

CAPÍTULO 6

INSTALACIÓN DE LA ESTACIÓN TERRENA



6.1 Equipo utilizado

Para llevar a cabo la instalación de nuestra estación terrena, antes que nada, fue importante contar con todo el equipo y elementos necesarios de acuerdo a nuestros propósitos. El equipo utilizado fue:

- Sistema de antenas.
- Rotores.
- Torre autosoportada.
- Controlador de azimut/elevación.
- Transceptor.
- Medidor de ROE.
- Fuente de poder.
- Computadora.

6.1.1 Sistema de antenas

Antenas

Para nuestra estación terrena utilizamos 2 arreglos de antenas. Las especificaciones de cada arreglo de antenas dependerán del fabricante o proveedor con el que se adquieran, por lo que pueden variar en algunos aspectos. Por ello, es importante decir que de acuerdo a las antenas empleadas, se deben verificar y revisar sus especificaciones de operación.

Las antenas que se emplearon en el desarrollo y la práctica de esta tesis son para la banda de radioaficionados de 2m y 70cm de la marca *Hy-Gain*.

Antena para satélites OSCAR en la banda de 2m (144 – 148 MHz) Modelo 216SAT

Antena con un diseño adecuado para aplicaciones mundiales, utilizable para satélites de radioaficionados en toda la banda de 2m (144 – 148 MHz), pero su mayor rendimiento está en el rango de 145.8 – 146 MHz. También puede ser usada para modos terrestres como repetidora y DX SSB/CW. Tiene la capacidad de trabajar con polarización circular derecha (“*Right Hand Circular Polarization*”, *RHCP*) o izquierda (“*Left Hand Circular Polarization*”, *LHCP*). Es capaz de trabajar en diferentes modos de operación, como el A, B, J, JA, JD, JL, KA, KT y T.

La antena 216SAT cuenta con 16 elementos montados en un tubo de 2.1λ . Cada conjunto de 8 elementos esta designado para proporcionar 10.7 dB de ganancia basada en una disminución cuasi-logarítmica del espaciamiento de los elementos. Tiene una impedancia característica de 50 Ω . Además, este diseño proporciona un patrón de radiación con lóbulos laterales muy pequeños.

Los puntos de alimentación están encapsulados para un tiempo de vida largo para todo tipo de climas y condiciones ambientales. La mayoría de sus componentes son de acero inoxidable.

Un parámetro importante de la antena, como ya hemos visto, es la relación de onda estacionaria (ROE) que ésta presenta, con el fin de determinar si la antena se encuentra dentro del rango aceptable para transmitir y así, no dañar el equipo. Para esta antena, su grafica de ROE se muestra en la Figura 6.1.

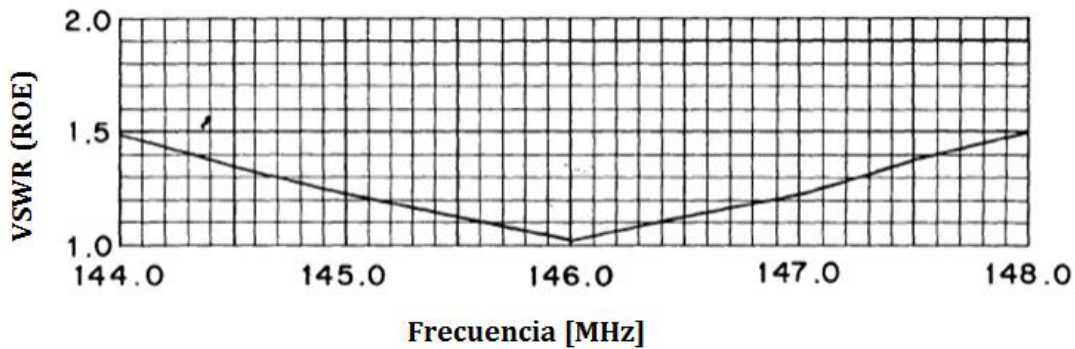


Figura 6.1 Gráfica de ROE de la Antena de la banda de 2m.

Antena para satélites OSCAR en la banda de 70cm (432 - 438 MHz) Modelo UB-730SAT

Antena con un diseño adecuado para aplicaciones mundiales, utilizable para satélites de radioaficionados en toda la banda de 70cm (432 - 438 MHz). Al igual que para la banda de 2m, esta antena maneja polarización circular derecha (RHCP) o izquierda (LHCP). Es capaz de trabajar en diferentes modos de operación, como el B, J, JA, JD, JL, L y S.

Esta antena cuenta con 30 elementos montados en un tubo de 4.2λ . Cada conjunto de 15 elementos esta designado para proporcionar 14 dB de ganancia. Tiene una impedancia característica de 50Ω .

Los puntos de alimentación están encapsulados para un largo tiempo de vida en todo tipo de climas. La mayoría de sus componentes son de acero inoxidable.

Para esta antena, su grafica de ROE se muestra en la Figura 6.2.

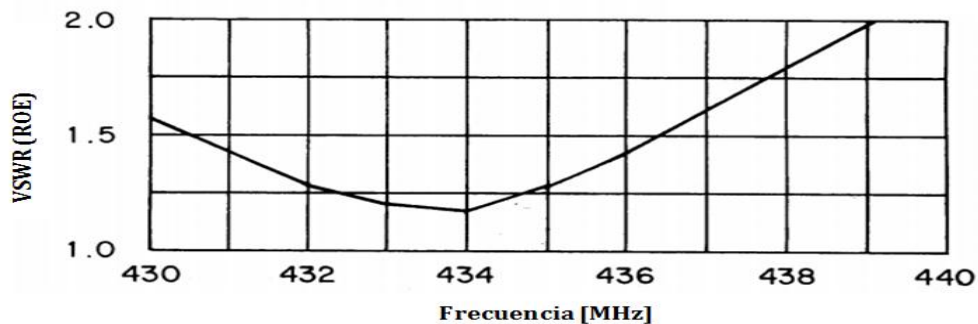


Figura 6.2 Gráfica de ROE de la Antena de la banda de 70cm.

