

# **Subsistema de antenas para estación terrena de comunicación satelital**

**Dr. Marco Aurelio Cárdenas Juárez**

Facultad de Ciencias  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
Email: marco.cardenas@uaslp.mx

**Dr. Jorge Simón Rodríguez**

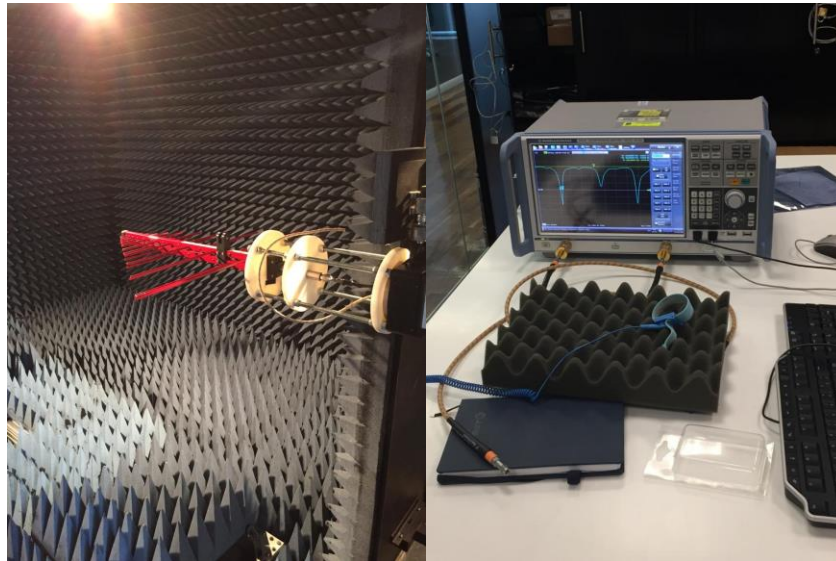
Centro Regional de Desarrollo Espacial de  
Zacatecas de la Agencia Espacial  
Mexicana  
Email: jsimonro@conacyt.mx

## **Introducción**

Un satélite es un dispositivo en el espacio que orbita alrededor de un objeto más grande [1]. Hay dos tipos de satélites: natural como la luna y artificial como la Estación Espacial Internacional, ambos ejemplos orbitando la Tierra [2]. Los satélites artificiales tienen muchas aplicaciones, como radio, televisión, telefonía, navegación, negocios, finanzas, clima, monitoreo del medio ambiente y seguridad [3]. Según su masa, los satélites artificiales pueden clasificarse desde pico-satélites (0,1-1 Kg) hasta satélites grandes (> 1000 Kg) [4]. Dentro de esta clasificación se encuentra el Cubesat, un estándar que tiene una masa de no más de 1.33 kilogramos por unidad, cuyas dimensiones exteriores máximas deben ser de 10x10x10 cm<sup>3</sup> y que fue creado por la Universidad Politécnica del Estado de California-San Luis Obispo y los Sistemas Espaciales de la Universidad de Stanford. Laboratorio de desarrollo en 1999 [5-7]. Desde entonces, cientos de organizaciones en todo el mundo han adoptado el estándar CubeSat. Los desarrolladores de CubeSat incluyen no solo universidades e instituciones educativas, sino también empresas privadas y organizaciones gubernamentales [8]. El estándar CubeSat facilita el acceso frecuente y asequible al espacio con oportunidades de lanzamiento disponibles en la mayoría de los vehículos de lanzamiento [9]. No importa el tamaño, los satélites, en general, tienen varios subsistemas, que son principalmente la carga útil, la computadora a bordo, el sistema de energía y las comunicaciones. Como parte de estos últimos se encuentran los módulos de antena y radio frecuencia (RF), que son los que permiten la comunicación entre el satélite y la estación terrestre [10].

Hasta ahora decenas de Cubesat han sido situados en órbita, sin embargo, algunas misiones fallan debido a problemas de comunicación, siendo los subsistemas de antenas y radiofrecuencia cruciales en todo sistema satelital. Si la transmisión falla, una posible explicación de esto puede ser encontrar en el diseño de la antena, la cual debe considerar aspectos como la polarización, el ancho de banda, el patrón de radiación, acoplamiento de impedancia, etc [11]. De hecho, una vez ubicados en órbita los satélites su orientación no es predecible a priori y la orientación de la antena planeada puede no garantizar suficiente ganancia en la dirección de la tierra (estación terrena)[12]. Las antenas representan los sentidos del satélite, lo que hace que su diseño sea igual o más importante que el resto de los subsistemas que lo componen. El diseño de un subsistema de antenas para una estación terrena para comunicación satelital con el estándar CubeSat no es trivial, ya que se necesitan antenas para distintas frecuencias. Las antenas a diseñar son tipo Yagui (volumétricas) En esta

tesis se propone el diseño, la construcción y la caracterización de tres antenas para una estación terrena de comunicación satelital. Las antenas se diseñarán para operar en las bandas UHF, VHF y S. A diferencia de otros trabajos, en esta investigación se contempla la caracterización de las antenas en una cámara anecoica. En la Figura 1 se muestra el interior de una cámara anecoica (izquierda) y el montaje experimental para la medición de los parámetros de red de un puerto de una antena. En la Figura 2 se muestra, a manera de ejemplo, una estación terrena para comunicación satelital diseñada por la empresa Spacemanic.



**Figura 1. Interior de cámara anecoica y caracterización de antena. Fotografía: autoría propia**



**Figura 2. Ejemplo de estación terrena de la empresa Spacemanic. Fuente: spacemanic.com (Twitter @spacemanictech)**

## Objetivo general

Diseñar, caracterizar y construir antenas operando en bandas VHF, UHF, y S con parámetros de antena optimizados para su aplicación en una estación terrena de comunicación satelital.

## Objetivos específicos

- Diseñar una antena usando herramientas de optimización, por ejemplo, enjambre de partículas (PSO, por sus siglas en inglés) u otras.
- Simular computacionalmente en Ansys Electronics Desktop (HFSS) las antenas diseñadas para la observación de aspectos cruciales en la aplicación, como parámetros de red de 1 puerto, pérdida de retorno (*return loss*), VSWR, impedancia, ancho de banda, así como patrones de radiación (directividad, ganancia, anchos de haz, polarización, etc).
- Construir las antenas diseñadas.
- Caracterizar los parámetros de red de 1 puerto en el Centro de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones Espaciales de la Universidad Autónoma de Zacatecas vinculado a la Agencia Espacial Mexicana mediante el uso de un analizador vectorial de redes de 2 puertos.
- Caracterizar los patrones de radiación de las antenas construidas en la cámara anecoica del Laboratorio Nacional de Telecomunicaciones y Antenas (LANTA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN).
- Hacer ajustes en fabricación para la entrega de productos finales tangibles.

## Vinculación y productos esperados

Esta investigación está vinculada al **Centro Regional de Desarrollo Espacial de Zacatecas de la Agencia Espacial Mexicana**, ubicado en el parque científico y tecnológico **QUANTUM Ciudad del Conocimiento** de la Ciudad de Zacatecas; así como al **Laboratorio Nacional de Telecomunicaciones y Antenas (LaNTA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN)**. Por lo anterior, durante la realización de esta investigación se contemplan las siguientes estancias y productos esperados:

- Estancia de investigación en el Laboratorio de RF y Antenas del Centro Regional de Desarrollo Espacial
- Estancia corta de investigación en el Laboratorio Nacional de Antenas y los laboratorios de pruebas de termo vacío y vibración del IPN
- Publicación de al menos un artículo de conferencia internacional o revista indexada

## Perfil del estudiante

Interés por adquirir mayores conocimientos de antenas y propagación, comunicaciones inalámbricas y sistemas satelitales. Gusto por la programación (Matlab, Python, etc) y el manejo de software de simulación electromagnética (EM) 3D, ANSYS Electronics Desktop

(HFSS), para diseñar y simular dispositivos electrónicos de alta frecuencia, como antenas, conjuntos de antenas, componentes de RF o microondas, interconexiones de alta velocidad, filtros, conectores, paquetes de circuitos integrados y placas de circuito impreso. Creatividad para resolver problemas de instrumentación electrónica. Disposición para trabajar en equipo. Disponibilidad para viajar. Los antecedentes académicos del estudiante pueden ser de las ingenierías en telecomunicaciones, telemática, eléctrica, electrónica, biomédica, análisis y procesamiento de señales, tecnologías de la información, o grados afines.

### **Cursos optativos sugeridos**

- Antenas y Propagación
- Comunicaciones Inalámbricas
- Optimización Avanzada
- Instrumentación Virtual

### **Bibliografía**

- [1] Edelson B.I. and Pelton J.N., 'Satellite Communication Systems and Technology', Noyes Data Corporation, 1995
- [2] Maini A.K. and Agrawal V., 'Satellite Technology', Wiley, 2nd edn, 2011
- [3] Elbert B. R., 'The Satellite Communications Applications Handbook', Artech House, Inc., 2nd edn, 2004
- [4] Evans B. G., 'Satellite Communication Systems', The Institution of Engineering and Technology, 3rd edn, 2008
- [5] 'The Cubesat Program', <http://www.cubesat.org/about/>, accessed 6 November 2018
- [6] M. N. Sweeting, "Modern small satellites - changing the economics of space" *Proc. of the IEEE*, vol. 106, no. 3, pp. 343 - 361, 2018.
- [7] S. Gao et al, "Advanced antennas for small satellites" *Proc. of the IEEE*, vol. 106, no. 3, pp. 391 - 403, 2018.
- [8] 'Small Satellite Missions', [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/smallsats](https://www.nasa.gov/mission_pages/smallsats), accessed 6 November 2018
- [9] Jakhu R.S. and Pelton J.N., 'Small Satellites and Their Regulation', Springer, 2014
- [10] Kakoyiannis C. and Constantinou P., 'Electrically small microstrip antennas targeting miniaturized satellites: The Cube-Sat paradigm', InTech, 2011
- [11] C. A. Balanis, "Antenna Theory", *John Wiley and Sons, Inc., Publication*, Third Edition, 2005.
- [12] E. Pittella et al, "Design of an Antenna System for Cubesat Satellites", 2nd IAA Conference on University Satellites Missions and CubeSat Winter Workshop, 2013.