



MISIONES TIPO CANSAT: UNA ESTRATEGIA PARA EL FOMENTO DE LAS TECNOLOGÍAS AEROESPACIALES EN LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA DE LA EMAVI-FAC

Juan Meneses Suta, Richard Najjar García, Cristian Fuentes Castillo, Bernardino Imbacuan, Yesid Gómez, Sofi Riocampo, Jorge Correa, Rafael Robayo Salazar

**Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”
Cali, Colombia**

Resumen

Las misiones tipo CANSAT son reconocidas por los centros educativos (básica, secundaria y/o universitaria) como procesos didácticos, multidisciplinarios y colaborativos diseñados para fomentar competencias pedagógicas e investigativas para que los jóvenes se interesen en el estudio de las ciencias aeroespaciales. Este tipo de herramientas y/o aplicaciones educativas, en particular las misiones CANSAT, se diseñan cual satélite no-orbital y se programan para tomar datos del ambiente (atmosféricos y/o meteorológicos) y enviarlos a una estación terrena mientras efectúa un retorno controlado a la superficie de la tierra, integrando varias disciplinas y áreas de conocimiento. Cabe destacar que dentro del desarrollo de una misión CANSAT se incluye la selección, y en algunas ocasiones el diseño y construcción, del vehículo de lanzamiento, dentro de los cuales se destacan, por su alto valor científico, los cohetes experimentales o cohetes tipo sonda, convirtiéndose también en herramientas de formación en el campo de las ingenierías (mecánica, electrónica, aeroespacial, física, informática, química, materiales, entre otras ingenierías). Este aspecto resulta interesante para el presente proyecto de investigación, en la medida en que se incluye el diseño y construcción de cohetes tipo sonda, en los cuales los CANSAT se definen como su carga útil. El desarrollo de proyectos de investigación de este tipo en la Escuela Militar de Aviación (EMAVI) de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), se considera una estrategia para consolidar toda una escuela de conocimiento e infraestructura alrededor de estas tecnologías, siendo posible el dar continuidad a estos procesos de investigación formativa e integrarlos a los proyectos educativos de los diversos programas que conforman la EMAVI, especialmente las ingenierías (mecánica e informática), logrando así el propósito mismo de la institución y el

fortalecimiento de la formación investigativa de los futuros oficiales y su interés en las tecnologías aeroespaciales; aspectos claves para los futuros líderes del Programa Espacial de la FAC.

Palabras clave: tecnologías aeroespaciales; cargas útiles; picosatélites; cohetes sonda

Abstract

CANSAT-type missions are recognized by educational centers (basic, secondary and university) as didactic processes designed to promote research competencies so that young people are interested in aerospace sciences and technologies. These types of educational applications are programmed to record atmospheric or meteorological data and are designed to perform controlled returns. A CANSAT mission integrates various engineering areas (mechanical, electronic, aerospace, physics, computer science, chemistry, materials, among other engineering). It should be noted that the development of a CANSAT mission includes the selection or design and construction of the launch vehicle. In this regard, experimental rockets or sounding rockets stand out for their high scientific value, in which CANSATs are defined as their payload. The development of research projects of this type at the Military Aviation School (EMAVI) of the Colombian Air Force (FAC) is considered an important educational strategy. The possibility of integrating these developments with the educational projects of the EMAVI academic programs, especially engineering (mechanical and computer science), supports the institutional mission and promotes the interest of its students towards research in aerospace technologies; important aspect for future leaders of the FAC Space Program.

Keywords: aerospace technologies; payloads; picosatellites; sounding rocket

1. Introducción

En Colombia, la “Política de Desarrollo Espacial: Condiciones Habilitantes para el Impulso de la Competitividad Nacional”, establecida mediante el CONPES 3983 de 2020 (DPN Colombia, 2020), hace énfasis en que todos los actores de la Política de Desarrollo Espacial deben implementar una estrategia de promoción de la educación, conocimiento y curiosidad en temas espaciales con visión de largo plazo (línea de acción 1.2). En este sentido, se establece la necesidad de realizar investigación formativa, diferenciada de sensibilización y apropiación social del conocimiento, en temáticas espaciales y satelitales, según diferentes actores de interés. El propósito de la estrategia es sensibilizar en los temas espaciales a los ciudadanos en general, con un énfasis particular en el sector educativo, lo cual permitirá crear las condiciones habilitantes que promuevan el conocimiento para el desarrollo del sector en el largo plazo.

