

# Montaje e implementación de una estación terrena satelital para el seguimiento de satélites de órbita baja

**Carlos Augusto Nonsoque Quintero**

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia, nonsoque86@hotmail.com

**Julián David Molano Peralta**

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia, david\_julian\_6@hotmail.com

**Consejero de la Facultad;**

**Jorge Enrique Espíndola Díaz**

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia, jespindola@uptc.edu.co

## RESUMEN

El presente artículo muestra los resultados de una investigación acerca de estaciones terrenas de seguimientos a picosatélites, la cual hace parte del proyecto "Diseño e implementación de una estación terrena para satélites de órbita LEO (Low Earth Orbit)" que se desarrolla en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por parte del grupo INFELCOM. El artículo presenta el marco referencial y los resultados de dicha investigación.

El objetivo principal consiste en el montaje e implementación de una estación terrena para seguimiento de satélites de órbita baja, cuya implementación este ligada a normativas y lineamientos nacionales e internacionales con respecto a la utilización del espectro electromagnético para su uso en radiocomunicaciones, basados en buenas prácticas de comunicación que garantice que el sistema de comunicaciones implementado no interfiera en otros tipos de enlaces de mayor prioridad que el desarrollado en este proyecto.

**Palabras claves:** Estaciones terrenas, radio enlace, rastreo satélite.

## ABSTRACT

This paper presents the results of research on tracking ground stations to pico, which is part of the project "Design and implementation of a ground station for satellite LEO<sup>1</sup> (Low Earth Orbit)" that develops in the Pedagogical and Technological University of Colombia by the group INFELCOM<sup>2</sup>. The article presents the framework and the results of such research.

The main objective in assembling and deploying a ground station for satellite tracking o flow orbit, whose implementation the policy and linked to national and international guidelines regarding the use of the electromagnetic spectrum for use in radio, based on best practices communication to ensure that the communications system implemented does not interfere with other types of links a higher priority than the one developed in this project.

**Keywords:** Earth stations, radio link, satellite tracking.

## 1. INTRODUCCIÓN

La investigación en las aulas de clase de las universidades es uno de ejes fundamentales en la formación de los profesionales, de esta forma surge el interés por el estudio de temáticas que relacionan uso de tecnologías

<sup>1</sup> LEO: (Low Earth Orbit). Satélites de órbita

<sup>2</sup> INFELCOM: Grupo de investigación en Informática, Electrónica y Telecomunicaciones.

aeroespaciales, tales como estudio de elementos que se encuentren orbitando en el espacio como satélites, estaciones internacionales entre otros.

Estos elementos que se encuentran orbitando en el espacio cumplen funciones de vital importancia en nuestra sociedad, ejecutan operaciones de comunicación, operaciones de telemetría, operaciones de seguimiento las cuales generan un sin número de información, a la cual está sujeta el desarrollo de la humanidad. Por la importancia de la información proporcionada por estos elementos orbitales se requiere usar tecnología para la recepción y manipulación de esta información, de la justificación anterior nace la idea del proyecto: montaje e implementación de una estación terrena para el seguimiento de satélites de órbita baja.

Este proyecto reúne diferentes etapas o proyectos como: diseño del sistema de comunicaciones de una estación terrena para satélites de órbita LEO”, “diseño de estación terrena para picosatélites e implementación de software para el movimiento autónomo de antenas”; los cuales hacen parte del macro proyecto adscrito en la DIN<sup>3</sup> a cargo del grupo de investigación INFELCOM y su semillero de comunicaciones conformado por estudiantes y docentes del programa de Ingeniería de Sistemas y Computación de la UPTC.

El proyecto “**Montaje e implementación de una estación terrena para el seguimiento de satélites de órbita baja**” presenta un estudio de normativas y lineamientos necesarios para el seguimiento de satélites de órbita baja, esquemas y montaje de una estación en tierra, calibración y puesta a punto de equipos electrónicos de la estación terrena, planeación y ejecución de un protocolo de pruebas. Es necesario tener en cuenta que este es un proyecto académico lo cual implica una serie de restricciones legales con respecto al uso del espectro radioeléctrico y a disposiciones de montaje de la estación, impartidas por parte del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Colombia.

