



AERONÁUTICA CIVIL
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL



Centro de Estudios
Aeronáuticos



II ENCUENTRO DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO E INNOVACIÓN

EN EL SECTOR AERONÁUTICO



PLAN ESTRATÉGICO | 20
AERONÁUTICO | 30

E-IOEA



**FUERZA AÉREA
COLOMBIANA**



**ASÍ SE VA A LAS
ALTURAS**



EL FACSAT-1 PLAN PILOTO PARA INCURSIONAR EN EL DESARROLLO ESPACIAL EN LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA

Mayor JOSÉ LUIS MARTÍNEZ DÍAZ
Investigador operacional
Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales

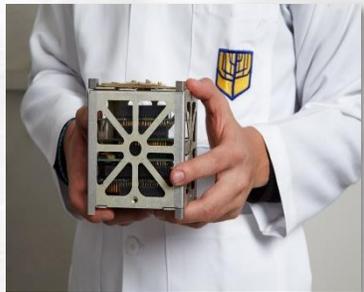
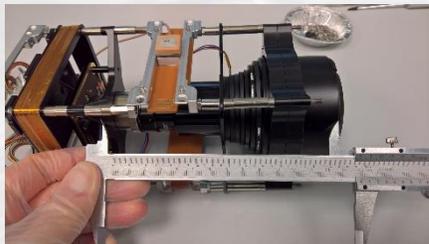
INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

INTRODUCCIÓN



PROPÓSITO

Se tiene como propósito describir la serie de fases desarrolladas durante la ejecución del proyecto FACSAT-1, abordando de manera general los antecedentes, diseño, validación, registro, gestión de lanzamiento y puesta en operación del primer nanosatélite de observación de la tierra operado por la Fuerza Aérea Colombiana. Esta adquisición de experiencia y conocimiento resulta ser el primer paso para la generación de doctrina en este campo de la ciencia y desarrollo tecnológico para la institución.



ANTECEDENTES



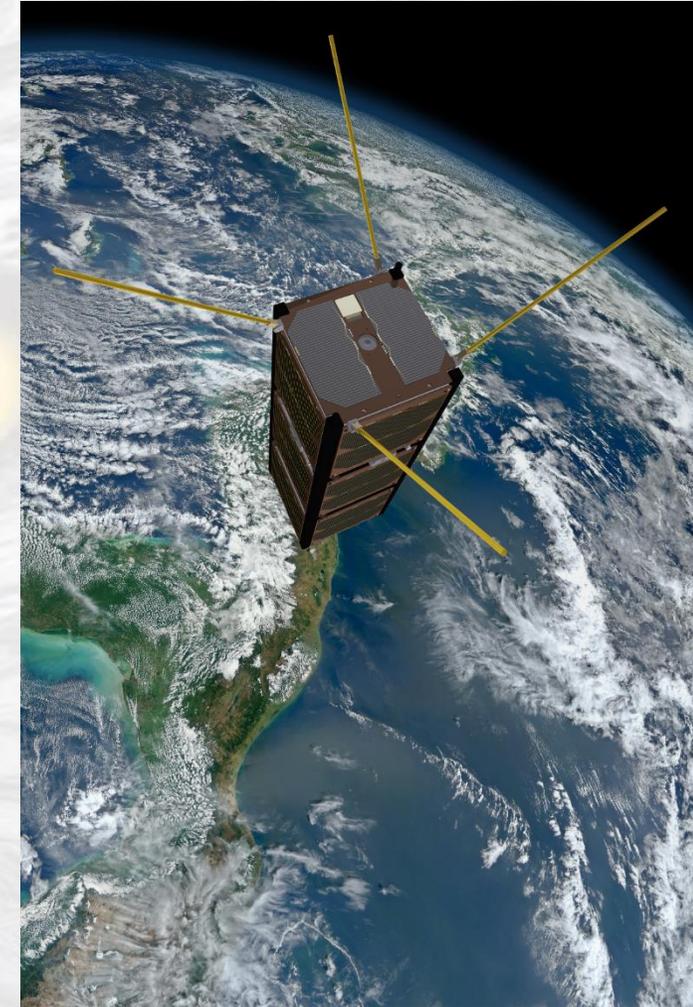
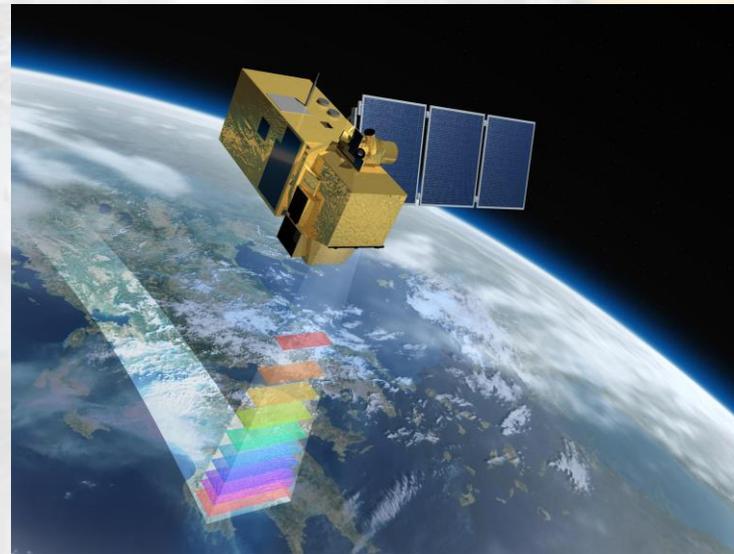
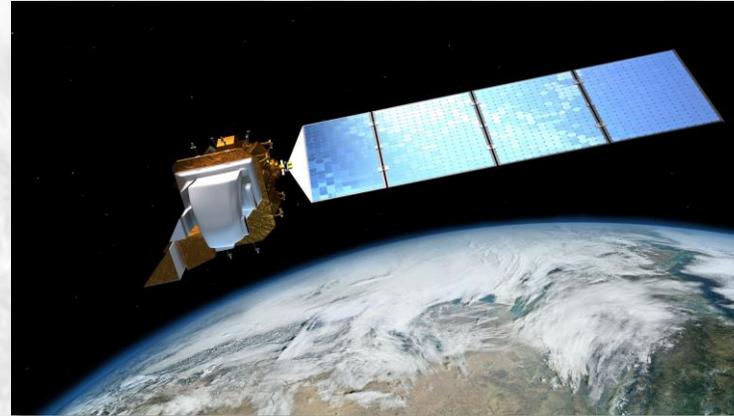
- La iniciativa espacial surgió por parte de la Comisión Colombiana del Espacio (CCE) (año 2006).
- Lanzamiento del satélite Libertad 1, plataforma diseñada, financiada y operada por la Universidad Sergio Arboleda de Bogotá (año 2007).
- Evaluación de servicios ofrecidos por varias empresas, que contaban con el servicio de diseño y lanzamiento de satélites (año 2009).
- La secretaría de la CCE fue asumida por la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) en el año 2013.
- Anunció del desarrollo de un proyecto para la creación de un nanosatélite de observación, llamado FACSAT-1, año 2013.
- Adquisición de la plataforma satelital y su carga útil con la compañía GomSpace, de origen danés, en el mes de julio de 2014.



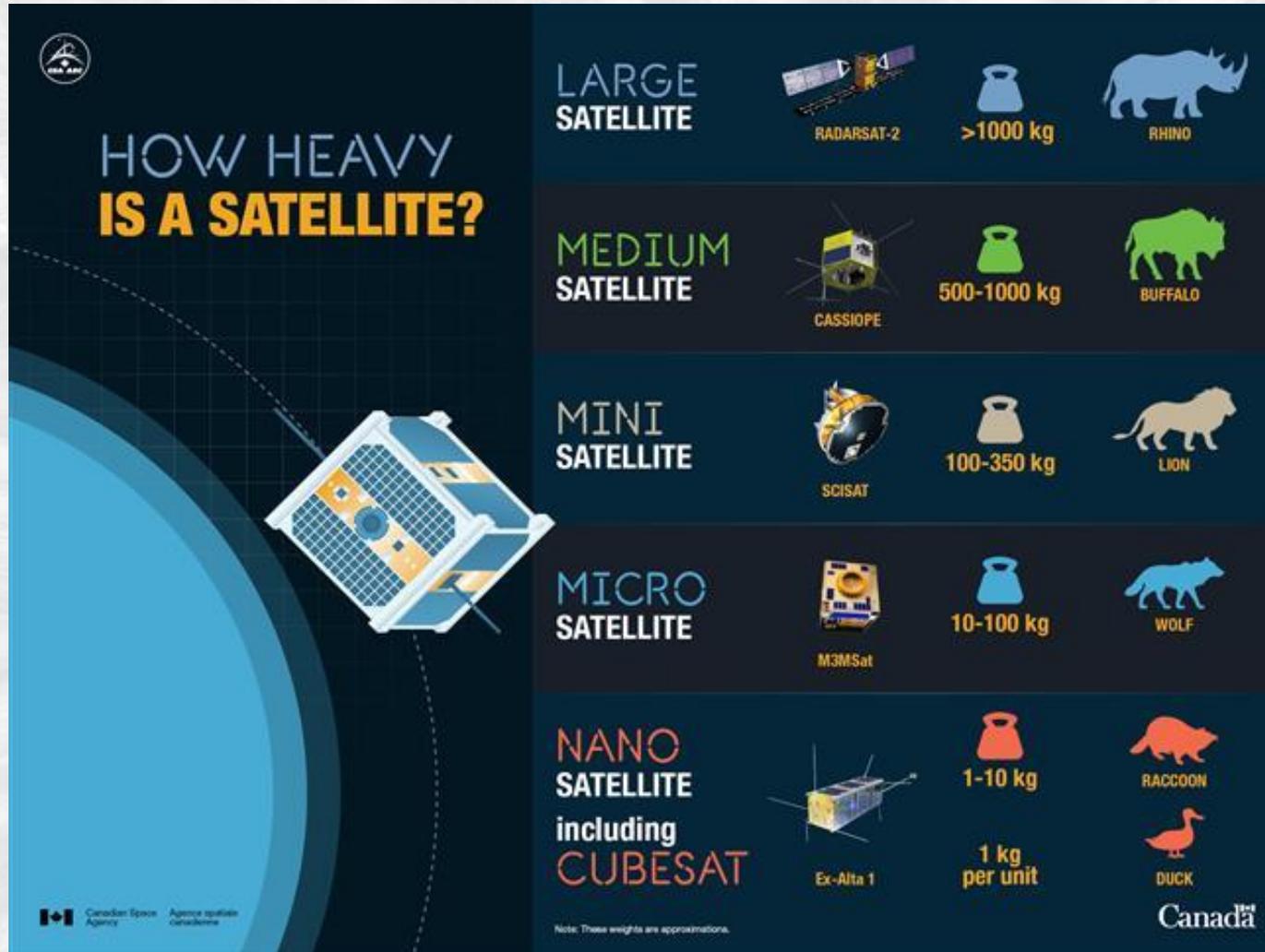
INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