Al respecto, las misiones tipo CANSAT son reconocidas por los centros educativos (básica, secundaria y/o universitaria) como procesos didácticos, multidisciplinarios y colaborativos, diseñados para fomentar competencias pedagógicas e investigativas para que los jóvenes se interesen en el estudio de las ciencias aeroespaciales (Cerezo et al., 2018). Este tipo de herramientas y/o aplicaciones educativas, en particular las misiones CANSAT, se diseñan como satélite no-orbital y se programan para tomar datos del ambiente (atmosféricos y/o meteorológicos)



y enviarlos a una estación terrena mientras efectúa un retorno controlado a la superficie de la tierra, integrando varias disciplinas y áreas de conocimiento. Cabe destacar que dentro del desarrollo de una misión CANSAT se incluye la definición, y en algunas ocasiones su diseño y construcción, del vehículo de lanzamiento, dentro de los cuales se destacan, por su alto valor científico, los cohetes experimentales o cohetes tipo sonda (Berman et al., 2009) y los globos sonda o meteorológicos (Villamarin et al., 2013), convirtiéndose también en herramientas de formación en el campo de las ingenierías. En resumen, una misión CANSAT logra fomentar y motivar a los participantes, entorno a un reto, hacia las tecnologías aeroespaciales (cargas útiles (picosatélites) y vehículos de carga espacial; propósito final del presente proyecto.

2. Picosatélites CANSAT

Un CANSAT ("Can" de lata y "Sat" de satélite) es un aparato o sistema electrónico del tamaño de una lata de refresco o gaseosa (Figura 1) con la misión de adquirir y procesar datos meteorológicos o ambientales, efectuar retornos controlados o cumplir algún perfil de misión (experimento) predeterminado. Hoy en día, los picosatélites CANSAT son comunmente utilizados a nivel mundial en el fomento de competencias pedagógicas e investigativas a bajo coste para que los jóvenes se interesen en el estudio de las ciencias aeroespaciales y satelitales. En efecto, el concepto de CANSAT se concibió cuando se tuvo la necesidad de enseñar a los estudiantes cómo llevar a cabo una misión espacial de bajo costo sin salir al espacio, pero conservando todas las normas y exigencias de diseño, manufactura, pruebas, integración y lanzamiento de una misión espacial (Á. Colin et al., 2016; Kawashima, 2016). Desde el año 1998, el Profesor Bob Twiggs de la Universidad de Stanford presentó el concepto de CANSAT, que significa Lata-Satélite (Figura 1), durante un congreso de Sistemas Espaciales en Hawái y desde 2002 se clasificó como picosatélite a este tipo de dispositivos con masa máxima total inferior a 1 kg (Universidad Autónoma de Nuevo León, 2017). Aunque se les denomina "satélites", estos no entran en órbita alrededor de un planeta, es decir, no lo son en el sentido estricto de la palabra. Desde entonces (1998) se dio inicio a programas CANSAT alrededor del mundo para ser utilizados, como ya fue mencionado, en la introducción a las tecnologías aeroespaciales y satelitales, debido en gran parte al reducido costo que implica su operación y por lo tanto pudiendo ser utilizados en beneficio de una mayor cantidad de estudiantes afines al área (Hitechrobotics, 2015).



Figura 1. CANSAT (Lata-Satélite) o Picosatélite. Fuente: (Universidad Autónoma de Nuevo León, 2017).



El tamaño del CANSAT es el de una lata de refrescos estándar (115 mm de altura y 66 mm de diámetro), con la excepción del paracaídas. Generalmente, la masa del CANSAT se encuentra entre los 300 y 500 gramos. En ese volumen y peso se acomodan todos los elementos, excepto el paracaídas, y en algunos prototipos, las antenas de comunicación y GPS, se encuentran adaptados a su estructura exterior. La Figura 2 presenta la estructura y componentes comunes en un CANSAT, no obstante, la selección de sus componentes y/o sub-sistemas, así como su programación, telemetría, sistema de recuperación, sistema de control de vuelo y vehículo de lanzamiento, entre otros, se realiza minuciosamente en función del experimento o misión particular a desarrollar.