Soporte para los arreglos de antenas

Este elemento es un tubo de fibra de vidrio de alta resistencia de 429 cm, designado para soportar los arreglos de antenas, que al ser de un material no conductor, permiten la polarización circular. Cuenta con cubiertas de metal no resonante en cada extremo que permiten el ajuste de las antenas al brazo sin aplastarlo. Además cuenta con cubiertas de metal ajustables para la posición de las abrazaderas del rotor de elevación, lo que permite al sistema de antenas estar totalmente equilibrada sobre el rotor de elevación, incrementando su fiabilidad.

Balun de antenas

Se encargan de suministrar energía a las antenas. Los balun de las antenas permiten el cambio de polarización circular. Para permitir fases apropiadas se deben conectar las terminales de soldadura de los puntos de alimentación de acuerdo a la polarización que deseemos tener. En realidad, los balun en las antenas están compuestos por un alimentador y un balun (de 4:1).



Figura 6.3 Brazo de fibra de vidrio que sostiene en cada extremo un arreglo de antenas con sus balun.

El costo aproximado de todo el sistema de antenas, incluido antenas, soporte y balun de antenas es de \$ 559.95 USD (\$ 7 562.20 MXN)³⁸.

³⁸ El costo aproximado de cada antena por separado es de \$ 229.95 USD (\$ 3 105.50 MXN) c/u (con su respectivo balun incluido) y el del soporte de \$ 119.95 USD (\$ 1 619.95 MXN).

Cables y conectores para antenas

Los cables utilizados para la conexión de ambos arreglos de antenas con el radio transceptor son cables coaxiales tipo Belden 9913 de 25 m cada uno.

Para la antena de la banda de 2m (144 – 148 MHz) se emplearon conectores PL-259.

Para la antena de la banda de 70cm (432 – 438 MHz) se emplearon conectores tipo N.



Figura 6.4 Conectores para las antenas VHF y UHF.

6.1.2 Sistema de seguimiento

Rotores de azimut/elevación (Rotores az/el)

El sistema de rotores empleado para el apuntamiento y direccionamiento de las antenas está formado por 2 rotores (uno para movimiento en azimut y otro para movimiento en elevación) de la marca YAESU, modelo G-5500. Este sistema cuenta con las siguientes características principales:

- Permite movilidad de 450° en azimut y 180° en elevación.
- Las 2 unidades que conforman el sistema de rotores se encuentran en la intemperie, por lo que presentan resistencia al agua y a otras condiciones climáticas.
- Los rotores pueden ser montados juntos o independientes.
- El voltaje de los motores requiere un voltaje de 24 V AC.

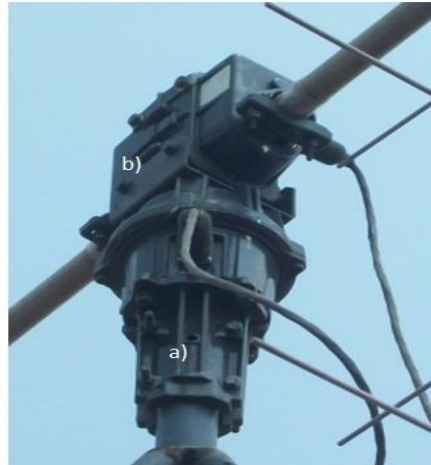


Figura 6.5 a) Rotor de azimut; b) Rotor de elevación

Unidad de control de rotores (Controlador de az/el)

El sistema de rotores empleado cuenta con su propia unidad de control que permite el movimiento de los rotores, correspondiente al modelo G-5500 de YAESU. Esta unidad de control cuenta con 2 paneles, uno frontal y otro trasero y requiere un voltaje de 110 a 120 V o 200 a 240 VAC.

El panel frontal está formado por 2 pantallas analógicas, que a través de su aguja muestran en grados los valores de azimut (de 0° a 450°, escala de 15° en 15°) y elevación (de 0° a 180°, escala de 7.5° en 7.5°), 5 botones, “POWER” (encendido/apagado), “DOWN” y “UP” (para elevación) y “LEFT” y “RIGHT” (para azimut), y 2 potenciómetros para realizar los ajustes de calibración necesarios.

El panel trasero está constituido por 6 tornillos para azimut y 6 para elevación a los cuales se conectarán los cables del rotor correspondiente, y potenciómetros utilizados para los ajustes de calibración, 2 para azimut y 2 para elevación. Cuenta también con un conector de 8 pines, al que de manera opcional se le puede conectar una interfaz Rotor-Computadora que permita un control automático de los rotores, que no es el caso de esta tesis.



Figura 6.6 Controlador az/el. a) Panel frontal. b) Panel Trasero.

El costo aproximado del sistema de seguimiento es de \$ 749.95 USD (\$ 10 128.15 MXN).

Cables y conectores para rotores

Se emplearon 2 cables multiconductores de 6 vías de 20 AWG³⁹ de 25m. En un extremo cada cable tiene un conector de 7 pines para su conexión con el rotor correspondiente, mientras que en el otro extremo se tienen los 6 conductores libres para su conexión con el controlador az/el.

Torre

La estructura empleada para el soporte del arreglo de antenas y rotores de la estación terrena utilizada en esta tesis es una torre autosoportada de sección triangular de una altura de 4 m y de montaje no penetrable. Debido a que la ubicación en la que se encuentra la torre (azotea del Edificio Valdés Vallejo del Anexo de la Facultad de Ingeniería) es lisa y tiene espacio suficiente para la instalación, además de que el peso de las antenas es perfectamente soportable por la torre y la azotea, es que se eligió el empleo de un montaje autosoportado.



Figura 6.7 Torre de la estación terrena.

³⁹ American Wire Gauge es un estándar utilizado para medir los grosores de los cables, donde 20 AWG es igual a 0.81 mm de diámetro.

