

# Satélites colombianos en el espacio

*Desde 1957, cuando se lanzó el primer satélite artificial, la humanidad ha avanzado significativamente en la exploración espacial.*

DOI: 10.29236/sistemas.n174a9

## Resumen

Durante casi 70 años, Colombia se mantuvo al margen de estas tecnologías, limitándose a ser usuaria de servicios como las telecomunicaciones. Este artículo presenta los objetivos, configuraciones y avances de los proyectos satelitales desarrollados en Colombia, desde el picosatélite Libertad 1 de la Universidad Sergio Arboleda, hasta el FACSAT 2 de la Fuerza Aeroespacial Colombiana. Estos proyectos han generado conocimiento y confianza en diversos sectores, promoviendo la adopción de actividades aeroespaciales esenciales para el desarrollo económico y social del país en el primer cuarto del siglo XXI.

## Palabras clave

Picosatélite, satélite, cohete, orbita, observación de la Tierra

## Introducción

Desde el inicio de la era espacial cuando la antigua Unión Soviética diseñó, fabricó y envió a órbita el primer satélite de la humanidad, el Sputnik 1, alrededor del planeta en el marco de la llamada guerra fría, las potencias mundiales dieron un banderazo al comienzo de la carrera espacial. Han pasado siete décadas a la fecha y no han cesado los desarrollos tecnológicos que han permitido a otras naciones y regiones del mundo tener acceso a estas llamadas actividades espaciales, como lo es tener un satélite artificial. Hace años los llamados países en vía de desarrollo, serían los indicados a trabajar en estas áreas de innovaciones tecnológicas muy especiales, pues se trató de incursionar en el campo Espacial.

En la ciencia denominada Astronáutica, en donde se habla de señales, artilugios, comunicaciones, imágenes, instrumentos, cohetes, se necesitan recursos humanos con nivel adecuado de formación y mucho de inversión económica. Colombia, ya entrada en el siglo XXI, no ha sido ajena a esta evolución pues ya tenemos tres artefactos que han permitido acercar al país al ya muy grande grupo de naciones que aprovechan el espacio ultraterrestre. Desde el Libertad 1, el pico satélite de 1 kilogramo de

masa de la Universidad Sergio Arboleda, pasando por el FACSAT 1, hasta el FACSAT 2 Chiribiquete de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, podemos afirmar que Colombia hace presencia en el Espacio.

## Generalidades de los satélites

Para acercarnos al tema de los satélites tenemos una clasificación según su peso: los más grandes superan los 1000 kg. Algunos son de tamaño mediano que están entre los 500 y los 1000 kg. Y ya satélites entre los 100 y 500 kg son considerados como mini satélites. Los microsátélites se encuentran entre 10 y 100 kg. Los nanosatélites, entre 1 y 10 kg. Y otros más pequeños que pueden llegar a pesar hasta 100 g, los femto satélites. También podemos ver que, según su aplicación, estos artefactos artificiales pueden ser de uso meteorológico, de comunicaciones de internet o televisión, trabajos de rescate, de exploración de recursos naturales o satélites de navegación tipo GPS. Por supuesto, existen los famosos satélites de observación terrestre o de uso en astronomía y ciencias del espacio y los de la línea de satélites militares que sirven para vigilancia, reconocimiento de territorios, inteligencia, etcétera.

En cuanto al tipo de órbita, los satélites pueden ser puestos en torno a la Tierra a diferentes alturas, cono-