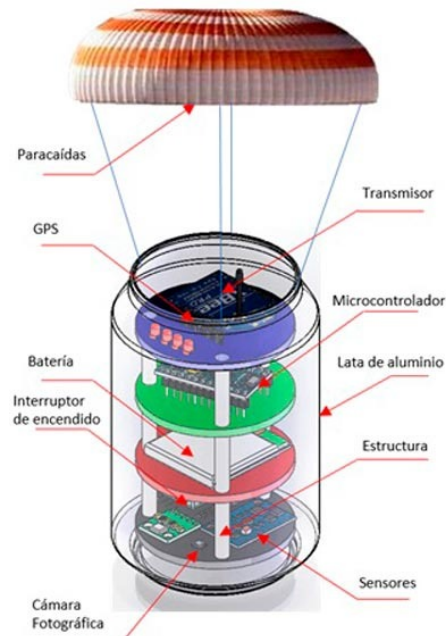


Figura 2. Estructura y sub-sistemas comunes en un CANSAT. Fuente: (AESS Colombia, 2021).

3. Tipos de picosatélites CANSAT

Inicialmente los CANSAT fueron pensados para cumplir con misiones del tipo “telemetría”, en las cuáles el desarrollo básico implica adquirir mediciones de variables físicas como la temperatura y la presión atmosférica (simulado de esta forma un satélite meteorológico), calculando su altura de vuelo, monitoreando su fuente de alimentación y enviando esta información de forma ordenada a una estación terrena por medio de radio frecuencia (Telemetry CANSAT) (Aydemir et al., 2013). Adicionalmente, se pueden montar misiones secundarias en el mismo CANSAT, tales como posicionamiento global (GPS), medición del campo magnético terrestre, medición de la aceleración en los 3 ejes, lectura de humedad, radiación ultravioleta, cantidad de luz, toma de fotografía aérea, grabación de video, audio y otras más (Bautista-Linares et al., 2015). Actualmente, el interés y avances alrededor de estos dispositivos y sus misiones, han dado origen a otro tipos de CANSAT de mayor complejidad e innovación, denominados “Come-Back”; incluyendo dentro de esta categoría los “Rover-Back” y los “Fly-Back” (Figura 3), mismos que se refieren a equipos con la capacidad de navegar hasta un punto en el terreno previamente establecido, ya sea mediante mecanismos de movimiento (autónomos o controlados) que se despliegan en tierra y/o durante



vuelo, respectivamente (Hitechrobotics, 2015). Los Come-Back CANSAT proveen un mayor valor científico a estas misiones, en el sentido en que su diseño y construcción es más complejo que los "Telemetry CANSAT" y, a su vez, los experimentos pueden incluir una mayor posibilidad de variables a explorar, tanto en aire como en tierra (Aydemir et al., 2011).

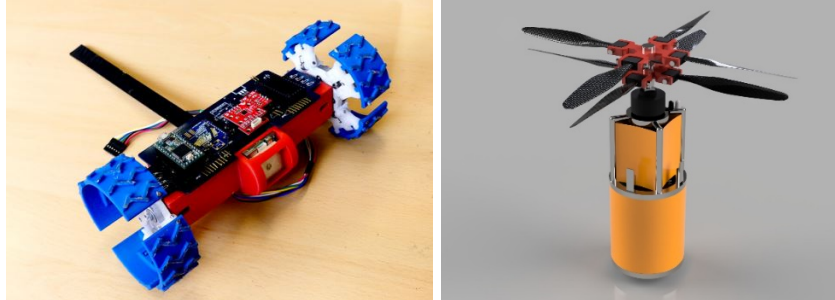


Figura 3. Ejemplos de prototipos de Rover-Back CANSAT (izquierda, Fuente: (Andina, 2017)) y Fly-Back CANSAT (derecha, Fuente: (Autodesk Inc., 2021)).