6.1.3 Sistema de comunicaciones

Transceptor

El transceptor utilizado fue el transceptor multimodal VHF/UHF modelo IC-910H de la marca ICOM. Tiene las siguientes características principales:

- Potencia de salida de hasta 100 W (5 – 100 W en la banda de 144 MHz, 5 – 75 W en la banda de 430 MHz y 1 – 10 W en la banda de 1200 MHz).
- Modos: SSB, CW y FM.
- Trabaja en banda full dúplex.
- Receptor con alto desempeño, alta sensibilidad (0.11 y 18 μ V) y gran selectividad.
- Operación de paquetes a 9 600 bps.
- Dos conectores para comunicaciones digitales de datos.
- Capacidad para control desde PC.
- Capacidad de guardar 328 canales de memoria.
- Potencia de alimentación requerida de 13.8 VDC.
- Control de volumen.
- Atenuador de ruidos.
- Ancho de banda ajustable.
- Sintonización.
- Consumo de corriente
 - Para transmisión de 7 a 23 A
 - Para recepción de 2 a 2.5 A
- Conectores para antenas
 - VHF: PL-259 a 50 Ω
 - UHF: N a 50 Ω
- Conector para micrófono

El costo aproximado de este transceptor es de \$ 1 679 USD (\$ 23 333 MXN).



Figura 6.8 Transceptor IC-910H. a) Panel frontal, b) Panel trasero.

Fuente de poder

La fuente de poder que se utilizó en esta tesis sirvió para alimentar y darle la energía necesaria al transceptor empleado. La fuente utilizada fue una de la marca ASTRON de 35 A y 13.8 V.

El costo aproximado de este transceptor es de \$ 240 USD (\$ 3335 MXN).



Figura 6.9 Fuente de poder ASTRON.

Computadora

La computadora de la estación terrena no requiere de diferentes características a la de una computadora convencional. En el caso de esta tesis únicamente fue utilizada para realizar las predicciones orbitales ya que nuestro sistema es manual.

La computadora utilizada, marca DELL, tiene las siguientes características:

- Sistema operativo Windows XP.
- Memoria RAM de 1 Gb.
- Disco duro de 80 Gb.
- Procesador Pentium 4.

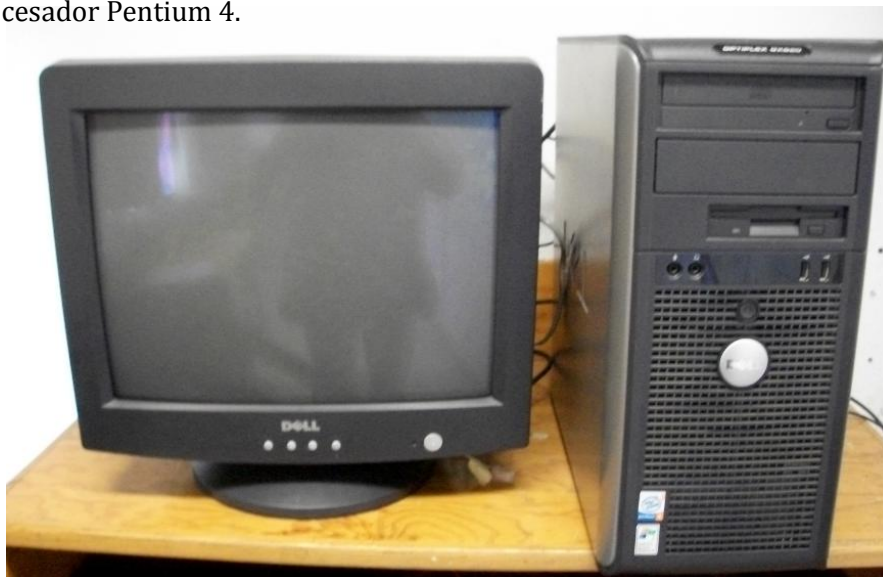


Figura 6.10 Computadora DELL ocupada en la estación terrena.

6.2 Lugar óptimo para colocar la Estación Terrena

Una vez teniendo el equipo adecuado se debe elegir el lugar óptimo para llevar a cabo la instalación de las 2 partes en que se divide la estación terrena:

- 1) Torre, sistema de antenas y sistema de seguimiento.
- 2) Equipo de operaciones y análisis.

Conjunto de torre, sistema de antenas y sistema de seguimiento

Para el caso de esta tesis, la torre y el sistema de antenas y rotores ya estaban montados en una determinada área de la azotea del Edificio Valdés Vallejo del Anexo de la Facultad de Ingeniería de la *UNAM*, en Ciudad Universitaria, por lo que únicamente se realizaron los ajustes necesarios para encontrar la mejor estabilidad del sistema en dicha zona, con el objetivo de que las antenas y rotores tuvieran una correcta operación.

Se consideró la existencia de pararrayos y varias antenas en el área, muchas de ellas platos parabólicos en desuso, que en caso de ser reactivadas pudieran interferir con la operación de nuestra estación terrena. Por ello, fue necesario el empleo de una torre con la suficiente altura para que las antenas pudieran moverse libremente en elevación y no chocaran con el suelo, además se consideró espacios libres alrededor de la torre para el movimiento de azimut de las antenas. Además de la altura, se consideró la distancia que el montaje completo tendría respecto al área de operación y análisis, con el fin de evitar las mayores pérdidas posibles al emplear cables de gran longitud.

La ubicación del montaje se puede ver en la Figura 6.11; como se observa, el lugar elegido es el mejor ya que la torre tiene una altura adecuada que permite evitar interferencias con las antenas que están a sus alrededores (en caso de que estuvieran en operación) en el momento del contacto satelital. Reubicarla en otra área de la azotea (Figura 6.12), como fue pensado en un principio, no fue posible debido a la existencia del pararrayos, el cual ocasionaría un obstáculo e interferencias considerables para que la estación pudiera transmitir y recibir las señales satelitales, y por la reducción de espacios para colocar el montaje.

Finalmente otro elemento importante a considerar fue la seguridad, ubicando el montaje en la parte central de la azotea para reducir riesgos, tanto para las personas que operen directamente el sistema, como para la propia torre evitando que pueda caer desde lo alto del edificio.



Figura 6.11 Ubicación de la estación terrena.



Figura 6.12 Áreas no factibles para la reubicación de la estación terrena.

Equipo de operación y análisis

Para la operación de la estación terrena es necesario contar con un área de trabajo adecuada. Para ello, y de acuerdo a la disponibilidad que se tuvo, se decidió establecer dicha área en una parte dentro de la “Sala de juntas” del departamento de Telecomunicaciones, en el 3er piso del Edificio Valdés Vallejo, la cual está casi por debajo de la ubicación del montaje. El lugar elegido fue determinado por la necesidad de requerir un área lo suficientemente ventilada para evitar grandes aumentos de temperatura en los equipos y al mismo tiempo un área limpia, para evitar que el equipo utilizado pueda dañarse fácilmente con polvo.