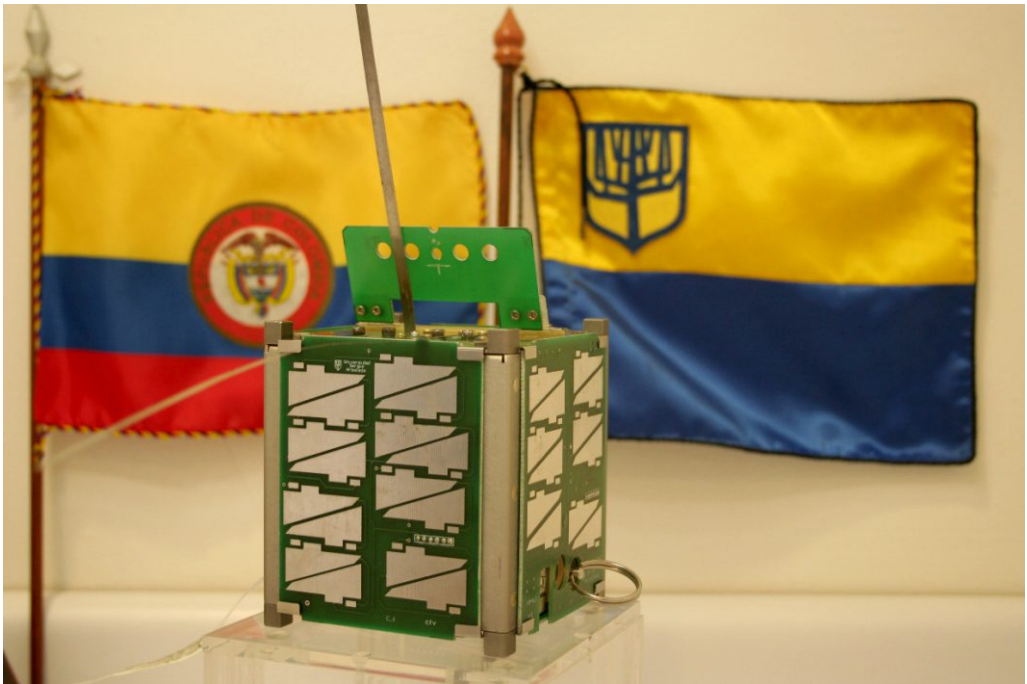
ciéndose los de órbita baja que llegan a tener hasta 2.000 km sobre la superficie terrestre, los de órbita media entre 10.000 a 20.000 km y ya la órbita más alta que se conoce como la geo sincrónica o geoestacionaria a 36.000 km de distancia de nuestro planeta.

### **Picosatélite Libertad 1**

Para el caso de la misión que desarrollamos en la Universidad Sergio Arboleda, se denominó el Libertad 1 y el formato de satélite que se usó fue el llamado Cubesat, un cubo, con dimensiones de 10 x 10 x 10 cm en todas sus aristas y cuyo peso no sobrepasa el kilogramo de masa. Este fue un proyecto inventado por el profesor Robert Twiggs, de la

Universidad de Stanford, donde buscó que los proyectos de sus estudiantes de ingeniería aeroespacial no se quedarán en el laboratorio, sino que realmente hicieran una prueba en el Espacio. Ver imagen 1.

Este proyecto del picosatélite Libertad 1 inició hacia el año 2005, implementado por estudiantes, profesores e investigadores de nuestra Escuela de Ciencias exactas e Ingeniería, matemáticas y el Observatorio Astronómico. Su misión básicamente sería el obtener datos de telemetría, voltaje, temperatura y corriente de su sistema. Y que una vez estuviera orbitando alrededor de la Tierra, pudiéramos comprobar nuestros diseños elec-



**Imagen 1. Picosatelite Libertad 1. Fuente Universidad Sergio Arboleda**

trónicos de las tarjetas de potencia, de comunicaciones, de estabilización y de orientación, al recibir esta información en Tierra. Ver imagen 2.

Tuvo la alianza académica con la Universidad de Stanford y la Universidad de Austin, Texas con el Profesor César Ocampo (1968-

2024). Y localmente contó con apoyo de la Aeronáutica Civil, la Fuerza Aeroespacial Colombiana y con empresas privadas como la que representa la plataforma Altium.

Para la integración al cohete y el lanzamiento se trabajó con la Universidad de CALPOLY y con la agencia espacial rusa Kosmotras.



Imagen 2. Parte del equipo humano Libertad 1. Fuente U. Sergio Arboleda

La órbita del satélite era del tipo polar, con una inclinación de  $97^\circ$ , a una altura de 800 km. Su plano orbital es del tipo sol sincrónica. La velocidad en su órbita es de 7.6 km por segundo y duró unos 110 minutos aproximadamente en girar una vuelta alrededor de la Tierra. Se calculó un tiempo mínimo de funcionamiento de unas 500 horas. El satélite pasaría sobre el territorio colombiano al menos 2 veces y ese tiempo de paso sobre el país sería entre 12 y 15 minutos. Para desarrollar el proyecto se adaptaron y construyeron un laboratorio de vuelo espacial en donde se realizaron las tareas de programación y desarrollo de las tarjetas electrónicas, y un cuarto limpio para el montaje de piezas.

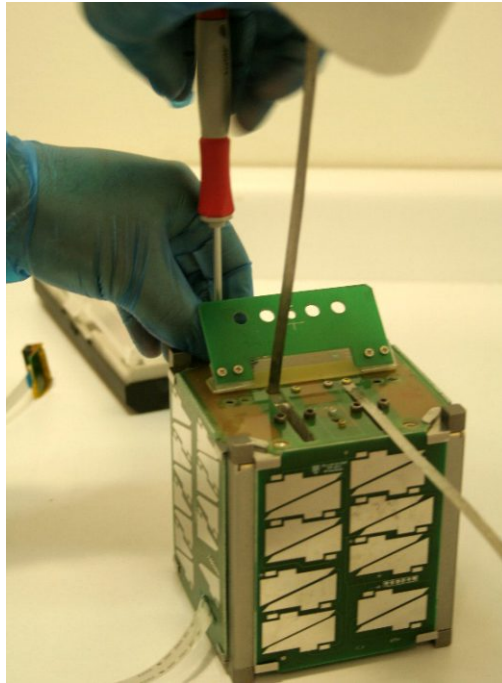
Detalles de su composición:

En sí, el satélite Libertad 1 se componía de un módulo de control, un sistema electrónico de potencia, un sistema de telecomunicaciones, un sistema de antenas y unas baterías del tipo ion litio. La estructura fue suministrada y fabricada en aluminio por la compañía Pumpkin. La programación del satélite se realizó con el sistema operativo Salvo, que aún hoy se usa en aplicaciones industriales. Se utilizaron plataformas de desarrollo para poder hacer las respectivas programaciones de las tarjetas del sistema electrónico de potencia y de comunicaciones, logrando así tener el módulo final de vuelo. Se trabajó con tarjetas que tenían conexión tipo PC 104, las cuales iban apiladas una sobre

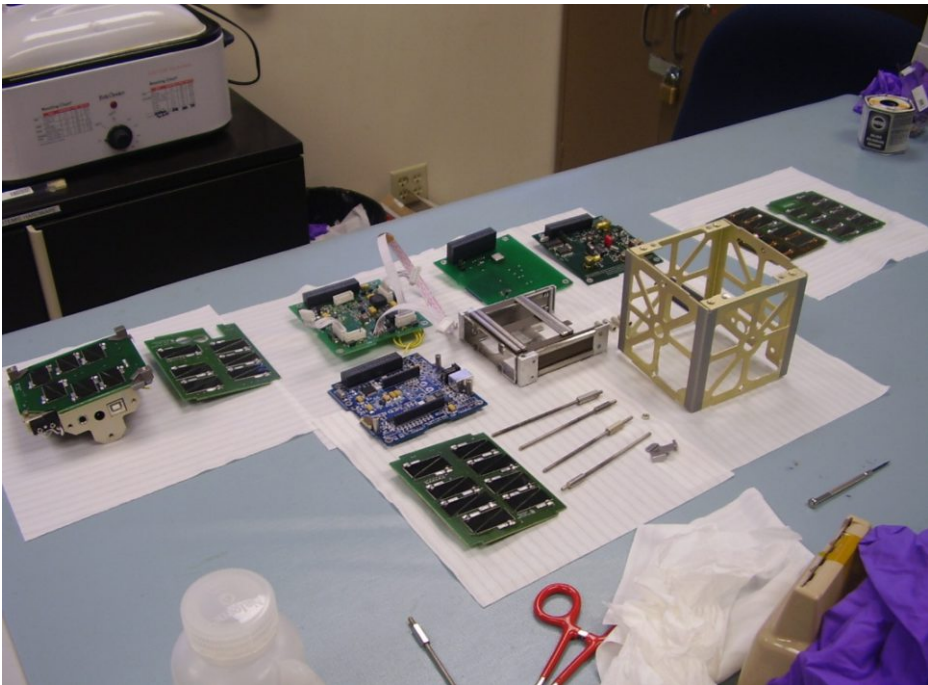
otra dentro del cubo; como nota curiosa, para la memoria se adaptó una del tipo SD. Por otra parte, en la parte superior del cubo se diseñó lo que sería la tarjeta de antenas, la cual tuvo como función alojar los elementos de transmisión y recepción de señales que se dieran desde el satélite o desde Tierra. Se analizaron varias alternativas de estas antenas, hasta que al final se eligió utilizar un sistema que permitía que estas se plegaran al interior del cubo y en el momento indicado, cuando ya el satélite estuviera en órbita, se desplegaran y pudieran cumplir sus tareas de transmisión o recepción de señales. Ver imágenes 3,4 y 5.

Paralelamente se construyó una estación terrena, la cual tiene un par de elementos de transmisión en las bandas de UHF y de VHF, en frecuencias de uso radioaficionado, montados sobre un sistema motriz que le permite moverse tanto en altura como en azimut y seguir el paso de los satélites. Al interior de los laboratorios se encuentra la sala de control, en donde se tiene una computadora con el software respectivo para controlar esta operación.

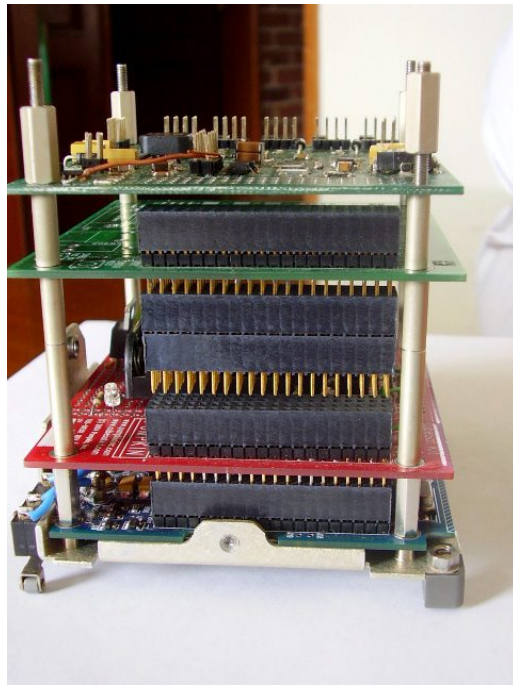
Se realizaron varias pruebas y se atendieron protocolos en temas de vibración, temperatura, radiación, simulando las condiciones del espacio exterior para que pudiera trabajar allí adecuadamente. Localmente, el Ministerio de Telecomunicaciones en su momento, otorgó la



**Imagen 3. Ensamble del Libertad 1. Fuente U. Sergio Arboleda**



**Imagen 4. Despiece del Libertad 1. Fuente U. Sergio Arboleda**



**Imagen 5. Aspecto de disposición de tarjetas. Fuente U Sergio Arboleda**

matrícula 5K3L para el satélite Libertad 1 y para la estación Terrena la HK3USA. A nivel internacional, en frecuencia de radio aficionado nos fueron asignados por la IARU, el organismo internacional de regulación de telecomunicaciones, una frecuencia para subir información en VHF de 145.82 Megahertz y en bajada, en la banda UHF de 437.40 Megahertz. Ver imagen 6.

El lanzamiento se nos había programado para diciembre del 2005, pero por diferentes factores ajenos a nuestro proceso (demora de la construcción de satélites de otros países y del Cohete lanzador), se reprogramó el lanzamiento al espacio para el 27 de marzo del 2007. Y a última hora fue nuevamente

aplazado para el 17 de abril del 2007. Finalmente se cumplió el despegue desde el cosmódromo de Baikonur, Kazajistán en Rusia, lugar desde donde también despegó el Sputnik 1. El lanzamiento se hizo a bordo de un cohete llamado Dnepr, en compañía de 20 satélites más que alcanzaron una altura superior a los 800 km. Casi 40 minutos después comenzamos a recibir correos electrónicos con señales de otras estaciones terrenas del proyecto Cubesat, informándonos que nuestro satélite ya estaba enviando información. En efecto, era nuestra telemetría.