4. Sistemas de Lanzamiento

Por lo general, estos dispositivos deben ser lanzados en modo de pruebas a unos 500-1000 metros de altura aproximadamente (A. Colin & Jimenez-Lizárraga, 2015), utilizando diversos tipos de vehículos de transporte, que incluyen principalmente: helicópteros, drones, globos y cohetes sonda (Figura 4). Dentro de estos tipos de vehículos de lanzamiento, se destacan, por su alto valor científico, los cohetes tipo sonda (Berman et al., 2009). En efecto, la posibilidad de diseñar y construir un cohete sonda entorno a una misión CANSAT puede convertirse en un factor motivacional mayor para el grupo de investigación. Así mismo, en el diseño de un cohete sonda convergen diversas áreas de conocimiento y disciplinas (ingeniería mecánica, electrónica, aeroespacial, física, informática, química, materiales, entre otras), lo que hace a este tipo de proyectos aún más incluyentes y participativos desde todo punto de vista (Arruabarrena et al., 2019).



Figura 4. Vehículos comúnmente utilizados para el lanzamiento de pico-satélites tipo CANSAT.

5. Avances entre los Programas de Ingeniería Mecánica e Informática de la Escuela Militar de Aviación (EMAVI)

Actualmente, con la participación conjunta de cadetes, docentes e investigadores de los Programas de Ingeniería Mecánica e Informática de la EMAVI se están desarrollando proyectos relacionados con misiones CANSAT, incluyendo el diseño y construcción de vehículos de lanzamiento tipo cohetes sonda. Recientemente, se ha realizado el análisis de los sensores para una carga útil, así como el diseño de software para el diagnóstico de variables y su implementación en los cohetes FACSON.

Al respecto, las misiones FACSON surgieron en el Programa de Ingeniería Mecánica como una iniciativa de investigación formativa pensada en el desarrollo de capacidades y conocimientos en el área de la cohetaría. En principio, la investigación se ha centrado en el diseño y construcción de cohetes propulsados por motores de combustible sólido tipo Candy KNSu. Estos motores han sido diseñados, contruidos y caracterizados mediante pruebas experimentales en el Programa de Ingeniería Mecánica de la EMAVI, con resultados promisorios. Una descripción más detallada de estos resultados se puede consultar en el artículo *"Diseño, construcción y prueba estática experimental de un motor-cohete de combustible sólido"* publicado en el Vol. 20 Núm. 2 (2021) de la Revista UIS Ingenierías. Una muestra de la labor investigativa desarrollada en este campo se representa en la Figura 5, la cual corresponde al cohete FACSON-0, propulsado por un motor clase G de combustible sólido tipo Candy KNSu. Se espera que este prototipo sea lanzado a finales del 2021, destacando que sería el primer prototipo 100% diseñado y fabricado por un grupo de cadetes, docentes e investigadores del Programa de Ingeniería Mecánica. Futuras versiones de cohetes, como el FACSON-1, integrarán CANSAT tipo Telemetry, Rover-Back y/o Fly-Back como cargas útiles o experimentales. En este caso, los cohetes sonda son diseñados para alcanzar un apogeo acorde a la misión CANSAT (500-1000 m aprox.), el cual se separa del cohete una vez este haya alcanzado su máxima altura, tal y como se observa en la Figura 6.



Figura 5. Primer prototipo de cohete experimental (FACSON-0) desarrollado en el Programa de Ingeniería Mecánica de la EMAVI. Fuente: Autores.



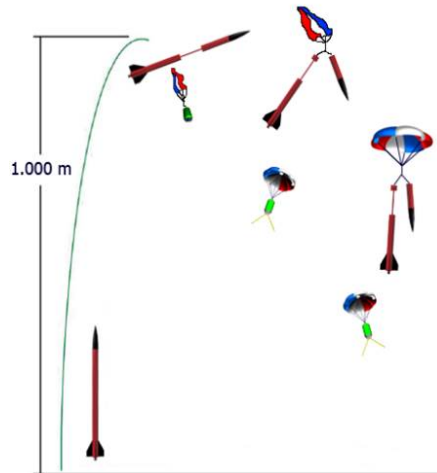


Figura 6. Lanzamiento de una misión tipo CANSAT a través de un cohete sonda. Fuente: (Hitechrobotics, 2015).