El equipo utilizado para la operación y análisis está formado por una fuente de poder, un transceptor, un controlador az/el y una computadora. En muchos casos se emplea un TNC⁴⁰ como parte de este equipo, para la recepción de telemetría en paquetes, pero en el caso de esta tesis no se utilizó debido a que los satélites contactados no transmiten telemetría en paquetes mientras estén fuera del alcance de su estación terrena.



Figura 6.13 Equipo de operación de la estación terrena.

Debido a que el sistema utilizado para la operación de la estación terrena es manual, la colocación del controlador az/el y el transceptor se realizó como se ve en la Figura 6.13, ya que en dichas posiciones es más fácil la manipulación del equipo para realizar un buen ajuste por el efecto Doppler⁴¹.

6.3 Instalación y configuración del sistema de antenas y sistema de seguimiento

La instalación del sistema de antenas y de seguimiento de nuestra estación terrena ya se encontraban realizadas, en la cual, la torre soporta los 2 rotores, atravesados por el tubo de fibra vidrio encargado de sostener el sistema de antenas (en uno de sus extremo la antena de VHF y en el otro la de UHF). Por lo tanto, lo único que se realizó fue la revisión de cada uno de los elementos que conformaban estos sistemas, para asegurar su correcto funcionamiento.

⁴⁰ El TNC que se tenía pensado utilizar en esta tesis debido a que ya se cuenta con él es el PK-232/PSK de la marca Timewave.

⁴¹ Colocación adecuada para personas diestras. En caso de que la persona que utilice la estación terrena sea zurda, se recomienda colocar el transceptor y controlador az/el de forma invertida.

Una vez hecha la revisión, se realizó la conexión de los cables entre las antenas y rotores con el transeptor y controlador az/el respectivamente. Para ello se hizo un análisis del lugar, eligiendo un camino seguro para los cables, evitando principalmente:

- a) Que puedan ser dañados por el sol, el calor, la lluvia, o cualquier otra condición climática.
- b) Que queden estirados y puedan jalarse y dañarse.
- c) Algún accidente con personas que puedan pasar por ahí.

En base a dicho análisis se eligió pasar los 4 cables a través de un ducto que comunica la azotea con el área de *Sala de Juntas*, donde se encuentra el equipo de *operación y análisis*.

6.3.1 Sistema de antenas

Para la configuración del sistema de antenas se verificó que se encontrara calibrado y que funcionaran adecuadamente. Para ello, lo que se hizo fue observar que al mover los rotores de azimut y elevación, las antenas siguieran el movimiento de acuerdo a ellos, es decir, si los rotores se movían en cualquiera de los 2 parámetros (azimut y elevación), las antenas siguieran ese movimiento sin atorarse o sin barrerse en ningún sentido. Sin embargo, al realizar las pruebas de configuración, sucedieron ambas cosas. Por un lado, los cables de las antenas se atoraron a la hora de mover los rotores, por lo que buscamos la manera de acomodar los mismos de tal forma que a la hora del movimiento no se atoraran con la torre, principalmente con algunos tornillos de la misma, que eran los que causaban dicho desajuste. Por otro lado, también nos percatamos que las antenas se barrían de la parte donde se sujetaban con el brazo de fibra de vidrio. Por ello, también fue necesario revisar los tornillos que sujetaban a cada uno de los arreglos de antenas para ajustarlos debidamente al brazo de fibra de vidrio y con ello impedir el barrido.

6.3.2 Sistema de seguimiento

Los cables se tienen que conectar de acuerdo al esquema de la Figura 6.14.

Para la conexión, se conecta cada cable a las terminales en el panel trasero del controlador, asegurándose de que los conductores coincidan con los tornillos correspondientes y se inserta el conector del cable del otro extremo a su correspondiente rotor.

Una vez hecho la conexión, se procede a verificar el funcionamiento del sistema, mediante el siguiente procedimiento:

1. Se asegura que el controlador az/el este apagado y se conecta a la corriente eléctrica.
2. Se enciende el controlador az/el y se verifica que los medidores se iluminen.
3. Se presiona el botón "UP" y se verifica que el rotor de elevación gire conforme la aguja de medición se mueve hacia la derecha (hacia 180°).

4. Se hace lo mismo que el punto anterior presionando el botón “DOWN”, verificando que el rotor gire conforme la aguja se mueve a la izquierda (hacia 0°).
5. Se presiona el botón “LEFT”, para hacer girar el rotor de azimut en dirección contraria a las manecillas del reloj y la aguja del medidor hacia la izquierda (hacia 0°).
6. Se presiona el botón “RIGHT” para girar el rotor de azimut en dirección de las manecillas del reloj y la aguja del medidor hacia la derecha (hacia 360°).

Nota: Si se da el caso en que la operación de alguno de los 4 botones de la unidad de control az/el, no ocurre como se indicó, se verifican errores en los cables y conexiones correspondientes.

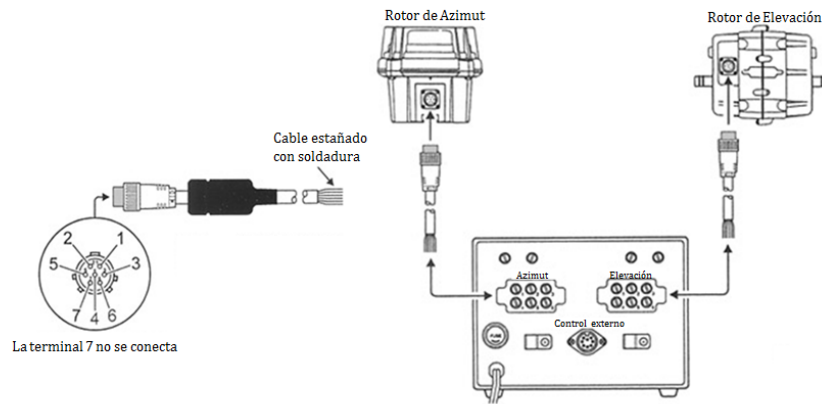


Figura 6.14 Conexiones del controlador az/el con los rotores.

Ajuste y calibración del sistema de seguimiento

Una vez que las antenas están montadas en los rotores y éstos al torre, se realiza la calibración de los rotores y las antenas para poder realizar un seguimiento correcto y lograr el contacto satelital. Para ello, se utiliza el controlador az/el.

Ajuste en azimut

Para realizar el ajuste del azimut se deben verificar 2 cuestiones fundamentales: la primera que el rotor y por tanto las antenas, giren los 360° que proporciona el sistema, y la segunda, que las antenas estén apuntando hacia el Norte magnético cuando el controlador indique 0° en azimut.

Para iniciar con el ajuste de azimut, primeramente se coloca la aguja correspondiente del controlador az/el en la posición de 0°. Se procede a verificar que el rotor y las antenas giren adecuadamente de 0° a 360°. Para ello, se tienen 2 pequeñas marcas en el rotor de azimut (Figura 6.15) que sirven de referencia para el giro; cuando el controlador esté en 0°, estas marcas deben coincidir y cuando se desplace a 360°, las marcas deben volver a coincidir, lo que indicará que el rotor de azimut esta calibrado y que funciona correctamente. En caso de que no suceda así, se procede al ajuste de la calibración del rotor. Para ello se observa si en 0° las marcas del rotor coinciden, si es así, entonces con el controlador se desplace el rotor hasta

que la aguja marque 360° ; al no estar calibrado las marcas no coincidirán en 360° , por lo que al mover el rotor se debe hacer coincidir las marcas para que éste haya girado 360° . Una vez hecho esto se observa que la aguja no está posicionada en la marca de 360° , por lo que con el potenciómetro “ADJ FULL SCALE” de la parte de azimut en el panel trasero del controlador y se ajusta hasta hacer coincidir la aguja a 360° . Después de esto, se mueve el rotor para volver a hacer coincidir las marcas y se verifica que la aguja marque 0° ; si esto es así, entonces el rotor habrá quedado calibrado, en caso contrario, se hace el ajuste de la aguja a 0° moviendo el potenciómetro “0 ADJ” localizado en el panel frontal. Se repetirá este proceso hasta lograr que el rotor (junto con las antenas) se desplace y marque correctamente en el controlador. Una vez obtenido esto, el rotor de azimut estará calibrado.

Una vez logrado lo anterior, se procede al ajuste del apuntamiento de las antenas hacia el Norte magnético con la ayuda de una brújula. Las antenas deben apuntar al Norte magnético cuando el controlador az/el marque 0° en azimut (respetando la calibración hecha anteriormente). Para dicho ajuste, las antenas se deben mover hacia la dirección que apunte la brújula. Para ese movimiento se aflojan los tornillos que sujetan al rotor de azimut a la torre, como se ve en la Figura 6.15. Una vez aflojados, se gira el arreglo de antenas y rotores hacia la dirección necesaria para que apunten al Norte magnético; al estar en dicha posición, nuevamente se aprietan y ajustan los tornillos del rotor al mástil. Con esto se habrá logrado la calibración y correcto apuntamiento del arreglo de antenas respecto al rotor de azimut.

Ajuste en elevación

Para el ajuste en elevación, se realiza un proceso similar al de azimut. Se coloca la aguja correspondiente del controlador az/el en 0° , valor con el cual las antenas deben estar en posición horizontal. El rotor de elevación cuenta con 2 marcas de referencia a 0° (Figura 6.15). Se hacen coincidir las marcas y, en caso de que las antenas estén en posición totalmente horizontal, se procede a mover el controlador en elevación a 90° para que las antenas queden en posición totalmente vertical (se verifica que las marcas de referencia se hayan desplazado 90° y que las antenas estén verticales); posteriormente se mueven a 180° y se vuelve a verificar la posición horizontal de las antenas. Si todo está correcto, el sistema en elevación está calibrado.

En caso de que las antenas no coincidan en alguna o ninguna de sus posiciones, lo que se hace es posicionarlas horizontal y verticalmente sin importar el valor que marque la aguja de elevación, y posteriormente se ajusta la aguja con los tornillos de “0 ADJ” (para ajustar a 0°) y “ADJ FULL SCALE” (para ajustar a 180°), las veces que sean necesarias para lograr la calibración del sistema, como se hizo en el ajuste de azimut.

En caso que las antenas no logren quedar en posición horizontal ni vertical, es necesario aflojar la pieza en forma de “U” que sostiene las antenas en cada extremo del tubo de fibra de vidrio y mover las antenas hasta obtener la posición deseada (Figura 6.15). Igualmente se ajusta el tubo de fibra de vidrio en su cruce por el rotor (Figura 6.15) aflojando las piezas en “U” que lo sostienen.

Una vez realizado lo anterior, se vuelven a hacer los ajustes mencionados con el controlador az/el para lograr la calibración del arreglo respecto al rotor de elevación.

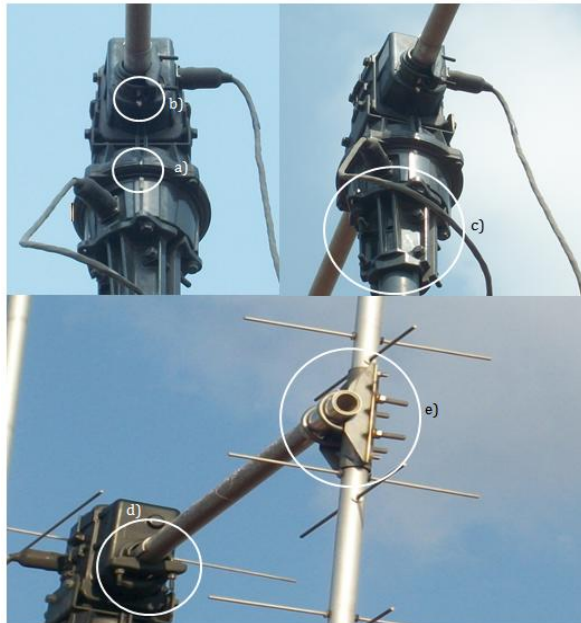
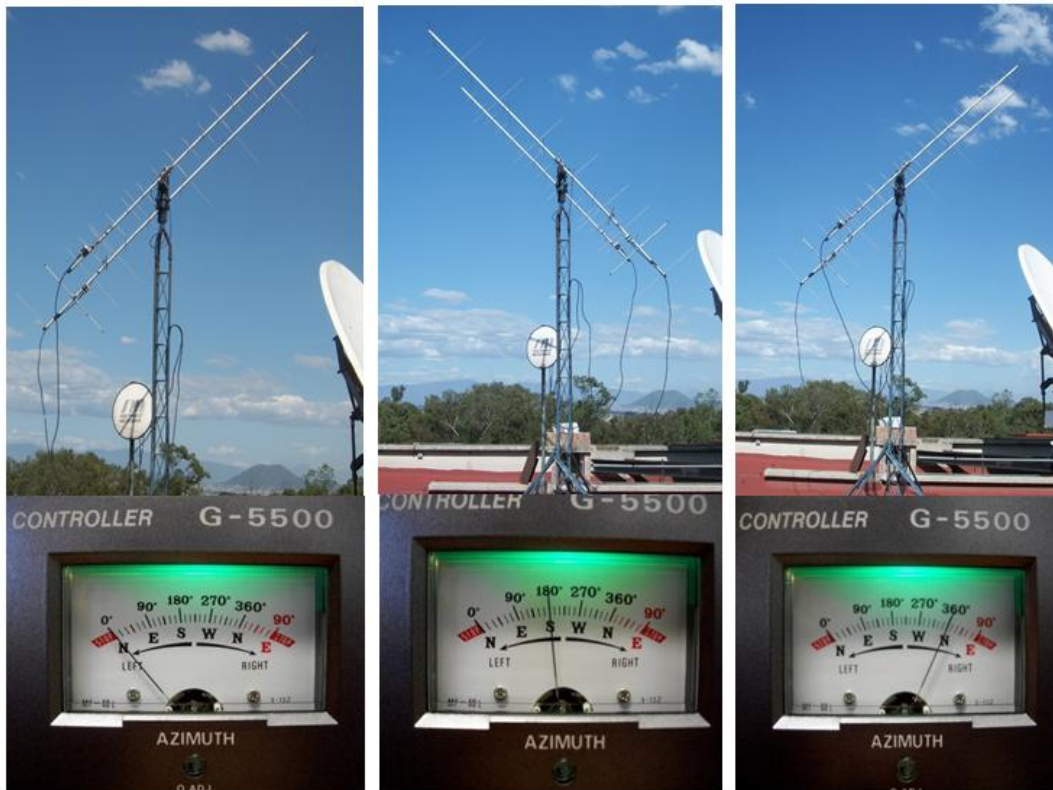


Figura 6.15 a) Marcas del rotor de azimut, b) Marcas en el rotor de elevación, c) Tornillos para la calibración en azimut, d) y e) Tornillos para la calibración en elevación.



a)

b)

c)

Figura 6.16 Elevación fija en 135° a) Azimut 0°, b) Azimut 180°, c) Azimut 360°.

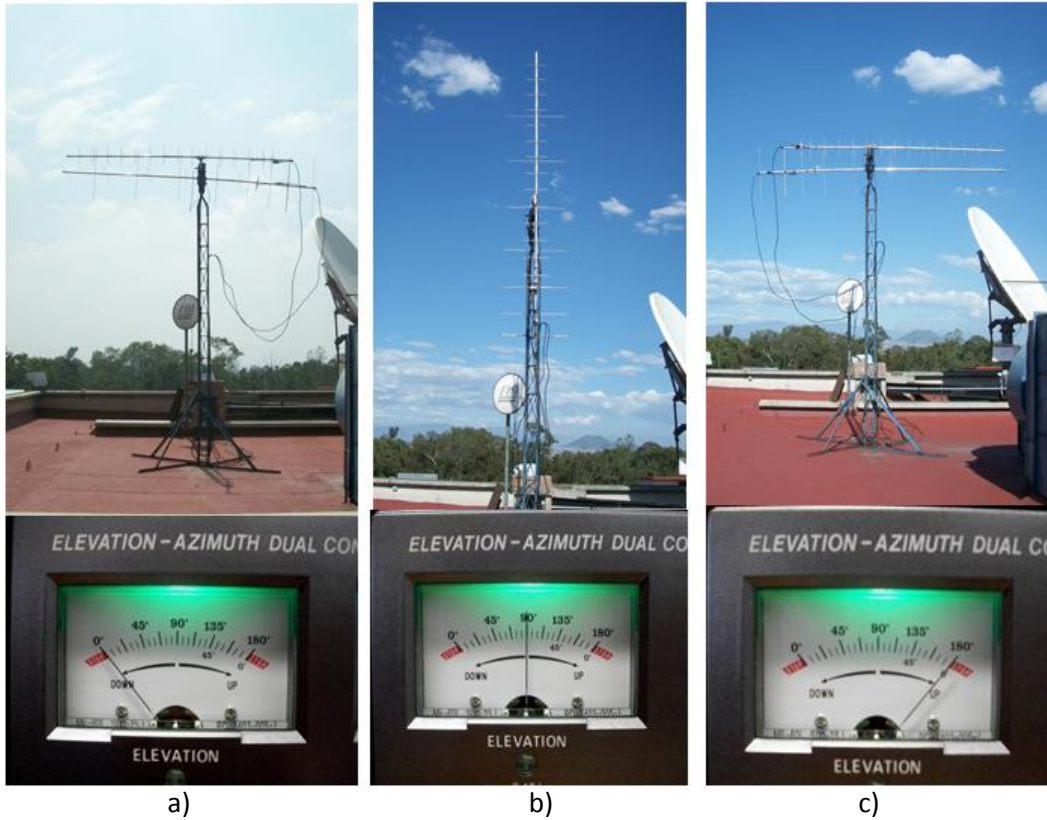


Figura 6.17 Azimut fijo en 0° a) Elevación 0°, b) Elevación 90°, c) Elevación 180°.

6.4 Instalación y configuración del transceptor

Antes de la operación de la estación terrena, fue necesario hacer pruebas de medición de ondas estacionarias para poder verificar que todo estuviera acoplado y que no hubiera ondas reflejadas que pudieran dañar el equipo.