JUSTIFICACIÓN

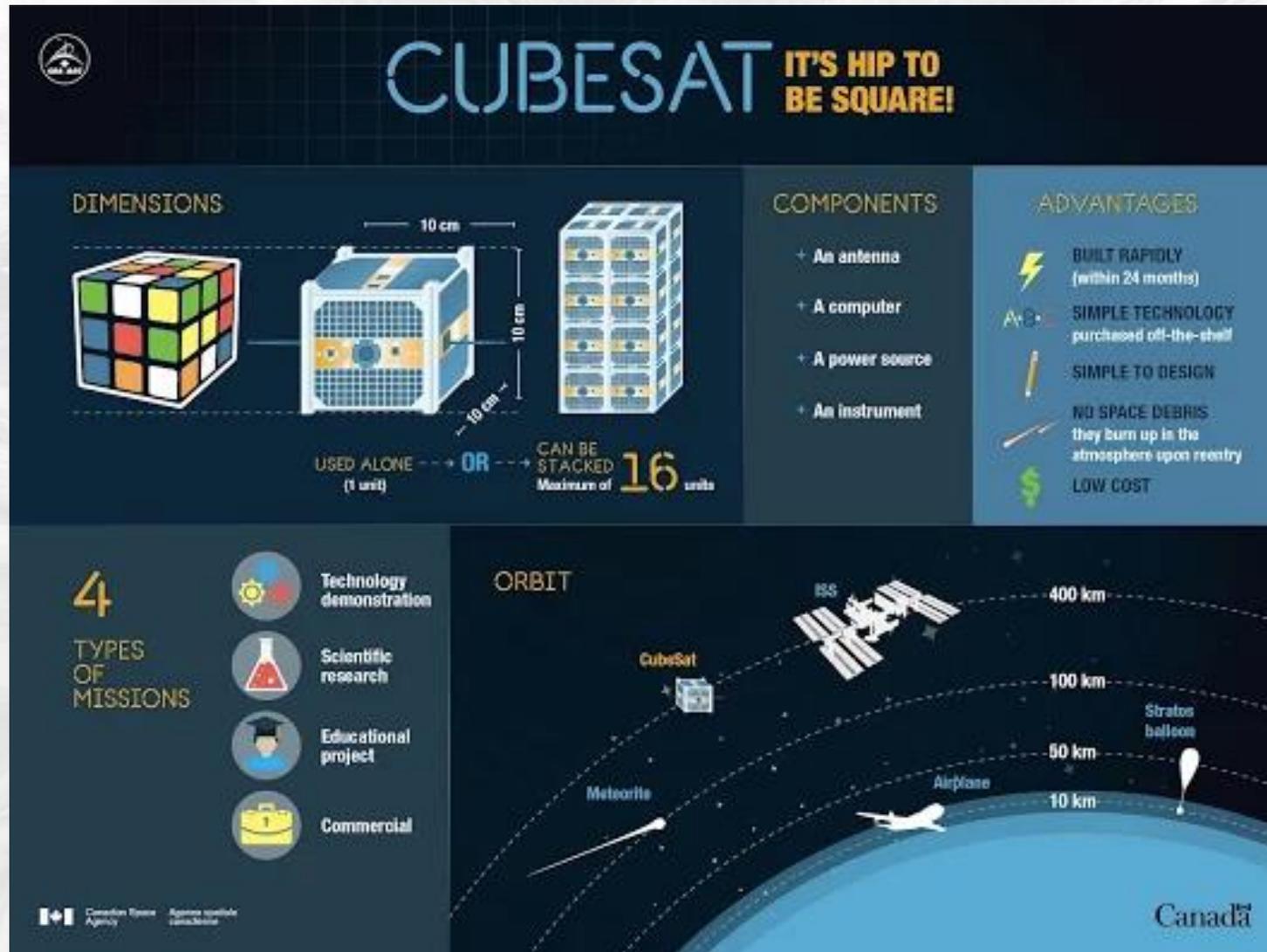
- Desarrollo de capacidades operacionales en el ámbito espacial para la FAC
- Desarrollo de programas de capacitación progresivos para la apropiación de conocimientos y gestión de la información en el tiempo.
- Fortalecimiento de la producción académica de la EMAVI en sus diferentes programas de pregrado.
- Integrador de los actores de Ciencia y Tecnología para la explotación de los productos de este proyecto.
- Producción de imágenes satelitales, en apoyo a las funciones típicas de la Fuerza Aérea, entre otras aplicaciones de carácter no militar.



CONCEPTO DE NANOSATÉLITE



NANOSATÉLITES - CUBESATS



CUBESAT IT'S HIP TO BE SQUARE!

DIMENSIONS

10 cm
10 cm
10 cm

USED ALONE (1 unit) OR CAN BE STACKED Maximum of 16 units

COMPONENTS

- + An antenna
- + A computer
- + A power source
- + An instrument

ADVANTAGES

- BUILT RAPIDLY (within 24 months)
- SIMPLE TECHNOLOGY purchased off-the-shelf
- SIMPLE TO DESIGN
- NO SPACE DEBRIS they burn up in the atmosphere upon reentry
- LOW COST

4 TYPES OF MISSIONS

- Technology demonstration
- Scientific research
- Educational project
- Commercial

ORBIT

400 km
100 km
50 km
10 km

ISS
CubeSat
Meteorite
Airplane
Stratos balloon

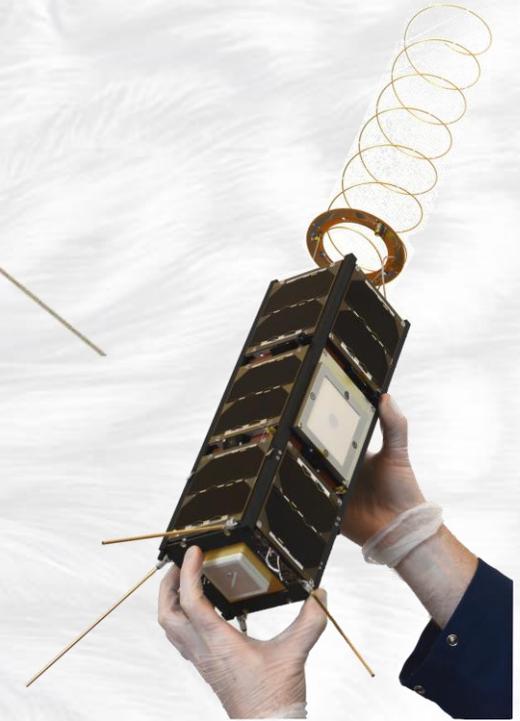
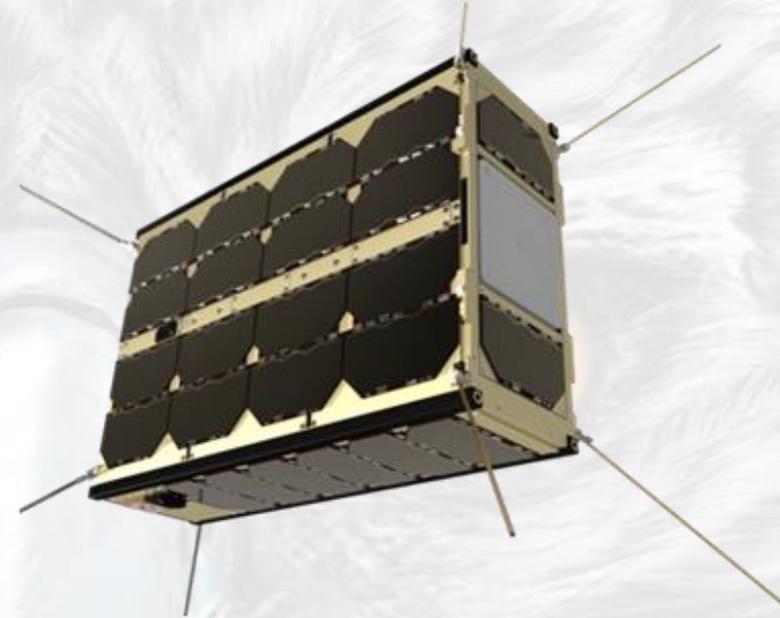
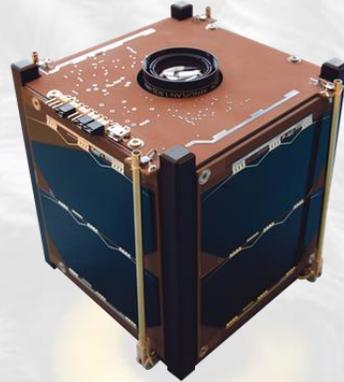
Canada

Canada Space Agency / Agence spatiale canadienne



INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

NANOSATÉLITES - CUBESATS



- Diseñados en Stanford, Mejorados en CalPoly
- Convertidos en el estándar de nano-satélites
- Alrededor de \$ 100k USD
- Pequeños - 10x10x10 (cm)
- Ligeros
- Versátiles
- Principalmente para aprender, experimentos y estudios en órbitas bajas (LEO: 300-900km)



CLASIFICACIÓN POR ALTITUD

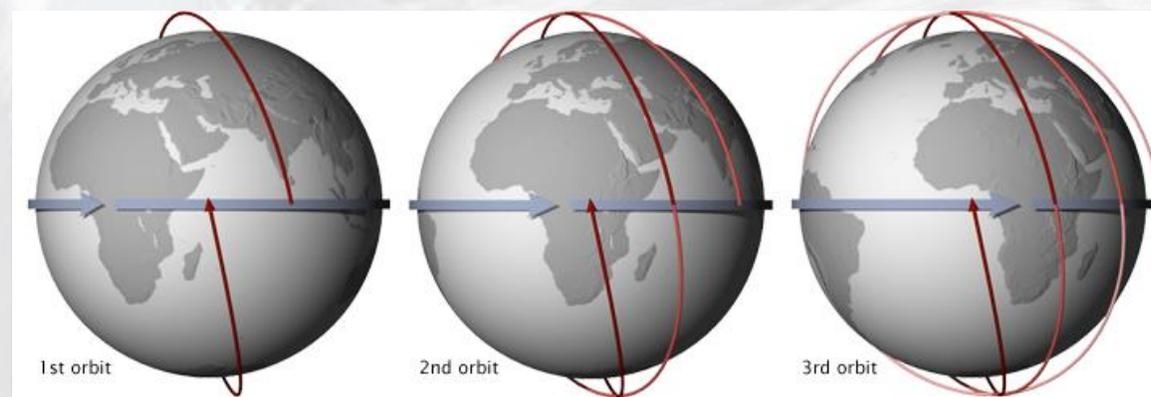
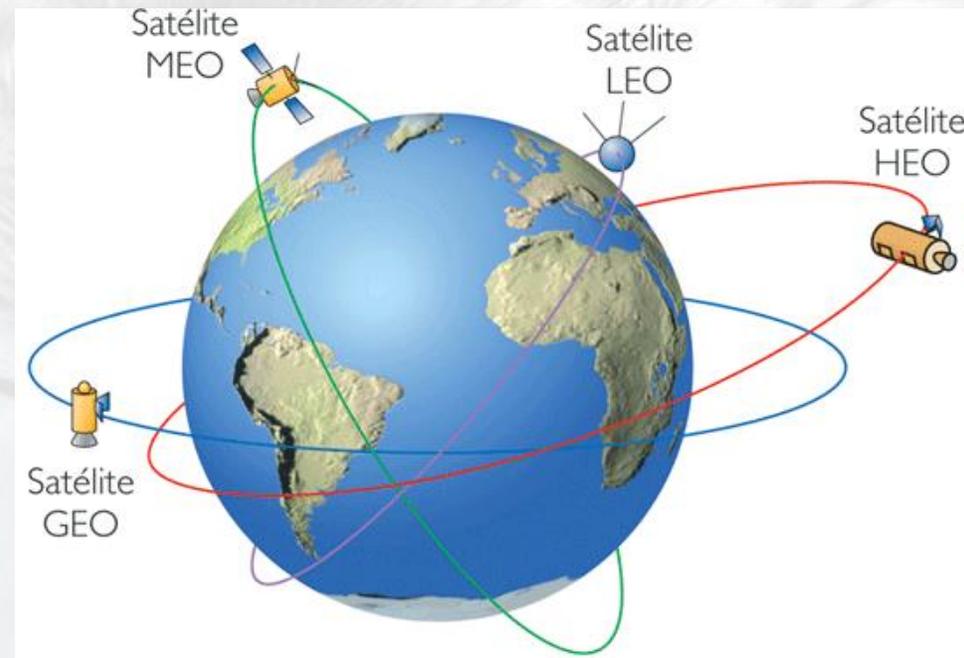
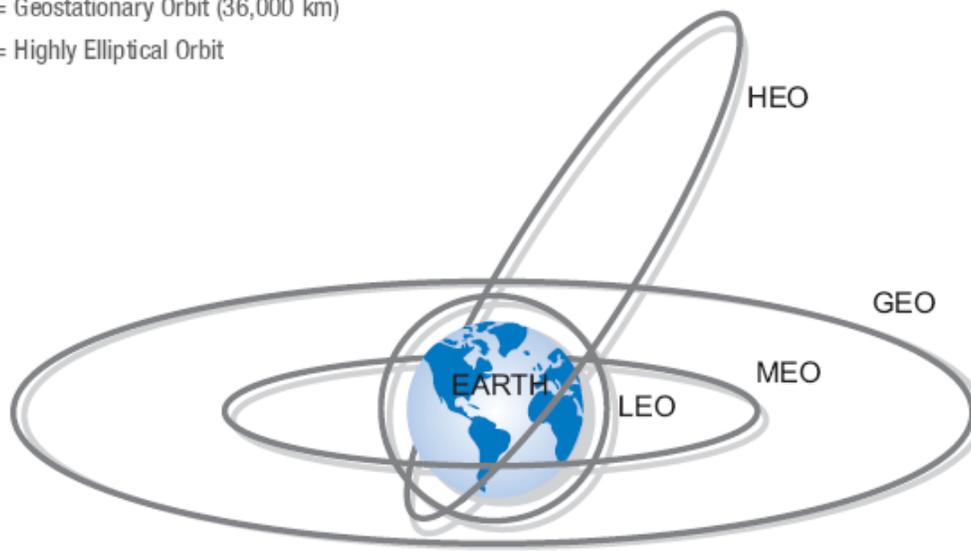
- Órbita baja terrestre (LEO) (100-1.500 km)
- Órbita media terrestre (MEO) (5.000 – 10.000 km)
- Órbita geoestacionaria (GEO) (36000 km)
- Órbita alta terrestre (HEO)

LEO = Low Earth Orbit (100-1,500 km)

MEO = Medium Earth Orbit (5,000-10,000 km)

GEO = Geostationary Orbit (36,000 km)