Con relación al FACSON-1, la definición de los sensores que integrarán la carga útil (CANSAT) ha sido realizada de forma preliminar. Esta versión de carga útil está integrada por una tarjeta Arduino Mega y una tarjeta Arduino Shield Ethernet con puerto de microSD para la exportación de los datos experimentales emitidos por los sensores. Los sensores incluyen: a) un sensor de presión barométrica BMP280, que permite medir la altura respecto al nivel del mar a partir de la relación entre la presión del aire y la altitud, b) un módulo sensor de monóxido de carbono MQ-9 para analizar la calidad del aire, c) un módulo MPU6050 que permite medir el movimiento (trayectoria) en 6 grados de libertad, combinando un giroscopio de 3 ejes y un acelerómetro de 3 ejes en un mismo chip, d) un módulo GPS GEO 6M que permite obtener las coordenadas de geoposicionamiento y f) una fuente de poder de 9V que suministra la corriente eléctrica para el funcionamiento de todos los sistemas. La integración de estos sensores y/o módulos se puede observar en la Figura 7. Cabe destacar que la funcionalidad de los sensores integrados ya ha sido puesta a prueba y actualmente se trabaja en su integración (hardware) como un prototipo CANSAT, para finalmente ser lanzada como carga útil en el FACSON-1 (actualmente en fase de diseño).

Figura 7. Carga útil (sensores) desarrollada en el Programa de Ingeniería Informática de la EMAVI para el cohete FACSON-1. Fuente: Autores.



6. Conclusiones

Fomentar el interés de los cadetes de los diversos programas académicos de la Escuela Militar de Aviación (EMAVI), especialmente de las ingenierías (mecánica e informática), hacia la investigación en las tecnologías aeroespaciales y satelitales es de vital importancia institucional, debido que estos cadetes serán los futuros oficiales líderes del poder aeroespacial nacional. En este sentido, involucrar a los cadetes de la EMAVI en procesos de investigación relacionados con misiones tipo CANSAT y vehículos de lanzamiento tipo cohetes sonda ha sido considerada como una estrategia efectiva para acercarlos y asegurar su futura participación en los proyectos de investigación aplicada que desarrollan los centros de investigación de la Fuerza Aérea Colombiana en estos campos de la ingeniería. Se espera que las versiones FACSON-0 y FACSON-1 sean precursoras de más iniciativas en la región y que permitan articular diversos actores alrededor de estos proyectos académicos. Así mismo, se pretende poder dar continuidad a estos procesos de investigación formativa e integrarlos a los proyectos educativos de los diversos programas que conforman la EMAVI.

7. Referencias

- AESS Colombia. (2021). *Aerospace Colombia. CANSAT 2021*. <https://aesscolombia.blogspot.com/p/cansat-colombia-2020.html>
- Andina. (2017). *Peru: UNI to build rocket for CanSat launch with French support*. Agencia Peruana de Noticias. <https://andina.pe/agencia/noticia-peru-uni-to-build-rocket-for-cansat-launch-with-french-support-678165.aspx>
- Arruabarrena, M., Fernández, A., Medel, R., & Mori, L. (2019). Estudio bibliográfico del estado del arte del desarrollo y aplicaciones educativas de CanSats. *X CATE*.
- Autodesk Inc. (2021). *CANSAT Autodesk*. <https://gallery.autodesk.com/projects/cansat-1>
- Aydemir, M. E., Celebi, M., Ay, S., Vivas, E. V., Calle Bustinza, F., & Phan, D. (2011). Design and implementation of a rover-back CANSAT. *Proceedings of 5th International Conference on Recent Advances in Space Technologies - RAST2011*, 800–803. <https://doi.org/10.1109/RAST.2011.5966952>
- Aydemir, M. E., Dursun, R. C., & Pehlevan, M. (2013). Ground station design procedures for CANSAT. *2013 6th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST)*, 909–912. <https://doi.org/10.1109/RAST.2013.6581343>
- Bautista-Linares, E., Morales-Gonzales, E. A., Herrera-Cortez, M., Narvaez-Martinez, E. A., & Martinez-Castillo, J. (2015). Design of an advanced telemetry mission using CanSat. *2015 International Conference on Computing Systems and Telematics (ICCSAT)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICCSAT.2015.7362931>
- Berman, J., Duda, M., Garnand-Royo, J., Jones, A., Pickering, T., & Tutko, S. (2009). *CANSAT: Design of a Small Autonomous Sounding Rocket Payload*.
- Cerezo, J. M., Centeno, M. S., Espinoza, J. S., & Landa, M. B. (2018). CREANDO FUTUROS LÍDERES DE LA INDUSTRIA AEROESPACIAL MEXICANA, CONSTRUYENDO PICO-SATÉLITES EDUCATIVOS CANSAT. *ANFEI Digital*, 8.
- Colin, Á., Bermúdez Reyes, B., Morrobel, G. E., Lira Ibarra, G. A., Zúñiga Rosales, D. M., de la Cruz, L. Á., Villarreal Méndez, M., Mendoza Martinez, J., & Alvarez Arce, B. (2016). Construcción de un picosatélite cansat. *Ciencia UANL*, 19(81), 34–38.
- Colin, A., & Jimenez-Lizárraga, M. (2015). The CanSat technology for climate Monitoring in small regions at altitudes below 1 km. *IAA Climate Change \& Disaster Management Confer Ence*.



- DPN Colombia. (2020). *Documento CONPES 3983. POLÍTICA DE DESARROLLO ESPACIAL: CONDICIONES HABILITANTES PARA EL IMPULSO DE LA COMPETITIVIDAD NACIONAL* (CONPES 3983).
- Hitechrobotics. (2015). *SATÉLITES CANSAT COMO HERRAMIENTA EN LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES TÉCNICOS BACHILLER EN TELECOMUNICACIONES. SISTEMAS ESPACIALES*. <https://hitechrobotics.wordpress.com/tag/cansat/>
- Kawashima, R. (2016). CanSat leader training program: past, present and future. *Ciencia UANL*, 19(81), 76–82.
- Universidad Autónoma de Nuevo León. (2017). *CanSat: Lata-Satélite*. <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=6442>
- Villamarin, J. E. P., Sendoya, L. F. R., Giraldo, I. T. S., Forero, D. R., Barajas, J. L. V., & Terraza, C. (2013). Características de diseño de un globo sonda recuperable y reutilizable. *TecnoESUFA: Revista de Tecnología Aeronáutica*, 20.

Sobre los autores

- **Juan Meneses Suta:** Alférez de la Escuela Militar de Aviación (EMAVI) de la Fuerza Aérea Colombiana. Estudiante del Programa de Ingeniería Mecánica. jdmenesess@emavi.edu.co
- **Richard Najjar García:** Cadete de la Escuela Militar de Aviación (EMAVI) de la Fuerza Aérea Colombiana. Estudiante del Programa de Ingeniería Mecánica. rdnajarg@emavi.edu.co
- **Cristian Fuentes Castillo:** Cadete de la Escuela Militar de Aviación (EMAVI) de la Fuerza Aérea Colombiana. Estudiante del Programa de Ingeniería Mecánica. cafuentes@emavi.edu.co
- **Bernardino Imbacuan:** Alférez de la Escuela Militar de Aviación (EMAVI) de la Fuerza Aérea Colombiana. Estudiante del Programa de Ingeniería Informática. brimbacuan@emavi.edu.co
- **Yesid Gómez:** Alférez de la Escuela Militar de Aviación (EMAVI) de la Fuerza Aérea Colombiana. Estudiante del Programa de Ingeniería Informática. ygoomez@emavi.edu.co
- **Sofi Riocampo:** Ingeniera de Sistemas. Magister en Ingeniería. Orientador de Defensa del Programa de Ingeniería Informática la Escuela Militar de Aviación (EMAVI). sofi.riocampo@emavi.edu.co
- **Jorge Correa:** Ingeniero de Sistemas. Magister en Sensores Remotos y Teledetección. Orientador de Defensa del Programa de Ingeniería Informática la Escuela Militar de Aviación (EMAVI). jorge.correag@emavi.edu.co
- **Rafael Robayo Salazar:** Ingeniero de Materiales, Doctor en Ingeniería. Docente Investigador del Programa de Ingeniería Mecánica de la Escuela Militar de Aviación (EMAVI). rafael.robayo@emavi.edu.co



Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la
Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