6.4.1 Medición de onda estacionaria

Para la medición de onda estacionaria se utilizó un medidor de potencias bidireccional modelo 164B de la marca LSI Sierra⁴², el cual permitió conocer el valor de la ROE. En caso que la ROE no esté dentro del rango aceptable es necesario detectar la falla y corregirla antes de realizar algún tipo de transmisión.

Se conectó el transceptor a la fuente de poder y al medidor de potencia bidireccional y este último, a la línea de transmisión conectada a la antena en prueba. El proceso para la medición de ondas estacionarias se realiza de la misma manera para ambas antenas (VHF y UHF).

⁴² Opera en el rango de frecuencias de 144 a 479 MHz y de potencias de 100 mW a 1 kW.



Figura 6.18 Conexión para medición de Onda Estacionaria.

Una vez realizadas las conexiones se realiza la medición de onda estacionaria, colocando la escala del medidor de potencias adecuada a la potencia que el transceptor este transmitiendo y en el medidor de potencia se coloca la flecha en el sentido correcto que se desea medir. Para la potencia transmitida o directa, se coloca la flecha del medidor de potencias hacia la izquierda y para ver la cantidad de esa potencia que se regresa al sistema, se coloca la flecha del medidor de potencias hacia la derecha.

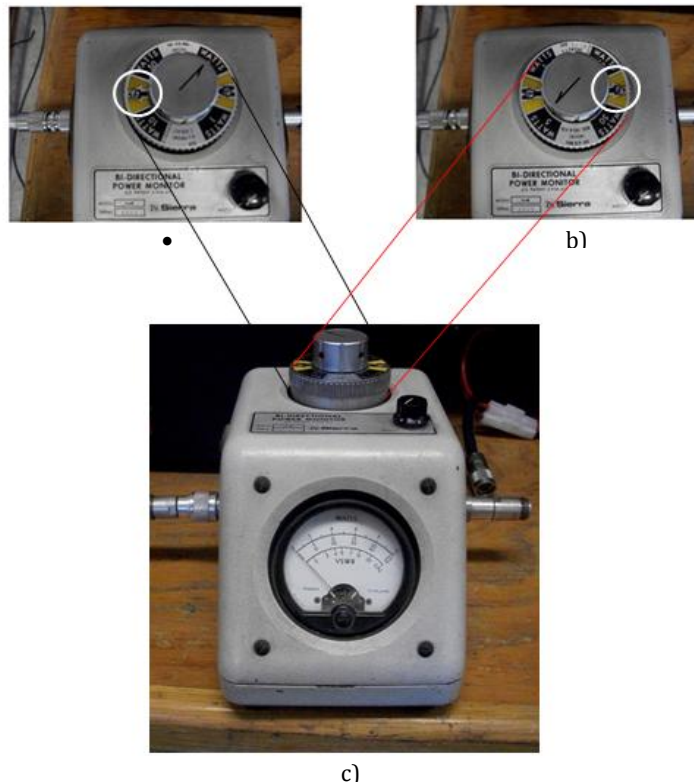


Figura 6.19 a) Medición en sentido directo, b) Medición en sentido indirecto, c) Medidor de potencias bidireccional.

El medidor de potencia se debe colocar en una escala tal que permita la medición de la potencia con la que trasmite el transceptor. Las escalas posibles del medidor de potencia utilizado son: 1 W, 5 W, 10 W y 50 W.

Para la transmisión, el medidor de potencia debe marcar la potencia con la que el transceptor está transmitiendo. Si esto ocurre significa que se está transmitiendo correctamente, en caso contrario se debe revisar alguna falla en el equipo, cables o conectores.

Para medir la potencia reflejada, como se indicó arriba, se cambia la dirección de la flecha del medidor de potencia y se transmite, el medidor de potencia debe marcar una potencia muy baja, tal que permita un ROE en el rango de 1:1 a 1.5:1, para que se pueda operar el sistema sin dañar el equipo.

Una vez teniendo ambos valores (potencia transmitida y potencia reflejada), se pudo obtener el valor de ROE.

Para obtener la ROE, y debido a que los valores leídos del medidor de potencias son potencias, se utilizó la fórmula de ROE de relación de potencias vistas en el capítulo 4:

$$ROE = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1 + \rho}{1 - \rho} \quad ; \quad \rho = \frac{\sqrt{P_r}}{\sqrt{P_i}}$$

a) Para la antena de la banda de 2m (VHF - 145 MHz):

$$\begin{aligned} P_i &= 5 \text{ W} \quad ; \quad P_r = 1.7 \text{ W} \\ \rho &= \frac{\sqrt{P_r}}{\sqrt{P_i}} = \frac{\sqrt{1.7 \text{ W}}}{\sqrt{5 \text{ W}}} = 0.58 \\ ROE &= \frac{1 + \rho}{1 - \rho} = \frac{1 + 0.58}{1 - 0.58} = 3.79 \end{aligned}$$

$$ROE = 3.79$$

b) Para la antena de la banda de 70cm (UHF - 437 MHz):

$$\begin{aligned} P_i &= 50 \text{ W} \quad ; \quad P_r = 0.9 \text{ W} \\ \rho &= \frac{\sqrt{P_r}}{\sqrt{P_i}} = \frac{\sqrt{0.9 \text{ W}}}{\sqrt{50 \text{ W}}} = 0.13 \\ ROE &= \frac{1 + \rho}{1 - \rho} = \frac{1 + 0.13}{1 - 0.13} = 1.29 \end{aligned}$$

$$ROE = 1.29$$

Un valor de ROE aceptable debe estar entre 1 y 1.5 para que la transmisión pueda efectuarse y no dañe el equipo.

Al observar los resultados obtenidos para la banda de 2m y 70cm se concluyó que:

- La ROE para la banda de 2m está por encima del rango aceptable para poder transmitir.
- La ROE para la banda de 70cm está dentro del rango aceptable para poder transmitir.

Debido a que la ROE obtenida para la banda de 2m fue mala, se debe detectar la falla antes de realizar algún tipo de transmisión en esta banda. Para ello fue necesario realizar algunas pruebas.

Surgieron algunas hipótesis:

1. Falla en el tramo entre el transceptor y el medidor de potencia bidireccional.
2. Falla en la línea de transmisión.
3. Falla en el balun de la antena.

El primero de ellos fue descartado ya que para la antena que opera en la banda de 70cm la ROE obtenida resultó dentro del rango aceptable, y si este tramo estuviera dañado también se hubiera obtenido una ROE fuera del rango aceptable para esta banda.

Para realizar las pruebas de las otras 2 hipótesis, se utilizó una carga de 50 Ω capaz de soportar hasta 250 kW de potencia. El valor de esta carga es para que el sistema quedara acoplado, ya que los cables, las entradas del transceptor y el balun de antenas tienen impedancia de 50 [Ω].

Primeramente se conectó directamente la carga al medidor de potencia. Si la ROE obtenida estuviera dentro del rango aceptable se verifica que la falla no está en el tramo entre el transceptor y el medidor de potencia y que sí está en la línea de transmisión o en el balun de la antena. Para verificar esto, recordando que en la transmisión la antena es la carga, se conecta la carga al final de la línea de transmisión, es decir, en lugar de la antena. Si la ROE obtenida estuviera dentro del rango aceptable se podría concluir que la falla está en el balun de la antena, y si la ROE estuviera fuera del rango, se concluye que la falla está en la línea de transmisión.

Al realizar las pruebas de estas hipótesis se obtuvieron los siguientes resultados:

- a) Conexión directa de la carga al medidor de potencia:

$$P_i = 50 \text{ W} \quad ; \quad P_r = 0.2 \text{ W}$$

$$\rho = \frac{\sqrt{P_r}}{\sqrt{P_i}} = \frac{\sqrt{0.2 \text{ W}}}{\sqrt{50 \text{ W}}} = 0.06$$

$$ROE = \frac{1 + \rho}{1 - \rho} = \frac{1 + 0.06}{1 - 0.06} = 1.13$$

$$ROE = 1.13$$

b) Conexión de la carga reemplazando la antena:

$$P_i = 50 W \quad ; \quad P_r = 0.7 W$$

$$\rho = \frac{\sqrt{P_r}}{\sqrt{P_i}} = \frac{\sqrt{0.7 W}}{\sqrt{50 W}} = 0.12$$

$$ROE = \frac{1 + \rho}{1 - \rho} = \frac{1 + 0.12}{1 - 0.12} = 1.26$$

$$ROE = 1.26$$

Observando los resultados, al obtener los valores de ROE dentro del rango aceptable, se comprobó que la falla estuvo en el balun de la antena, por lo que no fue conveniente transmitir en la banda de 2m debido a que podría dañar el transceptor.

Por otro lado, es importante mencionar que en estas condiciones sí se pudo realizar la recepción satelital en ambas bandas (2m y 70cm) ya que únicamente se recibió y no hubo ondas que se regresaran y dañaran el equipo.



Figura 6.20 Carga de prueba.



Figura 6.21 Conexión para medir fallas en la antena.

Finalmente, después de la realización de las pruebas de medición de ondas estacionarias, se conectó el radio transceptor a las antenas.

Para la configuración del radio transceptor se grabaron en él, las diferentes frecuencias con las que operan los distintos satélites que se contactaron, con el fin de tener una mayor facilidad en la operación del radio y la realización de las pruebas. Se puede decir que la configuración del transceptor fue distinta para cada satélite contactado.

Para saber el procedimiento de grabación de frecuencias en la memoria del transceptor, se consultó el manual de operación del radio empleado.

6.5 Conexiones finales

Una vez realizado el montaje y calibración del conjunto de antenas y rotores con la torre así como la verificación de ROE se realizaron las conexiones finales de la estación terrena. Estas conexiones se muestran en la Figura 6.22.

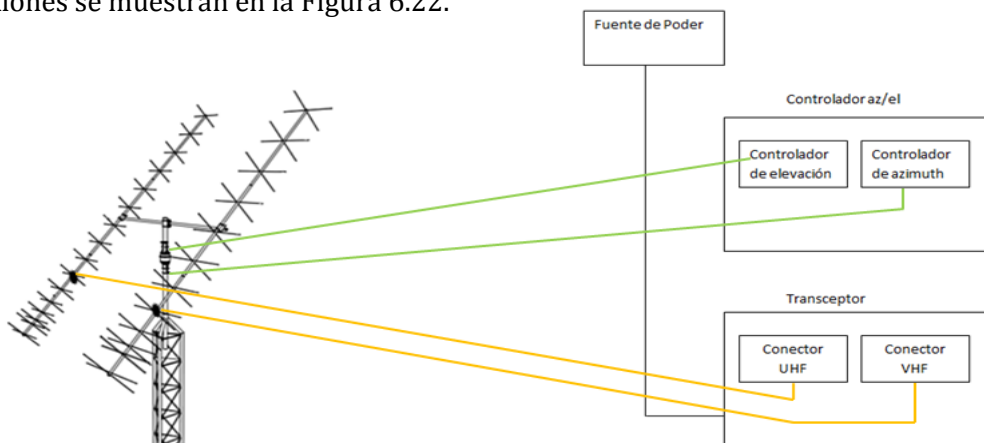


Figura 6.22 Conexiones de la estación terrena.

Se conectaron los 2 cables coaxiales al balun de cada antena y los cables multiconductores de 6 vías a los rotores, uno para el de azimut y otro para el de elevación. Estos 4 cables se llevaron al área de *operación y análisis* a través del ducto mencionado. Una vez ahí, los cables provenientes de los rotores se conectaron a su correspondiente sección en la controlador az/el: el cable del rotor de azimut a la sección de azimut y el cable del rotor de elevación a la sección de elevación. Por otro lado, los cables provenientes de las antenas se conectaron al transceptor. Es importante recordar que el transceptor tiene 2 tipos de entradas, una para VHF y otra para UHF.

Finalmente, el controlador az/el se conectó a toma de corriente alterna para su alimentación, mientras que el transceptor a la fuente de poder, ya que requiere de voltaje directo para poder funcionar. Por último, La computadora (usada para las predicciones orbitales) también se conectó a una toma de corriente alterna.

En caso de haber utilizado un TNC este debió ser conectado al transceptor y a su vez el TNC conectarse a la computadora.



Figura 6.23 Estación Terrena.