Se pudo realizar el seguimiento y asegurar la toma de más de 11.000 paquetes de datos, que nos permiti-



**Imagen 6. Estación terrena Rodrigo Noguera Laborde. Fuente U. Sergio Arboleda**

tieron confirmar que desde el espacio estábamos recibiendo las señales esperadas y que correspondía a la trayectoria de nuestro satélite. Así iniciamos la aplicación aeroespacial en nuestro país directamente. Se le asignó al Libertad 1 el número 31128 NORAD -número de catálogo de la NASA-, con el cual se puede localizar en programas de ubicación de satélites su posición actual y su trayectoria en órbita, aunque hoy no hay transmisión de datos por agotamiento de sus baterías. Ver imágenes 7 y 8.

Posteriormente a esta misión, desde la Universidad continúa la investigación para realizar experimentos o desarrollo de subsistemas para pequeños satélites, para el estudio de la propagación de ondas elec-

tromagnéticas, modelos de transferencia de calor, desarrollo de antenas para estos picosatélites o evaluar el tema de su estabilización y control, utilizando imanes, barras de Histéresis, giróscopos o micro propulsores para misiones futuras.

### **El programa FACSAT**

Implementado por la Fuerza Aeroespacial Colombiana -FAC-, el programa espacial ha buscado desde su punto inicial desarrollar capacidad de fabricación satelital local. También en segunda instancia, aumentar la conciencia nacional sobre la importancia del desarrollo aeroespacial y finalmente, fortalecer la cooperación Internacional. Hoy la FAC, con su equipo humano que trabaja en el Centro de Investi-





Imagen 7. Bandera colombiana en Cohete Dnper. Fuente Kosmotras



Imagen 8. Salida cohete Dnper Libertad 1. Fuente Kosmotras

gación en tecnologías aeroespaciales -CITAE- y la Jefatura de educación aeronáutica -JEA-, ha logrado llevar a cabo estos objetivos. Es importante resaltar que este programa FACSAT resulta de un plan piloto para el desarrollo de la doctrina espacial que se planteó esta fuerza. Con base en el pensamiento estratégico del poder espacial y el desarrollo de capacidades para el programa espacial colombiano, mediante pequeños satélites, cumplió la primera misión denominada FACSAT 1 y luego una misión FACSAT 2. Todo esto, ha ido acompañado de una gran gestión tecnológica y de innovación. Mantiene capacitación e información de las personas que trabajan en estos centros de investigación, acompañados de empresas internacionales y locales con la experiencia en el desarrollo, implementación, fabricación y puesta en órbita de estos satélites. La FAC ha trabajado los temas de Nanosatélites en el diseño y construcción de la estación

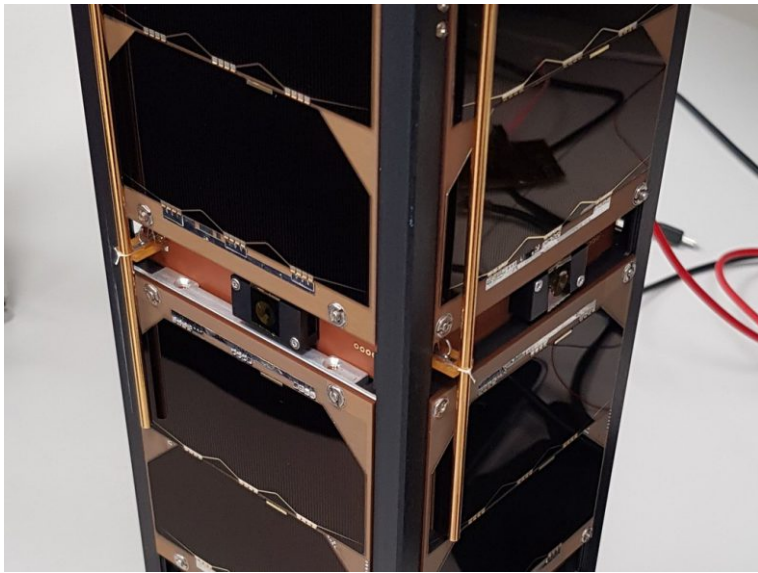
terrena, en los trámites del registro satelital, en aprender y gestionar el lanzamiento de los satélites; en realizar el estudio y selección de órbitas, en la operación misma del satélite cuando ya está en órbita y en el desarrollo de procesamiento de imágenes adquiridas por estas plataformas. Así cierra el ciclo con la validación satelital y transferencia de conocimiento.

### Misión FACSAT 1

La Fuerza Aeroespacial Colombiana inició con el proyecto FACSAT 1 con la selección de una empresa aliada especialista en el desarrollo de pequeños satélites llamado GomSpace. Trabajó en un programa de transferencia de conocimiento y tecnología hacia el año 2015, que luego desarrolló e implementó en los años 2016 y 2017; la integración final del satélite fue en el año 2018. Con este satélite se buscaba realizar tareas de observación de la Tierra con una órbita



Imagen 9. Facsat 1. Fuente FAC



**Imagen 10. Detalle celdas solares Facsat1. Fuente FAC**

de tipo polar, es decir, que se movería de polo a polo sobre nuestro planeta a una altura promedio de 500 km de altura y una vuelta a él le tomaría aproximadamente 90 minutos con una velocidad de 7.6 km/seg. Ver imágenes 9 y 10.

El satélite llevaría como carga útil una cámara para captar imágenes con una resolución de 30 metros por pixel, el rango de velocidad de transferencia de datos de esta cámara variaba entre 0.1 a 0.9 kb/seg y el diámetro de su lente sería aproximadamente de unos 9 cm; iría a bordo de un cohete, en donde también se encontraban satélites de Australia, Canadá, Finlandia, Malasia, Holanda, España y varios de Estados Unidos, cada uno con diferentes tipos de misiones. El lanzamiento se realizaría en la India, en el centro espacial de su agencia espacial, en Satish, Dhawan, y la fe-

cha de lanzamiento se programó para noviembre 28 de 2018, a las 23 horas 15 minutos de Colombia, a bordo del cohete PSLV C-29. Ver imágenes 11 y 12.

Durante el desarrollo e implementación del satélite y hasta el lanzamiento, junto a la capacitación y formación y posterior monitoreo, participaron activamente oficiales, suboficiales, cadetes y docentes que asistieron a los talleres y capacitaciones desarrollados; además, contó con la colaboración de universidades colombianas. Se centralizaba el trabajo desde la estación terrena ubicada en el CITAE, en la Base Aérea Marco Fidel Suárez en Cali. Ver Imagen 13. Y una vez puesto en órbita, se pudieron observar las primeras imágenes logradas desde el espacio con este satélite, específicamente sobre la región de Caldas en Colombia y



**Imagen 11. Cabeza de Cohete Falcon 9. A bordo Facsat1. Fuente FAC**



**Imagen 12. Despegue Cohete con Facsat1 a bordo**



Imagen 13. Equipo humano Facsat 1. Fuente FAC

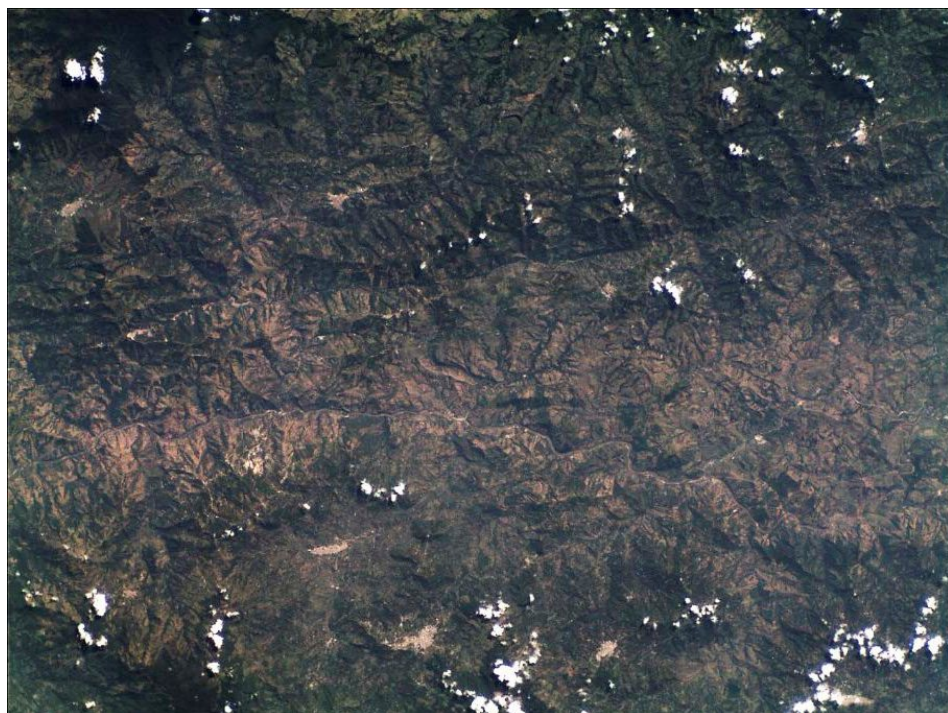
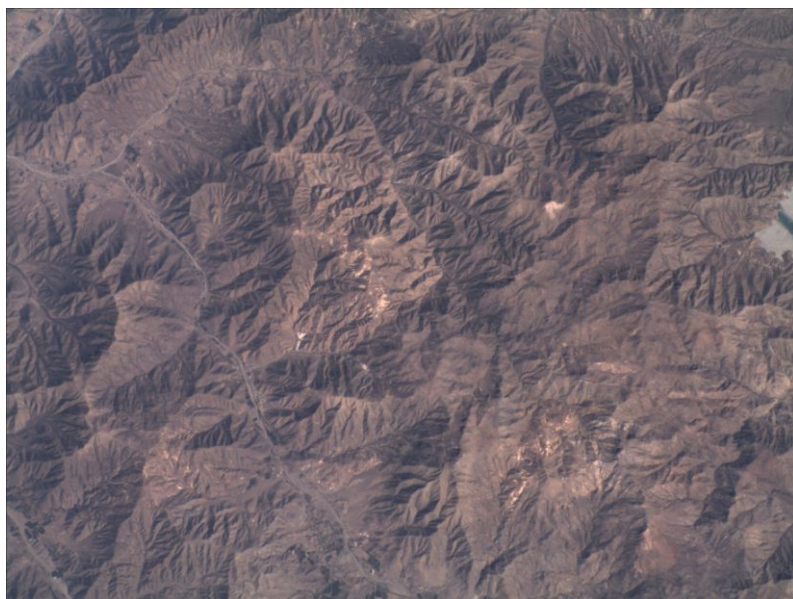


Imagen 14. Toma lograda por Facsat 1 sobre Caldas, Colombia. Fuente FAC



**Imagen 15. Toma sobre Chile por Facsat 1. Fuente FAC**

también sobre Chile. Ver imágenes 14 y 15.

### **Misión FACSAT 2 - Satélite Chiribiquete**

Como segunda misión, la Fuerza Aeroespacial Colombiana desarrolló una plataforma con base en la misión satelital FACSAT 2, con el nombre de nuestro Parque Nacional, el Chiribiquete. Esta misión tenía como objetivo promover imágenes electro-ópticas del territorio colombiano para análisis de la fuerza aérea y otras entidades del Gobierno; también buscaba adquirir información, radio métrica de la atmósfera para análisis de gases de efecto invernadero. Todo esto apuntaba a necesidades del Estado, de nuestra industria y también de nuestra academia. Este satélite

tiene un tamaño de 6 unidades tipo Cubesat y la cámara que llevaría ya tenía el poder de 5 m de resolución por pixel. Se podrían tomar imágenes multi espectrales sobre la órbita planeada para su movimiento alrededor de la Tierra a 550 km de altura, con una vida útil de cinco años y menor a 25 años, pesaba aproximadamente 7 kg y sus dimensiones básicas serían de 10 cm de ancho por 20 cm de fondo y 30 cm de alto. Ver imagen 16.

El lanzamiento se estableció para el 15 de abril de 2023, a bordo de un cohete Falcón 9 de la compañía Space X desde California, en Estados Unidos. Con el satélite Chiribiquete se obtuvieron varias imágenes de regiones costeras de diferentes lugares del mundo, en donde se pueden apreciar zonas de



Imagen 16. Facsat 2. Fuente FAC



Imagen 17. Toma de Facsat 2 sobre Valladolid. Fuente FAC

ciudades, zonas de agricultura y cuerpos de agua. Ver imágenes 17, 18 y 19.

También se realizaron trabajos como el proyecto de una estación terrena en la Antártida en la base chilena, en donde por medio de una antena tipo RGB que opera en la banda S y X, se podrían realizar toma de datos y desde donde se tendría capacidad de operar satélites como los FACSAT 1 o el Chiribique. Entre varias misiones a futuro, también existe la llamada misión LEOPARD, en donde, con la participación de Colciencias y un grupo de universidades como la Universidad Industrial Santander, la Universidad del Valle y la Universidad Sergio Arboleda, se trabajan

en conjunto varios sistemas tan importantes como el desarrollo de una cámara para registro de imágenes y control de satélites.

Finalmente, como logros obtenidos de estas misiones espaciales en Colombia, tenemos lo siguiente:

### - Satélite Libertad 1

Primer satélite colombiano en el Espacio, abril 17 de 2007, Baikonur Kazajistán, al confirmar su paquete de datos transmitido desde el Espacio a más de 800 km de altura. Universidad Sergio Arboleda.

Rompimiento del paradigma de los proyectos que parecen demasiado difíciles, costosos y no requeridos para Colombia.

NORAD ID 31128



Imagen 18. Facsat 2. Toma sobre salon de Provence. Fuente FAC





PROCESSED BY  farearth

Imagen 19. Detalle sobre bordes costeros. Fuente FAC

### - Satélite Facsat 1

Primer satélite de la Fuerza Aérea Colombiana FAC, 17 de noviembre de 2018. India.

Primera imagen satelital colombiana de la superficie terrestre con el satélite.

Plataforma que permitió la formación y especialización de equipo humano especializado en esta área.

NORAD ID 47321

### - Satélite CHIRIBIQUETE FACSAT 2

Segundo satélite de la Fuerza Aérea Colombiana FAC, abril 15 de 2023. California, EEUU.

Experimentos a bordo: cámara para obtener imágenes y espectrógrafo de gases.

NORAD ID 56205

### Referencias

#### LIBERTAD 1

<https://www.usergioarboleda.edu.co/satelite-libertad-1/#equipo> - Equipo humano Libertad 1

<https://www.n2yo.com/?s=31128> - Localización actual Libertad 1

<https://www.usergioarboleda.edu.co/satelite-libertad-1/#investigacion> - Artículos investigación


#### Libertad 1

[www.cubesat.org](http://www.cubesat.org) - Proyecto Cubesat  
<https://www.orbireport.com/index-5/> - Listado Satélites lanzamiento Abril 17 2007

#### FACSAT1

[https://www.esufa.edu.co/sites/esufa/files/IMAGENESESUFA/Tecnoesufa/revista\\_tecnoesufa\\_edicion\\_29\\_2020.pdf](https://www.esufa.edu.co/sites/esufa/files/IMAGENESESUFA/Tecnoesufa/revista_tecnoesufa_edicion_29_2020.pdf) - Transferencia de tecnología y desarrollo de capacidades para el programa espacial colombiano mediante peque-

ños satélites. Revista Tecnoesufa, volumen 29 - diciembre 2019. Corredor Giovanni, Comisión Colombiana del Espacio. Benavides Eliot, jefe de Educación Aeronáutica.

FACSAT-2: Avance del programa espacial colombiano. Sonia Rincón, Juan Manuel Cárdenas, Karen Pirazan: Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales (CITAE) 

#### FACSAT2

<https://educacion.aciem.com.co/Revisita/Revista-ACIEM-147.pdf> - MISIÓN

#### **Raúl Andrés Joya Olarte**

*Director del Observatorio Astronómico de la Universidad Sergio Arboleda. Ingeniero mecánico de la Universidad de América con Maestría en Docencia e Investigación Universitaria de la Universidad Sergio Arboleda y Especialización en Astronomía de la Universidad Nacional de Colombia. Cogestor y director del picosatélite Libertad 1. Ha sido Vice presidente de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia ACAC, Presidente de la Red de Astronomía de Colombia RAC, Presidente de Asociación de astrónomos autodidactas de Colombia ASASAC y miembro de la Academia Internacional de Astronáutica IAA (por sus siglas en inglés). Punto focal en Colombia para RELACA Espacio.*