Colombia en sus últimos años se ha visto seducida por el desarrollo de investigaciones en el área de tecnologías aeroespaciales, en donde se enmarcan macro proyectos tales como: pico satélites Cubesat de la universidad distrital de Bogotá. Lo cual genero la idea de la concepción de estaciones en tierra para seguimiento de estos satélites, en donde se incluyo al proyecto “**Montaje e implementación de una estación terrena para el seguimiento de satélites de órbita baja**” como la segunda estación terrena en Colombia para seguimiento de satélites de órbita baja y la primera de este tipo en el centro oriente colombiano.

Este tipo de proyectos se conciben netamente como proyectos académicos en donde se intenta explotar al máximo herramientas de estudio de tecnología aeroespacial, que apoyen el desarrollo del profesional integro en telecomunicaciones. Sin olvidar que estos tipos de proyectos con una buena inversión de capital ofrecerán desarrollos tecnológicos a nivel regional y nacional, en el area de tecnologías aeroespaciales.

## 2. CONCEPTUALIZACIÓN

A continuación se mostrara un estudio sobre lineamientos y normativas correspondientes al montaje e implementación de una estación terrena satelital en Colombia, de la misma forma se muestra un resumen sobre el estudio de arquitecturas de montaje de estaciones terrenas y frecuencias de trabajo para el uso de espectro electromagnético.

### 2.1 ORBITA LEO.

Las orbitas de los satélites LEO se sitúan entre los 800 y los 1600 Km sobre la superficie de la tierra. En la actualidad los servicios de telecomunicaciones se enfocan en los satélites de órbita LEO. Debido a que poseen propiedades significativas que han disparado la atención a los servicios que prestan. La principal característica de estos satélites se centra en que sus tiempos de retardo son muy cortos, lo cual permite prestar servicios de forma interactiva. En segundo lugar la distancia recorrida por la señal es corta, lo cual permite que la intensidad de la señal que llega al receptor sea de óptima calidad. Los terminales de recepción utilizados para el enlace con estos

---

<sup>3</sup> DIN: Dirección de investigación de la UPTC

tipos de satélites no deben poseer grandes sistemas de antenas para garantizar la recepción de la señal, simplemente con el uso de pequeñas antenas garantiza un enlace de calidad, como se describe en [1].

## 2.2 PICOSATÉLITES.

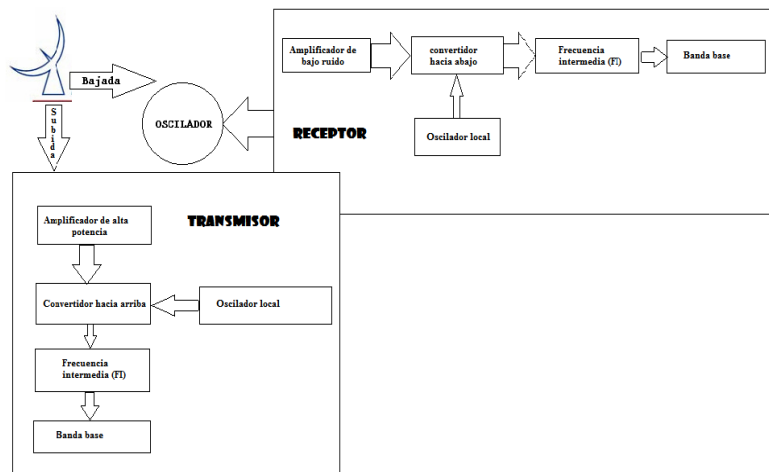
Para definir el término de Picosatélites es necesario conocer el concepto de satélite artificial. Tomando como referente a Prochnow, Cupertino Durão y Schuch [2] los cuales lo definen de la siguiente manera, “un satélite artificial es un sistema que gira en torno a nuestro planeta”. Estos satélites se clasifican según su tamaño en grandes, medianos y pequeños. Los últimos mencionados se subdividen en 5 categorías, una de ellas corresponde a la gama de Picosatélites, caracterizados porque su masa oscila entre los 0.1 Kg y 1 Kg y su tamaño no supera al cubo de 10 cm de arista.

## 2.3 SEGMENTO TERRESTRE.

Se denomina segmento terrestre a las estaciones o nodos de recepción en tierra utilizadas para la comunicación con satélites, la descripción de una estación terrena se rige según [3] como “una serie de equipos de comunicaciones y de computo interconectados entre sí, de los cuales el más representativo y conocido es su antena o reflector parabólico”. Este término de estación terrena se asocia con cualquier terminal de comunicación con satélites sin importar si se encuentra estático o en movimiento, considerándose pieza fundamental en los modelos de comunicación tanto de subida como de bajada ya sea para recibir o transmitir una señal.

## 2.4 ARQUITECTURA DE UNA ESTACIÓN TERRENA.

Una estación terrena es pieza fundamental en los modelos de comunicación tanto de subida como de bajada ya sea para recibir o transmitir una señal, la cual consta básicamente de cuatro segmentos



**Figura 1: Arquitectura básica de una estación terrena.**

según [4]: el primer segmento posee un modulador de frecuencia intermedia (FI) para la transmisión y para el caso de recepción consta de un demodulador de FI. En la segunda etapa es un convertidor hacia arriba de FI a ondas de radiofrecuencia (RF) para transmisión y para la recepción un convertidor descendente de RF a IF. La tercera parte es un amplificador de alta potencia (HPA) para la transmisión y para la recepción se utiliza un amplificador de bajo ruido (LNA). Y por último encontramos el componente más importante de la estación terrena como son las antenas. En la figura 1 se mostrará la estructura descrita.

## 2.5 DISEÑO TRADICIONAL “MONOLÍTICO”.

El diseño tradicional se fundamenta en el uso de equipos comerciales conectados entre sí, lo cual incrementa el costo del sistema y restringe la transparencia en el diseño. En general, la recepción y transmisión de la señal en una

estación en tierra se realiza en diferentes frecuencias, siendo posible el procesamiento simultaneo de solo una frecuencia en cada sentido.

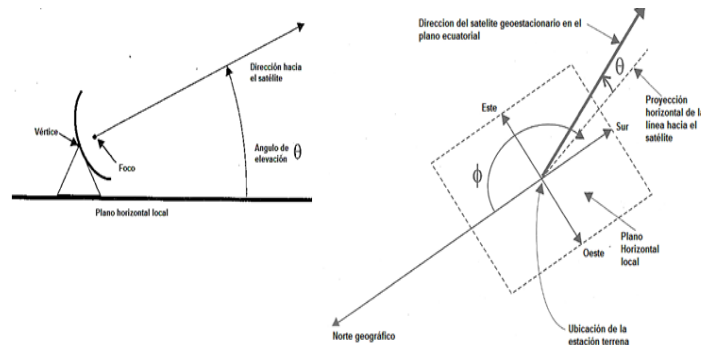
La estación en tierra se compone de los siguientes elementos según [5] :

- **Antenas:** la elección de las antenas apunta principalmente al tipo de frecuencias a utilizar en el enlace, para el caso de enlace con satélites educativos se emplean las bandas de radioaficionados VHF, UHF para las cuales el tipo de antenas más recomendados son las yaguis y las tipo hélices, si la ganancia de la antena no es la adecuada para realizar un enlace de comunicaciones optimo, se pueden agrupar varios elementos radiantes conformando un array<sup>4</sup>.
- **Mecanismo de servomotor:** compuesto por un sistema de rotor que apunta las antenas mecánicamente a la dirección del satélite, las coordenadas utilizadas para el apuntamiento son entregadas por un software a través del puerto de control.
- **Transceptor:** se encarga de trasladar la información modulada a una portadora en la frecuencia del radioenlace tierra-satélite.
- **Modem:** equipo el cual tiene como función modular o demodular las tramas de información recibidas del satélite o transmitidas desde la estación en tierra.

## 2.6 ORIENTACIÓN DE LAS ANTENAS DE LA ESTACIÓN TERRENA SATELITAL: “AZIMUT Y ELEVACIÓN”.

Es necesario definir los ángulos de elevación y azimut para determinar la orientación de apuntamiento de las antenas hacia el satélite con el que se desea comunicar, estos ángulos son medidos tomando como referencia la línea sobre la cual la antena tiene su máxima ganancia. Una definición precisa de ángulo de elevación es la planteada según [6] como “el ángulo formado entre el plano horizontal local y la línea de vista entre la estación terrena y el satélite” tal como se muestra en la figura 2.

Según [6] “El ángulo de Azimut  $\Phi$  esta medido en el sentido de las manecillas de reloj entre la línea que une a la estación terrena con el norte geográfico y la proyección horizontal local de la línea de máxima radiación de la antena, que debe apuntar en la dirección hacia el satélite”.



**Figura 2: Orientación en Azimut y elevación.**

Es necesario aclarar que tanto el valor de elevación ( $\theta$ ) como el de azimut ( $\Phi$ ) utilizados para el apuntamiento entre las antenas del satélite con las de la estación terrena, dependen directamente de las coordenadas geográficas de la estación terrena y de la posición orbital del satélite.

<sup>4</sup> Array: Es una antena compuesta por un numero de radiadores ordenados regularmente y alimentados para obtener un diagrama de radiación predefinido.

## 2.7 RASTREO DEL SATÉLITE.

Dependiendo del grado de movilidad del satélite “no - geoestacionario” en relación con su posición designada y del ancho de haz de la antena en la estación en tierra, se plantea el uso o no de un sistema de rastreo.

Se identificaron dos variables que pueden determinar el uso de un sistema de rastreo:

La primera variable que se estudia para determinar el uso o no del sistema de rastreo es la distancia con respecto del ecuador, mientras más cerca se encuentre la estación al ecuador, aumentará la necesidad de un sistema de rastreo, en cambio si la estación está a una latitud alejada del ecuador, la amplitud de los movimientos del satélite disminuye su impacto con respecto a los ajustes necesarios para su seguimiento. En segundo lugar se estudia el ancho de haz de la antena, si es muy angosto, se debe integrar al sistema de comunicaciones, algún tipo de rastreo del satélite, pero si el ancho de haz de la antena es mucho más grande que la ventana del satélite, entonces no es necesario el uso de un sistema de rastreo.

Como conclusión el uso del sistema de rastreo está ligado directamente con la aplicación de la antena. En la literatura investigada [6] describe un sistema de rastreo pre programado, el cual se planteó para el caso de estudio Estación Terrena UPTC

## 2.8 SOFTWARE DE PREDICCIÓN.

Los programas de predicción son aplicaciones que calculan la trayectoria del satélite con respecto a una estación fija, de acuerdo a los elementos orbitales que se definieron en el momento de su lanzamiento, estos programas utilizan métodos de cálculo basados en elementos TLE<sup>5</sup>. Los programas de predicción se dividen en predictores de pre-pasada, post-pasada y de tiempo real.

Un programa de predicción de pre-pasada es aquel que calcula las coordenadas y demás parámetros del satélite, antes de que éste pase sobre la estación terrena. Un programa de post – pasada, calcula las variables relacionadas con el satélite para una próxima pasada sobre la estación terrena. Un programa de predicción en tiempo real calcula y permite exportar datos de la trayectoria del satélite durante su paso sobre la estación como describe [7].

El cálculo de la posición del satélite permite considerar también la distancia a la cual se encuentra con relación a la estación terrena y la velocidad de desplazamiento, y al conocer la velocidad se puede calcular el efecto del desplazamiento de frecuencia.

## 2.9 ORBITRON.

Es un programa de predicción de pre-pasada y de tiempo real, de él se exportan datos de azimut, elevación, como también datos de frecuencia de subida, bajada y frecuencia de beacom (modificadas por el efecto Doppler) en tiempo real. Permite la visualización de varios satélites, el control manual y automático de desplazamiento, permite calcular los datos de las siguientes pasadas, tiene una completa base de datos de los satélites, proporciona información sobre trayectoria y la ubicación de la luna y el sol.

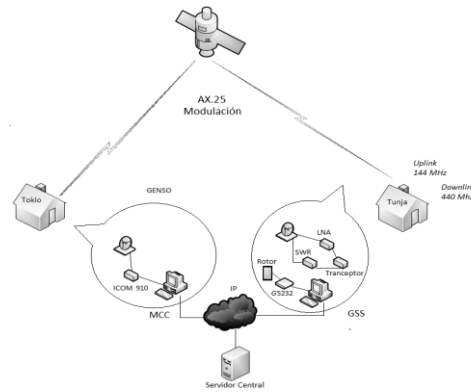
## 2.10 GENSO.

La Red de Educación Global para operadores de Satélite GENSO es un proyecto el cual tiene como objetivo principal definir un estándar global basado en software que permita conectar entre sí diferentes estaciones terrenas de seguimiento de pico satélites educativos y de radioaficionados, en donde todas las estaciones que pertenezcan a GENSO puedan comunicarse con cualquier satélite de la red. El diseño de comunicaciones de la red GENSO se adoptó con el objetivo de compartir recursos distribuidos para ofrecer cobertura y acceso global a los datos o líneas TLE<sup>6</sup> del satélite tal como lo describe [8].

---

<sup>5</sup>Elemento TLE (Two-Line Element Set) es un modelo matemático estándar empleado para describir la órbita del satélite.

La arquitectura de red presentada por GENSO se estructura en tres componentes básicos según [9]. “En primer lugar el servidor central que se encarga de autenticar los nodos de la red y distribuir las listas de estaciones terrenas y satélites. El control de la misión de cliente MCC (Mission Control Client) utilizado por los operadores de estaciones para programar seguimiento a satélites y recopilar datos de otros GSS. El servidor de la estación terrena GSS (ground station server) que tiene a su cargo el control de las antenas y el radio”, como se observa en la figura 3.



**Figura 3: Diseño propuesto para la estación terrena satelital UPTC Tunja**

La IARU<sup>7</sup> es la entidad encargada de la regulación del espectro electromagnético, su objetivo consiste en el máximo aprovechamiento del espectro por parte de los radioaficionados en el mundo.

Esta organización cubre un marco internacional y nacional de regulación del espectro electromagnético, en cuanto a una de sus actividades es la iteración para la regulación y asignación de frecuencias de radio a escalas nacionales, integrando las sociedades nacionales de todo el mundo en un trabajo mancomunado con el fin de crear un marco de una democracia representativa, la cual se denominó IARU. Desde al año de 1925 en la ciudad Paris la IARU ha sido el guardián y vocero de la comunidad mundial de radioaficionados, creando la constitución de la IARU como medio regulador del espectro radioeléctrico y comunicaciones radiales como se relata en [10].

### 2.11 BANDAS DE FRECUENCIAS PERMITIDAS PARA LA OPERACIÓN.

Para el presente proyecto se determinaron una serie de frecuencias de operación, las cuales están ligadas al reglamento impuesto por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para el servicio de radioaficionado en Colombia. (Ver tabla 1).

**Tabla 1: Bandas de frecuencias permitidas para la operación en Colombia**

BANDA	LONGITUD ONDA	DE	SERVICIO	ATRIBUCION TITULO	A
430 hasta 440 MHz	70cm		Aficionados	Co Primario	
144 hasta 146 MHz	2 m		Aficionados y aficionados satélite	Primario	
144 hasta 146 MHz	2 m		Aficionados	Primario	

El objetivo general de la reglamentación para el uso de espectro radioeléctrico, es permitir la investigación y el desarrollo que pueda experimentarse en prácticas de radio, impulsando el progreso de entidades académicas y personas naturales interesadas en esta temática, tal como lo plantea [11].

<sup>7</sup> IARU: International Amateur Radio Unión. Unión Internacional de Radioaficionados - Página oficial <http://www.iaru.org>

Este tipo de proyectos se encuentran reglamentados a nivel internacional mediante la IARU en su región II, que es la entidad encargada de la regulación del espectro electromagnético a nivel internacional, y su objetivo consiste en el máximo aprovechamiento del espectro por parte de los radioaficionados del mundo, de la misma forma organizaciones internacionales de telecomunicaciones como el “CITEL” y “CTU”.

### 3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio arrojaron los siguientes datos de tipo, localización estación terrena satelital UPTC, análisis de visibilidad de la estación, arquitectura y esquema de conexión de la estación, protocolo de seguimiento de satélites, configuración de dispositivos y software de la estación, diseño del sistema de comunicaciones.

#### 3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ESTACIÓN TERRENA SATELITAL UPTC

La estación terrena satelital se encuentra ubicada en Colombia, departamento de Boyacá, ciudad Tunja, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, edificio centro de estudios a distancia FESAD, coordenadas geográficas West 073° 21.492', North 05° 33.220.

#### 3.2 ESQUEMA GENERAL DE CONEXIÓN DE DISPOSITIVOS QUE COMPONEN LA ESTACION TERRENA.

El esquema de conexión representado en la figura 5, muestra un tipo de arquitectura de conexión basados en un diseño tradicional monolítico, el cual está fundamentado en el uso de equipos comerciales, en donde cada uno de estos equipos para el caso de la estación terrena satelital UPTC se comporta como un modelo de caja negra para el usuario que opera la estación. No significando que el operador de la estación no esté relacionado con los componentes y funciones de cada dispositivo.