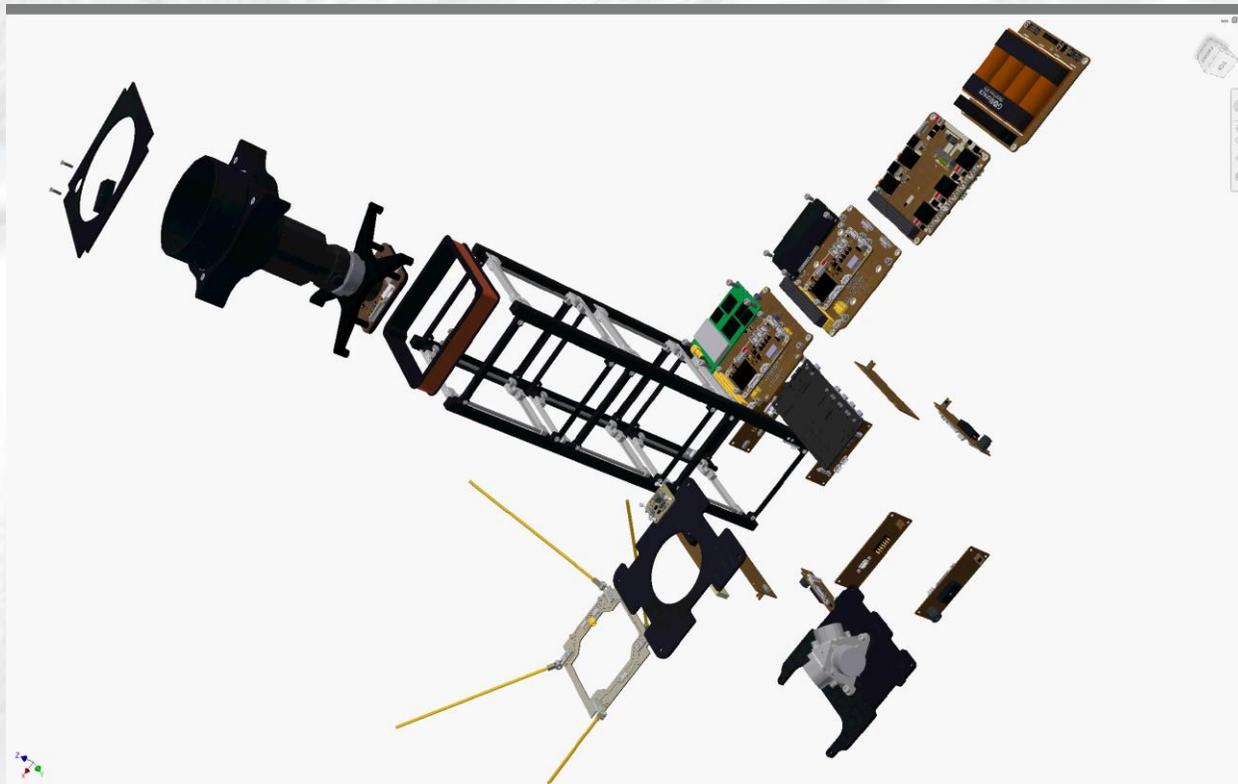
HEO = Highly Elliptical Orbit



DISEÑO FACSAT-1

El FACSAT-1 es un nanosatélite tipo 3U, de dimensiones 10 cm x 10 cm x 30 cm compuesto por los siguientes subsistemas:

- Estructura mecánica
- Sistema de potencia eléctrica
- Sistema Térmico
- Sistema para determinación de actitud y control
- Sistema de comando, telemetría y telecomando



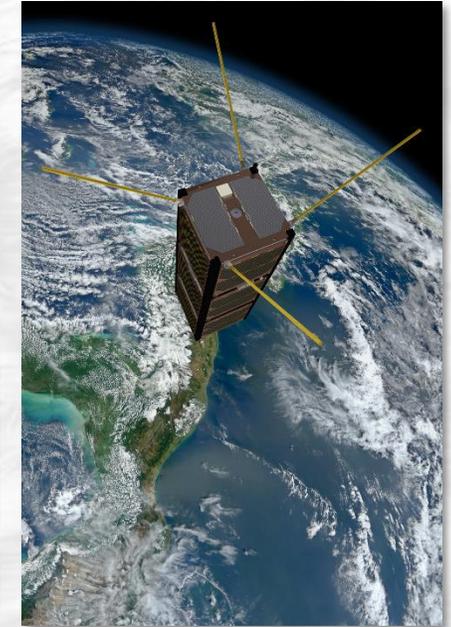
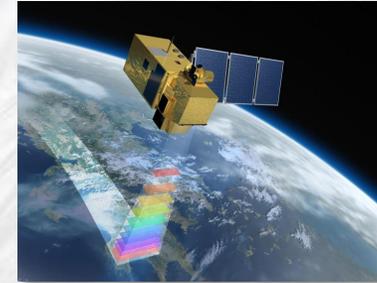
CARACTERÍSTICAS FACSAT-1

| ALCANCES | CARACTERÍSTICAS |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Adquisición de tecnología satelital• Operación de sistemas espaciales• Trabajo conjunto con la industria espacial• Capacitación especializada del personal | <ul style="list-style-type: none">• Nanosatélite de observación de Tierra• Órbita: baja terrestre (LEO) (100-1.500 km)• Formato: Cubesat 3U (30x10x10 cm)• Masa: 2.4 kg• Sistemas de orientaciones: 3 Ejes activo• Resolución espectral: (RGB)• Resolución radiométrica: 256 ND• Resolución espacial: 30 m/pixel• Resolución temporal: 4 días (en modo landmark)• Comunicaciones: Banda UHF <1 MBPS• Apuntamiento preciso (1 deg)• Altura: 504 km• Vida útil: > 3 años• Desarrollo: 2014 – 2018 |



APLICACIONES

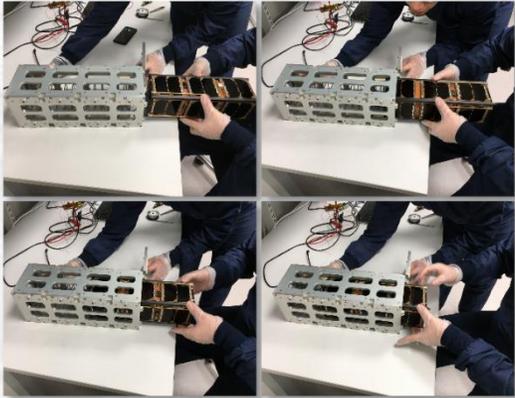
- Monitoreo del cambio en la cobertura del suelo
- Aplicaciones agrícolas, monitoreo y manejo de cultivos
- Monitoreo detallado de vegetación y bosques (índice de capa vegetal, concentración de clorofila, estimaciones de masa de carbono)
- Observación de zonas costeras (monitoreo ambiental marino, mapeo de zonas costeras)
- Monitoreo de aguas continentales
- Monitoreo de glaciares, mapeo de extensión de hielo, monitoreo de cubierta de nieve
- Mapeo y gestión de inundaciones (análisis de riesgos, evaluación de pérdidas, gestión de desastres durante inundaciones)



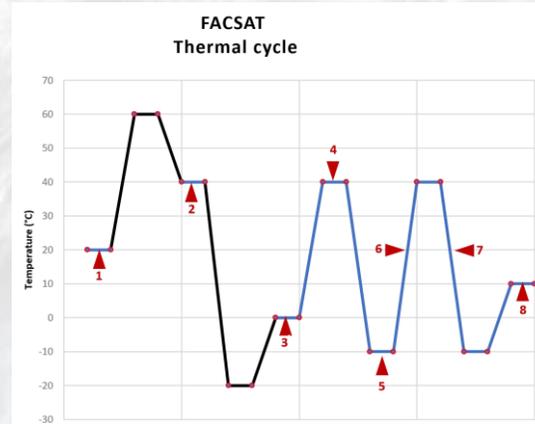
| | LANDSAT-8 | SENTINEL-2 | FACSAT-1 |
|------------------------|----------------|------------|----------|
| Año Lanzamiento | 2013 | 2015-2017 | 2018 |
| Res. Espectral | 13 | 11 | 3 |
| Res. Espacial | 10 - 20 - 60 m | 30 - 15 m | 30 m |
| Ancho Imagen | 290 km | 185 | 45 km |
| Altitud | 786 km | 705 km | 490 km |
| Órbita | SSO | SSO | SSO |
| Revisita | 5 días | 16 días | 4 días |
| Vida útil | 7 años | 5.25 años | 3-5 años |
| Tamaño | 1.016 kg | 1.512 kg | 2.4 kg |

PRUEBAS Y VALIDACIÓN FACSAT-1

Prueba de dimensiones: 4 enero 2018



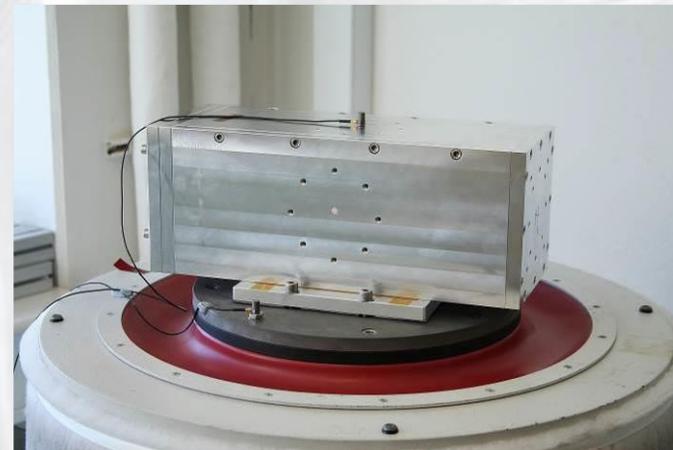
Prueba ciclo térmico:
11-14 de enero 2018



Prueba de vacío: 12 -18 de febrero



Prueba de vibración



Integración en Pod



REGLAMENTACIÓN INTERNACIONAL



Trámite de registro del satélite ante las Naciones Unidas (UNOOSA)

- Se envió notificación a la Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA) por parte de la Oficina de Asuntos Espaciales de la FAC OFAES



Registro ante JSPoC

- Órgano combinado del Departamento de Defensa de los Estados Unidos que se encarga de rastrear todos los objetos que orbitan la tierra
- una vez fueron obtenidos los parámetros de lanzamiento por parte de la agencia espacial de la India, el JSPoC, tuvo que registrar en su base de datos los parámetros orbitales del futuro lanzamiento del FACSAT-1 y revisar que en caso de que existiese riesgo de colisión, modificar la órbita del satélite

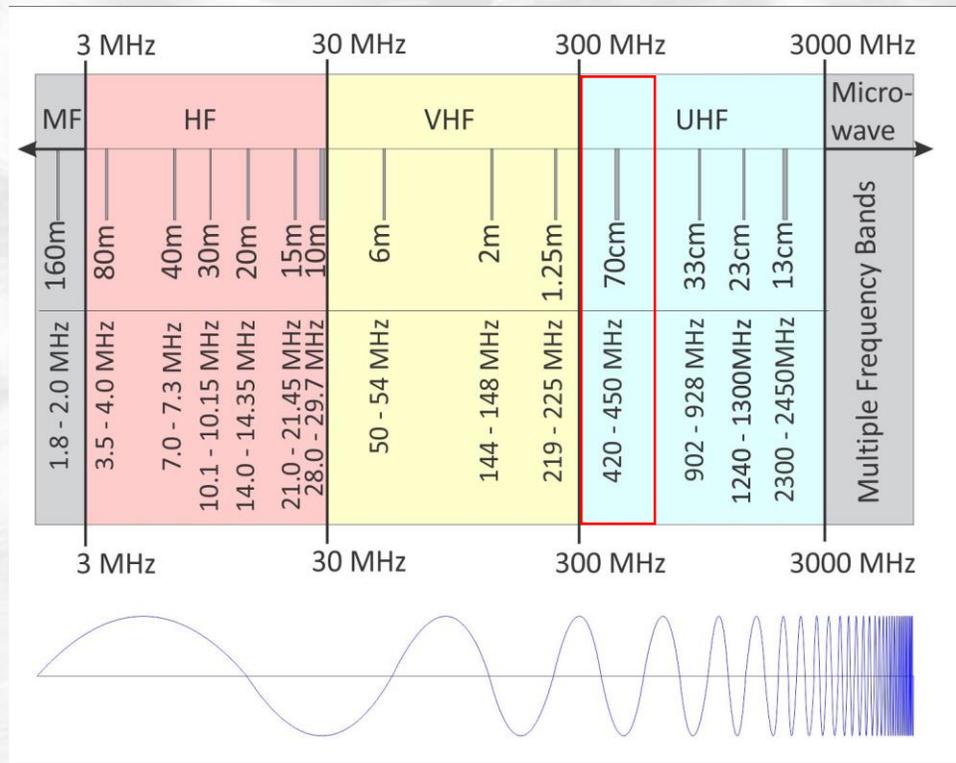


INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

TRÁMITE DE FRECUENCIA



- Colombia (FAC y MINTIC) hicieron el registro de frecuencia ante la UIT, desde noviembre de 2017.
- En mayo de 2018 salió publicación donde varios países hicieron comentarios dado que esa frecuencia pertenece al grupo amateur.
- En Julio de 2018 se consigue la licencia para que FACSAT sea considerado un satélite AMATEUR.
- Con esta autorización se permitió integrar el satélite en el POD.



Home : [ITU-R](#) : [Space Services](#) : [SNL](#) : Query result

Radiocommunication Sector (ITU-R) | [ITU Sectors](#) | [Newsroom](#) | [Events](#) | [Publications](#) | [Statistics](#) | [About ITU](#)

SNL Part B - Query result

The Parts and Special Sections are not available online. They can be found in the collection of the BR WIC and BR IFIC DVD-ROM. You can [order it](#) or [get more information about this DVD-ROM](#)

Your query : / Type = gso or ngso / Satellite network = FACSAT / Earth station = none

[Complete list](#) | [Explanations](#) | [Export in txt format](#) | [Export in Excel format](#)

Total line = 2/2

| ID number (SNS) | adm | ORG or Geo.area | Satellite name | Earth station | long_nom | Date of receipt | ssn_ref | ssn_no | ssn rev/ Sup | ssn rev no | removal | Part/ Art. | WIC/IFIC (ific.mdb) | WIC/IFIC date |
|---------------------------|-----|-----------------|----------------|---------------|----------|-----------------|---------|--------|--------------|------------|---------|------------|----------------------|---------------|
| 117545397 | CLM | | FACSAT | | N-GSO | 21.09.2017 | API/A | 12064 | | | | | 2859 | 28.11.2017 |
| 117545397 | CLM | | FACSAT | | N-GSO | 21.09.2017 | API/B | 866 | | | | | 2869 | 01.05.2018 |



INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD



Registro del satélite AMATEUR



The International Amateur Radio Union

Since 1925, the Federation of National Amateur Radio Societies
Representing the Interests of Two-Way Amateur Radio Communication

IARU Amateur Satellite Frequency Coordination

[Back to List of Sats whose Frequencies have been coordinated](#)

| | | | |
|--------|----------------------|----------------------|---|
| FACSAT | Updated: 23 Jul 2018 | Responsible Operator | Jose Fernando Betancourt Vasquez HK5SIW |
|--------|----------------------|----------------------|---|

Supporting Organisation Colombian Air Force Academy
Contact Person HK5SIW@yahoo.com.nospam

Headline Details: FACSAT is a 3U satellite of the Colombian Air Force. The goal of this mission is to educate the students cadets on the process of designing a satellite, mission and in orbit operation. FACSAT is an earth observation satellite is a camera in the visible range that will take



INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD



LANZAMIENTO DE SATÉLITE

- ISRO – Indian Space Research Organization
- Cohete PSLV
- Fecha de lanzamiento del satélite en vivo desde instalaciones de Gomspace en Dinamarca.



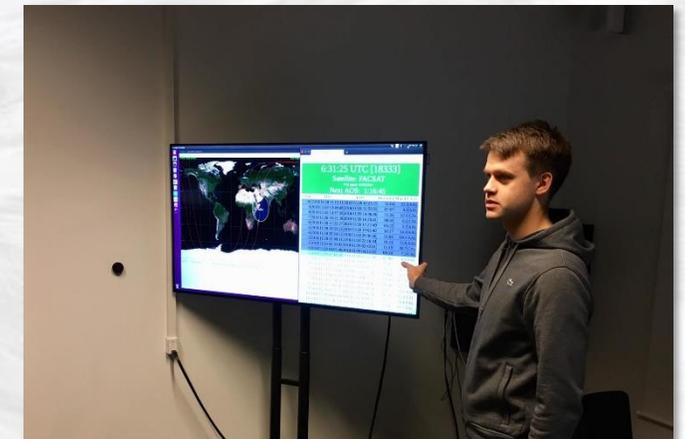
FASE LEOP EN DINAMARCA

Establecer un control inicial con el satélite, estabilización y verificación de estatus

Ejecución de una serie de comandos e instrucciones dirigidos al satélite de la siguiente manera:

- Contacto inicial con el satélite
- Recepción de telemetría
- Verificación de despliegue de antenas
- Estabilización del satélite en sus tres ejes
- Verificación de operación de los subsistemas
- Calibración del sistema de control de actitud

Posterior, entrega a la FAC mediante el uso de la estación terrena de EMAVI



AVANCE PROYECTO FACSAT-1



| FASE I: oct 2017 - jul 2018 | FASE II: ene 2018 - dic 2018 | FASE III: ene 2019-Nov 2021 |
|--|---|---|
| <p>Pruebas en tierra nanosatélite y registro IARU-ITU.</p> | <p>Capacidad Control y Seguimiento satellite</p> | <p>Transferencia de conocimiento en control satellite, uso de capacidades y producción académica .</p> |

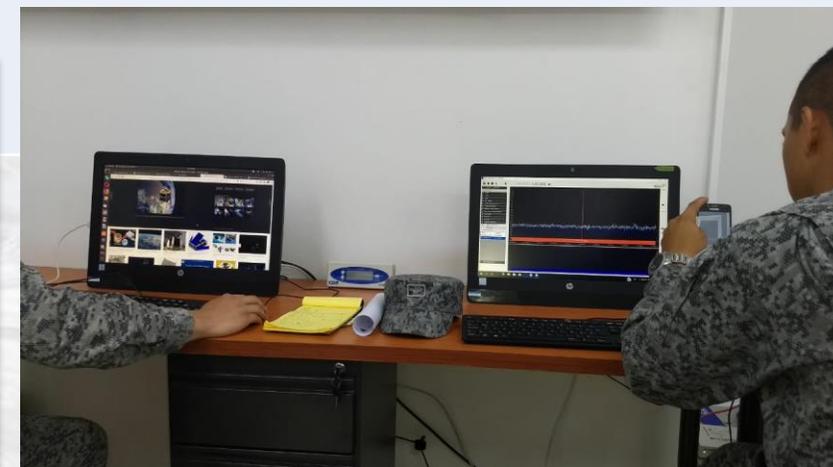
- Capacitaciones y transferencia de conocimientos GOMSPACE.



- Configuración segmento terrestre, servidores y antena.
- Capacidad en control y monitoreo FACSAT1.
- Ingeniería Inversa modelo ingeniería FACSAT-1

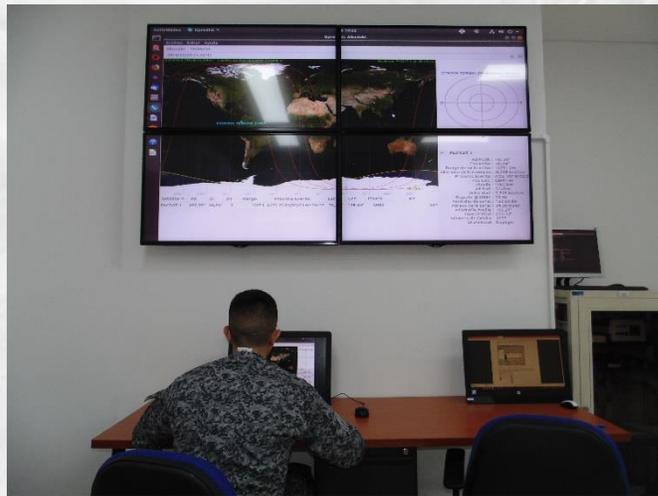


- Centro de operaciones satelital.
- Post-proceso de imágenes y divulgación.



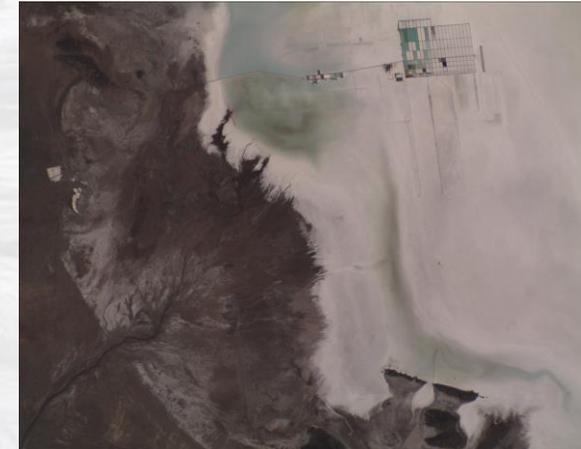
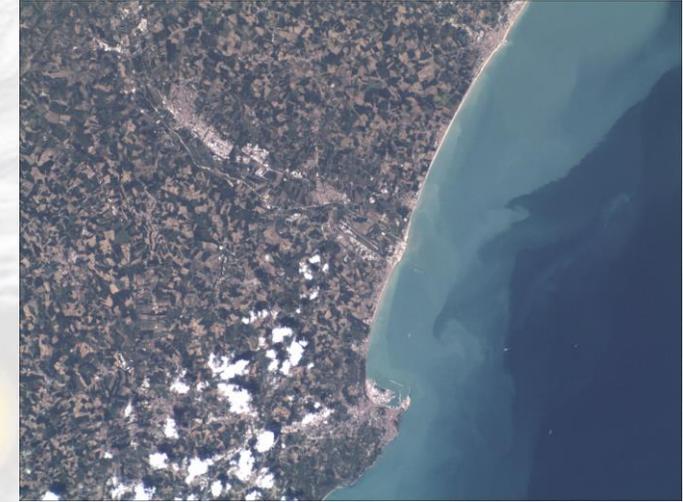
INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

INSTALACIONES PROYECTO FACSAT-1



IMÁGENES FACSAT-1

Internacionales

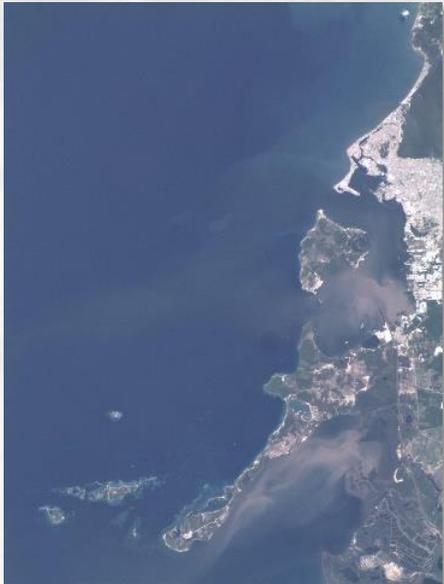
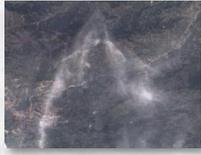
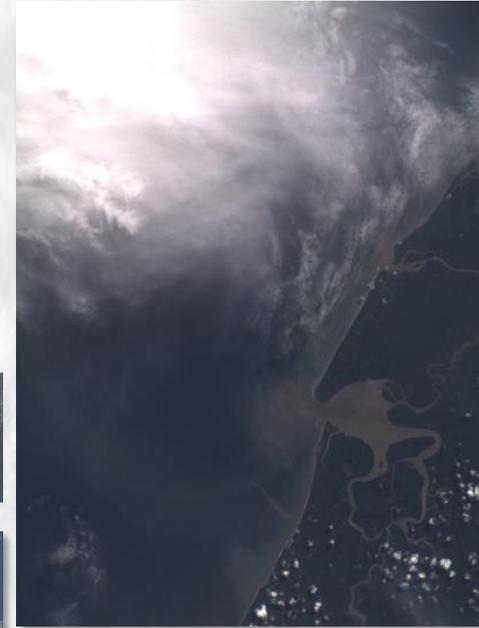


INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

ENCUENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO E INNOVACIÓN EN EL SECTOR AERONÁUTICO

IMÁGENES FACSAT-1

Territorio Colombiano



INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

ENCUENTRO DE INVESTIGACIÓN
DESARROLLO E INNOVACIÓN
EN EL SECTOR AERONÁUTICO

ACTIVIDADES EN DESARROLLO

Análisis y delimitación área afectada por minería ilegal



Análisis Espectral

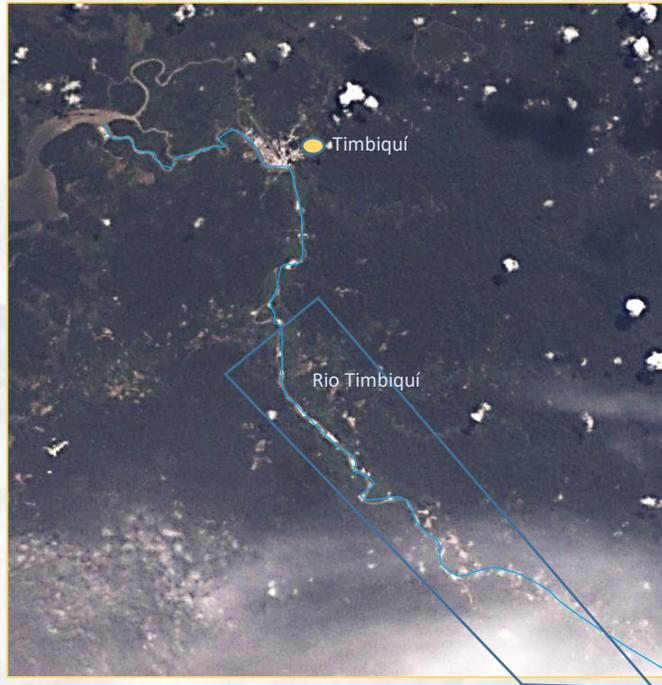
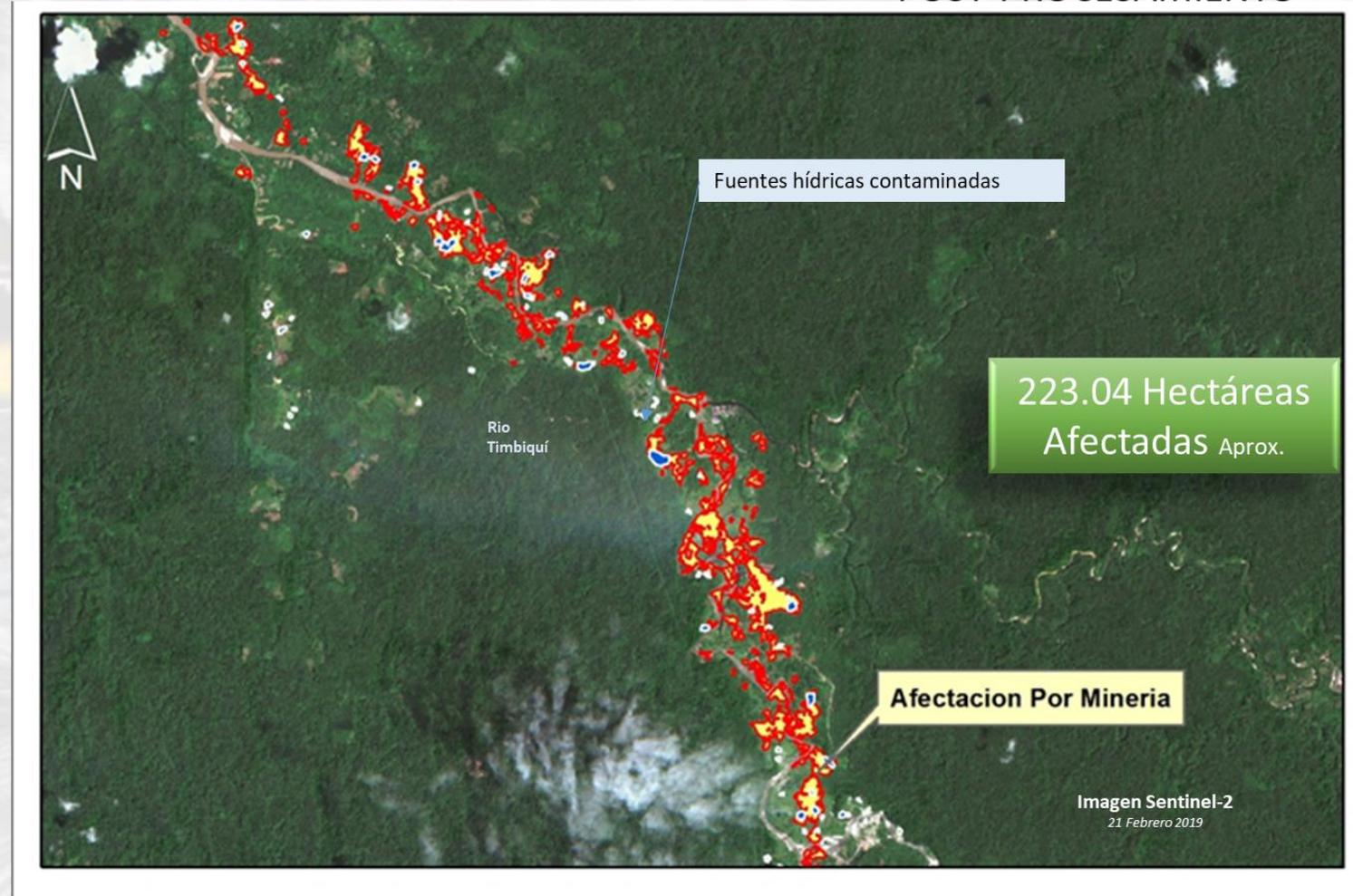


Imagen FacSat1 RGB

25 mayo 2019

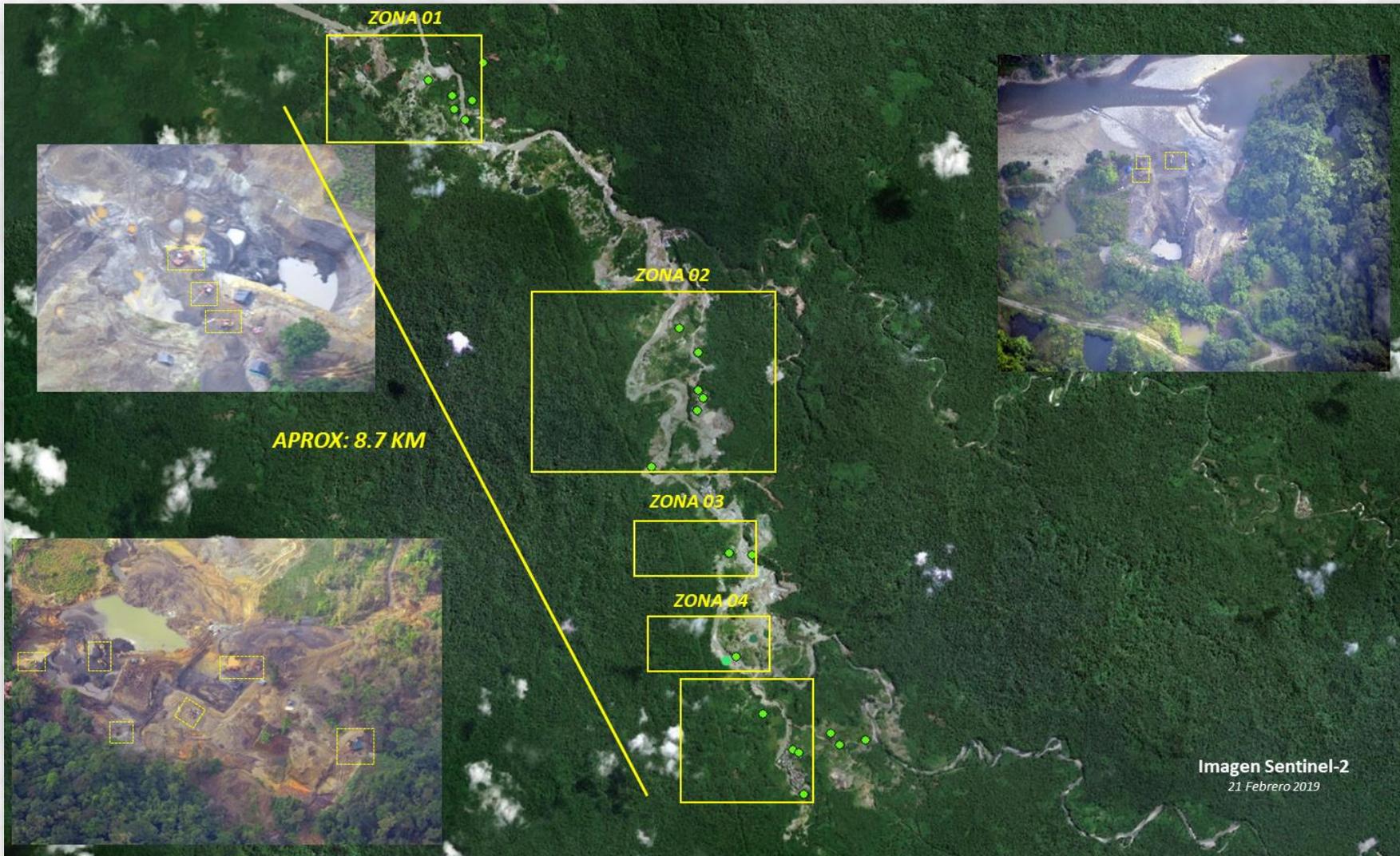
Bandas R-G-B

POST-PROCESAMIENTO



ACTIVIDADES EN DESARROLLO

Análisis y delimitación área afectada por minería ilegal



VERIFICACIÓN

- Imágenes Oblicuas
- Identificación de Maquinaria

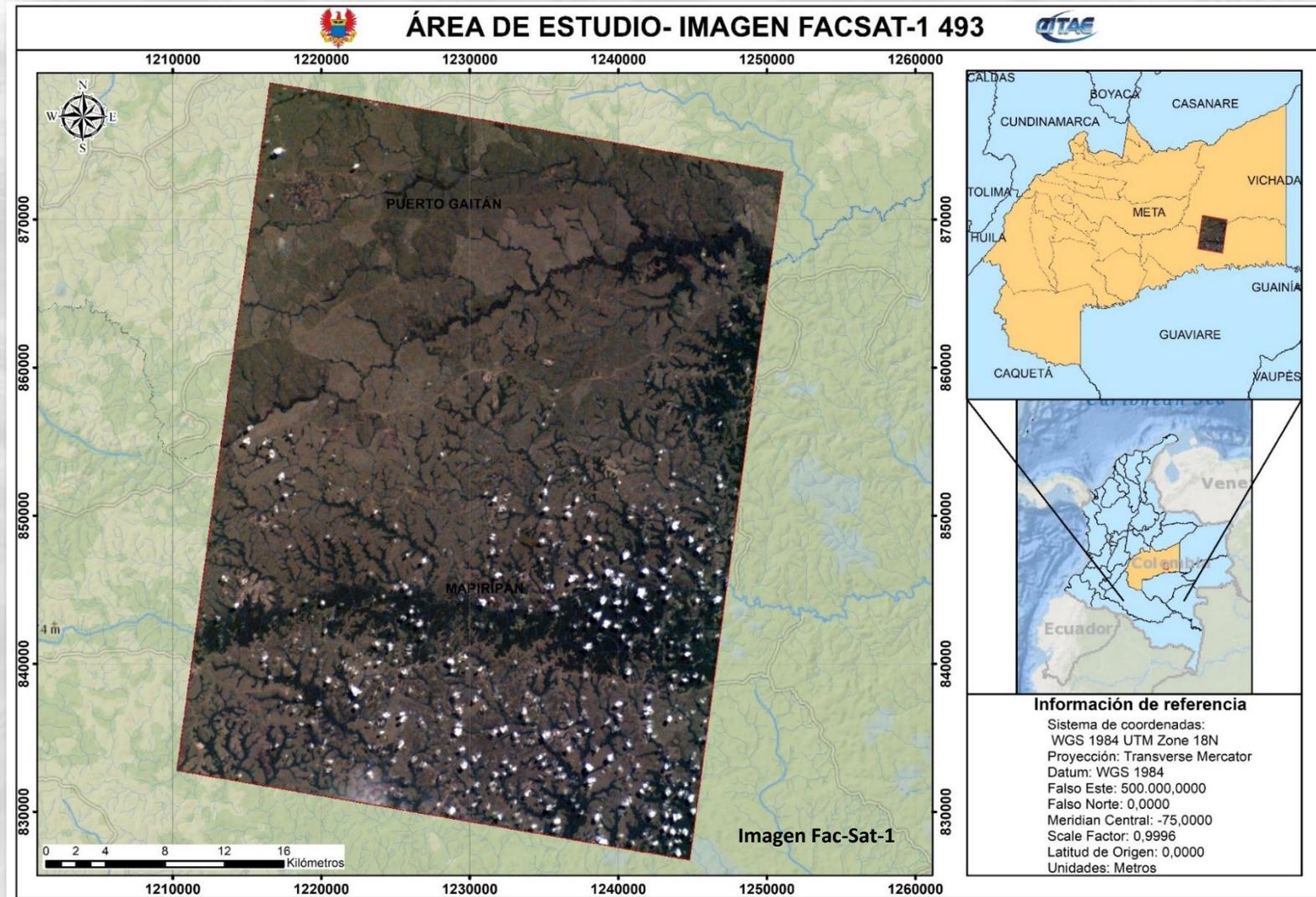
ACTIVIDADES EN DESARROLLO

Análisis y delimitación área afectada por minería ilegal

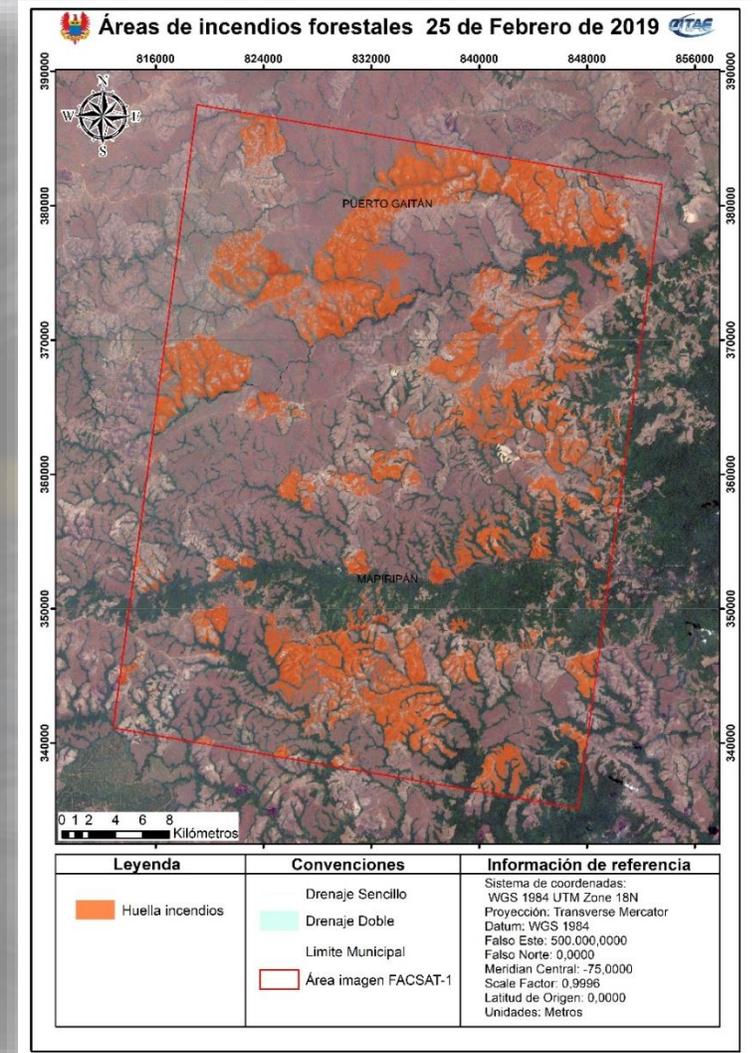
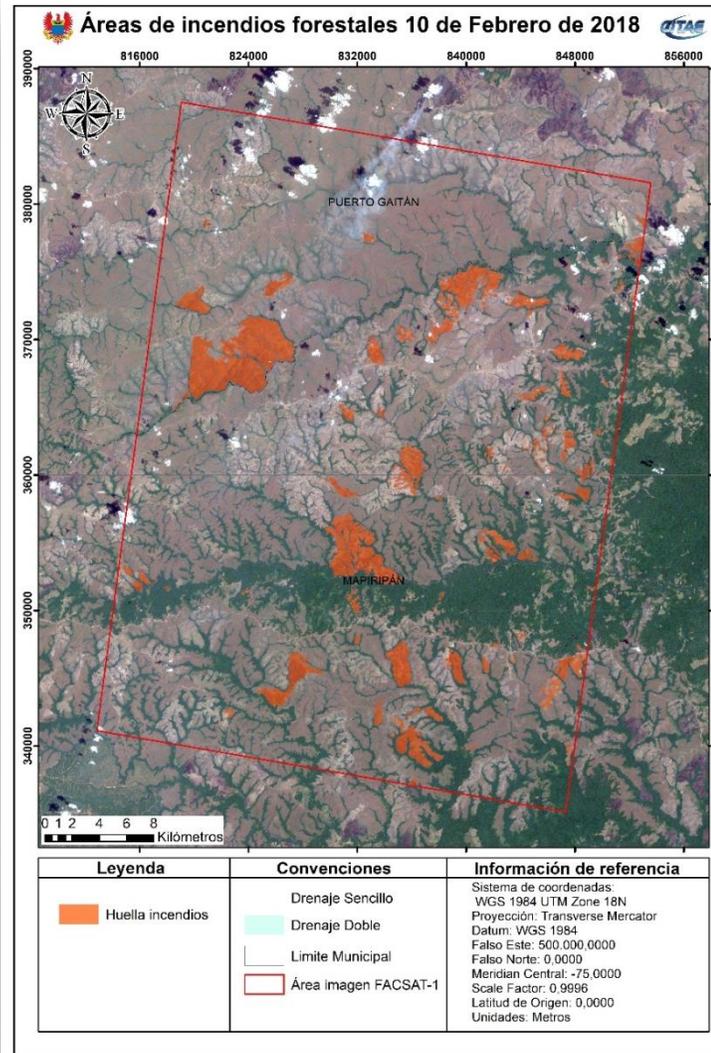
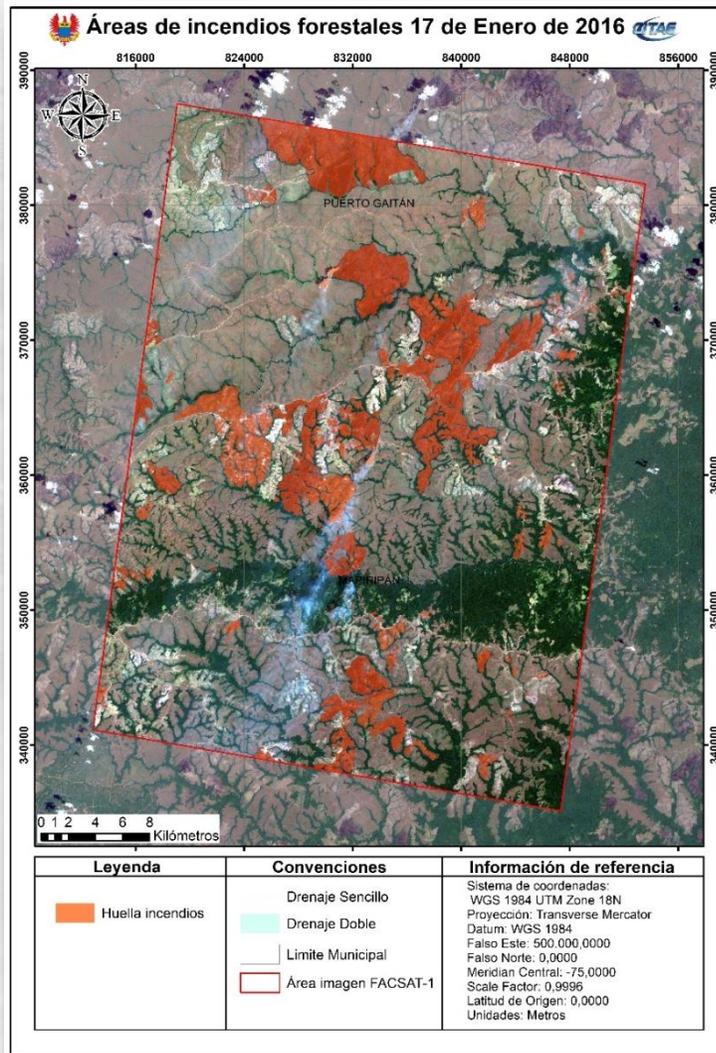


INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

DETECCIÓN INCENDIOS FORESTALES



DETECCIÓN INCENDIOS FORESTALES



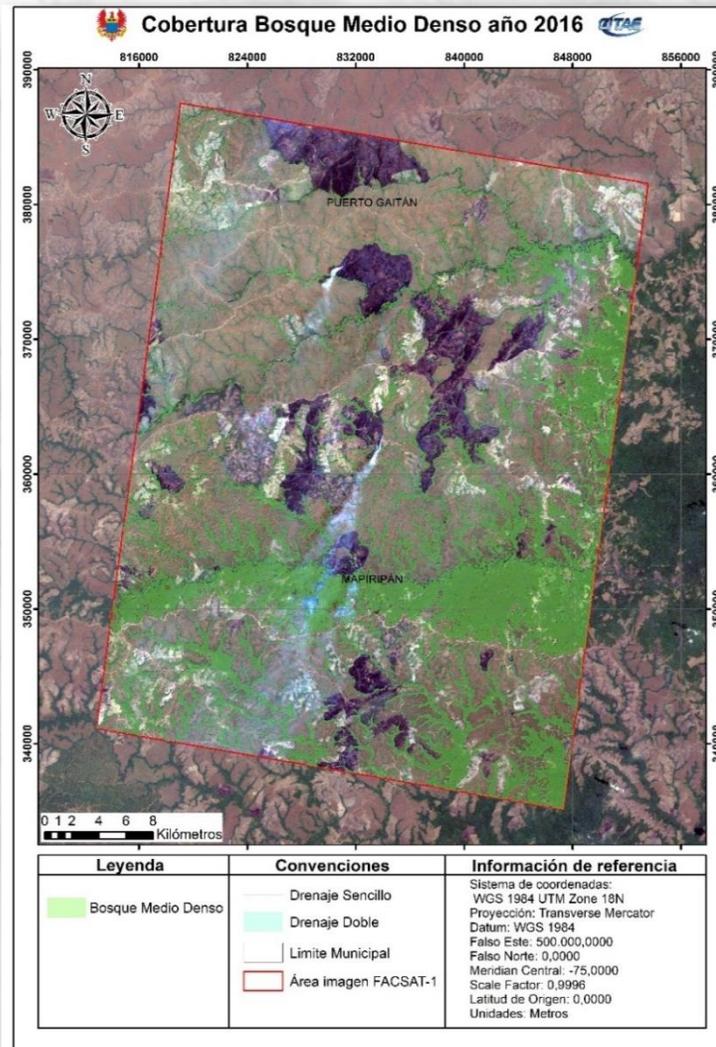
Imágenes Sentinel-2

INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

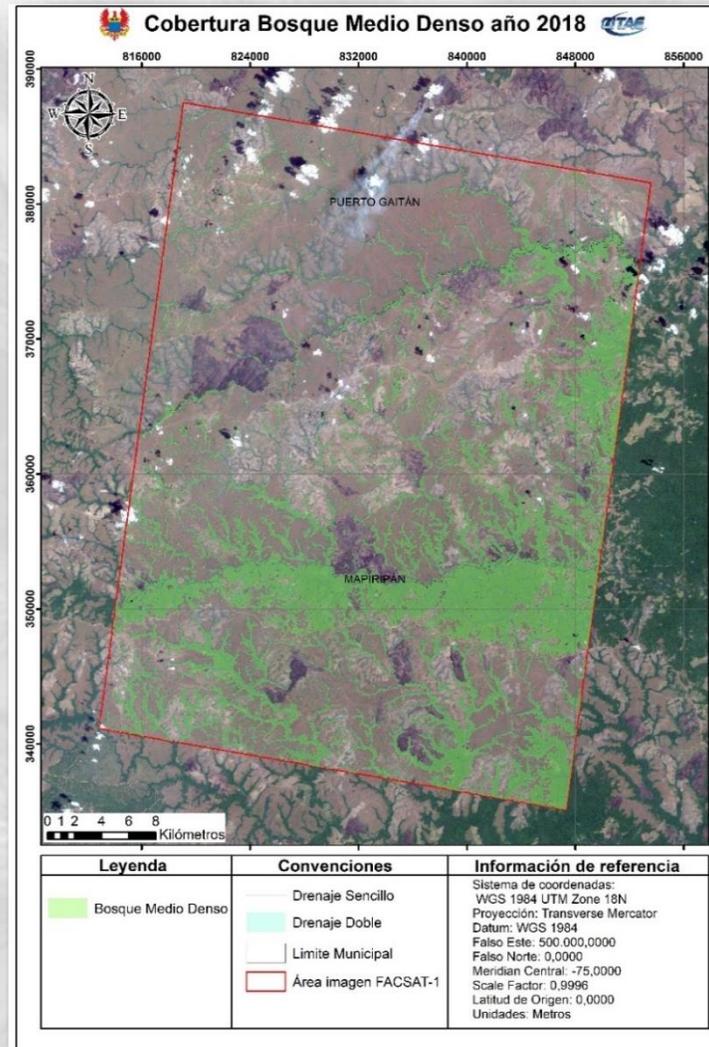


CAMBIOS COBERTURA BOSQUE

Detección áreas deforestadas



Imágenes Sentinel-2



Imágenes Sentinel-2

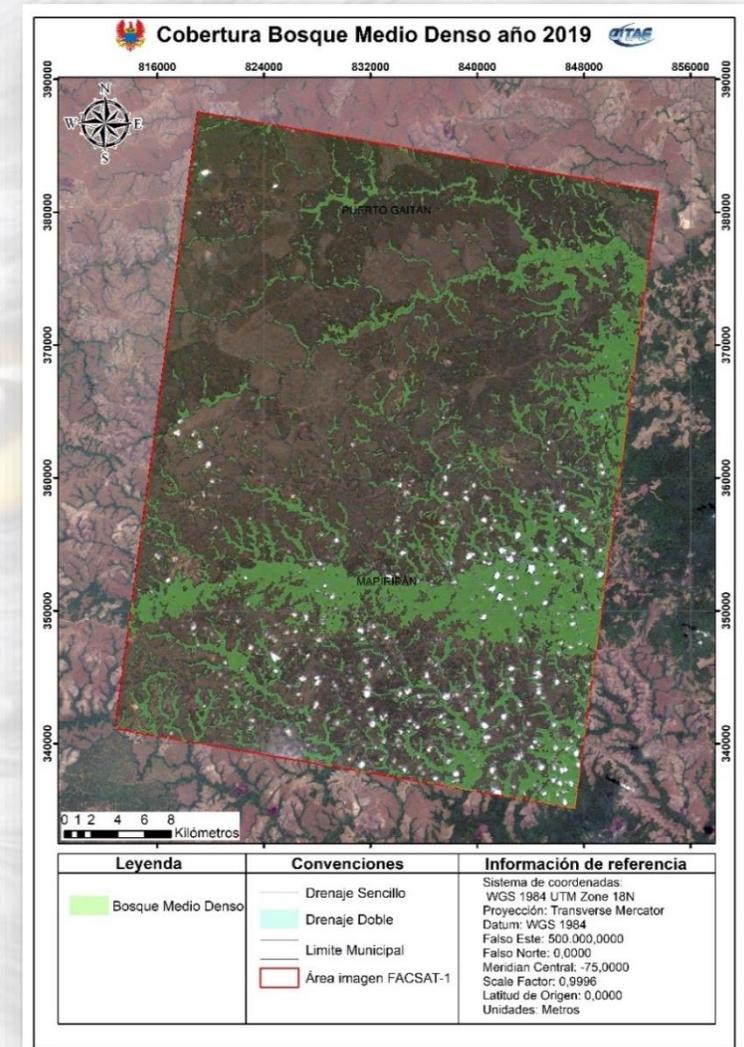


Imagen FacSat-1
Imágenes Sentinel-2



INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

II ENCUENTRO DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO E INNOVACIÓN
EN EL SECTOR AERONÁUTICO

CAMBIOS COBERTURA BOSQUE

Detección áreas deforestadas

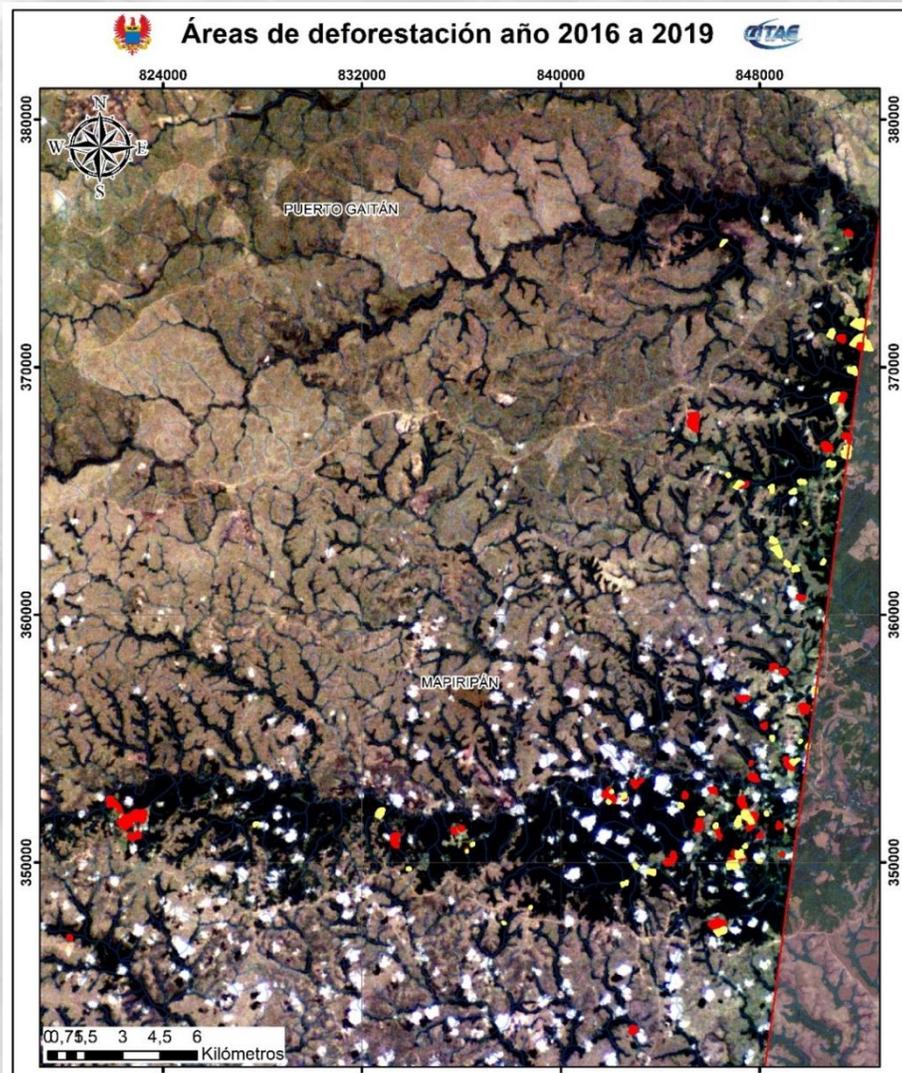


Imagen Fac-Sat-1

CAMBIO EN LA COBERTURA TERRESTRE

| fenómeno | Año | No Hectáreas |
|------------------------|-----------|--------------|
| Área Deforestada x Año | 2016-2018 | 274,25 |
| | 2018-2019 | 168,87 |

| Leyenda | Convenciones | Información de referencia |
|--|----------------------|--|
| ■ 2016- 2018 | Drenaje Sencillo | Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 18N |
| ■ 2018- 2019 | Drenaje Doble | Proyección: Transverse Mercator |
| | Limite Municipal | Datum: WGS 1984 |
| | Área imagen FACSAT-1 | Falso Este: 500.000,0000 |
| | | Falso Norte: 0,0000 |
| | | Meridian Central: -75,0000 |
| | | Scale Factor: 0,9996 |
| | | Latitud de Origen: 0,0000 |
| | | Unidades: Metros |

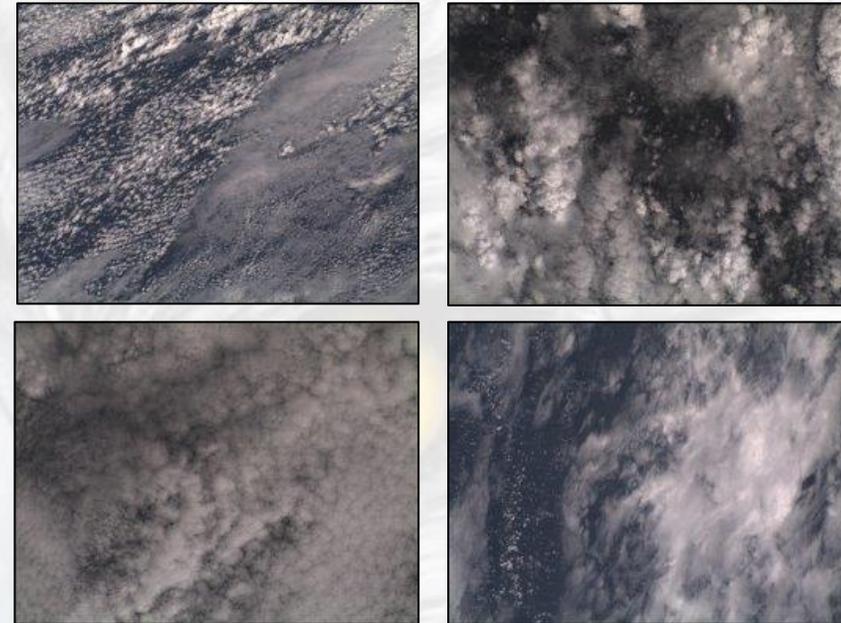
ACTIVIDADES EN DESARROLLO

Caso de estudio Seguimiento Parque Nacional del Chibiriquete



MISIÓN

Realizar observación y seguimiento del daño ambiental en el Parque Nacional Natural el Chibiriquete, empleando las tecnologías satelitales de recolección de información geoespacial FACSAT-1



- Se han tomado y descargado desde la Estación Terrena **99 fotografías** de las cuales
- El **90%** presentan una nubosidad superior al **80%**.
- De las 99 tomas realizadas, el **10%** de las imágenes presentan una nubosidad inferior al **30%** y son viables para descarga y post-procesamiento



INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

IMÁGENES FACSAT-1

Resultados obtenidos



- se ha capturado **35 fotografías**, de las cuales se han descargado en alta resolución **27 fotografías del territorio colombiano**, correspondientes a los departamentos de Atlántico, Pereira, Caldas, Meta, Boyacá, Bolívar, Cauca, Córdoba, Sucre y Valle del Cauca, abarcando un área del territorio colombiano de **38.880 km²** (3,4 % del territorio).
- De otros países se han descargado **8 fotografías**: Venezuela (4 fotos), Chile (2 fotos), Italia (1 foto), Bolivia (1 foto).
- Se encuentra en el plan pendiente por **descargar 85 fotografías** en alta resolución, **55 de Colombia** de áreas: Antioquia, Guajira, Boyacá, Chocó, Tolima, Santander, Bolívar, Cauca y Cesar. De otros países **30 fotografías** distribuidas en países como Brasil, Irán, Italia, Kazajistán, Somalia, Venezuela, Perú y Yemen.
- Actualmente las imágenes descargadas se encuentran en análisis y post-procesamiento.



PROYECTOS DERIVADOS

PROSPECTIVA DE CAPACIDADES ESPACIALES EN LA ANTÁRTICA



Definir los requisitos funcionales del sistema de recepción y transmisión para comunicación con el FACSAT-1 en la Antártica



Construir los componentes del sistema de comunicación es de la estación terrestre temporal del FACSAT-1



Implementar un protocolo técnico de comunicaciones para adquirir datos del satélite

Activar las capacidades en comunicaciones satelitales de la Fuerza Aérea Colombiana en la Antártica



Aumentar el tiempo de comunicación con el satélite FACSAT-1

| CARACTERÍSTICA | COLOMBIA | ANTÁRTICA |
|--|-------------|---------------|
| No. Pases al día | 1 - 3 veces | 14 - 15 veces |
| Promedio de Elevación | 30° | 80° |
| Tiempo promedio de comunicación al día | 25 min | 3 horas 7 min |
| Operabilidad | Baja | Alta* |
| Efectos por ionósfera | Alto | Bajo |
| Efectos por mal clima | Alto | Bajo |



INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD



PROYECTOS DERIVADOS

MODELO DE CALIBRACIÓN RADIOMÉTRICA PARA LAS IMÁGENES FACSAT -1



IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTIN CODAZZI



Desarrollar un modelo de calibración radiométrica para las imágenes FACSAT -1 en el marco de la VI Expedición a la Antártica Verano Austral 2019-2020 para mejorar su precisión y confiabilidad espectral y radiométrica.



INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

ENCUENTRO DE
INVESTIGACIÓN
DESARROLLO E INNOVACIÓN
EN EL SECTOR AERONÁUTICO

PROYECTO: FACSAT-2

Descripción del Proyecto



Nanosatélite Masa: ≤ 10 kg

Carga útil imágenes **multiespectrales** de media-alta resolución R, G, B, NIR2, SWIR1, and PAN

Sensoramiento Remoto **5 m /pixel**.

Multi-banda (Banda X y S) y Orbita cuasi-ecuatorial

- Ejecución: Agosto 2019 – Diciembre 2021
- Lugar de ejecución: EMAVI - CITAE
- Investigadores:

Mecanismo de Ejecución:

Convenio Específico de Cooperación entre la FAC y CIAC

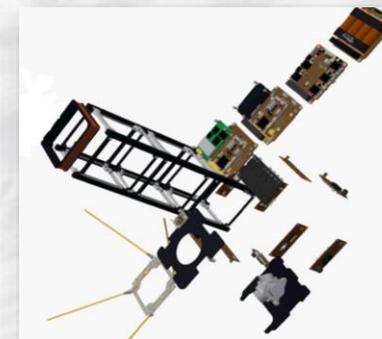
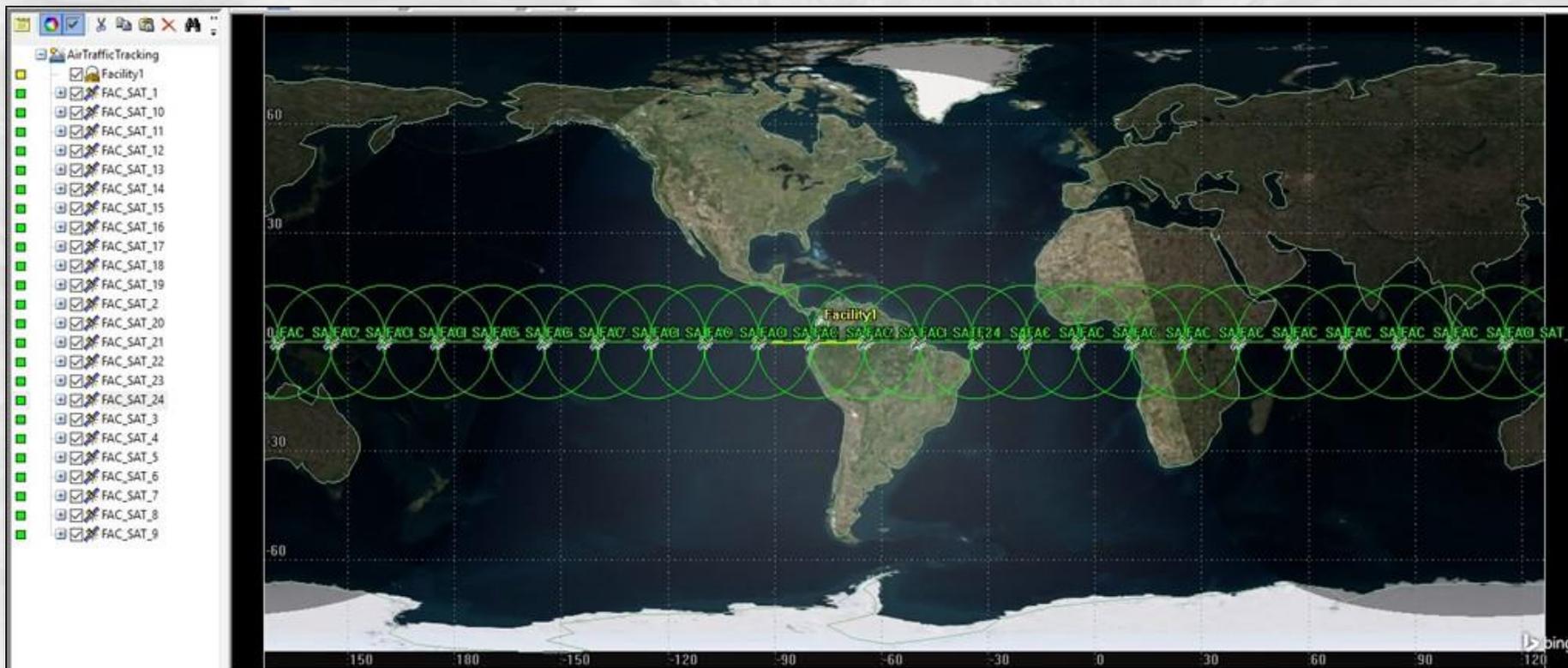
Codesarrollo con un **aliado** internacional

Invitación Proyectos Colciencias



INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

PROYECTO: DESARROLLO DE SENSORES SATELITALES FACSAT-3

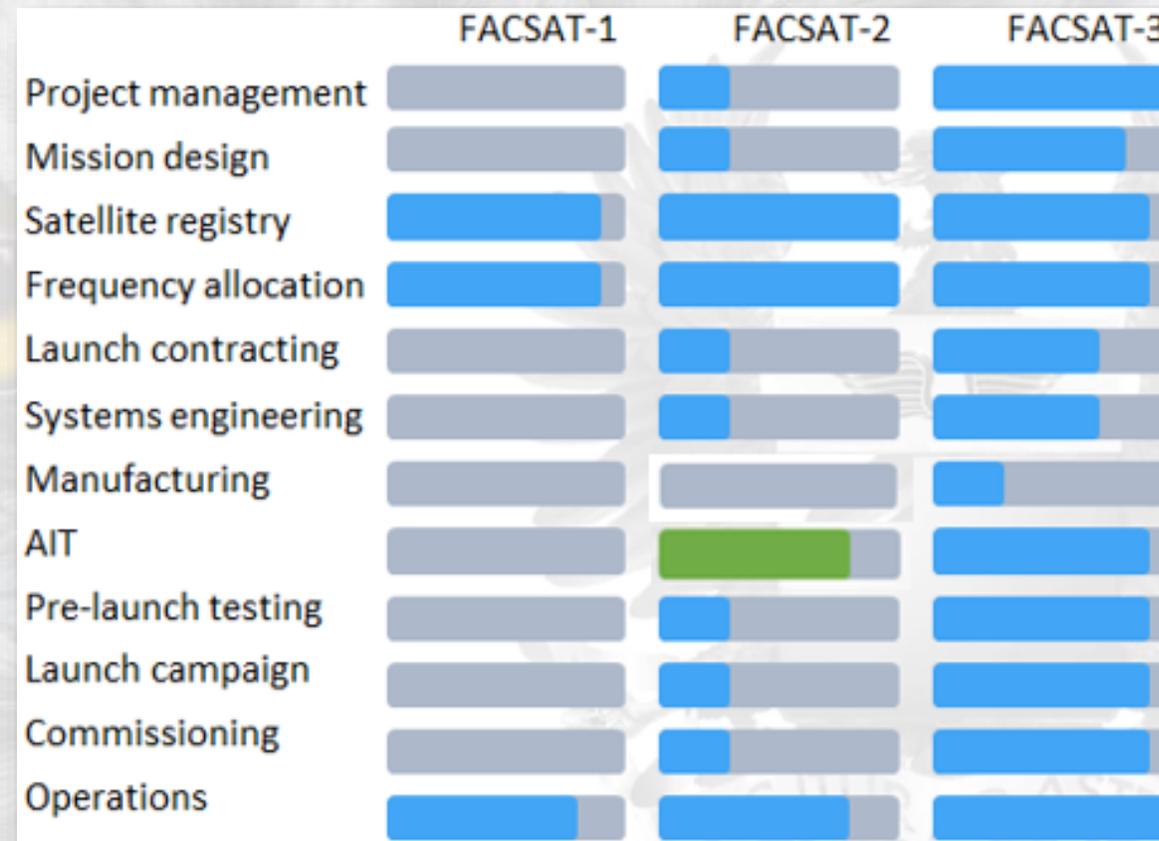


INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

ESTRUCTURA DE CO-DESARROLLO PROYECTOS FACSAT



- FUERZA AÉREA COLOMBIANA
- GOMSPACE
- EDU



INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

FACSAT-1

Lecciones Aprendidas

Los entrenamientos recibidos durante la fase LEOP permitieron conocer de manera directa la metodología de operación satelital.



Se han desarrollado procedimientos y procesos para la operación diaria del sistema satelital



Visitas a los laboratorios instalados en el centro de operaciones de Aalborg facilitaron poner a punta la infraestructura en EMAVI

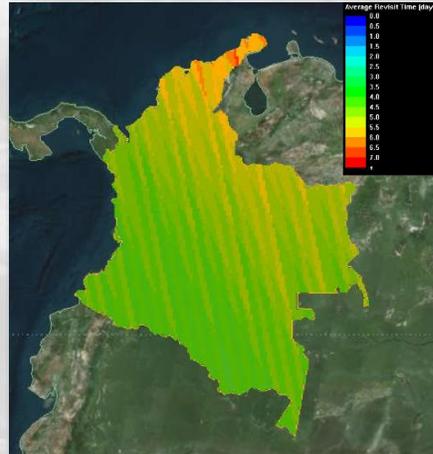


Asignación permanente de un operador para la Estación terrena del CITAE

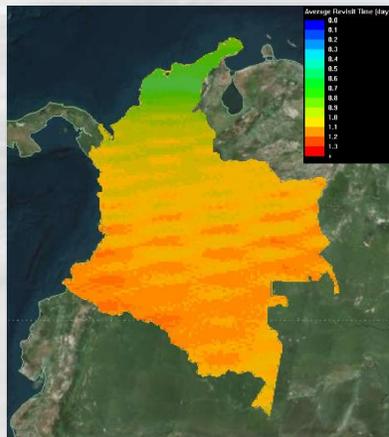
FACSAT-1

Lecciones Aprendidas

Se identificaron componentes críticos para la operación



Se recomienda analizar el costo-beneficio de futuros proyectos satelitales para lanzamientos en órbitas inclinadas (entre 10° a 30°)



Necesidad de implementación de programas académicos satelitales y de desarrollo de software



Uso de frecuencia para transferencia de archivos e imágenes en la banda S o X



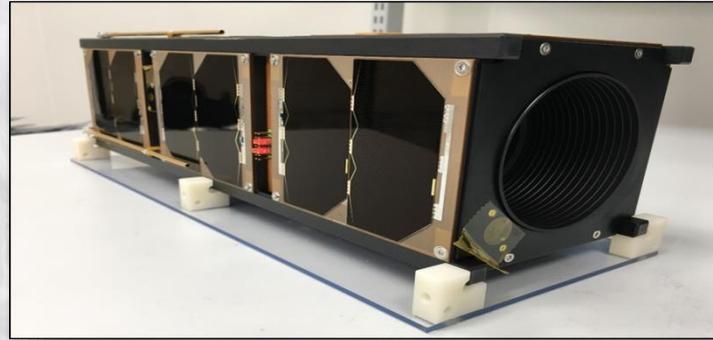
Planificación para la instalación de estaciones terrenas considerando la topografía



FACSAT-1

Resultados obtenidos

- Conformación de una red de investigadores y un grupo de radioaficionados con un canal de comunicación a través de las líneas institucionales.
- Elaboración de informes técnicos y operacionales relacionados con la operación de la estación terrena y las imágenes FACSAT-1 obtenidas.
- Desarrollo del manual de operaciones FACSAT-1 en su primera versión.
- Producción académica a través del desarrollo de trabajos de grado afines al proyecto satelital en la EMAVI.
- Socialización de los avances del proyecto a través de publicaciones institucionales.
- Formulación de proyectos de investigación derivados de este macroproyecto.



FACSAT-1

Conclusiones

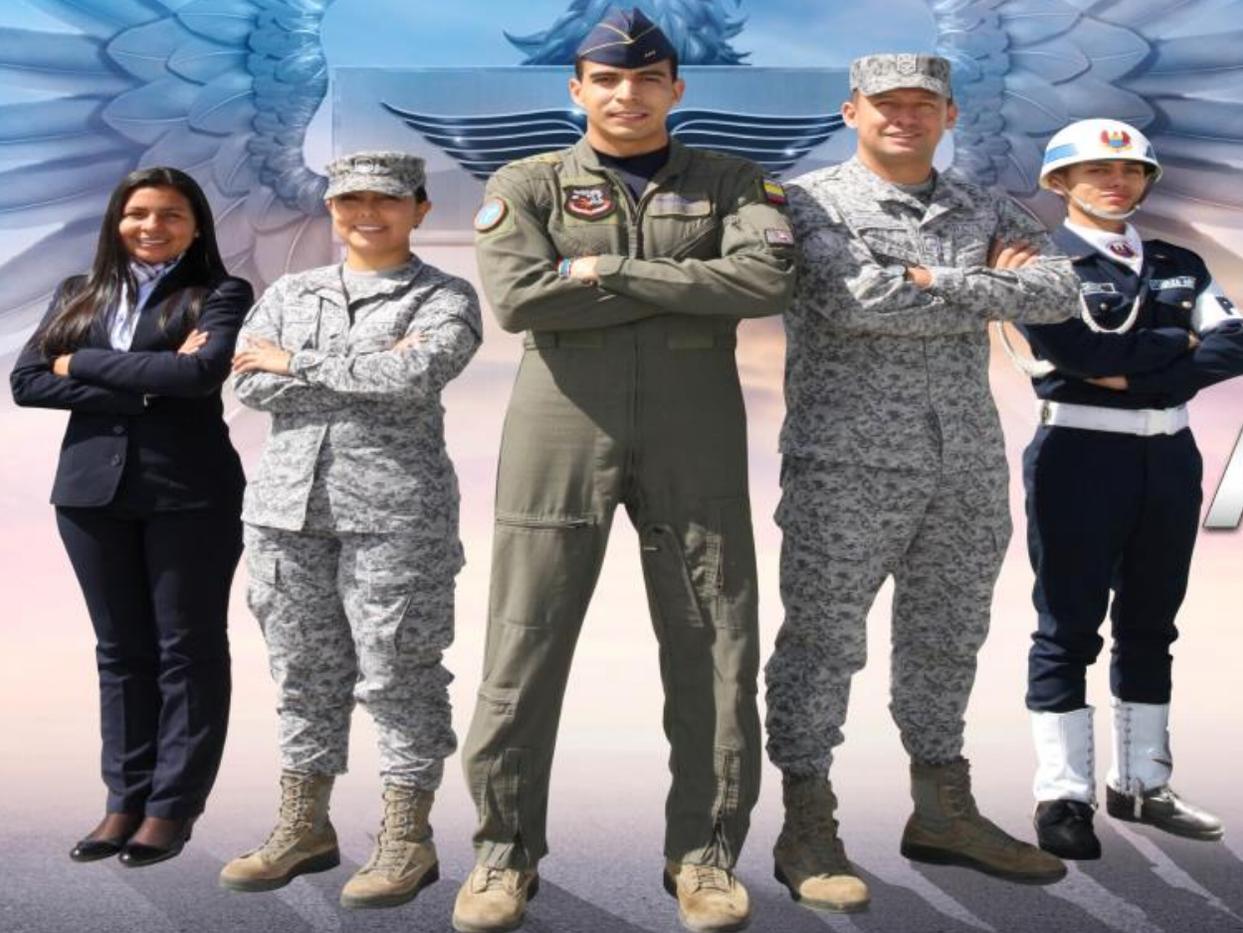
- El FACSAT-1 ha sido el resultado de grandes esfuerzos por parte de múltiples entidades, que vieron materializado después de 12 años el lanzamiento del primer satélite de la FAC.
- Su diseño, validación, gestión de registro y lanzamiento, así como la puesta en operación ha generado un nuevo campo de desarrollo sobre el tema espacial en la FAC.
- Adquisición de capacidades en ciencia y tecnología para generar nuevo conocimiento, desarrollando doctrina de operación y control de satélites en órbita





**FUERZA AÉREA
COLOMBIANA**
ASÍ SE VA A LAS ALTURAS

100 AÑOS
PROTEGIENDO LA NACIÓN



**EQUIPO
AZUL**



INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD