



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**AUTOMATIZACIÓN DE ANTENA
PARABÓLICA EN UNA ESTACIÓN TERRENA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
ÁREA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA**

P R E S E N T A:

JOSÉ HUGO CARREÓN CASTRO



**DIRECTOR DE TESIS:
ING. DANIEL MARTÍNEZ GUTIÉRREZ**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO D.F.

2015

AGRADECIMIENTOS

AGRADEZCO DE TODO CORAZÓN A MIS PADRES FRANCISCA Y JOSÉ POR TODO LO QUE ME HAN DADO PORQUE SIN ELLOS NO HUBIERA LOGRADO ESTO.

A JULIA POR TODO EL APOYO QUE SIEMPRE ME HA BRINDADO Y POR ESTAR A MI LADO.

A TODOS LOS QUE DE ALGUNA U OTRA FORMA ME HAN BRINDADO SU CONFIANZA Y RESPALDO DESINTERESADAMENTE COMO MIS HERMANOS, AMIGOS Y DEMÁS FAMILIA COMO MIS CUÑADOS EN ESPECIAL A ROSARIO Y ROLANDO.

GRACIAS A LA FACULTAD DE INGENIERIA, A LA UNAM Y TODOS LOS PROFESORES QUE TAMBIEN ME HAN APOYADO.

ÍNDICE

• Introducción	4
• Capítulo 1: Satélites y Órbitas	
1.1 Características de un Satélite.....	5
1.1.1 Partes de un Satélite.....	6
1.2 Órbita Geoestacionaria e Inclínada.....	9
• Capítulo 2: Elementos de una Estación Terrena	
2.1 Estación Terrena.....	14
2.2 Características y Orientación de una Antena.....	15
2.2.1 Orientación en Elevación y Azimut.....	17
2.3 Rastreo de un Satélite.....	19
• Capítulo 3: Control Automático de Antena	
3.1 Elementos del Sistema.....	21
3.2 Elementos para automatizar a la antena.....	25
• Capítulo 4: Implementación del Sistema	
4.1 Configuración e Instalación.....	31
4.2 Conexiones para la Unidad de Interfaz de la Antena AIU.....	35
4.3 Conexión de la Interface AGC.....	38
4.4 Ajuste de Sensores, Ángulos y Movimientos en Azimut/Elevación....	39
4.5 Ajuste y Configuración del AGC.....	42
4.6 Programación en Órbita Inclínada.....	44
• Resultados	50
• Conclusiones	55
• Anexos	56
• Referencias	62
• Bibliografía	64

INTRODUCCIÓN

Se tiene una antena parabólica en una Estación Terrena en el Telepuerto Iztapalapa en la Cd. de México que transmite y recibe servicios de voz y datos hacia un satélite de comunicaciones que se encuentra en órbita geoestacionaria inclinada, pero no se cuenta con el equipo necesario para que realice la función de darle seguimiento al satélite.

El tipo de antena instalada cuenta con motores para orientarse hacia cualquier satélite realizando movimientos en Azimut y Elevación. Estos motores se pueden activar de manera manual mediante un control llamado Unidad de Interface de la Antena (AIU), ubicado al pie de la misma. El propósito de ésta tesis es el de automatizar ésta antena instalando, entre otros, sensores limitadores y resolvers para que respondan a señales enviadas por la Unidad de Control Automático (ACU), activado por un receptor de radiofaro que detecta la intensidad de una señal de telemetría ("Beacon") enviada por el satélite. Este mecanismo permite mover a la antena para que no se pierdan la transmisión de datos.

Al instalar algunos de los elementos que conforman al sistema como son los sensores limitadores y resolvers en la antena, que se activan de acuerdo a como lo mande el ACU, se tienen que realizar ajustes en la configuración del mismo (entre otros), para obtener la respuesta deseada. Un ajuste se hará en el resolver que corresponde al movimiento en Azimut y otro ajuste en el resolver que corresponde al movimiento en Elevación, cuidando que al moverse la antena, ésta no cruce por los cambios de giro de cada resolver (0° a 360° y -100° a 260° respectivamente). También, se hará otro ajuste relacionado con los anteriores para que los sensores limitadores funcionen dentro del rango de movimiento de la antena. Otro ajuste se realizará en el llamado "offset" o compensación del movimiento de la antena, el cual nos indicará el movimiento real en Azimut y Elevación. Esto es, la suma o resta del valor que nos da el resolver y el "offset" que se tiene al apuntar la antena hacia algún satélite conocido en su posición orbital, esto con el fin de ingresarlo en la programación del ACU y así observar que el movimiento sea el esperado. Se realiza otro ajuste en el control automático de ganancia (AGC) con ayuda del receptor de radiofaro, para fijar un umbral mínimo y máximo de recepción satelital.

Estas son algunas de las soluciones no sin antes de realizarse las conexiones necesarias entre la AIU y el ACU, así como el equipo necesario. Estas conexiones, son indispensables entre los elementos del sistema para que se realicen los movimientos en Azimut y Elevación necesarios para no perder la comunicación entre la antena de la Estación Terrena y el satélite en órbita inclinada.

CAPÍTULO 1: SATÉLITES Y ÓRBITAS

1.1 CARÁCTERÍSTICAS DE UN SATÉLITE

En 1945, el físico y escritor de ciencia ficción Arthur C. Clarke sugirió la posibilidad de colocar satélites artificiales en una órbita tal que al observarlos desde un punto sobre la superficie de la Tierra pareciera que no se movieran, como si estuvieran fijos en el cielo.

El primer satélite artificial que fue lanzado desde la Tierra fue el "Sputnik" en el año de 1957 de origen ruso. Varias pruebas después (con otros satélites) en 1964, se colocó en órbita el primer satélite geoestacionario del mundo llamado "Syncom-3". Para el año de 1963, 23 años después de que Clarke publicará sus ideas, había un satélite sobre cada uno de los océanos: Atlántico, Índico y Pacífico.

Los satélites de comunicación pueden recibir y enviar ondas de radio-frecuencia en cualquier dirección para el que se haya diseñado, normalmente desde y hacia áreas específicas de la Tierra, pudiendo ser superficies geográficas continentales o regionales.

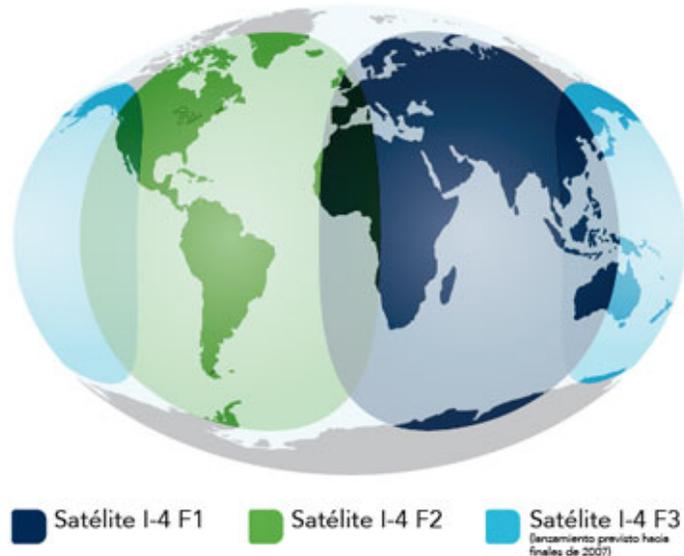


Fig. 1-1 Cobertura global de la Tierra por medio de tres satélites

Con un solo satélite se cubriría alrededor de un tercio de la superficie de la Tierra (fig. 1-1) o la superficie de un país (fig. 1-2) y además, contar con la emisión de haces que cubran con mayor intensidad una porción menor del mismo llamados haces puntuales (fig. 1-3).

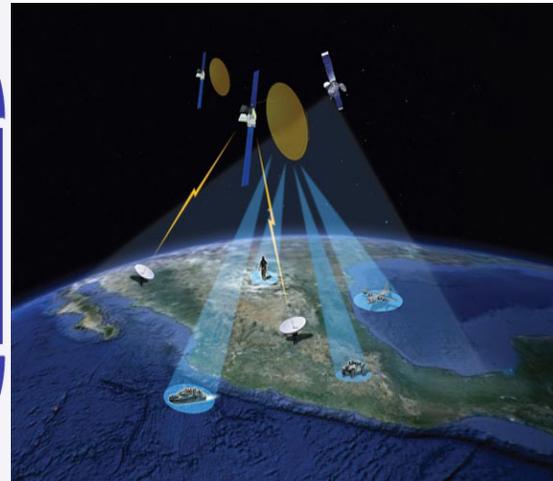
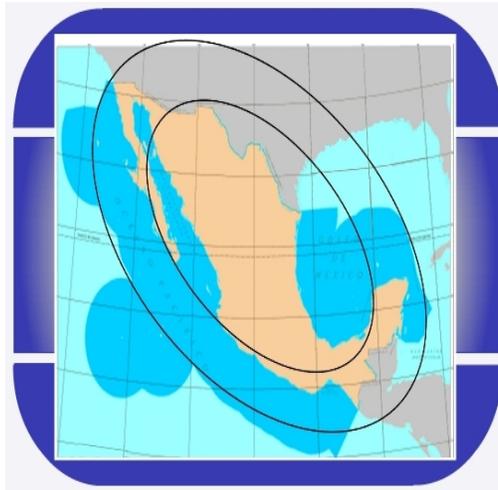


Fig. 1-2 Cobertura para un país Fig. 1-3 Cobertura de haz puntual

1.1.1 PARTES DE UN SATÉLITE

Un satélite puede dividirse en dos partes fundamentales: carga de comunicaciones (o carga útil) y plataforma (o chasis). En la figura 1-4 se aprecian todos los elementos que lo componen.

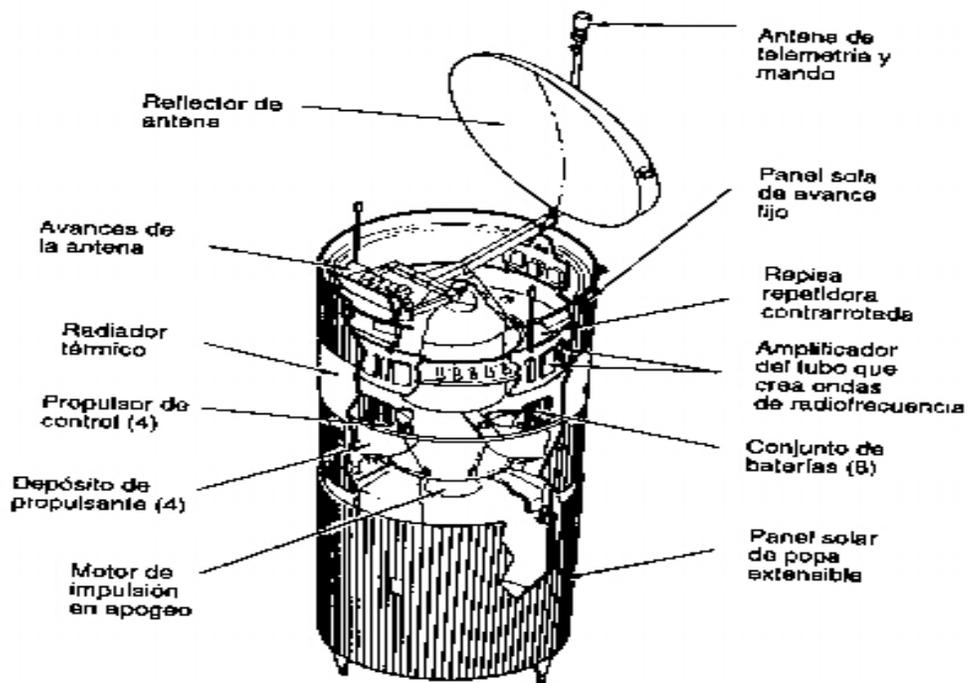


Fig. 1-4 Subsistemas Principales de un Satélite

El conjunto de carga de comunicaciones se divide en 2 subsistemas:

- **ANTENAS:** reciben y transmiten señales de radiofrecuencia desde o hacia las direcciones y zona de cobertura deseadas.
- **COMUNICACIONES:** Amplifica las señales recibidas, cambia su frecuencia y las entrega a las antenas para ser transmitidas a Tierra con posibilidad de conmutación y procesamiento (fig. 1-5).

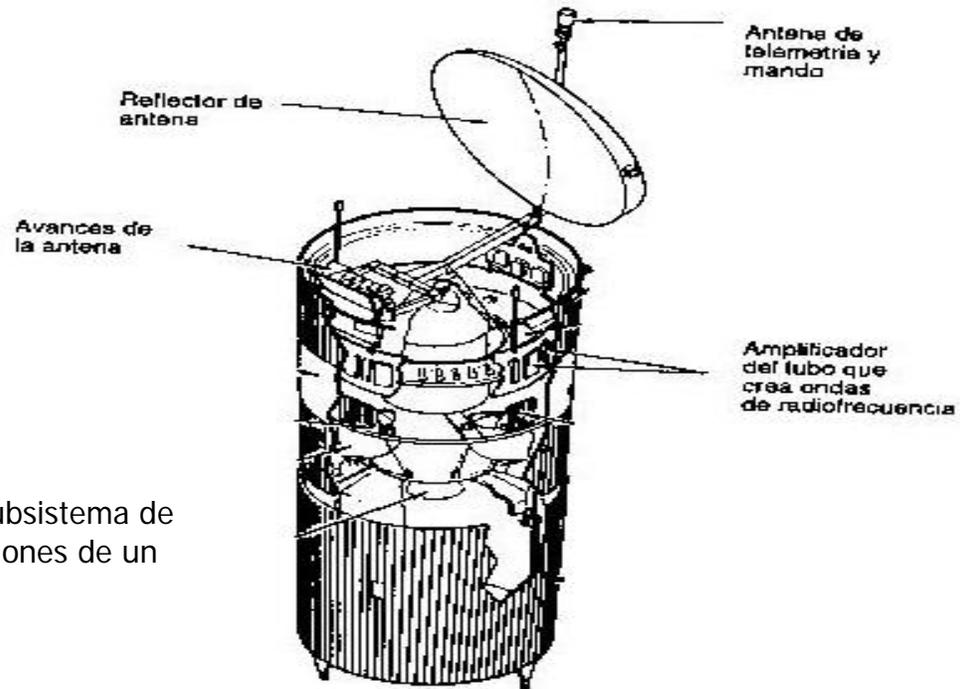


Fig. 1-5 Subsistema de Comunicaciones de un Satélite

La plataforma puede dividirse en varios subsistemas como pueden ser:

- **ENERGÍA:** suministra electricidad a todos los equipos con niveles adecuados de voltaje y corriente en condiciones normales y en casos de eclipses.
- **CONTROL TÉRMICO:** regula la temperatura durante el día y la noche.
- **POSICIÓN Y ORIENTACIÓN:** determina y mantiene la posición y orientación del satélite, estabilización y orientación de las antenas y paneles de células solares.
- **PROPULSIÓN:** proporciona incrementos de velocidad y pares para corregir las desviaciones de posición y orientación. Proporciona propulsión para la última etapa empleada para la colocación del satélite en la órbita geoestacionaria al inicio de su vida útil.

- RASTREO, TELEMETRÍA Y COMANDO: intercambia información con el centro de control en Tierra para conservar el funcionamiento del satélite.
- ESTRUCTURA: aloja a todos los equipos y da rigidez al conjunto teniendo suficiente resistencia para soportar fuerzas y vibraciones del lanzamiento con un peso mínimo (fig. 1-6).

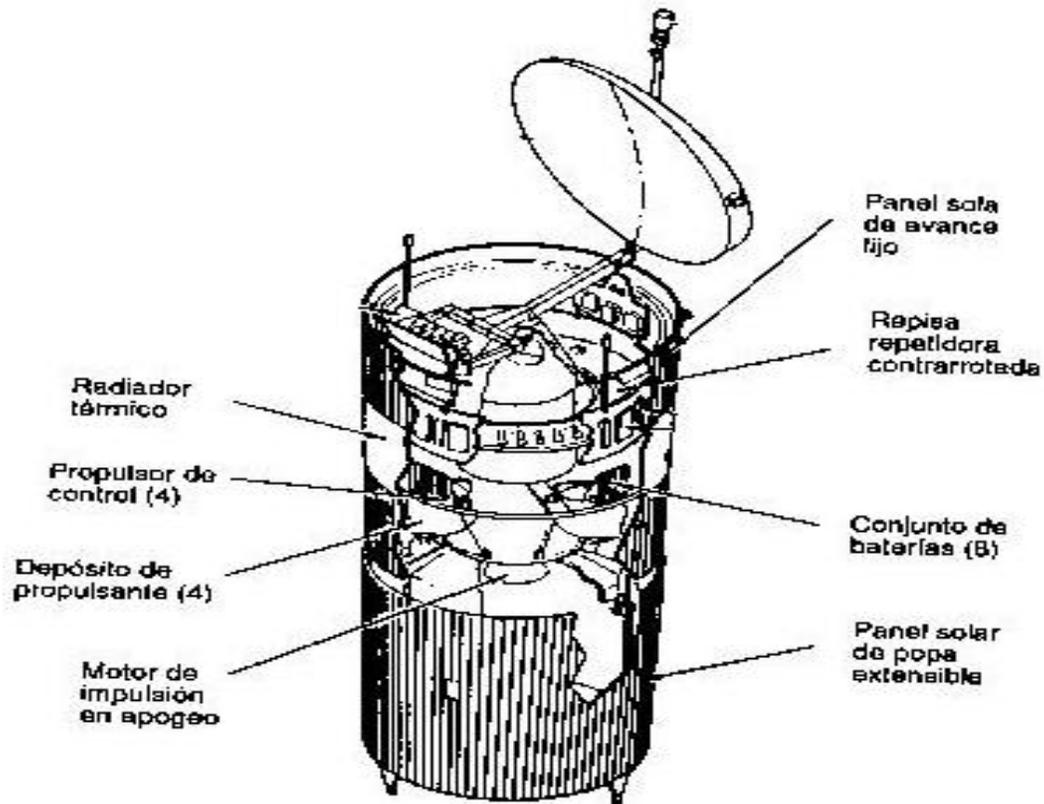


Fig. 1-6 Subsistema del Chasis de un Satélite

1.2 ÓRBITA GEOESTACIONARIA E INCLINADA

Para cumplir la idea que postuló Clarke, que al existir una órbita geoestacionaria y que un satélite pareciera estar fijo con respecto a la Tierra, primero, el satélite debe desplazarse en el mismo sentido de rotación de la Tierra para evitar perder altura, y segundo, completar una vuelta cada 24 horas. Esto se logra con el satélite colocado a una altura de 36,000 kms sobre el nivel del mar y mantiene una velocidad constante de 3,705 m/s, en una órbita circular alrededor del planeta (fig. 1-7).

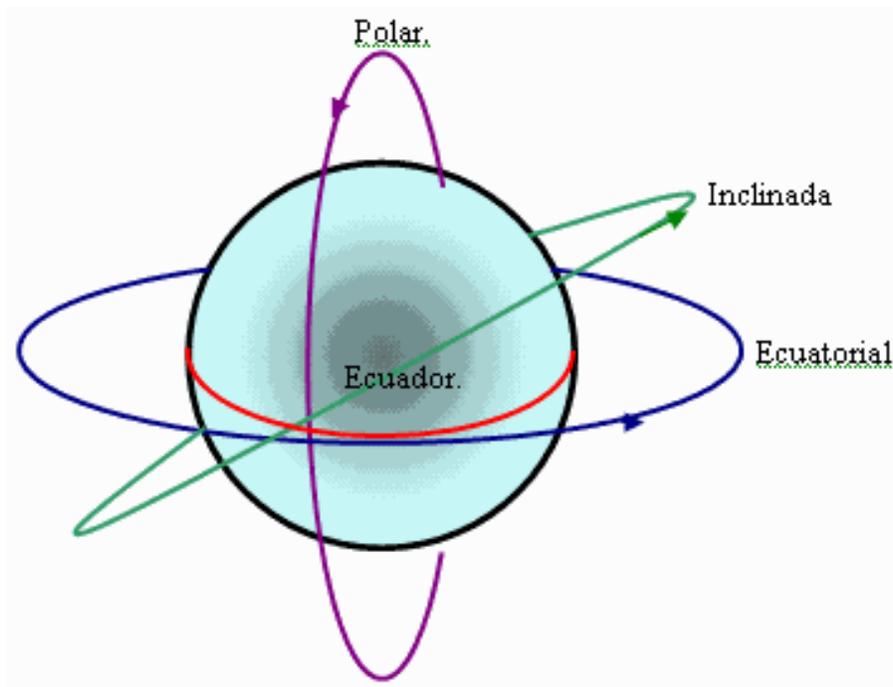


Fig. 1-7 Órbita Geoestacionaria y Órbita Inclinada

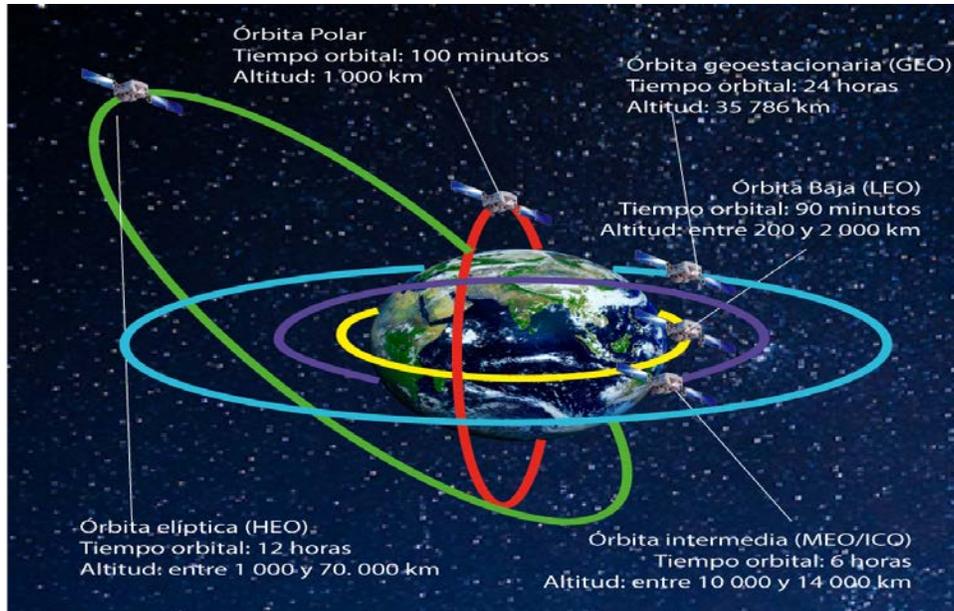


Fig. 1-8 Diferentes tipos de Órbitas

Cabe mencionar que existen diferentes tipos de órbitas que tienen diversas aplicaciones en la actualidad (fig. 1-8). En lo que respecta a la órbita de nuestro interés, se le conoce como Órbita Geoestacionaria y es una órbita Geosíncrona en el plano ecuatorial terrestre. Su período orbital es igual al período de rotación sidérea de la Tierra (23 horas, 56 minutos y 4.09 segundos) y dado que su latitud es igual a 0° , la localización de un satélite solo varía con su longitud. En esta órbita se encuentran satélites con aplicaciones muy diversas como pueden ser meteorológicos, militares, experimentales y de comunicaciones (fig. 1-9).



Fig. 1-9 Satélites para varias aplicaciones

En relación a las órbitas geosíncronas, un satélite es geosíncrono cuando su órbita es circular, tiene un período orbital igual a la duración de un día sideral y su plano puede estar inclinado con relación al plano ecuatorial. Para el caso en que los planos orbital y ecuatorial de un satélite coincidan y éste se mueva en la misma dirección de la rotación terrestre, entonces el satélite es geoestacionario y geosíncrono.

Varias fuerzas actúan sobre un satélite en órbita geoestacionaria que tienden a inclinar su plano orbital separándolo del plano ecuatorial de la Tierra y jalándolo de su posición asignada en longitud. Entre esas fuerzas se encuentran, la atracción gravitacional de la Luna y el hecho de que la Tierra no es esférica y su centro de gravedad no corresponde al centro geométrico (fig. 1-10).

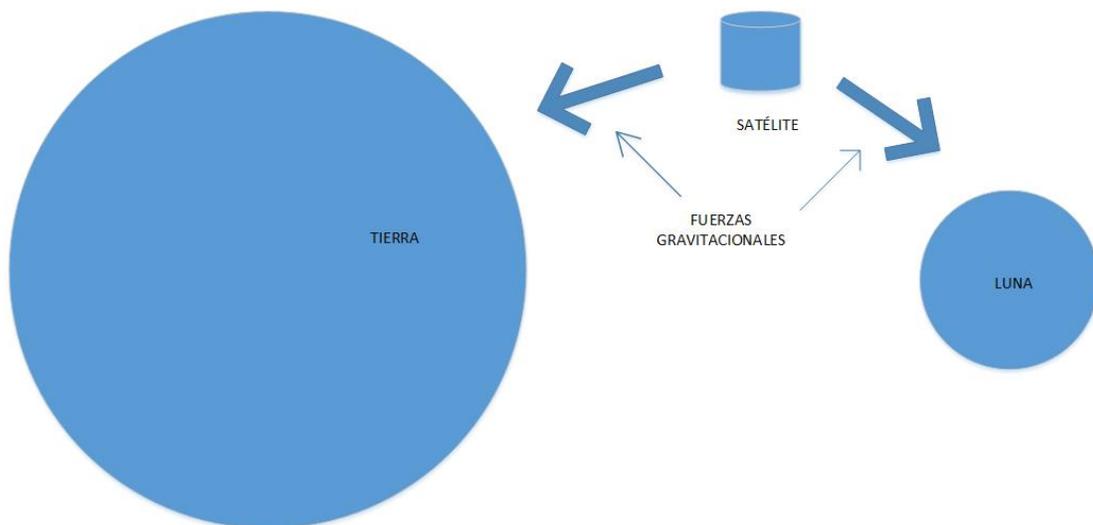


Fig. 1-10 Atracción gravitacional de la Tierra y de la Luna

Un satélite consume combustible a bordo para realizar maniobras que mantienen su posición en longitud del plano ecuatorial así como en la dirección Norte-Sur y las maniobras Este-Oeste se realizan para mantenerlo en su posición longitudinal. La vida de un satélite la determina la cantidad de combustible para mantenerlo en órbita y en ocasiones, se le permite pasar a órbita inclinada para extender su vida útil. Un satélite agota aproximadamente el 90% de su combustible para realizar maniobras en la dirección Norte-Sur. Si se suspenden estas maniobras en el satélite, pasaría a operar en órbita inclinada y en consecuencia, ya no sería geoestacionario.

El plano orbital de un satélite en órbita inclinada está inclinado con respecto al plano ecuatorial de la Tierra, siendo los ángulos típicos menores a 10° . Si las

actividades de las maniobras de mantenimiento se suspenden, la inclinación del plano de la órbita del satélite aumenta aproximadamente en 0.9° por año. Mientras un satélite geoestacionario parece fijo en el cielo, la posición de uno en órbita inclinada varía con el tiempo. El movimiento sería de una figura de "8" centrado en el plano ecuatorial. El movimiento es periódico, se repite y es igual a un día sideral (fig. 1-11).

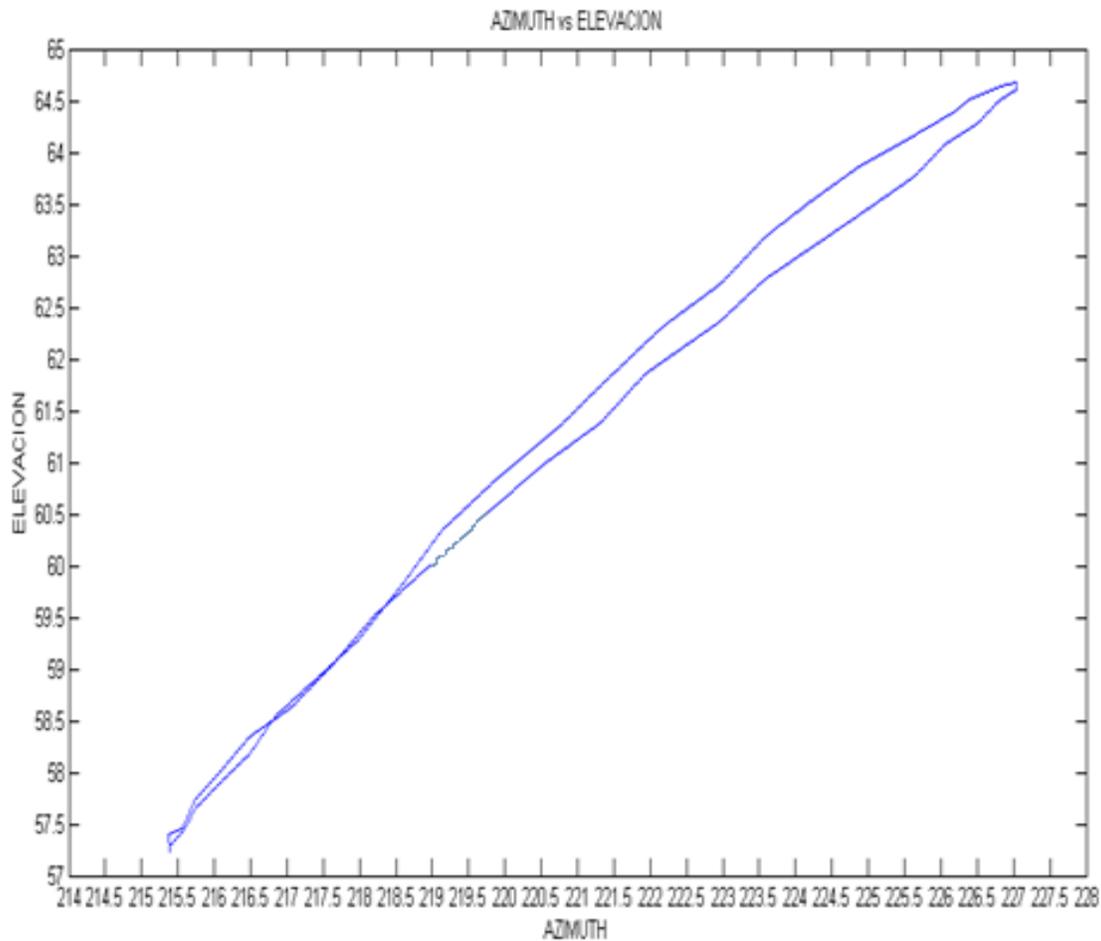


Fig. 1-11 Movimiento en órbita inclinada, Azimut vs Elevación en grados

El movimiento (o velocidad) aparente del satélite visto desde la antena es mayor cuando el satélite está cruzando el plano ecuatorial de la Tierra. El movimiento aparente del satélite es cero en los extremos del patrón de figura de "8", cuando el satélite invierte la dirección de su movimiento.

DIA SIDERAL

El periodo de movimiento del satélite es de 23 horas, 56 minutos y 4 segundos, que se le conoce como día sideral. El día solar es de 24 horas, que es el tiempo que toma a la Tierra ver al Sol en la misma posición en el cielo. El día solar es mayor que el día sideral debido a que la Tierra orbita alrededor del Sol y debe girar más de 360° para ver el Sol en la misma posición en el cielo.

El tiempo sideral, se refiere al tiempo utilizado para grabar el tiempo en un día sideral. Un reloj de tiempo sideral avanzará hasta 23 horas, 56 minutos y 4 segundos y, entonces se reiniciará en 0 horas, 0 minutos y 0 segundos. Todo el tiempo sideral usado por el controlador ACU, se encuentra medido en segundos.

CAPÍTULO 2: ELEMENTOS DE UNA ESTACIÓN TERRENA

2.1 ESTACIÓN TERRENA

Una Estación Terrena consiste en una serie de equipos interconectados entre sí, siendo el más representativo la antena o reflector parabólico (fig. 2-1). Generalmente, la antena es usada para transmitir y recibir información ya sea voz y/o datos. Para esto se interconectan los bloques de transmisión y recepción por medio de un multiplexor.

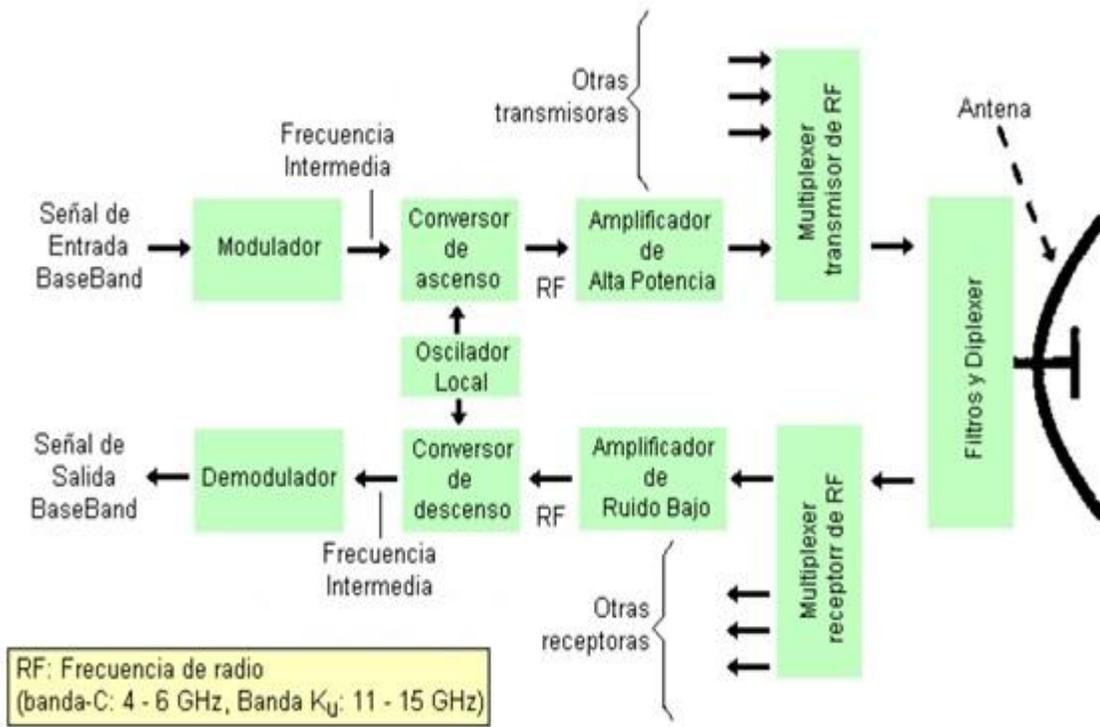


Fig. 2-1 Elementos de una Estación Terrena

2.2 CARACTERÍSTICAS Y ORIENTACIÓN DE UNA ANTENA

Las características más importantes de una antena son su ganancia y su patrón de radiación. La ganancia es la capacidad de la antena para amplificar las señales que transmite o recibe en cierta dirección, y se mide en decibeles en relación con la potencia radiada o recibida por una antena isotrópica (dBi).

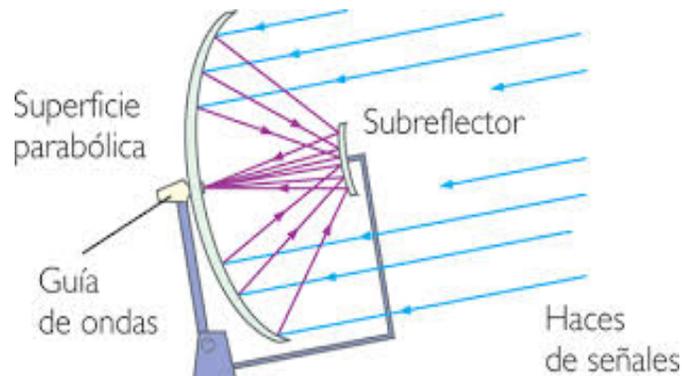


Fig. 2-2 Antena Parabólica

Una antena parabólica tiene la propiedad de reflejar las señales que llegan a ella y concentrarlas (fig. 2-2) – como si fuera una lente – en un punto común llamado foco: modo de recepción; asimismo, si las señales provienen del foco, las refleja y las concentra en un haz muy angosto de radiación: modo de transmisión. Este foco coincide con el foco geométrico del paraboloide de revolución que representa matemáticamente a la antena y en él se coloca el alimentador, que por lo general es una antena de corneta o bocina; el tipo de alimentador define la ganancia final de la antena y las características de sus lóbulos. Hay varios tipos de alimentación, pero los tres más utilizados originan las antenas llamadas de alimentación frontal, la descentrada y la Cassegrain (fig. 2-3); la primera y la última son del tipo axi-simétrico.



Fig. 2-3 Antena Cassegrain

La antena Cassegrain es más eficiente que cualquiera de las otras dos y su ganancia es mayor, pero su precio también es más alto. Se utiliza en la mayor parte de las estaciones terrenas transmisoras y receptoras de televisión, así como en todas las que transmiten y reciben cantidades muy grandes de telefonía y datos, incluyéndose desde antenas maestras de empresas que tienen redes VSAT (fig. 2-4), hasta las más grandes usadas en el servicio público nacional e internacional (estándares de INTELSAT), así como en todo tipo de Telepuertos y centros de control de satélites. Su configuración geométrica contiene un segundo reflector con superficie hiperbólica, llamado "sub-reflector", y el alimentador o bocina ya no tiene su apertura orientada hacia el piso, sino hacia arriba, por lo que el ruido que se introduce en las señales ya no es generado por reflexiones en la Tierra sino principalmente por emisiones de la atmósfera.

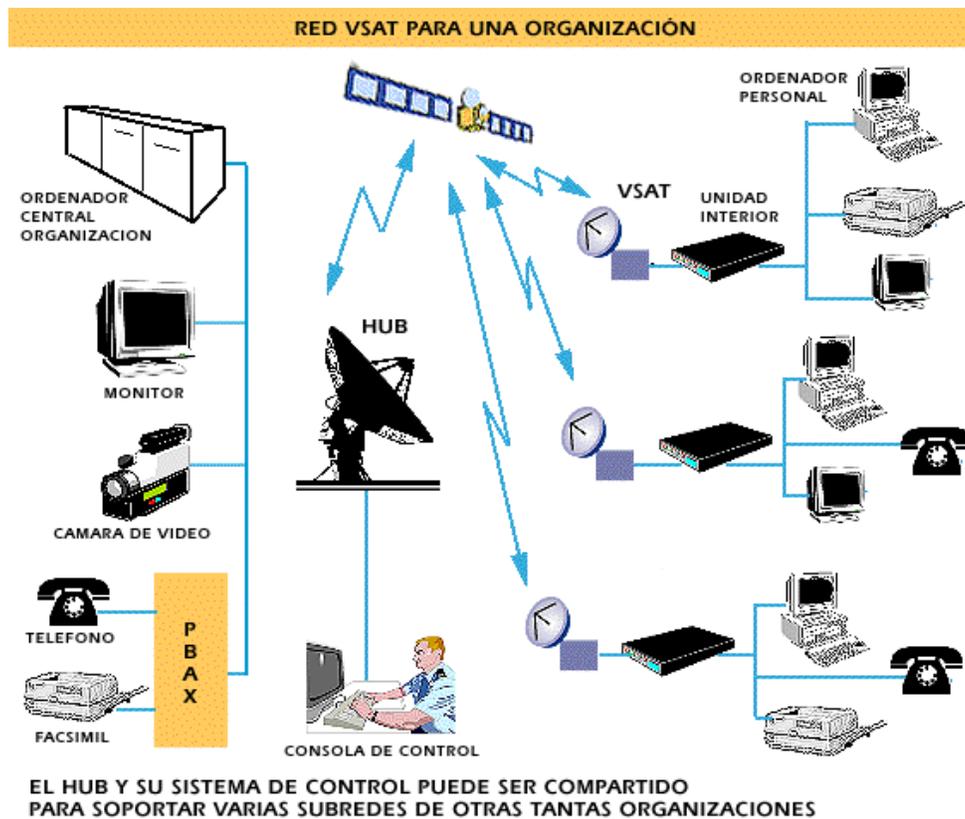


Fig. 2-4 Red VSAT empresarial

Existen otro tipo de antenas empleadas como la Toroidal, que es un reflector que en su plano vertical tiene una curvatura parabólica y en el plano horizontal es circular. Tiene la ventaja de que con varios alimentadores puede recibir múltiples señales de varios satélites situados en una sección del arco geoestacionario sin necesidad de moverla con dimensiones relativamente pequeñas del orden de 10

metros (fig. 2-5). Y la antena Gregoriana, parecida a la Cassegrain pero con sub-reflector elíptico y alimentación descentrada (fig. 2-6).



Fig. 2-5 Antena Toroidal



Fig. 2-6 Antena Gregoriana

2.2.1 ORIENTACIÓN EN ELEVACIÓN Y AZIMUT

La orientación de la antena de una Estación Terrena hacia un satélite geoestacionario es realizada ajustando dos ángulos, en Elevación y Azimut; los valores de estos ángulos dependen de la posición geográfica de la estación – en latitud y longitud – y de la ubicación en longitud del satélite. Tomando como referencia al eje de simetría del plato parabólico, que coincide con su eje de máxima radiación, el ángulo de Elevación es aquél formado entre el suelo y dicho eje de simetría dirigido hacia el satélite (fig. 2-7). El ángulo de Azimut es la cantidad en grados que hay que girar la antena en el sentido de las manecillas del reloj – con relación al norte geográfico de la Tierra – para que ese mismo eje de simetría – prolongado imaginariamente – pase por la posición en longitud del satélite. Cuando se requiere cambiar la orientación de la antena de un satélite a otro es necesario variar sus ángulos de Elevación y Azimut.

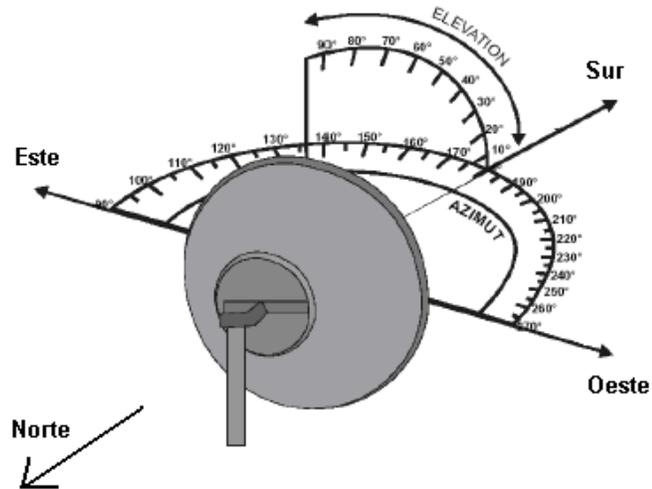


Fig. 2-7 Orientación de una Antena Parabólica

Para conocer estos ángulos (Elevación y Azimut) se necesario conocer la posición geográfica de la antena en latitud y longitud, así como la posición orbital del satélite al cual se requiere orientar dicha antena. Mediante un cálculo matemático se conocen los ángulos en cuestión. En la actualidad, existen varios programas en Internet que realizan este cálculo rápidamente.

2.3 RASTREO DE UN SATÉLITE

Existen fundamentalmente dos tipos de sistemas de rastreo, el pre-programado y el automático en el cual, el seguimiento del satélite se puede hacer por pasos ('Step Track') o en forma continua (con Monoimpulso o 'Monopulse').

El rastreo pre-programado consiste en determinar con anticipación los movimientos del satélite y programar el mecanismo de orientación de la antena de la Estación Terrena para que lo siga. Es importante mencionar que el satélite no se mueve arbitrariamente: a) debido a fuerzas perturbadoras como la atracción gravitacional de la Luna, b) el hecho de que la Tierra no es esférica y su centro de gravedad no corresponde al centro geométrico, c) la fuerza gravitatoria del Sol aunque sea mínima, d) la presión de la radiación solar sobre la estructura del satélite, e) el movimiento de sus antenas y paneles solares, f) el desgaste de combustible varía el centro de masas del satélite, g) la radiación radioeléctrica de las antenas produce presión cuando la potencia de transmisión del satélite es alta y se concentra en un haz de iluminación muy angosto. Con programas de computadora y las efemérides de su órbita, los movimientos pueden ser predichos. Las instrucciones son almacenadas y se le van proporcionando al mecanismo de seguimiento para que realice los ajustes de orientación. Se emplea en estaciones de tamaño medio.

El método de rastreo por pasos se emplea en la mayoría de las estaciones terrenas y barcos. A intervalos regulares la antena detecta la intensidad de una señal guía o radiofaro emitido por el satélite. A continuación da un paso o gira alrededor de sus ejes de montaje y compara la intensidad de la señal recibida con la anterior; si el nivel de la señal baja, entonces se mueve ahora en la dirección opuesta, y si aumenta en ese sentido, continúa dando pasos hasta detectar el nivel máximo. Todos los movimientos en elevación y azimut son controlados por un microprocesador.

El sistema de rastreo Monoimpulso es el más preciso y fiable para antenas grandes. Su forma de operación proviene de la tecnología del radar, pues la búsqueda es por un nivel mínimo de la recepción de la señal guía y se necesita un alimentador especial compuesto de cuatro antenas de bocinas lo cual lo hace aparatoso y complicado. Los sistemas más modernos ("Monoimpulso Multimodo") solamente utilizan un acoplador especial de microondas insertado en el mismo alimentador primario o corneta de la antena parabólica el cual, cuando existe una desviación en la orientación de la antena en relación con la señal guía del satélite,

extrae las señales de propagación de "modo superior" para determinar el error y efectuar las correcciones necesarias (fig. 2-8).

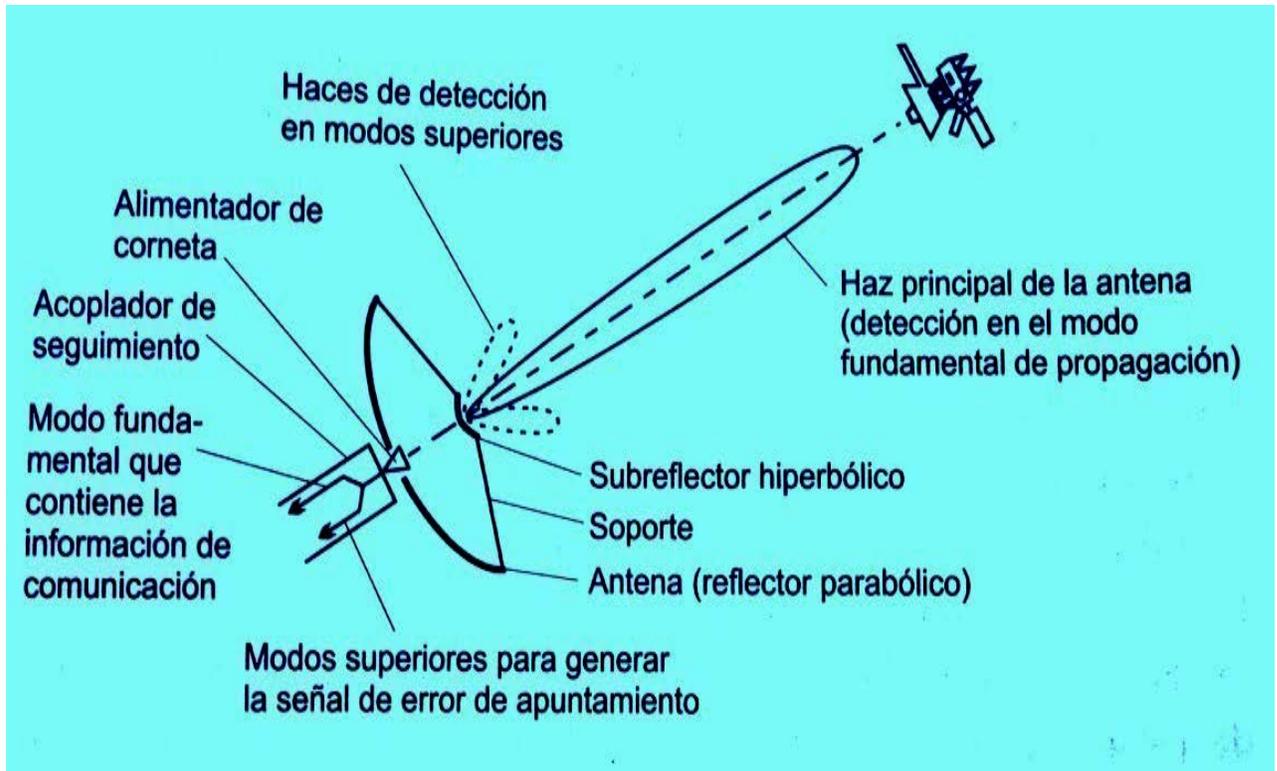


Fig. 2-8 Sistema de Rastreo "Monoimpulso Multimodo" en una Antena Cassegrain

CAPÍTULO 3: CONTROL AUTOMÁTICO DE ANTENA

3.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA

En nuestra Estación Terrena se cuenta con una antena parabólica del tipo Cassegrain para automatizarla con sus respectivos motores para Elevación y Azimut, los cuales se controlan a través de la Unidad de Interfaz de Antena AIU. También se tiene instalado un multiplexor en la antena al cual se le conectan las guías de onda y el amplificador de bajo ruido (LNA), que es el dispositivo que recibe las señales provenientes del satélite en banda "C". Se muestran los elementos anteriores en la figura 3-1.

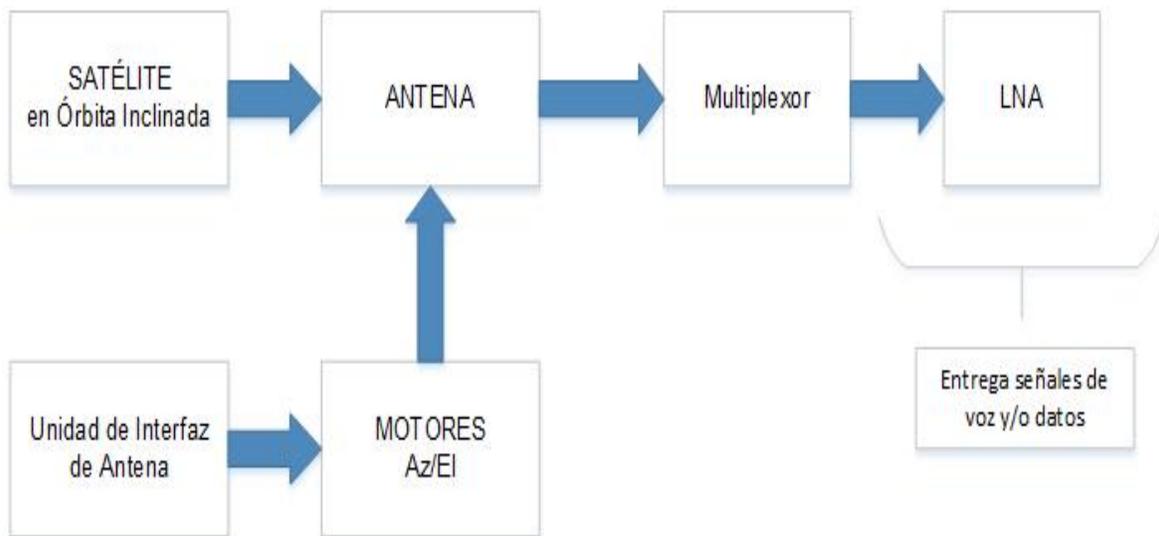


Fig. 3-1 Elementos con los que se cuentan en la Estación Terrena

Comencemos por la antena parabólica de 11 metros tipo Cassegrain marca NEC (fig. 3-2), que opera en el rango de frecuencias de 3400 a 4200 MHz a la recepción y de 5850 a 6650 MHz a la transmisión. Cuenta de un alimentador con multiplexor de 4 puertos (2 de recepción y 2 de transmisión). Tiene un movimiento de 180° en Azimut y de 0° a 90° en Elevación. Esta antena está motorizada en Azimut y Elevación con motores trifásicos con capacidad de 0.75 KW (1 HP), 1740 rpm, 4 polos y alimentación de energía de 220 VAC, 60 Hz (fig. 3-3).



Fig. 3-2 Antena Parabólica tipo Cassegrain



Fig. 3-3 Motores para movimiento de la antena y placa de datos del motor

El encargado de energizar los motores de Azimut y Elevación y de dar el giro correspondiente es la AIU o Unidad de Interfaz de la Antena 83MC-4 de Electospace (fig. 3-4), la cual suministra información al ACU a través de retornos de voltaje (24VDC) y activa relevadores mecánicos.

Otro elemento de nuestro sistema es el LNA o Amplificador de Bajo Ruido FTA-35 LNR y otro del tipo CLNA5060 MSE (fig. 3-5).

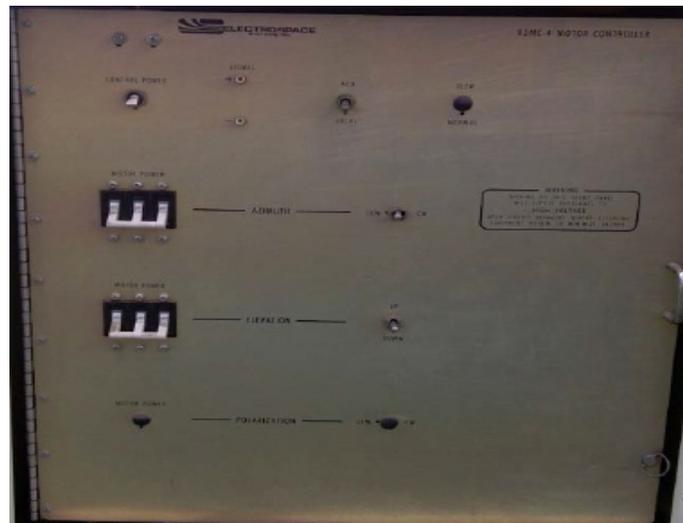


Fig. 3-4 Unidad de Interfaz de la Antena o AIU

El LNA, amplifica las señales provenientes del satélite en Banda C de frecuencias desde 3625 hasta 4200 MHz y normalmente se instalan uno en cada puerto de recepción. Entre sus características sobresale su alimentación de energía desde +12 hasta +24 VDC, con brida ('flange') WR137 para guía de onda a la entrada de radiofrecuencia RF. Conector tipo 'N' para salida de RF y da una ganancia de 60 dB.



Fig. 3-5 Amplificadores de bajo ruido LNA's

Por último, tenemos el satélite de comunicaciones en órbita inclinada Solidaridad II, al cual se le realizará el seguimiento por medio de la antena (fig. 3-6).



Fig. 3-6 Satélite Solidaridad II

3.2 ELEMENTOS PARA AUTOMATIZAR A LA ANTENA

Ahora se agregarán los elementos necesarios para poder automatizar a la antena y así poder darle seguimiento al satélite en órbita inclinada como se muestra en la figura 3-7.

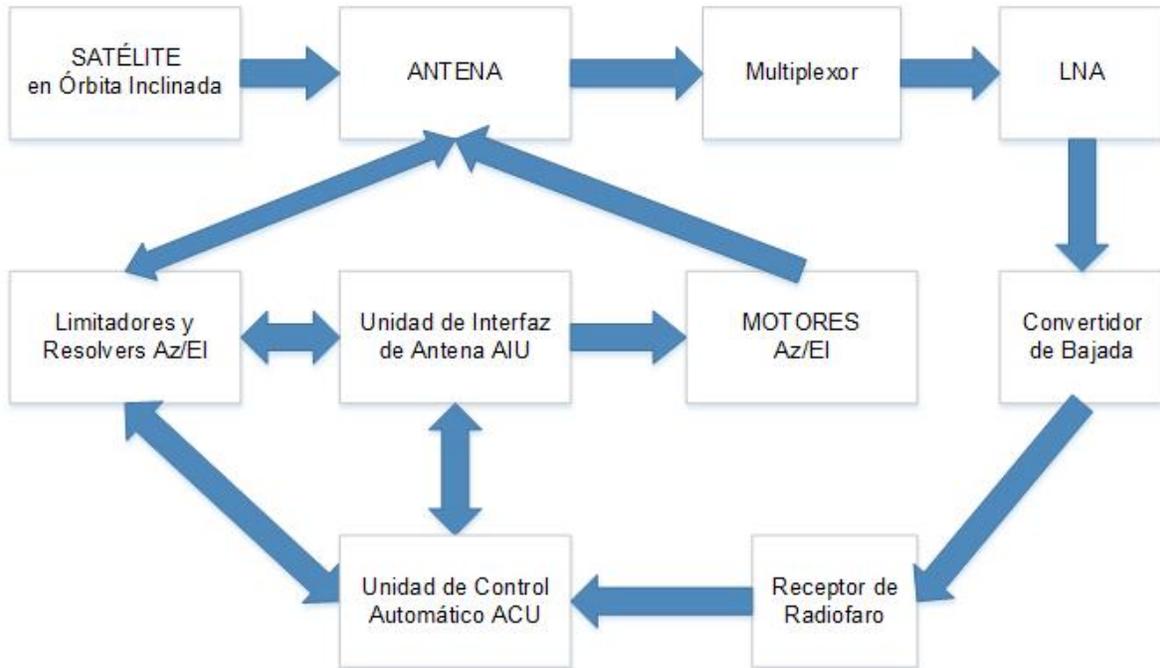


Fig. 3-7 Elementos del sistema para automatizar antena en Estación Terrena

Un elemento es el Convertidor de Bajada 2016-34 CT (fig. 3-8), el cual convierte el rango de frecuencias de 3400 a 4200MHz (Banda C de recepción) a 70 ± 18 MHz (FI o Frecuencia Intermedia).

La ganancia se puede ajustar en un rango de +30 a +50 dBm. Contiene conector tipo N para entrada de señal de RF y conector tipo BNC para la salida de FI. Nivel de entrada de -70 a -30 dBm.

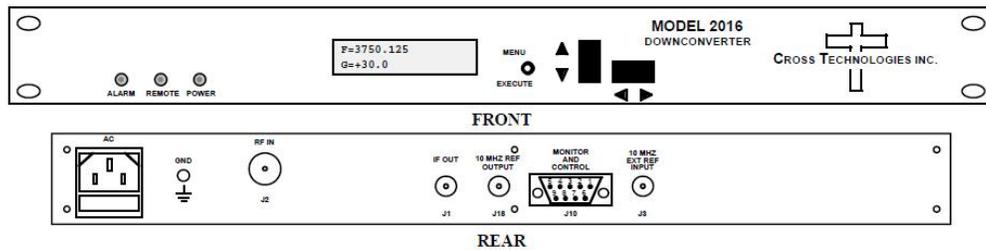


Fig. 3-8 Convertidor de Bajada

Otro elemento es el Receptor de Radiofaro del Satélite ASC300C ASC (fig. 3-9). Con entrada en frecuencia de banda "C" en el rango de 3700 a 4200 MHz. Nos da un voltaje de salida de 0 a 10 VDC proporcional a la intensidad de señal recibida por el satélite en un nivel de entrada de -85 a -25 dBm máximos. El Led de LOCK encendido, indica que la señal del radiofaro "Beacon" ha sido detectada. Cuando esté recibiendo señal, este equipo se ajusta a la intensidad de +7.5 VDC en el display.



Fig. 3-9 Receptor de Radiofaro del Satélite

Otro elemento importante son los Limitadores o Interruptores de Límite (fig. 3-10). Estos se instalaron en conjunto con los resolvers para detectar los giros máximos de la antena en Azimut y en Elevación y así obtener un mayor grado de protección al sistema. Para el Azimut, su límite 'CW/CCW' tiene 20° de holgura. Para la Elevación, su límite 'Up/Down' tiene 40° de holgura. Los limitadores son normalmente cerrados y el punto de límite es cuando se abre el circuito.



Fig. 3-10 Limitador o interruptor de límite

Además de los limitadores, otro elemento es el Resolver o Sensor de Posición Angular 585 Moog (fig. 3-11). Su función es la de detectar el ángulo preciso de Azimut y uno más para el ángulo de Elevación de la antena. Se encuentran instalados dentro de la base de la antena para el Azimut y a un costado de la base superior de la antena para la Elevación. El sensor consta de una bobina primaria y dos secundarias para generar un voltaje proporcional al coseno y seno del ángulo

de giro. Este gira en el mayor de los casos de 0° a 360° y tiene una resolución para el ACU de 0.005493° .



Fig. 3-11 Resolver

Ahora se mencionará otro elemento importante de nuestro sistema: el ACU o Unidad de Control Automático RC2500B RCi (fig. 3-12), el cual está diseñado para operar con la Unidad de Interfaz de la Antena (AIU) descrita anteriormente. Puede trabajar con satélites geoestacionarios y de órbita inclinada. En pantalla se ve el Azimut y la Elevación (en grados) así como la intensidad de la señal recibida, nombre del satélite y la longitud del mismo.



Fig. 3-12 ACU o Unidad de Control Automático RC2500B

Entre sus funciones básicas destaca la del panel frontal: posee un display LCD que muestra el modo en que se encuentra operando el equipo (fig. 3-13).

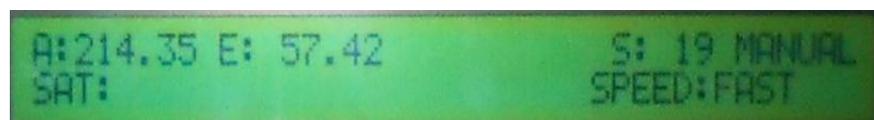


Fig. 3-13 Display del ACU

Los modos se dividen en dos grupos: OPERACIONAL (MANUAL, AUTO, REMOTE y TRACK) y PROGRAMACIÓN (SETUP, DELETE, RESET y CONFIG). Para cambiar entre grupos se presiona la tecla 'Mode' por 5 segundos y para cambiar entre modos de un grupo principal, se presiona suavemente la misma tecla y se suelta (fig. 3-14).

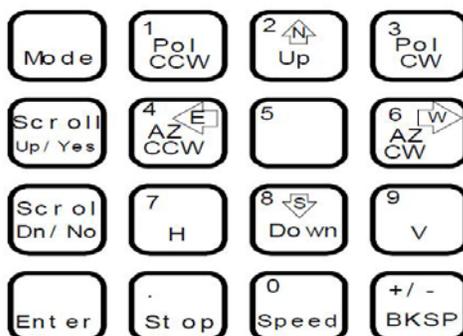


Fig. 3-14 Teclado del ACU

En el modo de operación MANUAL, se puede mover la antena en Elevación (EL), Azimut (AZ), usando las teclas **2** ('Up': Arriba), **8** ('Down': Abajo), **4** ('AZCCW': Azimut en sentido contrario a las manecillas del reloj) y **6** ('AZCW': Azimut en sentido de las manecillas del reloj) respectivamente (fig. 3-15).

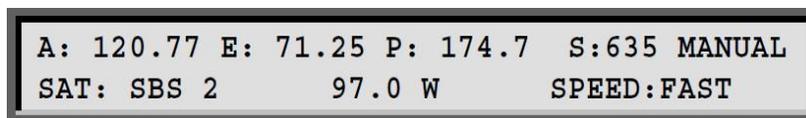


Fig. 3-15 Modo de operación 'MANUAL'

En el modo de operación AUTO, se puede posicionar automáticamente la antena en cualquier satélite programado en memoria (fig. 3-16).

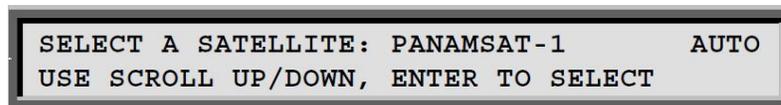


Fig. 3-16 Modo de operación 'AUTO'

En modo REMOTE, se puede recibir control con comandos a través del puerto de comunicaciones (fig. 3-17).



Fig. 3-17 Modo de operación 'REMOTE'

El modo TRACK solo es activado para rastrear un satélite en órbita inclinada y solo se puede tener acceso por los modos SETUP y AUTO (fig. 3-18).

```
A:120.77 E: 71.25 P:174.7 S:635 TRAK K
GSTAR 3 PROGRAM IDLE 15.56.0-MENU
```

Fig. 3-18 Modo de operación 'TRACK'

En modo de operación SETUP, se puede asociar un satélite con su posición en Azimut y Elevación para guardarla en memoria. Esto es, se puede mover la antena en AZ y EL, para manualmente posicionar la señal del satélite y luego guardar esta información (fig. 3-19).

```
A:120.77 E: 71.25 P:174.7 S: 635 MANUAL
SAT: SBS 2 SELECT:BRAZLST A1 FAST
```

Fig. 3-19 Modo de operación 'SETUP'

En modo de operación DELETE, se puede borrar de la memoria algún satélite pre-configurado o guardado (fig. 3-20).

```
SELECT A SATELLITE: PANAMSAT-1 DELETE
USE SCROLL UP/DOWN, ENTER TO SELECT
```

Fig. 3-20 Modo de operación 'DELETE'

En modo de operación RESET (fig. 3-21), se permite examinar las alarmas existentes y poder borrarlas como pueden ser:

- a) DRIVE (motor) los circuitos del motor están apagados o sobrecargados.
- b) JAMMED (atasque) ocurre cuando se envió una solicitud de movimiento pero la antena no mostro ninguno.
- c) RUNAWAY (deslizamiento) ocurre cuando se detectó un movimiento pero no hubo ninguna instrucción para éste. Se tienen que verificar los resolvers o movimientos de la antena.
- d) SENSOR, cuando el movimiento detectado es opuesto al esperado. El sentido de giro se puede configurar dentro del ACU.

```
AZ: DRIVE  EL:  OK    PL:SENSOR  RESET
RESET AXIS: 1-AZ/EL, 3-POL
```

Fig. 3-21 Modo de operación 'RESET'

En modo de operación CONFIG, se permite observar y modificar la configuración del controlador siendo una de las funciones más importantes (fig. 3-22):

- a) Puerto de comunicación.
- b) Movimiento simultáneo de Azimut (AZ) y Elevación (EL).
- c) Fijar el 'Offset' de los sensores de 'AZ' y 'EL'.
- d) Hora y fecha.
- e) Parámetros que muestran los ángulos de 'AZ/EL'.
- f) Parámetros de control de movimiento y velocidad 'AZ/EL'.
- g) Opciones del sistema de control de los motores de 'AZ/EL'.
- h) Parámetros de la antena.
- i) Parámetros de control y configuración del sistema de rastreo.
- j) Acceso experto.
- k) Reconfiguración de todo el sistema a valores de fábrica.

```
ANTENNA LATITUDE LL.L:45.0          CONFIG
TENTHS AFTER DEC. PT  ENT,BKSP,SCRL ^v
```

Fig. 3-22 Modo de operación 'CONFIG'

CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

4.1 CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN

En este capítulo se verá la configuración e instalación de los equipos principalmente del ACU y sus diferentes conexiones eléctricas de los resolvers, del AGC (Control Automático de Ganancia), las señales de voltaje, conectores de entrada/salida de los controles de movimiento de la antena AIU y de energía para el ACU.

Antes de iniciar se debe energizar correctamente el equipo en J8 (fase, neutro y tierra) conectándolo a un voltaje de línea de 115 VAC. Es importante que al encender el equipo se encuentre en modo MANUAL y que la memoria se encuentre limpia, sin información. Todas las conexiones del ACU se realizan en el panel posterior. El propósito de cada uno de los conectores se verá a continuación (fig. 4-1):

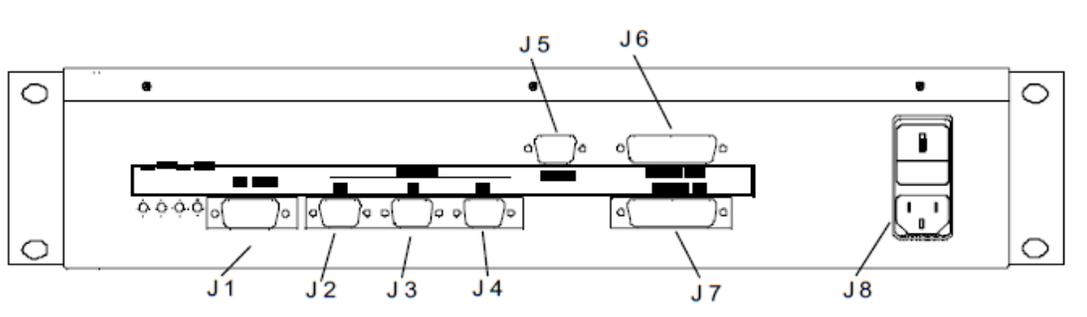


Fig. 4-1 Conexiones en panel posterior del ACU

El conector J1 es del tipo DB-15 usado para las entradas de las señales AGC cuando el ACU rastrea satélites en órbita inclinada.

J2, J3 y J4 son conectores idénticos del tipo DB-9, utilizado para recibir señales de voltaje de los resolvers. Estos actúan como entradas de los sensores primarios de la posición de la antena.

J5 es del tipo DB-9 utilizado para la interfaz del control remoto. El puerto está configurado con la especificación eléctrica RS-422.

J6 es un conector auxiliar de entrada y salida del tipo DB-25. Soporta las entradas de los limitadores específicos de los ejes, así como el cierre de contactos para el resumen de fallas y el control del equipo periférico.

J7 es un conector del tipo DB-25, utilizado para la entrada/salida de la antena. Actúa como el puerto de control del movimiento de la antena para el ACU. El puerto consiste de múltiples relés de estado sólido con excitadores. Adicionalmente a esos excitadores, el puerto soporta varias entradas de 24 VCD.

J8 es un módulo que sirve como "switch" de voltaje (115/230 VCA), como ya se mencionó anteriormente.

'RESOLVER' PARA AZIMUT Y ELEVACIÓN

Los resolvers de bajo voltaje utilizados como sensores de posición con el ACU, se usan para determinar directamente el ángulo de los ejes principales de la antena. Los resolvers actúan como transformadores rotatorios que tienen una bobina primaria excitada por un voltaje de corriente alterna senoidal y dos bobinas secundarias, una de ellas orientada para proporcionar un voltaje proporcional al coseno de la posición angular y la segunda bobina orientada para producir un voltaje proporcional al seno de la posición angular. Con la información anterior, dentro del ACU se calcula la posición de los ejes con esos dos voltajes (fig. 4-2).

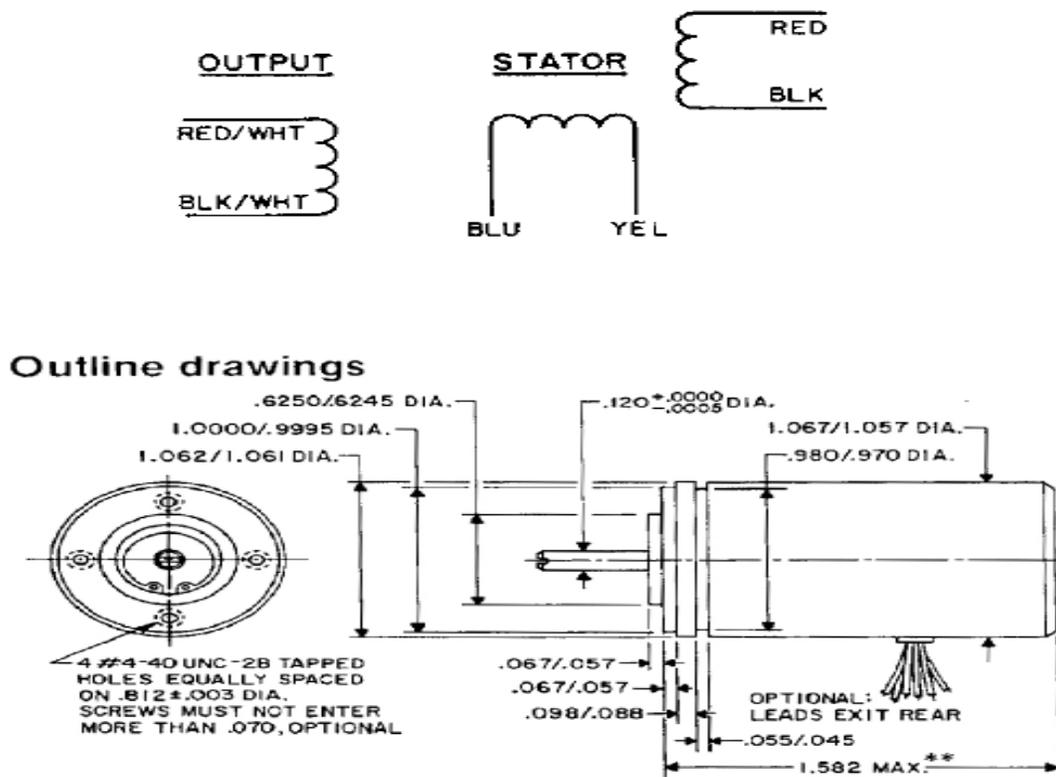


Fig. 4-2 Diagrama eléctrico y acotaciones del Resolver

RESOLUCIÓN Y EXACTITUD DEL 'RESOLVER'

La región angular de 360° medida por los resolvers y los convertidores resolver-a-digital, es dividida entre 2^{16} (o 65,536 posiciones discretas). Por lo tanto, una 'cuenta' es equivalente a $360/65,536 = 0.005493^\circ$. Este número representa la resolución de la medición angular del sistema ACU. El ACU puede posicionar una antena a no menos de 0.005493° de la posición objetivo. El desempeño de posicionamiento depende fundamentalmente de los componentes mecánicos y eléctricos del sistema. La precisión del sistema depende casi exclusivamente, de la precisión de los resolvers utilizados. Los resolvers utilizados aquí, tienen una precisión de ± 7 minutos de arco o $\pm 0.11667^\circ$.

MONTAJE FÍSICO DEL 'RESOLVER'

Los resolvers utilizados tienen 1 pulgada de diámetro y 1 pulgada $3/4$ de longitud. Tienen cables para conexión de 30 cms que salen del lado opuesto a la flecha.

Los resolvers y los "switch" se han adaptado en un montaje especial. Estos actuarán como limitadores del movimiento de los ejes de Azimut y Elevación. El montaje está protegido de la intemperie por medio de protectores de aluminio como se muestra en la fig. 4-3.



Fig. 4-3 Montaje del resolver y del limitador en un protector de aluminio

La flecha de los resolvers se coloca en tal forma que la posición del sensor no sobrepase de 0° a 360° con el rango normal de movimiento de la antena. El limitador del movimiento de Azimut tiene un rango un poco menor al segmento del movimiento mecánico de la antena. En cuanto al movimiento en Elevación, se define menor a los 90° .

CONEXIONES ELECTRICAS DEL 'RESOLVER'

Para estas conexiones se utiliza cable blindado. El blindaje se conecta a la tierra del chasis en el ACU. Se usan tres pares trenzados y blindados para cada resolver a fin de minimizar el ruido de interferencia mutua, lo cual puede producir errores en el posicionamiento de la antena. La conexión de los cables se realiza con soldadura, termo-fit y conectores del tipo CN-JIZR. El cable usado es del tipo CBL 3x2x22_STP.

J2, J3 y J4 son conectores idénticos tipo DB-9. La definición de los pines se muestra en la tabla 4-1:

<i>Pin #</i>	<i>Description</i>	<i>Resolver Wire Lead Color</i>
1	Ref. Drain Wire	No Connect at Resolver
2	Resolver Reference	Red w/ White Stripe
3	Resolver SIN -	Blue
4	Resolver COS -	Black
5	Resolver SIN +	Yellow
6	COS Drain Wire	No Connect at Resolver
7	SIN Drain Wire	No Connect at Resolver
8	Resolver Reference	Yellow w/ White Stripe
9	Resolver COS +	Red

Tabla 4-1 Descripción de los pines en J2, J3 y J4 para los Resolvers

Los sensores de posición del resolver cableados como se muestra en la tabla anterior, permiten que el cambio de posición se realice de la manera correcta cuando la antena se mueva. La unidad de interfaz de la antena AIU, se cablea de tal forma que el movimiento de los ejes corresponda a la dirección correcta con los controles de movimiento. En seguida se presenta la relación correcta entre el movimiento de la antena y la posición monitoreada:

- El movimiento de Azimut (CW, como lo vería un observador localizado sobre la antena), da por resultado un aumento en la posición monitoreada.
- El movimiento de la antena en Elevación (UP), da como resultado un aumento en la posición monitoreada.

La muestra apropiada de los ángulos monitoreados, no será posible hasta que todas las conexiones de los limitadores de posición estén conectadas.

4.2 CONEXIONES PARA LA UNIDAD DE INTERFAZ DE LA ANTENA AIU

El ACU está diseñado para operar con la unidad de interfaz de antena AIU de Electrospace 83MC-4, que en ocasiones se le conoce como caja exterior o caja de intemperie. La AIU contiene los módulos de control o contactos que conmutan la energía a los motores de la antena. También hacen la interfaz con los "switch" limitadores montados en la antena, que cuando actúan, detienen los controles del motor de los ejes de rotación/dirección. La AIU tiene un control local que permite mover a la antena desde el pedestal. Para operar en forma segura, existe un botón de desconexión de emergencia.

Las conexiones de interfaz en la antena se hacen a través de conectores DB-25. Para que las conexiones sean inmunes a las interferencias y reducir posibles emisiones, se utiliza cable conductor con blindaje.

El ACU se comunica con la AIU a través del uso de excitadores de relés de 24VCD y tienen un lado conectado a una fuente de +24VCD instalada en la caja intemperie. Estos relés tienen localmente montados diodos EMF o "buck", conocidos como reductores de voltaje, conectados en paralelo a las bobinas. La figura 4-4 ilustra la interconexión en la AIU y para la línea del comando de movimiento de Azimut CW. Los excitadores del relé en el ACU, están aislados ópticamente. Tienen limitadores de corriente internos y están protegidos para sobre voltajes por varistores de óxido de metal con un aislamiento entre la AIU y el ACU de 5 KV.

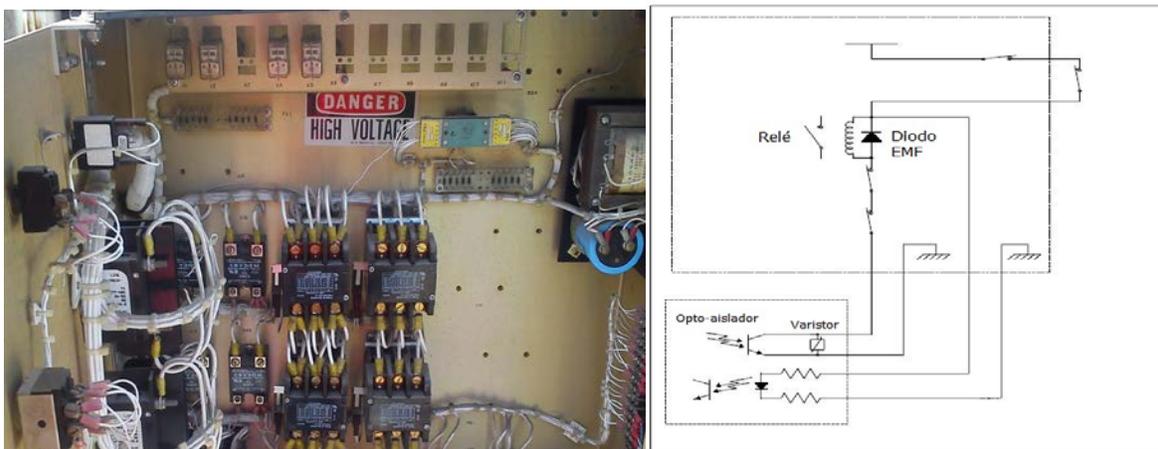


Fig. 4-4 Cableado en el AIU y diagrama del "switch" limitador de movimiento

CONEXIÓN DEL AIU 83MC-4 EN J7

El conector J7 tipo DB-25, consiste de 9 relés excitadores de estado sólido de 700 mA cada uno. El voltaje máximo permitido es de +27 VCD. La corriente se retorna a la AIU por una línea común de los excitadores (pines 2, 5 y 8). Adicionalmente a los excitadores el puerto soporta 3 entradas del estado de baja corriente de 24 VCD con retornos aislados. Las definiciones de los pines se muestran en la tabla 4-2:

<u>Pin #</u>	<u>Description</u>
1	Azimuth CW limit input, 24VDC low current, (0V = CW Limit reached)
2	Polarization CW limit input, 24VDC low current, (0V = CW Limit reached)
3	Elevation Down limit input, 24VDC low current, (0V = Down Limit reached)
4	Remote Status input, 24VDC low current, (0V=RC2500 is disabled)
5	Azimuth Drive Fault input, 24VDC low current, (0V= Drive Fault)
6	Azimuth PWM Drive Source, 24VDC high current
7	Azimuth PWM Drive output, 24VDC high current (High duty cycle = Fast AZ Speed)
8	Elevation PWM Drive output, 24VDC high current
9	Elevation PWM Drive Source, 24VDC high current (High duty cycle = Fast EL Speed)
10	INTEST input, 24VDC high current, from A.I.U.
11	Polarization CW Drive output, open collector, 700mA sink. (0.4V = move CW)
12	Elevation Direction output, open collector, 700mA sink. (0.4V = Direction Down)
13	Elevation Drive Reset output, open collector, 700mA sink. (0.4V = EL Drive Reset)
14	Polarization CCW limit input, 24VDC low current, (0V= CCW limit reached)
15	Elevation Up limit input, 24VDC low current, (0V=UP limit reached)
16	Azimuth CCW limit, 24VDC low current, (0V=CCW limit reached)
17	Low Temperature Alarm input, 24VDC low current, (0V=cold temp point reached)
18	Elevation Drive Fault input, 24VDC low current, (0V= Drive Fault)
19	Intercom, not used
20	Power Supply Common, (Referenced to the A.I.U. Loop Supply)
21	Azimuth Drive Reset output, open collector, 700mA sink. (0.4V = AZ Drive Reset)
22	Spare, not used
23	INTEST Return path output, 24VDC high current dry contact closure
24	Polarization CCW Drive output, open collector 700mA sink. (0.4V = move CCW)
25	Azimuth Direction output, open collector, 700mA sink. (0.4V = Direction CW)

Tabla 4-2 Descripción de los pines del conector J7 para la AIU

CONEXIÓN AUXILIAR J6

Es un conector tipo DB-25 con entrada aislada, cerramiento de contactos para el estado de fallas y el control del equipo periférico, así como dos excitadores de relé de colector abierto similares a los que se encuentran en J7.

Una salida no regulada de +24 VDC @1 A máximo, referenciado a la tierra del ACU también está disponible. Las definiciones del J6 se muestran en la tabla 4-3:

<u>Pin #</u>	<u>Description</u>
1	Summary Fault dry contact COM, (3A @ 125VAC or 3A @ 30VDC).
2	Summary Fault dry contact NO, (3A @ 125VAC or 3A @ 30VDC).
3	PC0 dry contact COM, (3A @ 125VAC or 3A @ 30VDC).
4	PC0 dry contact NC, (3A @ 125VAC or 3A @ 30VDC).
5	PC0 dry contact NO, (3A @ 125VAC or 3A @ 30VDC).
6	Unregulated +24 VDC bus voltage, 1 Amp max.
7	Unregulated +24 VDC bus voltage, 1 Amp max.
8	Aux. Relay Drive 1, open collector relay driver, 700mA sink, (0.4V = Relay On)
9	Aux. Relay Drive 2, open collector relay driver, 700mA sink, (0.4V = Relay On)
10	INTEST (see J7 pin 10), 24VDC high current from A.I.U.
11	INTEST (see J7 pin 10), 24VDC high current from A.I.U.
12	INTEST Return (see J7 pin 23), 24VDC high current dry contact closure
13	INTEST Return (see J7 pin 23), 24VDC high current dry contact closure
14	Summary Fault dry contact NC, (3A @ 125VAC or 3A @ 30VDC).
15	Unregulated +24 VDC return, (RC2500 ground)
16	Unregulated +24 VDC return, (RC2500 ground)
17	Unregulated +24 VDC return, (RC2500 ground)
18	Unregulated +24 VDC return, (RC2500 ground)
19	Unregulated +24 VDC return, (RC2500 ground)
20	Unregulated +24 VDC return, (RC2500 ground)
21	Unregulated +24 VDC return, (RC2500 ground)
22	Auxiliary Input 1, 24VDC low current.
23	Auxiliary Input 1 Return, 24VDC low current.
24	Power Supply Common, (Referenced to the A.I.U. Loop Supply)
25	Power Supply Common, (Referenced to the A.I.U. Loop Supply)

Tabla 4-3 Descripción de los pines del conector J6 auxiliar

Después de que las conexiones anteriores se han realizado, se verifica que el movimiento de la antena se encuentre en la dirección correcta quedando controlada desde el panel frontal en el modo 'MANUAL'.

4.3 CONEXIÓN DE LA INTERFACE AGC

El conector J1 es del tipo DB-15, usado como entrada de la señal AGC para el rastreo de satélites en órbita inclinada. El voltaje AGC o voltaje de intensidad de la señal proveniente del receptor de radiofaro utilizado, se encuentra entre 0 y 10 VCD. Cuando la magnitud de la diferencia entre el voltaje medido 'ON' del satélite y el voltaje 'OFF' es menor a 1.3 Volts, se usará el canal 1 del AGC. Cuando la diferencia de voltaje es mayor a 1.3 Volts, se usará el canal 2. Cuatro potenciómetros localizados en el panel posterior se usan para ajustar y fijar la ganancia y el 'offset' para los dos canales.

Se usa un par blindado para minimizar el ruido externo de la línea AGC. El blindaje se conecta al sistema de tierra del ACU. Las definiciones de los pines de J1 se muestran en la tabla 4-4:

<u>Pin #</u>	<u>Description</u>
1	PC4 digital I/O, 2.5 mA drive capability, currently unused.
2	PC5 digital I/O, 2.5 mA drive capability, currently unused.
3	PC6 digital I/O, 2.5 mA drive capability, currently unused.
4	PC7 digital I/O, 2.5 mA drive capability, currently unused.
5	Digital ground.
6	+5 Volts DC digital power, 200mA max.
7	AGC signal return path (ground)
8	AGC 1 (high gain path) signal input.
9	Unregulated +24 VDC bus voltage, 1 Amp max.
10	Ground for system bus voltages.
11	-12 Volts DC regulated supply, 40mA max.
12	+12 Volts DC regulated supply, 40mA max.
13	AGC 2 offset voltage test point (used during AGC 2 calibration)
14	AGC 1 offset voltage test point (used during AGC 1 calibration)
15	AGC 2 (low gain path) signal input.

Tabla 4-4 Definición de los pines para el AGC

4.4 AJUSTE DE SENSORES, ÁNGULOS Y MOVIMIENTOS EN AZ Y EL

Una vez concluidos los cableados entre el ACU y los sensores de posición así como el ACU y la AIU, se deben realizar algunos ajustes para resultados óptimos en el modo de configuración del ACU. Para entender como entrar al modo CONFIG, referirse al capítulo 3.2 en la parte que se habla de la configuración.

REVERTIR DIRECCIÓN DEL SENSOR DEL 'RESOLVER'

La AIU debe estar conectada en tal forma que los ejes se muevan en la dirección correcta con los controles locales. Si la geometría de la instalación hubiera presentado un cambio de posición en la dirección incorrecta, se usaría el modo CONFIG con el ítem REVERSE AZIMUTH SENSOR DIRECTION, REVERSE ELEVATION SENSOR DIRECTION, sin necesidad de hacer un cambio en el cableado. Esto no fue necesario.

DETERMINACIÓN DE LOS ÁNGULOS DE COMPENSACIÓN

Para fijar los ángulos de compensación en la pantalla, primero se mueve la antena sobre su rango total de viaje en los dos ejes y se verifica que los resolvers tengan un movimiento libre, que no toque el cambio de 0° a 360° y de 0° a 90°. Lo cual fue correcto. Si lo anterior no hubiera ocurrido, se afloja la abrazadera del resolver con problemas y se gira hasta verificar que este libre. Posteriormente se aprieta la abrazadera.

Ahora identificar y encontrar el satélite a controlar. Se capta la señal máxima en los tres ejes usando un analizador de espectros una vez calculados los ángulos de Azimut y Elevación para el satélite Solidaridad II desde el sitio de la antena o Estación Terrena. Después se resta para cada eje, el ángulo que se muestra en la pantalla del ACU del ángulo calculado. El resultado es la compensación mostrada. Una vez que se han calculado los ángulos de compensación, se introducen las diferencias en el modo adecuado de AZ DISPLAY OFFSET o EL DISPLAY OFFSET y se regresa al modo MANUAL. El ACU muestra ahora los ángulos correctos correspondientes al satélite. Los resultados se aprecian en la tabla 4-5:

ANGULOS	AZIMUT	ELEVACIÓN
Calculado	226.6°	64.3°
Desplegado en ACU	199.24°	-289.6°
Diferencia (offset)	27.36°	-225.3°

Tabla 4-5 Ángulos para Azimut y Elevación

AJUSTE DE LOS PARÁMETROS DE AZ Y EL

Primero se entra al modo CONFIG, y se habilitan los modos EXPERT ACCES y AZ/EL DRIVE OPTIONS. Un parámetro importante que es necesario determinar para el sistema de antena, es el viaje de la antena u holgura cuando el motor se desconecta a baja velocidad. Para determinar este valor para el eje de Azimut, se selecciona: AZ/EL FAST SLOW THRESHOLD=1000, AZ/EL AUTO RETRY ATTEMPS=2; AZ/EL SLOW DEADBAND = 5000, AZ/EL COAST THRESHOLD y AZ/EL MAX POSITION ERROR = 1. Se cambia de un satélite a otro y se regresa al primero de los dos satélites cuya información esta previamente almacenada. Con estos ajustes, la antena se mueve a la posición deseada y detendrá el motor en la posición preestablecida. Esperará 5 segundos y regresará a la primera posición. Durante los 5 segundos del período de espera, se mide cuanto se ha pasado la antena más allá de la posición deseada. Este proceso se repite unas 5 veces para tener un promedio de la medición ($Az=0.78^\circ$ promedio). Se divide este valor entre 0.005493 (grados/cuentas). Se ingresa este valor en 'AZIM COAST THRESHOLD'. Con lo anterior, la antena se detiene en un valor muy cercano a la posición previamente establecida. Este mismo procedimiento se realiza ahora para calcular el ajuste de Elevación en EL COAST THRESHOLD ($El=0.48338^\circ$ promedio).

Una vez que los factores de holgura se han determinado para los ejes, se anotan los valores encontrados en la tabla 4-6:

	Azimut	Elevación
Cuentas de Ajuste	142	88

Tabla 4-6 Cuentas de ajuste para Azimut y Elevación

AZ MAX ERROR y EL MAX ERROR para operaciones normales se fijan a 1/10 del ancho de haz a 3 dB del máximo, convertido a 'cuentas'. Para esto, usamos la información del fabricante de la antena para el ancho del haz en grados a 3 dB. El valor para nuestra antena es 1, se divide entre 10 y luego se divide entre 0.005493 (grados/cuentas)=18.2049 cuentas. Se ingresa este valor en los ítems correspondientes a los dos ejes en el modo CONGIF. Para POL MAX ERROR, se fija en un valor por omisión de 10. Este error representa un aislamiento teórico de polarización cruzada de alrededor de -60 dB, mucho mejor que cualquier alimentador comercial.

Ahora, ingresamos los siguientes valores en AZ/EL FAST SLOW THRESHOLD = 400, AZ/EL AUTO RETRY ATTEMPS = 3, AZ/EL SLOW DEAD BAND = 2000, como valores por omisión (default).

CONFIGURACIÓN DEL SENSOR DE ATASCAMIENTO

Los ítems AZ/EL FAST DEAD BAND y POL DEAD BAND, representan el tiempo en segundos que el controlador espera a que entren movimientos opuestos rápidos en un eje determinado. Estos valores permiten un tiempo de holgura a paro y minimizan el desgaste de los componentes mecánicos.

Los errores de atascamiento se configuran en el modo CONFIG en la pantalla AZ/EL FAST DEAD BAND. De la figura 4-5, los dos últimos números configuran el sensor de atascamiento.

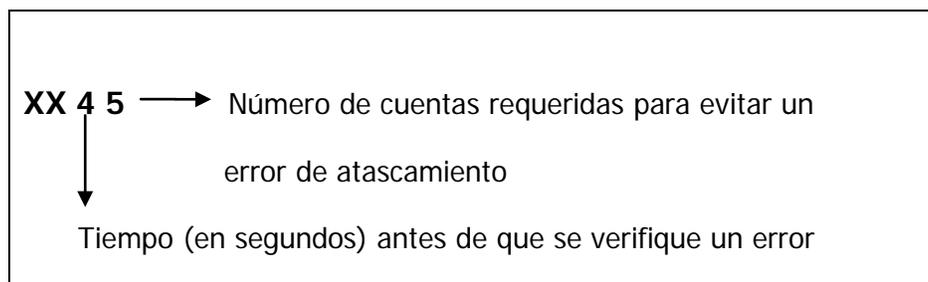


Fig. 4-5 Configuración del sensor de atascamiento

Los dos últimos números configuran el sensor de atascamiento, los cuales se han fijado en '45'. El primero de los números fijará el número de segundos antes que el software verifique un error. El segundo número fijará el número de 'cuentas' que se requieran para evitar un error de atascamiento. Cuando un comando de control se da por primera vez, el controlador inicialmente espera 4 segundos antes de verificar un error de atascamiento. Durante este tiempo, el controlador verifica si las cuentas han cambiado por un valor de 5. Si la antena se ha movido al menos 5 cuentas en 4 segundos, entonces se presenta un error de atascamiento. El controlador continuamente repite el procedimiento descrito anteriormente. Para deshabilitar el sensor de atascamiento, es necesario fijar el último dígito en cero. En nuestro caso (fig. 4-5), se fija en '45'. Si ese número se cambia por '40', el sensor de atascamiento se deshabilitará.

Una vez que las opciones de control se han fijado a los valores apropiados al sistema y que se han introducido en el controlador, se deshabilitan los ítems AZ/EL/POL DRIVE OPTIONS a fin de proteger al sistema de cambios inadvertidos.

4.5 AJUSTE Y CONFIGURACIÓN DEL AGC

El ACU está equipado con dos canales AGC como ya se mencionó anteriormente, los cuales se pueden conectar a dos receptores pero solo seleccionará la señal más fuerte de las dos. Cada canal tiene una ganancia separada y ajustes por potenciómetro. Además, existen dos ítems en el modo CONFIG relacionados con el sistema AGC:

1. Bandera de polaridad del AGC ('AGC Polarity Flag'): Esta bandera indica al controlador si una señal del satélite más fuerte corresponde a un voltaje mayor del AGC (polaridad positiva) o a un voltaje menor del AGC (polaridad negativa). Ambos canales deben tener la misma polaridad. Cuando uno de los canales no se usa, su entrada se envía a tierra.
2. Umbral de Banda 'C' del AGC: Cuando el receptor se sintoniza a un satélite de banda 'C' y el nivel de la señal está arriba de este valor, se asume que la señal de un satélite está presente. El mismo nivel de umbral se aplicará a los dos canales AGC.

El nivel de la señal se muestra en la pantalla cuando los modos MANUAL, TRACK o SETUP están activos con un **1**, **2** o la letra **S**, precedidos por el valor del nivel de la señal AGC1 o AGC2. El nivel de la señal varía de 0 a 1023, aunque la señal máxima que se puede mostrar es de 999. Una señal mayor se mostrará como '***'.

INSTALACIÓN DEL RECEPTOR

Para nuestro caso, en el que se está rastreando un satélite en órbita inclinada en banda 'C', el AGC se ajusta a fin de que se muestre una lectura de 650 cuando el satélite se detecta y de 75 cuando está fuera:

1. Se alinea la antena con un satélite de intensidad alta (geoestacionario). Se coloca un voltímetro en la salida del receptor AGC, se mide el valor y se anota. El término 'Satélite Encendido' (ON), será utilizado para referirse a una antena alineada con un satélite de alta intensidad (fuerte).
Satélite Encendido (ON) Voltaje AGC= 7.5 V
2. Ahora se mueve la antena para que esté orientada al cielo vacío. Se mide y anota el voltaje AGC del receptor. El término 'Satélite Apagado' (OFF), será usado para indicar que la antena está posicionada fuera de cualquier satélite (viendo nada).
Satélite Apagado (OFF) Voltaje AGC= 0 V

3. Como la diferencia entre el voltaje del 'Satélite Encendido' y el voltaje del 'Satélite Apagado' fue mayor a 1.3 Volts (7.5 V), se realizan las siguientes operaciones para determinar el voltaje de 'offset' (Voffset):

$$\begin{aligned} \text{a) Diferencia de Voltajes} &= \text{Voltaje de Satélite Encendido} - \text{Voltaje de Satélite Apagado} \\ &= 7.5 - 0 = \underline{7.5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Voltaje en Satélite} &= \text{Voltaje de Satélite Encendido} / \text{Diferencia de Voltajes} \\ &= 7.5 / 7.5 = \underline{1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Voffset} &= (\text{Voltaje en Satélite}) (0.6081) - 0.6354 \\ &= (1) (0.6081) - 0.6354 = \underline{-0.0273} \end{aligned}$$

4. En el modo CONFIG se selecciona la bandera de polaridad del AGC (la cual fue positiva) y se oprime la tecla 'Enter'. Posteriormente se posiciona la antena en 'Satélite Encendido' ('On Satellite').
5. En el modo MANUAL se ajusta en la pantalla el nivel de la señal menor a 10 con el potenciómetro 'offset' para el canal AGC2.
6. Se conecta la salida del receptor AGC a la entrada AGC2 en el ACU y se conecta la tierra de retorno del controlador a la tierra del receptor.
7. Usando un voltímetro, se conecta el cable negro al ACU terminal J1, pin 7 y el cable rojo al pin 13. Se ajusta el potenciómetro 'offset' hasta leer el voltaje 'Voffset' (calculado en el paso 3c).
8. Se ajusta la ganancia con el potenciómetro 'Gain' para el canal AGC2 hasta mostrar un nivel de señal de 650 mostrada en la pantalla.
9. Se reajusta ahora el potenciómetro 'offset' para mostrar una lectura 'Voffset' en el voltímetro como se describió en el paso 7. Se reajusta el potenciómetro 'Gain' para que se muestre la intensidad de la señal de 650. Esto se realiza tres veces para obtener los valores más cercanos.

4.6 PROGRAMACIÓN EN ÓRBITA INCLINADA

Antes de empezar con la programación en órbita inclinada, se describirán en forma general algunos de los ítems importantes del modo CONFIG y como se relaciona con el sistema de rastreo. Después de que toda la información se ha introducido, se entrará nuevamente al sistema para verificar que toda la información se grabó apropiadamente:

- a) *Max Position Error*: Para el rastreo de órbita inclinada, se fija en **0**.
- b) *Time and Date*: Una vez que se ha establecido la hora y fecha para un satélite no se debe cambiar.
- c) *Antenna Latitude* y *Antenna Longitude*: Son requeridos en el algoritmo de rastreo para predecir el movimiento aparente del satélite. La información se introduce en un formato de grados y décimas de grado. A continuación se presenta la tabla 4-7 en donde se muestra la relación de minutos y décimas de grado:

Minutos '	Grados °
06	0.1
12	0.2
18	0.3
24	0.4
30	0.5
36	0.6
42	0.7
48	0.8
54	0.9
60	1.0

Tabla 4-7 Relación minutos y grados₁₉

La información de latitud y longitud deben también especificar una dirección. Para la latitud las opciones son Norte o Sur, mientras que para la longitud las opciones son Este y Oeste. Las ubicaciones en Norteamérica y Sudamérica tienen longitudes Oeste (W), mientras que ubicaciones en Asia tienen longitudes Este.

- d) *Antenna Size*: Se especifican en centímetros de diámetro de la antena. En la tabla 4-8 se presenta la conversión de pies o metros a centímetros.

Pies	Metros	Centímetros
5.9	1.80	180
8	2.44	244
10	3.05	305
12	3.66	366
15	4.57	457
20	6.10	610
23	7.00	700
24	7.32	732
29.5	9.00	900
36	11.00	1100

Tabla 4-8 Conversión de pies o metros a centímetros

- e) *Max Track Error* y *Search Width*: Los valores por omisión son 10 y 3 respectivamente. El *Max Track Error* se especifica en décimas de dB.
- f) *Search Enable*: Se utiliza para habilitar o deshabilitar la opción 'Intelli-Search' cuando el sub-modo SEARCH se encuentra activo. Cuando se desactiva el sub-modo SEARCH, el controlador permitirá mover la antena por medio del panel frontal (regresar al satélite y presionar ENTER). Después, el control se transferirá al sub-modo STEP TRACK.

Nota: El modo 'Intelli-Search' recibe el control cuando se ha perdido la señal del satélite y en la tabla de rastreo no existen datos de la posición de la antena en Azimut y Elevación para la hora sideral actual. Cuando el sub-modo SEARCH se encuentra activo, el controlador periódicamente realizará una búsqueda sobre la región donde el controlador ha calculado que se encuentra el satélite. El algoritmo 'Intelli-Search' determina el rango de búsqueda basada en la longitud del satélite y la latitud y longitud de la antena principalmente.

INICIANDO EL RASTREO DEL SATÉLITE EN ÓRBITA INCLINADA

El rastreo se inicia con el modo SETUP como se describe a continuación:

1. Se ingresa al modo SETUP y se usan las teclas del movimiento (<, >, ^, v) para alinear manualmente la antena con el satélite Solidaridad II. Los datos para la localización del satélite y de la antena y valores calculados para la

orientación de la antena hacia el satélite se muestran en continuación (tabla 4-9):

PARAMETRO	SATÉLITE	ANTENA
Longitud Oeste	114.9°	99.0646°
Latitud Norte	n/a	19.3695°
Azimut	n/a	226.6°
Elevación	n/a	64.3°

Tabla 4-9 Datos para la orientación de la antena

2. Se usan las teclas 'Scroll' para asignar el nombre del satélite a través de la lista de teclas alfanuméricas: 'SOL II'.
3. Se presiona '*' para terminar el ingreso.
4. Cuando aparece la leyenda: "IS THIS AN INCLINATED ORBIT SAT", se presiona la tecla 'YES' como afirmación a esta pregunta.
5. En "ENTER SAT LON LLL.L", se usan las teclas numéricas y el punto decimal para ingresar la porción numérica de la longitud del satélite. En nuestro caso, la longitud del SOL II es de 114.9° W. Se introduce: 114.9
6. Se termina el proceso presionando 'Enter'.
7. Enseguida se introduce la dirección de la longitud asociada. En este caso la tecla 6, para indicar que la longitud para el satélite es Oeste. Después 'Enter' para terminar este proceso.
8. Se selecciona la banda que se usa: Banda C=0. Banda Ku=1. Banda C y Ku=2 y Banda L=3. Se oprime 0 y después 'Enter'.
9. "SAT INCLINATION" (2 a 16 grados). Se introducen los valores apropiados de $\pm 6^\circ$ en Azimut y $\pm 4^\circ$ en Elevación.
10. En la configuración para la polarización se puede seleccionar cualquier valor, ya que no se cuenta con este movimiento en nuestra antena. "INITIAL TRACK POL (H OR V)?". Se selecciona H.
11. El control se transfiere al modo TRACK y éste se muestra en la esquina superior derecha de la pantalla.
12. Enseguida aparecerá la leyenda "INICIALIZING – PLEASE WAIT" y entonces el controlador se transferirá al sub-modo STEP TRACK. El controlador ahora rastreará al satélite con esta función por 23 horas, 56 minutos y 4 segundos mientras construye el programa del controlador la tabla de rastreo. Cuando la información del programa de rastreo esté disponible para la hora sideral actual, el control se transferirá al sub-modo PROGRAM TRACK. Si la señal

del satélite desaparece durante el rastreo por paso, el controlador se conmutará al modo SEARCH tratando de captar al satélite.

13. El mensaje de ERROR SYSTEM en este punto, indicará que un mensaje de alarma está intermitente en el renglón inferior de la pantalla.
14. Si hubiera sucedido esto y si el ítem SEARCH ENABLE del modo CONFIG está activado, habría que salirse del modo TRACK oprimiendo la tecla MODE y seleccionando el satélite por medio del modo AUTO para readquirir el satélite. Este modo fijará la polarización deseada y transferirá el control al sub-modo SEARCH en el modo TRACK. Se realizaría un rastreo y cuando se encontrará el satélite, el STEP TRACK reasumirá el control.

PROBLEMAS DE RASTREO

1. El error LIMIT ocurre cuando el limitador de una antena (Azimut o Elevación) se alcanza mientras se rastrea un satélite en órbita inclinada. Este error se presentará solamente cuando los sub-modos STEP TRACK o PROGRAM TRACK estén activos. El sub-modo SEARCH, no intentará mover la antena fuera de los limitadores de Azimut y Elevación. Este error indica que los limitadores del Azimut y Elevación no se fijaron adecuadamente.
2. Un error PEAK LIMIT indica que el controlador tuvo que mover la antena demasiado lejos durante una operación de captura de un 'máximo' mediante STEP TRACK. El movimiento máximo de la antena de la posición inicial está limitado para una operación STEP TRACK. Lo anterior es para prevenir que la antena capte un satélite adyacente durante la captación de un 'máximo.' Este problema lo pueden causar varias situaciones:
3. Si se especifica un diámetro de antena muy grande, o se especifica la banda Ku cuando se está rastreando un satélite en banda C. Lo anterior causará que el controlador calcule un ancho del haz de la antena muy angosto. El ancho del haz se utilizará para determinar el movimiento máximo permitido de la antena desde la posición de inicio para la operación STEP TRACK.
4. Especificar una inclinación muy pequeña para el satélite. En el modo STEP TRACK, el controlador realizará captaciones de los máximos con mucha frecuencia para evitar exceder el error de apuntamiento 'máximo' de la antena especificado por el ítem MAX TRACK ERROR del modo CONFIG. Si la especificación de la inclinación del satélite es muy pequeña, la captación de un 'máximo' no ocurrirá a menudo, y la antena se puede mover bastante lejos durante una captación de un 'máximo' y disparará el error PEAK LIMIT.
5. Si el valor del umbral del AGC de la banda C es muy bajo, cuando el transpondedor se pierde, la señal del AGC del receptor puede estar arriba

del umbral cuando la antena está recibiendo solo ruido. El controlador asumirá erróneamente que la señal del satélite está presente y tratará de realizar la captación de un 'máximo' con el ruido.

6. Si el error se presenta durante una captación de 'máximo' mientras el submodo PROGRAM TRACK está activo, puede ser que el intervalo de verificación de actualización 'Update Check Interval' en el modo TRACK, sea muy grande.
7. Pudiera ser que no existe un número suficiente de 'cuentas' por grado para la posición del movimiento para uno de los ejes de la antena. Una 'cuenta' es equivalente a 0.005493° . Este número representa la resolución del sistema de medición angular del ACU. El ACU puede posicionar una antena a un máximo de 0.005493° de la posición deseada. Si se especifica un movimiento que es menor a una cuenta, la antena tomará un paso de una cuenta.
8. La holgura entre el eje de rotación de la antena y el resolver puede causar problemas. Se pueden realizar pruebas para ver si la antena capta un satélite en posiciones diferentes, dependiendo de la dirección en la que capta el satélite. Esto no es muy común cuando se usan resolvers en los ejes de rotación de Azimut y Elevación.

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA INSTALACIÓN DE UN SATÉLITE EN ÓRBITA INCLINADA

1. Conectar la salida del AGC del receptor del satélite a una de las entradas de los canales AGC del controlador. Determinar la polaridad del AGC. Introducir la polaridad en el controlador por medio del modo CONFIG.
2. Ajustar los potenciómetros GAIN y OFFSET para el canal seleccionado, de tal forma que cuando la antena esté alineada con un satélite de nivel de intensidad alto, el nivel de esa señal se encuentre alrededor de 650 y cuando la antena no vea algún satélite, la intensidad de la señal sea alrededor de 75.
3. Determinar los valores del umbral en banda C para el AGC del canal. Los valores del umbral se usan para determinar si un satélite está presente o no.
4. Con la antena posicionada fuera de cualquier satélite, sintonizar el receptor del satélite a todos los transpondedores para verificar que el piso de ruido está por debajo del umbral.

5. Con la antena alineada a un satélite de nivel de intensidad alto, sintonizar el receptor en todas las bandas y verificar que el nivel de la señal no alcanza la saturación y se encuentra arriba del umbral.
6. Introducir la información siguiente vía el modo CONFIG para: Latitud y Longitud de la antena, Fecha y Hora y el Diámetro de la antena en centímetros. Notar que cuando se fija la hora y el controlador está rastreando, no cambiar la hora (ni de verano ni de invierno), ya que lo anterior invalidará los datos en la tabla de rastreo.
7. Ir al modo SETUP y programar un satélite en órbita inclinada. Como prueba del algoritmo de búsqueda, entrar al modo AUTO, seleccionar el satélite en órbita inclinada de la lista de satélites programados en la memoria. El controlador deberá de realizar una búsqueda. Cuando se complete la búsqueda si se encuentra el satélite, STEP TRACK reasumirá el control si el modo SEARCH ENABLE en CONFIG está en 1.

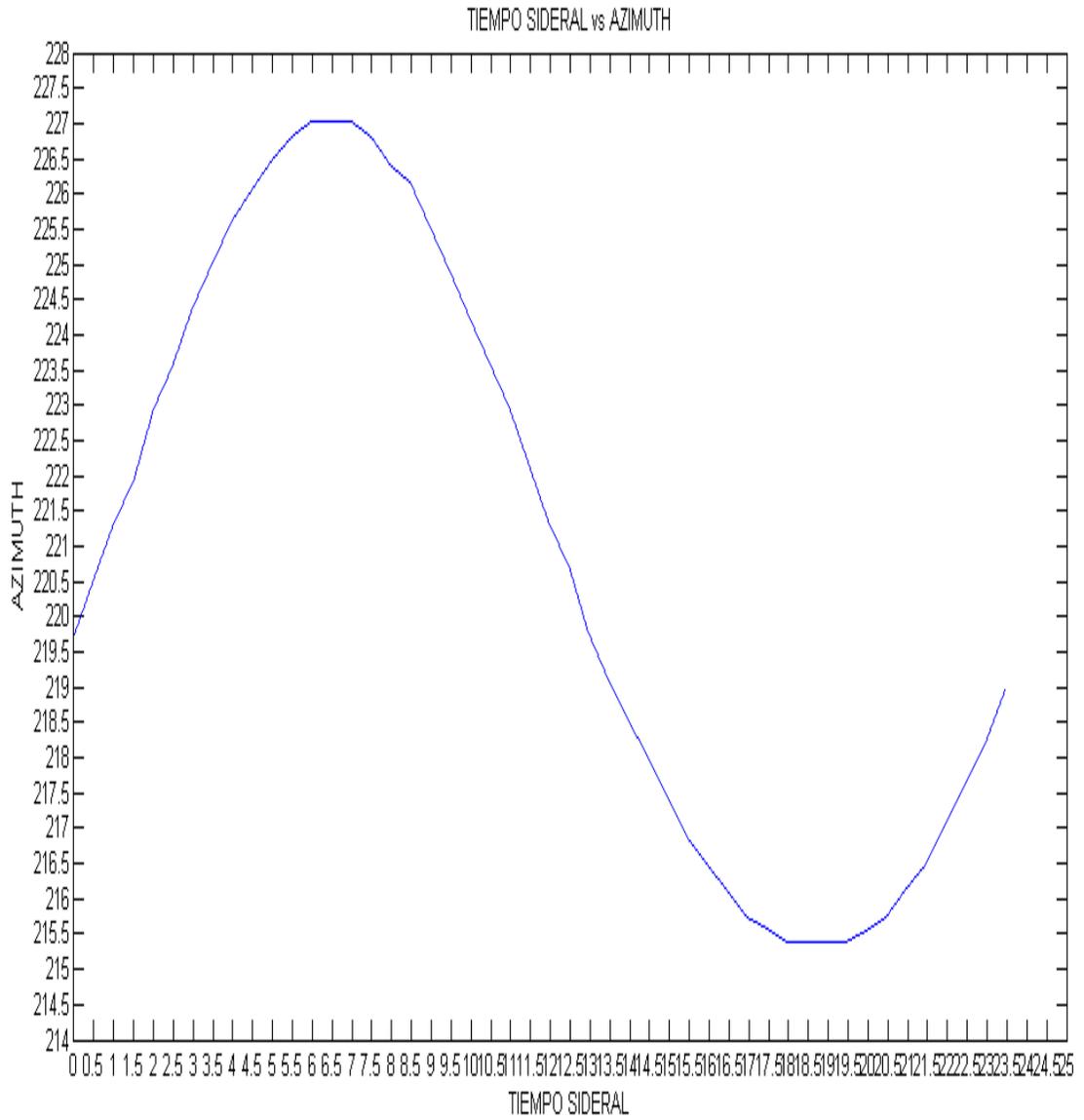
RESULTADOS

De los datos mostrados en la tabla 4-9 de donde se tiene que la longitud del satélite Solidaridad II es de 114.9° longitud oeste, se obtienen en la "tabla de resultados", los valores correspondientes de Azimut y Elevación para nuestra antena, junto con el tiempo sideral para los 48 segmentos en que se dividió un día sideral. También se muestran más adelante, las respectivas gráficas de Azimut y Elevación contra el tiempo sideral y por último, la gráfica de Azimut contra Elevación, en donde se aprecia a figura de "8" (inclinado ligeramente hacia la derecha en la parte superior) que se quería obtener.

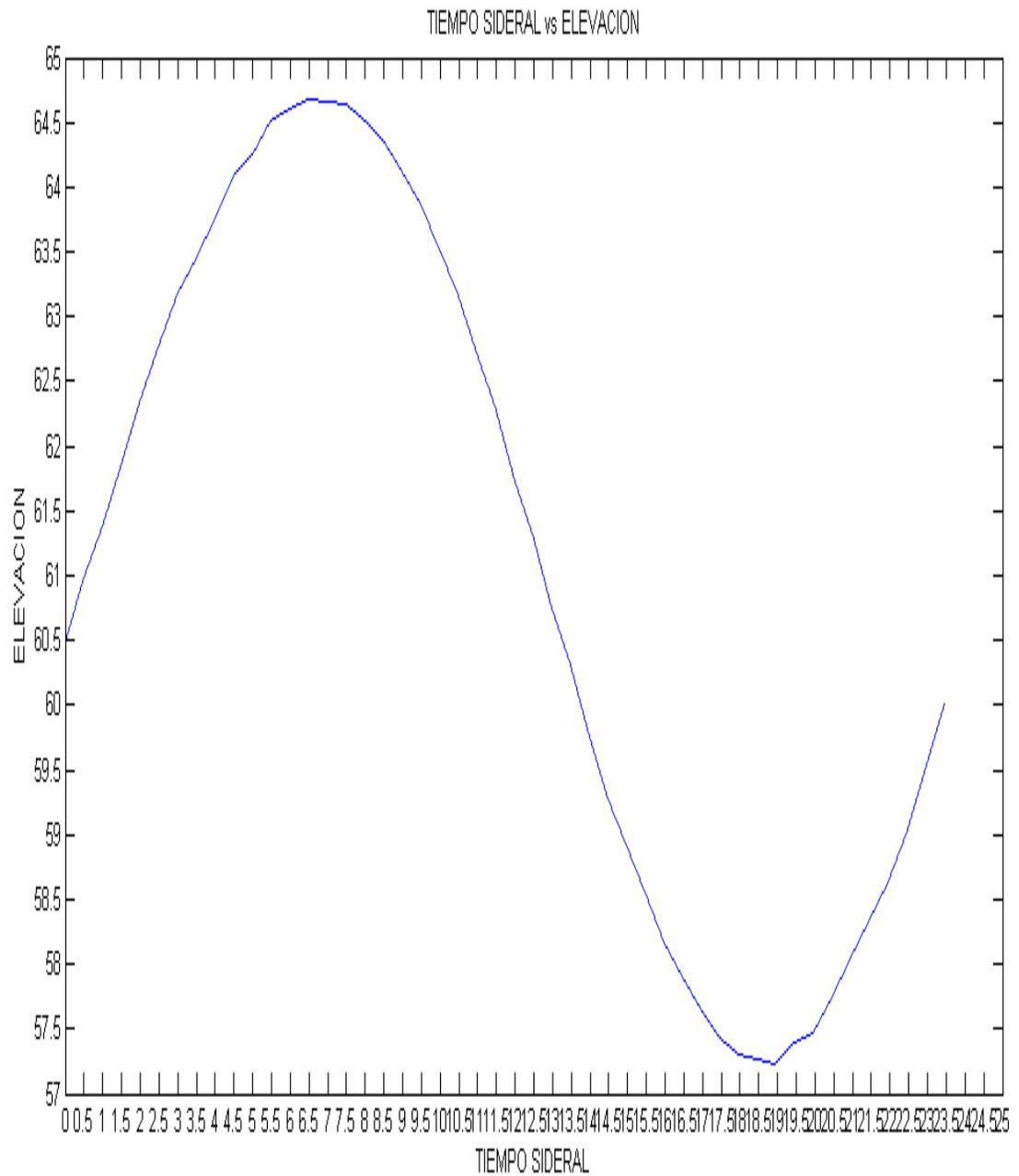
Tabla de resultados que contiene Segmentos, Tiempo Sideral, Azimut y Elevación para la orientación de la antena

Segmento	Tiempo Sideral (hr)	Azimut (grados)	Elevación (grados)
0	0	219.736	60.492
1	0.5	220.516	60.976
2	1	221.318	61.382
3	1.5	221.938	61.866
4	1.99	222.955	62.355
5	2.49	223.564	62.761
6	2.99	224.383	63.162
7	3.49	225.004	63.448
8	3.99	225.635	63.766
9	4.49	226.058	64.09
10	4.99	226.481	64.261
11	5.48	226.811	64.513
12	5.98	227.031	64.607
13	6.48	227.036	64.684
14	6.98	227.042	64.667
15	7.48	226.816	64.64
16	7.98	226.388	64.513
17	8.48	226.157	64.371
18	8.98	225.525	64.123
19	9.47	224.877	63.865
20	9.97	224.218	63.525
21	10.47	223.608	63.189
22	10.97	222.982	62.734
23	11.47	222.158	62.305
24	11.97	221.329	61.756
25	12.47	220.719	61.316
26	12.96	219.802	60.778
27	13.46	219.131	60.339
28	13.96	218.555	59.795
29	14.46	217.989	59.289
30	14.96	217.423	58.916
31	15.46	216.846	58.553
32	15.96	216.478	58.169
33	16.45	216.116	57.916
34	16.95	215.748	57.658
35	17.45	215.572	57.427
36	17.95	215.385	57.295
37	18.45	215.38	57.262
38	18.95	215.38	57.229
39	19.45	215.374	57.394
40	19.95	215.555	57.46
41	20.44	215.737	57.74
42	20.94	216.11	58.031
43	21.44	216.478	58.339
44	21.94	217.044	58.625
45	22.44	217.615	59.02
46	22.94	218.187	59.509
47	23.44	218.972	60.003

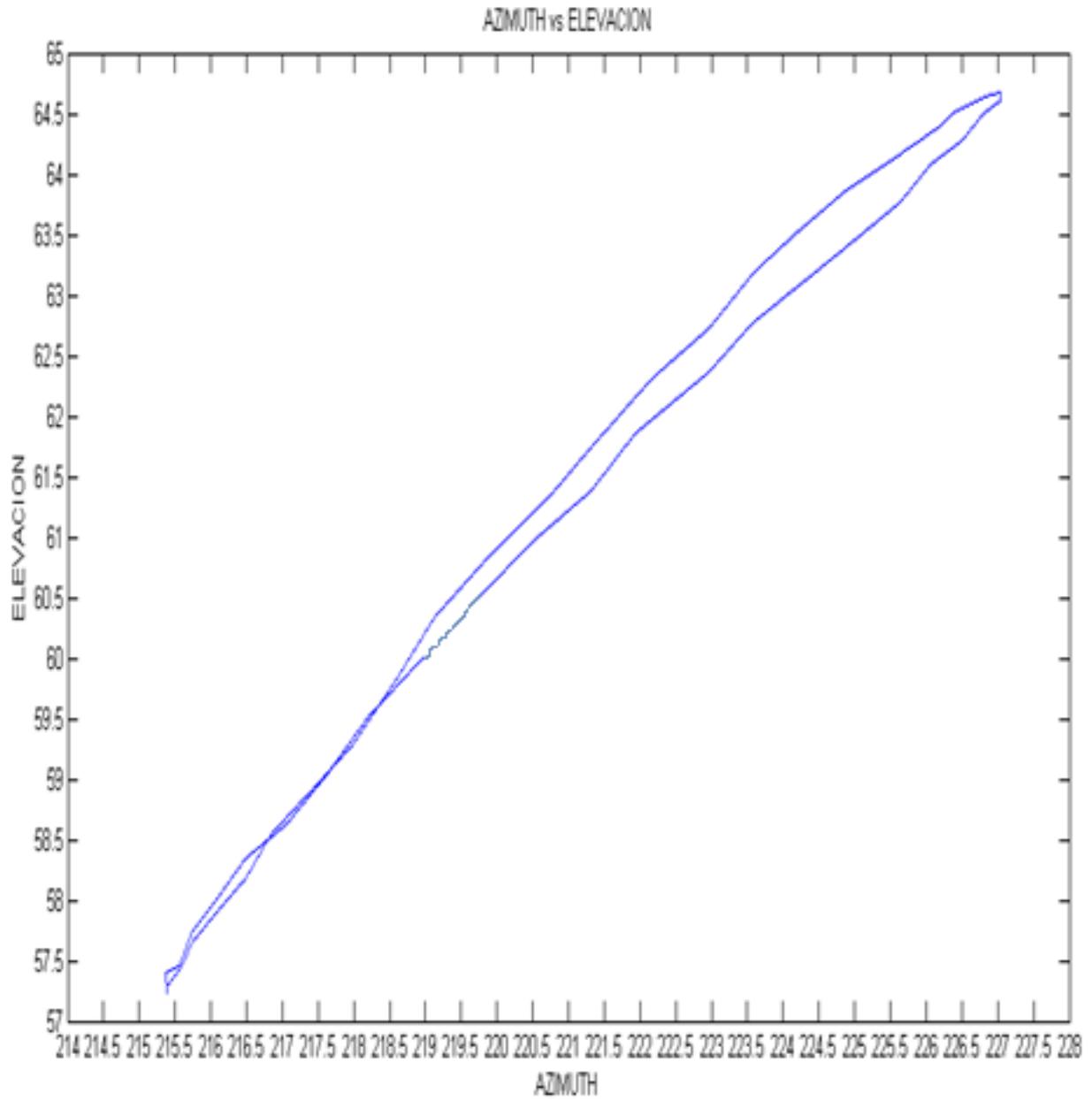
Gráfica que muestra la variación durante un Día Sideral (en hr) del movimiento en Azimut (en grados) de la antena



Gráfica de la variación en un Día Sideral (en hr) del movimiento en Elevación (en grados) de la antena



Gráfica del Comportamiento de los Movimientos en Azimut y Elevación (en grados) durante un Día Sideral de la antena



CONCLUSIONES

Al instalar los elementos más importantes del sistema, como son los Resolvers y Limitadores que interactúan conforme el ACU lo indique, se realizaron ajustes finos para que la antena no cruzara por los cambios de giro del resolver (0° o 360°). Para los limitadores, se ajustaron para que funcionen dentro del rango de movimiento de la antena. Otro ajuste se realizó en el 'offset' apuntando la antena a un satélite conocido en su posición orbital. Esto se realizó con el fin de ingresarlo en la programación del ACU y se observó que el resultado fue satisfactorio. Se realizó otro ajuste en el AGC con ayuda del Receptor de Radiofaro, para fijar un umbral de nivel de recepción.

Se llevaron a cabo todas las conexiones indicadas entre la Unidad de Control Automático ACU y la Unidad de Interfaz de la Antena AIU para que a su vez, los Resolvers y Limitadores realizaran los movimientos en Azimut y Elevación necesarios para "seguir" al satélite en órbita inclinada. Estos movimientos se pueden realizar en los diferentes modos de operación que contiene el controlador, ya que se han programado los parámetros más importantes. Los modos son: 'Step Track', 'Program Track', 'Search' y 'Track Error'.

Entre los diferentes modos de operación con los que cuenta la Unidad de Control Automático ACU con los que se podría lograr nuestro objetivo, y de los cuales se obtuvo un rendimiento óptimo del sistema, fue el 'STEP TRACK'. Debido a que en éste modo de operación, nuestro sistema realiza un seguimiento estimado satisfactorio de la antena hacia el satélite en órbita inclinada, después de haberlo dejado operando un día sideral tomando 48 muestras que resultaron las más significativas.

En la tabla de resultados se muestran los 48 segmentos en que se dividió el día sideral obteniendo los respectivos valores de Azimut y Elevación en grados. Recordemos que los 48 segmentos en que se dividió el día sideral, es aproximadamente un día normal de 24 horas. Se muestran además, las gráficas obtenidas con ayuda del programa Matlab para algunos de los valores del Tiempo Sideral y Azimut, así como del Tiempo Sideral y Elevación.

En la última gráfica se aprecia la figura de 'ocho' que se quería obtener, notando que en la parte inferior izquierda de la misma, es más 'corto' el recorrido de seguimiento de la antena hacia el satélite en órbita inclinada, que en el resto del recorrido.

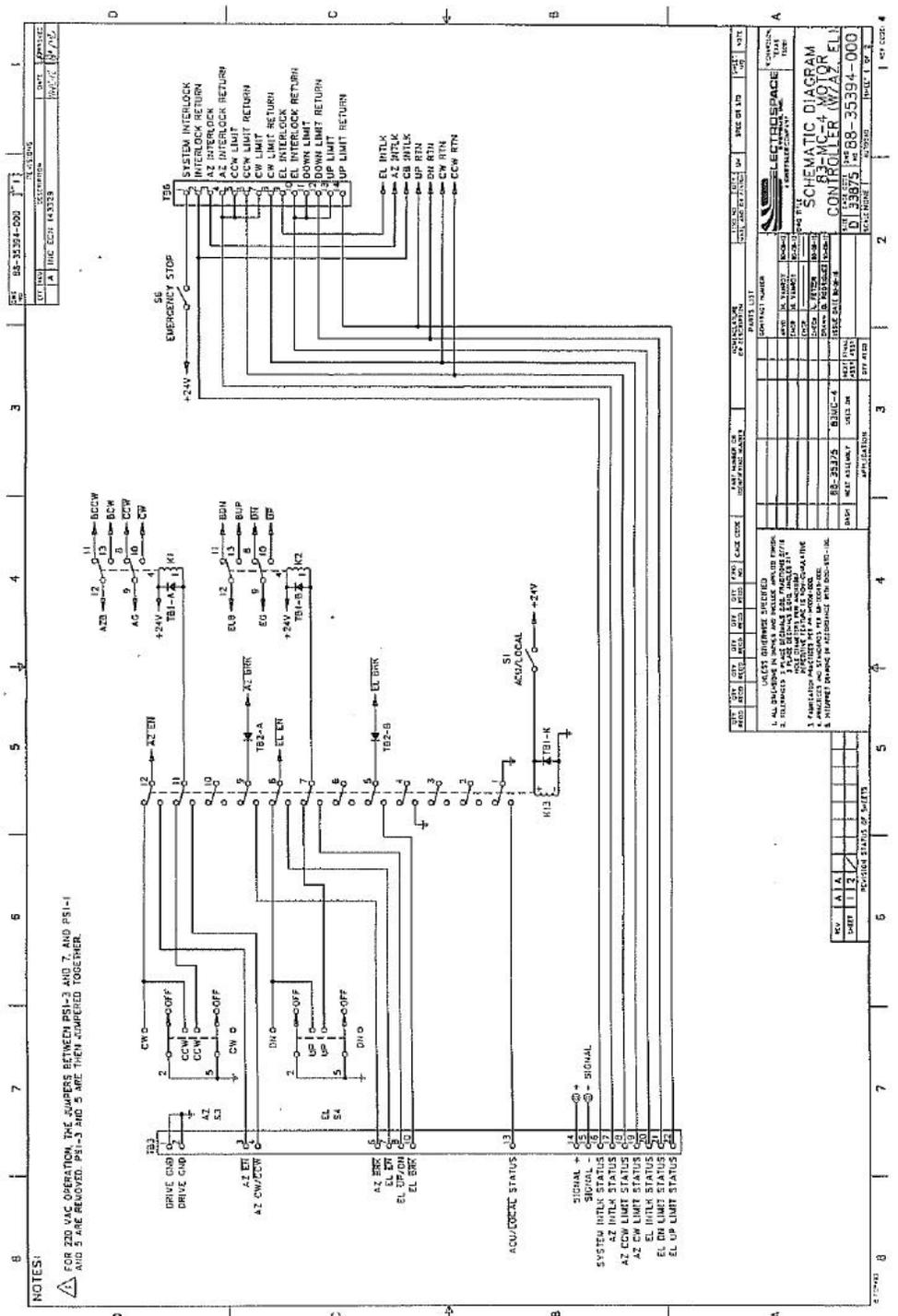
ANEXOS

Segmento	T. Sideral (seg)	T. Sideral (hr)	Cuenta AZ	Cuenta EL
0	0	0.00	35021	52027
1	1795	0.50	35163	52115
2	3590	1.00	35309	52189
3	5385	1.50	35422	52277
4	7180	1.99	35607	52366
5	8975	2.49	35718	52440
6	10771	2.99	35867	52513
7	12566	3.49	35980	52565
8	14361	3.99	36095	52623
9	16156	4.49	36172	52682
10	17951	4.99	36249	52713
11	19746	5.48	36309	52759
12	21541	5.98	36349	52776
13	23336	6.48	36350	52790
14	25131	6.98	36351	52787
15	26926	7.48	36310	52782
16	28721	7.98	36232	52759
17	30516	8.48	36190	52733
18	32312	8.98	36075	52688
19	34107	9.47	35957	52641
20	35902	9.97	35837	52579
21	37697	10.47	35726	52518
22	39492	10.97	35612	52435
23	41287	11.47	35462	52357
24	43082	11.97	35311	52257
25	44877	12.47	35200	52177
26	46672	12.96	35033	52079
27	48467	13.46	34911	51999
28	50262	13.96	34806	51900
29	52057	14.46	34703	51808
30	53853	14.96	34600	51740
31	55648	15.46	34495	51674
32	57443	15.96	34428	51604
33	59238	16.45	34362	51558
34	61033	16.95	34295	51511
35	62828	17.45	34263	51469
36	64623	17.95	34229	51445
37	66418	18.45	34228	51439
38	68213	18.95	34228	51433
39	70008	19.45	34227	51463
40	71803	19.95	34260	51475
41	73598	20.44	34293	51526
42	75394	20.94	34361	51579
43	77189	21.44	34428	51635
44	78984	21.94	34531	51687
45	80779	22.44	34635	51759
46	82574	22.94	34739	51848
47	84369	23.44	34882	51938

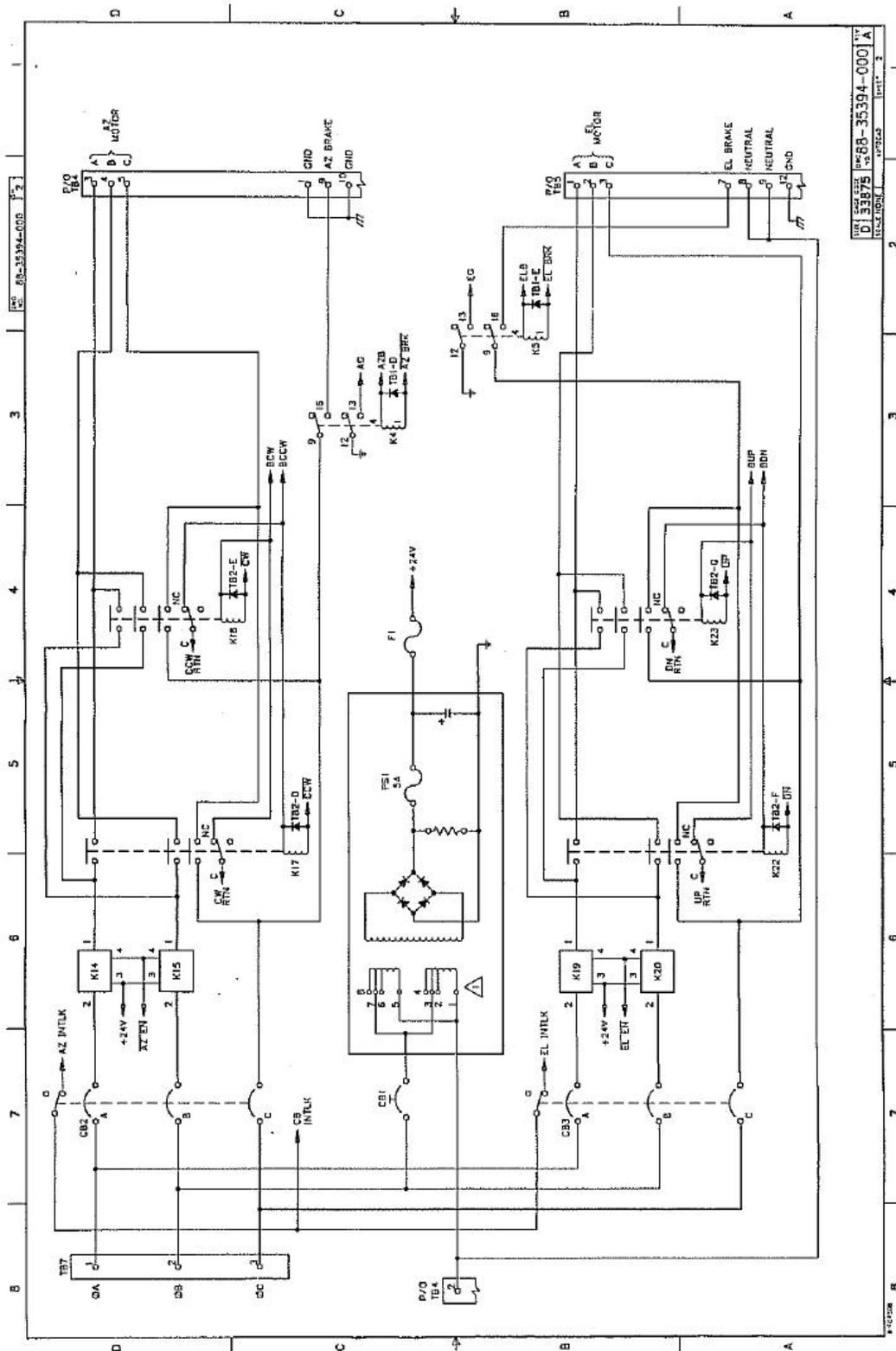
Anexo 1. Segmentos y Tiempo Sideral para las Cuentas de Azimut y Elevación.

Segmento	AZ ° s/Offset	EL ° s/Offset	AZ ° c/Offset	EL ° c/Offset
0	192.3760986	285.7928467	219.7360986	60.49284668
1	193.1561279	286.2762451	220.5161279	60.97624512
2	193.9581299	286.6827393	221.3181299	61.38273926
3	194.5788574	287.1661377	221.9388574	61.8661377
4	195.5950928	287.6550293	222.9550928	62.3550293
5	196.204834	288.0615234	223.564834	62.76152344
6	197.0233154	288.4625244	224.3833154	63.16252441
7	197.644043	288.7481689	225.004043	63.44816895
8	198.2757568	289.0667725	225.6357568	63.76677246
9	198.6987305	289.3908691	226.0587305	64.09086914
10	199.1217041	289.5611572	226.4817041	64.26115723
11	199.4512939	289.8138428	226.8112939	64.51384277
12	199.6710205	289.9072266	227.0310205	64.60722656
13	199.6765137	289.9841309	227.0365137	64.68413086
14	199.6820068	289.9676514	227.0420068	64.66765137
15	199.4567871	289.9401855	226.8167871	64.64018555
16	199.0283203	289.8138428	226.3883203	64.51384277
17	198.7976074	289.6710205	226.1576074	64.37102051
18	198.1658936	289.4238281	225.5258936	64.12382813
19	197.5177002	289.1656494	224.8777002	63.86564941
20	196.8585205	288.8250732	224.2185205	63.52507324
21	196.2487793	288.4899902	223.6087793	63.18999023
22	195.6225586	288.0340576	222.9825586	62.73405762
23	194.798584	287.6055908	222.158584	62.30559082
24	193.9691162	287.0562744	221.3291162	61.75627441
25	193.359375	286.6168213	220.719375	61.31682129
26	192.4420166	286.0784912	219.8020166	60.77849121
27	191.7718506	285.6390381	219.1318506	60.33903809
28	191.1950684	285.0952148	218.5550684	59.79521484
29	190.6292725	284.5898438	217.9892725	59.28984375
30	190.0634766	284.2163086	217.4234766	58.91630859
31	189.4866943	283.8537598	216.8466943	58.55375977
32	189.1186523	283.4692383	216.4786523	58.16923828
33	188.7561035	283.2165527	216.1161035	57.91655273
34	188.3880615	282.958374	215.7480615	57.65837402
35	188.2122803	282.7276611	215.5722803	57.42766113
36	188.0255127	282.5958252	215.3855127	57.2958252
37	188.0200195	282.5628662	215.3800195	57.26286621
38	188.0200195	282.5299072	215.3800195	57.22990723
39	188.0145264	282.6947021	215.3745264	57.39470215
40	188.1958008	282.7606201	215.5558008	57.46062012
41	188.3770752	283.0407715	215.7370752	57.74077148
42	188.7506104	283.3319092	216.1106104	58.03190918
43	189.1186523	283.6395264	216.4786523	58.33952637
44	189.6844482	283.9251709	217.0444482	58.6251709
45	190.2557373	284.3206787	217.6157373	59.02067871
46	190.8270264	284.8095703	218.1870264	59.50957031
47	191.6125488	285.3039551	218.9725488	60.00395508
OFF AZ	OFF ELE			
27.36	-225.3			

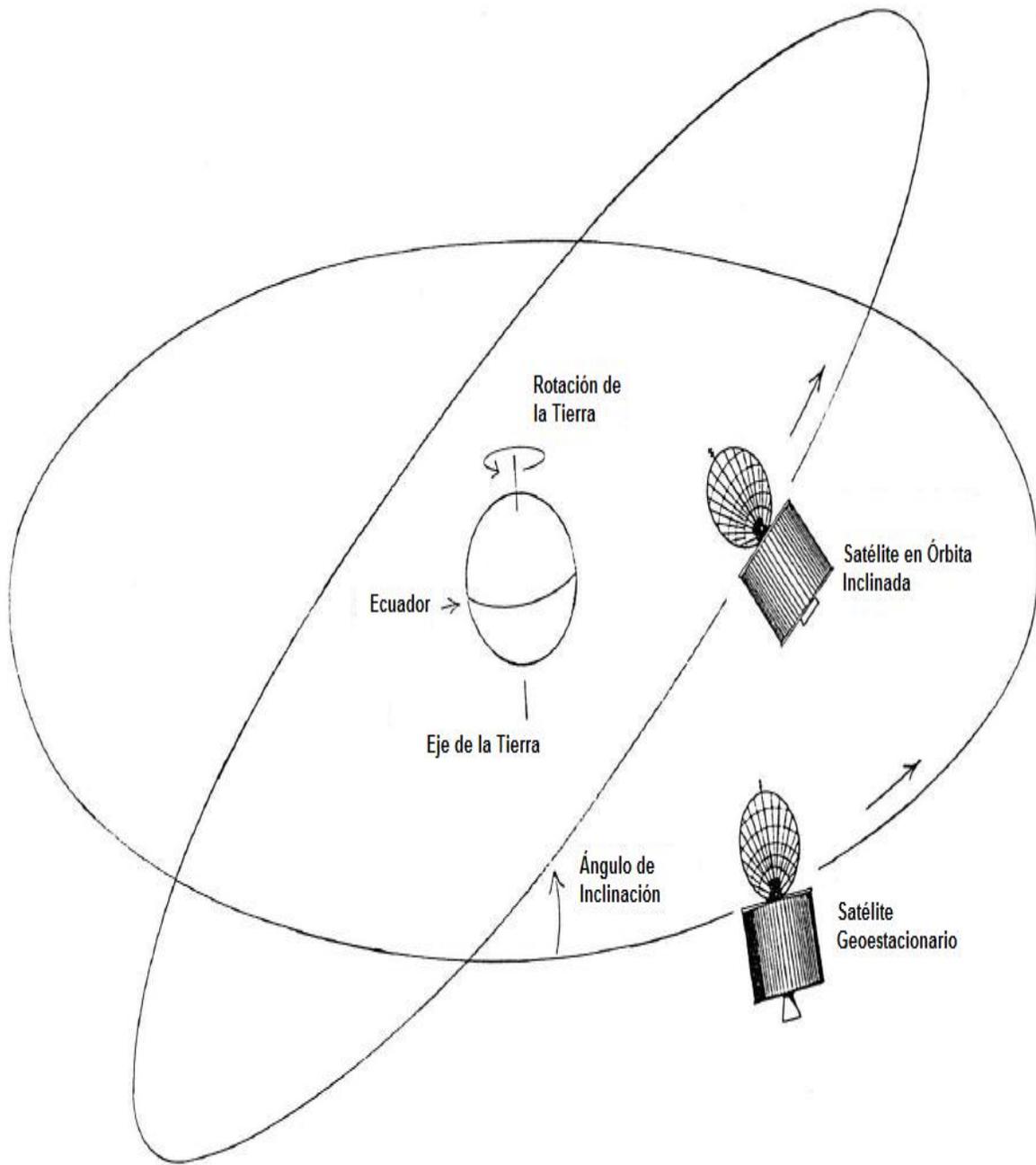
Anexo 2. Segmentos y Grados para las Cuentas de Azimut y Elevación.



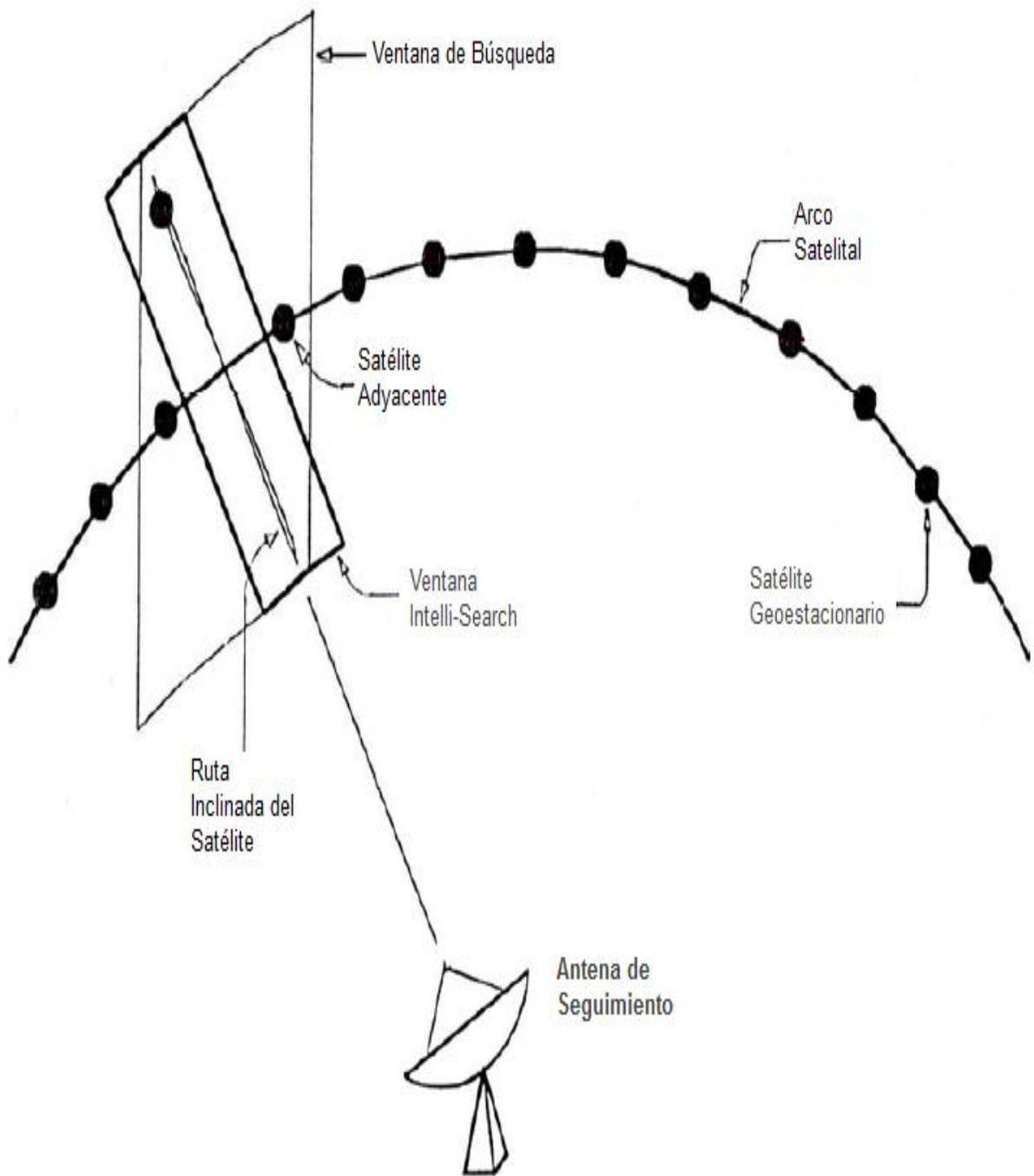
Anexo 3. Diagrama 1 de Conexiones del Controlador de Motores de Azimut y Elevación del AIU 83-MC4.



Anexo 4. Diagrama 2 de Conexiones del Controlador de Motores de Azimut y Elevación del AIU 83MC-4.



Anexo 5. Plano Ecuatorial de la Tierra con Satélites en Órbita Geoestacionaria y en Órbita Inclínada.



Anexo 6. Seguimiento de la Antena a Satélite en Órbita Inclínada con Búsqueda Inteligente 'Intelli-Search'.

REFERENCIAS

- [1] Fig. 1-1 Cobertura global de la Tierra por medio de tres satélites.
<http://www.inmosat.com.mx/img/coberturafleetbroad.jpg>
- [2] Fig. 1-2 Cobertura para un país.
<http://www.movisat.com.mx/movisat/cobertura.html>
- [3] Fig. 1-3 Cobertura de haz puntual.
<http://pulsoslp.com.mx/2012/12/19/lanzan-con-exito-satelite-mexicano>
- [4] Fig. 1-4 Subsistemas Principales de un Satélite, Fig. 1-5 Subsistema de Comunicaciones de un Satélite, Fig. 1-6 Subsistema del Chasis de un Satélite.
http://www.upv.es/satelite/trabajos/sat_tv/gallaxy.jpg
- [5] Fig. 1-7 Órbita Geoestacionaria y Órbita Inclinada.
<http://aulasat.wikispaces.com/file/view/image976.gif/437726922/image976.gif>
- [6] Fig. 1-8 Diferentes Tipos de Órbitas.
<http://universo.about.com/od/Astronautica/tp/Las-oacuterbitas-en-torno-a-la-Tierra-para-el-posicionamiento-de-sateacutelites.htm>
- [7] Fig. 1-9 Satélites para varias aplicaciones.
http://www.nasa.gov/sites/default/files/earth_3_1.jpg
- [8] Fig. 2-1 Elementos de una Estación Terrena.
<http://redesaccesomichelle.blogspot.mx//2011/07/estacion-terrena-de-comunicaciones.html>
- [9] Fig. 2-2 Antena Parabólica.
<http://anakinaw.wordpress.com>
- [10] Fig. 2-3 Antena Cassegrain, Fig. 2-6 Antena Gregoriana .
<http://maam891.wordpress.com/2011/05/11/105>
- [11] Fig. 2-4 Red VSAT empresarial.
<http://reddigital1.blogspot.mx>
- [12] Fig. 2-5 Antena Toroidal.
<http://televisionssatelite.blogspot.mx/2008/06/visiosat-desarrolla-una-potente-y.html>
- [13] Fig. 2-7 Orientación de una Antena Parabólica.
<http://viasatelital.com/blogs/?p=227>
- [14] Fig. 2-8 Sistema de Rastreo "Monoimpulso Multimodo" en una Antena Cassegrain.
Neri Vela, R., *Comunicaciones Por Satélite*. Thomson, México, 2003
- [15] Fig. 3-6 Satélite Solidaridad II.
<http://satmex-garcialara.blogspot.mx/2012/12/satelite-solidaridad.html>
- [16] Fig. 3-8 Convertidor de Bajada.
Cross Technologies Inc., *Manual Down Converter 2016-34*, Cross Technologies Inc., 2007

- [17] Fig. 3-9 Receptor de Radiofaro del Satélite.
Atlantic Satellite Corporation, *Beacon Tracking Receiver ASC 300C*. Atlantic Satellite Corporation, 2011
- [18] Fig. 3-11 Resolver.
http://www.robots-argentina.com.ar/sensoresangulares_resolver.htm
- [19] Fig. 3-12 ACU o Unidad de Control Automático RC2500B, Fig. 3-14 Teclado del ACU, Fig. 3-15 Modo de operación 'MANUAL', Fig. 3-16 Modo de operación 'AUTO', Fig. 3-17 Modo de operación 'REMOTE', Fig. 3-18 Modo de operación 'TRACK', Fig. 3-19 Modo de operación 'SETUP', Fig. 3-20 Modo de operación 'DELETE', Fig. 3-21 Modo de operación 'RESET', Fig. 3-22 Modo de operación 'CONFIG', Fig. 4-1 Conexiones en panel posterior del ACU, Fig. 4-2 Diagrama eléctrico y acotaciones del Resolver, Tabla 4-1 Descripción de los pines en J2, J3 y J4 para los Resolvers, Fig. 4-4 Cableado en el AIU y diagrama del "switch" limitador de movimiento, Tabla 4-2 Descripción de los pines del conector J7 para la AIU, Tabla 4-3 Descripción de los pines del conector J6 auxiliar, Tabla 4-4 Definición de los pines para el AGC, Anexo 5 Plano Ecuatorial de la Tierra con Satélites en Órbita Geoestacionaria y en Órbita Inclínada, Anexo 6 Seguimiento de la Antena a Satélite en Órbita Inclínada con Búsqueda Inteligente 'Intelli-Search'.
RCI, *Manual RC2500 V1.34*. Research Concepts Inc., 2010
- [20] Anexo 3 Diagrama 1 de Conexiones del Controlador de Motores de Azimut y Elevación del AIU 83-MC4, Anexo 4 Diagrama 2 de Conexiones del Controlador de Motores de Azimut y Elevación del AIU 83MC-4.
Electrospace Systems Inc., *Antenna Control System 93C—23F*. Electrospace Systems Inc., 1991.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rosado, C., *Comunicación por satélite*. Limusa, México, 1994.
- [2] Neri Vela, R., *Comunicaciones por satélite*. Thomson, México, 2003.
- [3] RCI, *Manual RC2500*. Research Concepts Inc., V1.34, E.U., 2010.
- [4] Atlantic Satellite Corporation, *Beacon Tracking Receiver ASC 300C*. Atlantic Satellite Corporation, E.U., 2011.
- [5] Cross Technologies Inc., *Manual Upconverter 2015-59*. Cross Technologies Inc., E.U., 2012.
- [6] Cross Technologies Inc., *Manual Down Converter 2016-34*. Cross Technologies Inc., E.U., 2007.
- [7] Electrospace, *Manual Control de Antena AIU 83MC-4*. Electrospace, E.U., 1980.
- [8] Data Device Corporation, *Synchro/Resolver Conversion Handbook*. DDC, E.U., 1994.