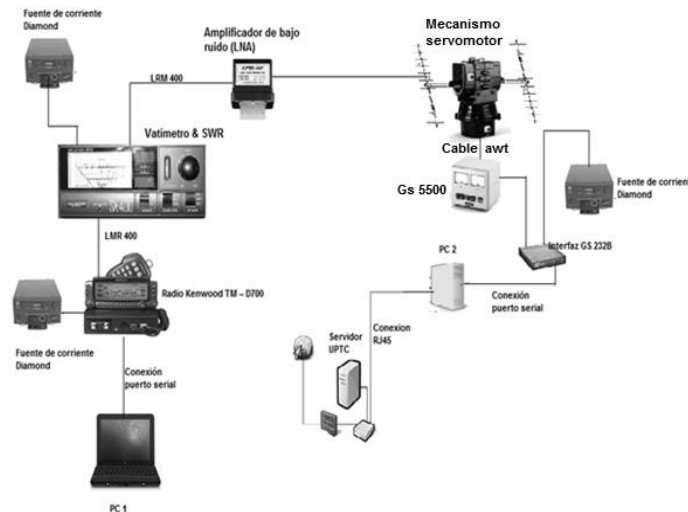


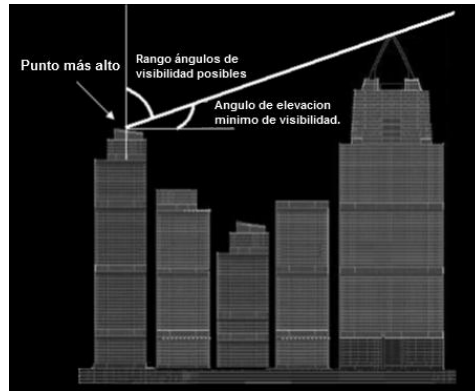
Figura 5: Esquema general de conexión equipos de comunicación Estación Terrena UPTC

#### 3.3 ANALISIS DE VISIBILIDAD DEL SITIO DE UBICACION DE LA ESTACION TERRENA UPTC

A continuación (ver tabla 2) se registran las características de visibilidad de la estación terrena, con el fin de determinar la línea de vista entre la estación y la ventana de observación del satélite; determinando si la estructura utilizada para la sujeción de las antenas es la adecuada. En este segmento se registrarán los obstáculos de alturas mayores a la altura del mástil que se encuentren en un perímetro de 1 Km de distancia con respecto al sitio de ubicación de la estación terrena.

**Tabla 2: Obstáculos encontrados en un perímetro de 1KM**

Obstáculo	Distancia	Altura	Angulo de elevación
Edificio administrativo	94 m	2715	5,45 grados
Edificio central	63 m	2714	7,27 grados
Edificio laboratorio	223	2725	5,097 grados



**Figura 5: Representación grafica de ángulos mínimos de visibilidad.**

Calculados los ángulos de elevación necesarios para permitir superar los obstáculos que interfieren en el enlace entre la estación y los satélites a seguir, se determino que ninguno de los obstáculos encontrados requiere ángulos de elevación superiores a los 90 grados ni tampoco es menor de los cinco grados, por lo que se concluye que la estructura predispuesta para el anclaje de las antenas de la estación posee un altura pertinente para la realización del enlace.

### 3.4 PROTOCOLO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS DE SEGUIMIENTO A SATÉLITES DE LA ESTACIÓN TERRENA

.En la figura 7, se describe el proceso mediante el cual se desarrolla el protocolo de pruebas de la estación terrena satelital de la UPTC, se muestra paso a paso cada una de las etapas que se deben desarrollar cada vez que se intente llevar a cabo el seguimiento de satélites.



**Figura 7: Proceso de desarrollo del protocolo de pruebas Estación Terrena UPTC**



El protocolo de pruebas se describe en detalle a continuación:

**Paso 1.** Verificación de conexión correcta de los equipos de comunicación de la estación, según el esquema diseñado en la etapa anterior.

**Paso 2.** Actualización de las líneas TLE en la base de datos del software de predicción Orbitron.

**Paso 3.** Encender el transceptor o radio que se utilice para el enlace de comunicaciones.

**Paso 4.** Cargar aplicación Proet\_Estacion. Se recuerda que en el momento de abrir esta aplicación el software de seguimiento orbitron debe estar cerrado debido a que la aplicación Proet\_Estacion en uno de sus procesos carga automáticamente el software orbitron.

**Paso 5.** Se configura el radio para que active el modulo TNC<sup>8</sup>.

**Paso 6.** Ubicación de las antenas con respecto al norte geográfico, este proceso se realiza con el fin de lograr la calibración de los ángulos de azimut y elevación necesarios para la realización del seguimiento del satélite.

**Paso 7.** Identificamos la potencia de la señal que está recibiendo el transceptor, visualizando el indicador de señal se encuentra ubicado en el display del radio.

Se recomienda para cada seguimiento seguir cada uno de los pasos mencionados con anterioridad, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del sistema de comunicaciones.

#### 4. CONCLUSIONES

El análisis del sitio asignado para la ubicación de la estación terrena satelital, nos permite determinar que ninguno de los obstáculos que se presentan en la línea de vista entre la estación y el satélite se considera impedimento para la realización del enlace de comunicaciones. De esta forma también se concluye que la altura del mástil predispuesto para el montaje de las antenas es adecuada.

El éxito del desarrollo del seguimiento se basa en gran parte en el esquema de conexión de los equipos de comunicación de la estación, en donde se debe considerar un correcto acople de cada uno de los dispositivos sin permitir pérdidas por conexiones defectuosas o configuraciones mal realizadas.

Los lineamientos y normativas impuestas a nivel nacional e internacional con respecto al uso del espectro electromagnético, garantizan que el sistema de comunicaciones implementado en este proyecto no se considere como amenaza a otros sistemas de comunicaciones de mayor prioridad, debido a que se han seguido las sugerencias con respecto a frecuencias de operación permitidas para la Estación Terrena Satelital UPTC.

El montaje e implementación de la estación terrena satelital se convierte en una herramienta de trabajo de investigación para el grupo INFELCOM y para la UPTC, sirviendo de soporte a nuevos proyectos que se desarrollen en el área de comunicaciones

La implementación de la estación terrena satelital en la UPTC permitirá la integración de diferentes universidades a nivel nacional alrededor del estudio de satélites y tecnología aeroespacial.

#### REFERENCIAS

- [1] Boquera, M.D.C.E., *Servicios avanzados de Telecomunicaciones* ed. D.d. Santos. 2003. 816.
- [2] Durão O. S. C. , P.S.L.y.S.N.J., *Miniaturização De Satélites*, ed. C.R.S.d.P. Espaciais. 2010.
- [3] Vela, R.N., *Comunicaciones por satélite*, ed. T. Learning. 2003. 363
- [4] Ha., T.T., *Digital Satellite Communications*, ed. McGraw-Hill. 1990.

<sup>8</sup> TNC (controlador terminal del nodo) de los transceptores *Kenwood TM-D700A*: Convertire los paquetes de datos a tonos de audio y viceversa.

- [5] Ramón Martínez Rodríguez, O.S.R.D., Miguel Coca, *Diseño preliminar de una Estación Terrena basada en Software Radio para aplicaciones docentes*. 2008.
- [6] Vela, R.N., *Comunicaciones por Satélite* in *Estaciones Terrenas y terminales móviles*, T. Learning, Editor. 2003. p. 383-387.
- [7] Avila, O. (2006) *Estacion Terrena* Universidad Politecnica Salesiana.
- [8] Shirville, B.K.G., *GENSO: A Global Ground Station Network*.
- [9] Jackson Yarin Tovar Cuadrado, J.A.P., *diseño de un sistema de comunicaciones para satélites de órbita baja LEO*, in *Ingeniería de Sistemas y Computación*, . 2011, UPTC-Tunja. p. 56.
- [10] IARU. *The International Amateur Radio Union* 2011, 18 de noviembre; Available from: <http://www.iau.org/>.
- [11] Comunicaciones, M.d. *decreto 963 de 20 de marzo de 2009*. 2009; Available from: <http://www.avancejuridico.com/actualidad/documentosoficiales/2009/47297/d0963009.html>.

### ***Autorización y Renuncia***

*Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito*