAR (Solar day): El día solar por definición contiene exactamente 24 horas (1440 minutos). Durante el día solar la tierra rota un poco más de  $360^\circ$  alrededor de sus ejes con respecto al sol (ver día sideral).

TELARANA (Spiderweb): Grupo de curvas acimut radiando hacia afuera de una localización en particular y círculos concéntricos de elevación o rango alrededor de la localización, todos dibujados sobre un mapa o globo.

SSP (PUNTO SUBSATELITAL) (Subsatellite point): Punto sobre la superficie de la tierra directamente bajo el satélite.

CAMINO SUBSATELITAL (Subsatellite path) : Pista terrestre

TELEMETRIA (Telemetry): Señales de radio originadas en el satélite, que llevan información sobre el funcionamiento o estado de los sistemas a bordo del satélite.

TLM : Abreviación para telemetría

TRANSPONDEDOR (Transponder): Un dispositivo que recibe señales de radio en un segmento del espectro, las amplifica, traslada (desplaza) su frecuencia a otro segmento del espectro y las retransmite.

ENLACE DE SUBIDA (Uplink): Un enlace de radio originado en una estación terrena y dirigido hacia el satélite.

VENTANA (Window): Región común entre círculos de adquisición de dos estaciones terrenas referenciadas a un satélite específico. Comunicación entre las dos estaciones es posible cuando el punto del subsatélite está dentro de la ventana.

RASTREADOR  $\phi 3$  ( $\phi 3$  tracker): Un dispositivo de rastreo diseñado para ser usado con un satélite con una órbita elíptica.

APENDICE B

TERMINOS UTILIZADOS EN COMUNICACION AMATEUR

COD. TELEGRAFICO	COD. FONETICO (INGLES)	COD. FONETICO (ESPAÑOL)	COD. "Q" (LOS MAS EMPLEADOS TANTO EN INGLES COMO EN ESPAÑOL)
A .-	Alfa	América	QAP: En sintonía
B -...	Bravo	Brasil	QRA: Nombre
C -..	Charlie	Canadá	QRG: Frecuencia
D -..	Delta	Dinamarca	QRM: Interferencia otras emisoras.
E .	Eco	España	
F ...	Fox-Trot	Francia	QRN: Interferencia ruido atmosférico.
G --.	Gulf	Guatemala	
H ....	Hotel	Hotel	QRT: Fuera de transmisión
I ..	India	Italia	QRV: Atento, listo, a la orden.
J ....	Juliet	Japón	
K -.-	Kilo	Kilo	QRX: Espera
L ...	Lima	Londres	QRZ: ¿Quién es? ¿Nombre?
M --	Mike	México	QSL: Afirmativo, cambio, tarjeta.
N -.	November	Nicaragua	
O ---	Oscar	Ontario	QSO: Comunicado
P ...	Papa	Panamá	QSY: Cambio de frecuencia
Q ---	Quebec	Quito	QTC: Mensaje, recado
R ..	Romeo	Radio	QYH: Lugar, posición, ubi- cación.
S ...	Sierra	Santiago	
T -	Tango	Toronto	QTR: Hora
U ...	Uniform	Uruguay	
V ...-	Víctor	Victoria	
W ..-	Whiskey	Washington	
X ...-	X-Ray	Xilófono	
Y -..-	Yankee	Yucatán	
Z -..	Zulu	Zanzíbar	

TABLA X CODIGOS TELEGRAFICO, FONETICO EN INGLES, FONETICO EN ESPAÑOL Y Q

## MODISMOS (EN INGLES Y ESPAÑOL)

CQ : Llamado general

73 : Saludos

BRAKE : Permiso para transmitir

BRAKE, BRAKE, BRAKE : Llamada de emergencia

DX : Contactos

HANDIE : Radio portátil

## MODISMOS (EN ESPAÑOL)

DOS METROS PLANOS : Cama

CARGA DE BATERIA : Comer

PRIMERISIMO (A) : Esposo (a)

QRMITOS : Hijos

CRISTALITOS : Hijos

FAMILIAR : Casa

CAJA DE FOSFOROS : Radio

LQ : Teléfono

LINEA BAJA : Teléfono

FL : Licor

FRECUENCIA LIQUIDA : Licor

TURISTAS : Vigilantes

TURISTAS FOTOGRAFIANDO : Vigilantes con radar

MATINEE : Bulla, pleito

ZAPATO : Amplificador de RF

SECRETARIA : Amplificador de RF

## APENDICE C

### CARACTERISTICAS DE LOS SATELITES RADIO SPUTNIK

NOMBRE DE LOS SATELITES :

Radio 3	Radio 5	Radio 7
Radio 4	Radio 6	Radio 8

NOTA: Estos seis satélites Radio Amateur Soviéticos fueron lanzados juntos en un simple vehículo de lanzamiento. Todos los seis son perfilados en esta sección.

DATOS GENERALES :

a) IDENTIFICACION

SATELITE	DESIGNACION INTERNACIONAL	IDENTIFICACION TELEMETRICA
Radio 3	81-120A	RS-3
Radio 4	81-120D	RS-4
Radio 5	81-120C	RS-5
Radio 6	81-120F	RS-6
Radio 7	81-120E	RS-7
Radio 8	81-120B	RS-8

TABLA XI DESIGNACION INTERNACIONAL E IDENTIFICACION TELEMETRICA DE LOS SATELITES RS.

## b) LANZAMIENTO :

Fecha : Diciembre 1981

Sitio : Pletsetsk; USSR

## c) PARAMETROS ORBITALES :

Designación general : altitud-baja

Inclinación :  $82,95^\circ \pm 0.05^\circ$  (casi polar)

Máxima distancia de acceso : 4.200 Km.

SATELITE	PERIODO (minutos)	ALTITUD DEL APOGEO (Km)	ALTITUD DEL PERIGEO (Km)	EXCENTRICIDAD
Radio 3	118.46	1688	1577	0,007
Radio 4	119.34	1692	1641	0,003
Radio 5	119.50	1690	1653	0,002
Radio 6	118.66	1691	1593	0,006
Radio 7	119.14	1689	1634	0,003
Radio 8	119.71	1693	1657	0,002
INCREMENTO ( $^\circ$ W/orbita)				
29,76				
29,98				
30,02				
29,81				
29,93				
30,07				

TABLA XII CARACTERISTICAS DE LOS SATELITES RS

## DESCRIPCION DEL SISTEMA :

## a) Descripción del sistema

GENERAL.- Cada satélite contiene dos radiofaros de propósitos generales más equipos adicionales.

RADIO 3 & RADIO 4: Estos satélites contienen un transpondador y un autotranspondador.

RADIO 6 & RADIO 8: Cada satélite contiene un transpondador. De éstos cada satélite no contiene autotranspondador.

## DESCRIPCION DE SUBSISTEMAS :

## a) RADIOFAROS

GENERAL.- Cada satélite contiene dos radiofaros. Usualmente, sólo uno está operando en cualquier momento, pero en Radio 5 y Radio 7, ambos pueden operar simultáneamente. Las frecuencias son las siguientes :

TABLA XIII FRECUENCIAS DE LOS RADIOFAROS DE LOS SATELITES RS

SATELITE	FRECUENCIA (MHz)	
	Radiofaro #1 (0.5-1.5V)	Radiofaro #2 (0.1-0.3V)
Radio 3	29.321	29.401
Radio 4	29.360	29.403
Radio 5	29.331	29.452
Radio 6	29.411	29.453
Radio 7	29.341	29.451
Radio 8	29.461	29.502

## NOTAS:

- 1) Cada radiofaro puede ser usado para el Código Morse de telemetría.
- 2) Cada radiofaro puede ser usado por un autotranspondador, si uno está contenido en el satélite.
- 3) Cuando un transpondador está activo, el radiofaro de más alta frecuencia está generalmente en operación. La presencia del radiofaro de más alta frecuencia no implica necesariamente que el transpondador esté encendido.

## TRANSPONDEDORES

Transpondedores de comunicación :

SATELITE	PASABANDA DEL ENLACE DE SUBIDA (MHz)	PASABANDA DEL ENLACE DE BAJADA (MHz)
Radio 5	145.910-145.950	29.410-29.450
Radio 6	145.910-145.950	29.410-29.450
Radio 7	145.960-146.000	29.460-29.500
Radio 8	145.960-146.000	29.460-29.500

TABLA XIV FRECUENCIAS DE LOS ENLACES DE SUBIDA Y BAJADA DE LOS TRANSPONDEDORES DE LOS SATELITES RS.

Tipo : Modo A (2m/10m), lineal, no invertido.

Ecuación de traslación : Frecuencia de enlace de bajada (MHz)

= Frecuencia de enlace de subida (MHz) - 116.495 + Doppler.



Potencia de salida : 1-2 vatios

Potencia de radiación isotópica de enlace de subida: 20 vatios sugeridos (no exceder 80 vatios).

Ancho de banda : 40 KHz; máximo Doppler: 3.6 KHz

#### AUTOTRANSPONEDORES :

Los autotranspondedores (también llamados Robots) a bordo del Radio 5 y Radio 7 son dispositivos los cuales permiten a usted contactar al satélite.

Si se llama al satélite usando el protocolo correcto, la computadora a bordo permitirá :

- 1) Reconocer el llamado
- 2) Asignar a usted un número de contacto serial, y
- 3) Guardar sus letras de llamado y números de contacto para después transmitirlos cuando sea requerido por una estación de comando.

#### FRECUENCIAS DE ENLACE :

SATELITES	ENLACE DE SUBIDA (MHz) + DOPPLER	ENLACE DE BAJADA PRIMARIO (MHz)	ENLACE DE BAJADA SECUNDARIO (MHz)
Radio 5	145.826	29.331	29.452
Radio 7	145.835	29.341	29.501

TABLA XV FRECUENCIAS DE LOS ENLACES DE SUBIDA Y BAJADA DE LOS AUTOTRANSPONEDORES DE LOS RS5 Y RS7.

## APENDICE D

### OTROS SISTEMAS SATELITALES

NOMBRE DEL SATELITE : UoSAT-OSCAR 9

#### DATOS GENERALES :

##### a) IDENTIFICACION

Designación internacional : 81-100B

Designación pre-lanzamiento : Uo-SAT

##### b) LANZAMIENTO

Fecha : 6 de octubre de 1981

Vehículo: Delta 2310

Agencia : NASA

Sitio : Base de las Fuerzas Aéreas de Vanderberg (California).

##### c) PARAMETROS ORBITALES

Designación General : baja-altitud, sincrónica con el sol

Período: 95.3 minutos

Altitud del apogeo : 544 Km.

Altitud del perigeo: 536 Km.

Excentricidad: 0.0006 (nominalmente circular)

Inclinación: 97.5° (casi polar)

Incremento: 23.8°W/orbita

Máxima distancia de acceso : 2545 Km.

Tiempo esperado de vida en órbita : 3 a 5 años.

## DESCRIPCION DE SUBSISTEMAS

### a) RADIOFAROS

FRECUENCIAS	POLARIZACION DE LAS ANTENAS
7 MHz	Lineal
14 MHz	Lineal
21 MHz	Lineal
28 MHz	Lineal
145 MHz	Circular de mano izquierda
435 MHz	Circular de mano izquierda
2.4 GHz	Circular de mano izquierda
10.47 GHz	Circular de mano izquierda

NOMBRE DEL SATELITE : AMSAT-OSCAR 10

### DATOS GENERALES :

#### a) IDENTIFICACION

Designación internacional : 1983 058 B

Designación Pre-lanzamiento : AMSAT Fase IIIB, φ3B

#### b) LANZAMIENTO

Fecha : 16 de junio de 1983

Vehículo : Ariane

Agencia : Agencia Espacial Europea (ESA)

Sitio : Kourou, Guyana Francesa

### c) PARAMETROS ORBITALES

Designaciones generales: Alta-altitud, elíptica, Fase III

Período : 699.4 minutos

Altitud del apogeo : 35,500 Km.

Altitud del perigeo : 3955 Km.

Excentricidad : 0.6043

Inclinación : 26°

Incremento : 175°W/órbita

Máxima distancia de acceso : 9034 Km.

### DESCRIPCION DEL SUBSISTEMA

#### a) RADIOFAROS

RADIOFAROS	FRECUENCIAS	POTENCIA DE SALIDA	MAX. DOPPLER (en el perigeo)
Modo B (General)	145.810 MHz	≈ 2 W	3.9 KHz
Modo B (Ingeniería)	145.987 MHz	≈ 4 W	3.9 KHz
Modo L (General)	436.04 MHz	≈ 2 W	11.6 KHz
Modo L (Ingeniería)	436.02 MHz	≈ 2 W	11.6 KHz

TABLA XVI CARACTERISTICAS DE LOS RADIOFAROS DEL SATELITE UoSAT-OSCAR 9

NOTA: Las potencias especificadas para los radiofaros modo B son con los transpondadores encendidos. La

potencia se incrementa en un 200-250% cuando los transpondedores están apagados.

b) TRANSPONDEDORES :

TRANSPONDEDOR	MODO	FRECUENCIA DE SUBIDA	FRECUENCIA DE BAJADA	TIPO DE ANTENAS	POLARIZACION DE LAS ANTENAS
I	B	435 MHz	146 MHz	De ganancia	RHCP
				Omnidireccional	Líneal
II	L	1.26 GHz	435 MHz	De ganancia	RHCP
				Omnidireccional	Líneal

TABLA XVII CARACTERISTICAS DE LOS TRANSPONDEDORES DEL SATELITE UOSAT-OSCAR 9

## BIBLIOGRAFIA

1. ARRL, The ARRL Antenna Book (14a. edición; The American Radio Relay League, Inc., 1983), pp. 3-19/3-23, 11-23/11-24, 12-1/12-3, 12-7/12-12.
2. Head Quarters Staff of the American Radio Relay League, The Radio Amateur's handbook (48ava. edición; The American Radio Relay League, Inc. 1971), pp. 484-485.
3. Radio Society of Great Britain, Radio Communications Handbook (5a. edición; The Radio Society of Great Britain, 1982), pp. 20.1-20.12.
4. G. R. Jessop, GGJP, VHF-UHF Manual (4a. edición; The Radio Society of Great Britain, 1983), pp. 8.1-8.25.
5. The American Radio Relay League, "Circular Polarization and Oscar Communications", Revista QST, Vol. 64, No. 5 (Mayo 1980), pp. 11-15.
6. The American Radio Relay League, "Easy 50 $\Omega$  feed for a Helix", Revista QST, Vol. 65, No. 6 (Junio 1981), pp. 28-29.