EIEI ACOFI 2025
5º Congreso Latinoamericano de Ingeniería
Más Información: www.acofi.edu.co/eiei
Ingeniería de impacto para cuidar y transformar la vida
ACOFI: 50 años por la excelencia de la educación en ingeniería.

Proyectos integradores en construcción de cohetes como medio para la formación profesional de los cadetes de la Fuerza Aeroespacial Colombiana

Julián Portocarrero Hermann, Fernando Delgado Gómez, Gustavo Adolfo Rojas, Wilmer Chacón Ardila

Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez
Cali, Colombia

Resumen

Actualmente, la Fuerza Aeroespacial Colombiana, tiene como misión "Volar, entrenar y combatir para vencer y dominar en el aire, el espacio y el ciberespacio, en defensa de la soberanía, la independencia, la integridad territorial, el orden constitucional y contribuir a los fines del Estado". El desarrollo aeroespacial que han logrado países como India, Brasil, Argentina, o Perú, los ha colocado en capacidad de diseñar, construir y en algunos casos, lanzar sus propios cohetes y satélites lo que ha llevado a la Fuerza Aeroespacial Colombiana, desde la Escuela Militar de Aviación y sus programas académicos, a la implementación de proyectos integradores que motivan y fundamentan a los futuros oficiales ingenieros, en el desarrollo u operación de la tecnología aeroespacial. A través de proyectos integradores que involucran varias asignaturas del plan de estudios de ingeniería mecánica y que están alineados con la evaluación de resultados de aprendizaje, se fundamenta profesionalmente a los futuros oficiales de la Fuerza Aeroespacial Colombiana. La primera etapa de estos proyectos se lleva a cabo con proyectos de cohetería de agua, en los cuales los estudiantes, organizados en grupos de trabajo, deben realizar el diseño, la construcción y el lanzamiento de cohetes de agua. Este proyecto desarrolla las competencias del ser, del hacer y del convivir. Con base en estos proyectos, se desarrollan los trabajos de grado, en los cuales se investiga en el desarrollo de combustibles sólidos, motores cohete, o en cohetes experimentales tipo sonda. A su vez los proyectos han posibilitado el lanzamiento del cohete experimental FACSON 0 en febrero de 2022 el cual fue diseñado, producido y ensamblado en el programa de ingeniería mecánica de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez". En noviembre de 2024, los programas académicos de la Escuela Militar de Aviación, liderados por el programa de ingeniería mecánica participaron en el "Segundo Concurso Colombiano de Cohetería Deportiva ALAS 2024" en Medellín durante el cual se lanzó el cohete FACSON HEAVY que alcanzó 401 metros de apogeo logrando el trofeo como mejor vuelo.

DOI: https://doi.org/10.26507/paper.4480

Palabras clave: proyecto integrador; cohetería de agua; cohete sonda; competencias; resultados de aprendizaje; formación profesional

Abstract

Nowadays the Colombian Aeroespatial Force has the mission of "fly, train, and fight to defeat, and dominate in the air, in the space and cyberspace, keeping the sovereignty, the independence, the territorial wholeness, the constitutional order and the purposes of the state". The aeroespatial development that India, Brasil, Argentina, or Peru have achieved, gave these countries the capacity to design, to produce and in some cases, to launch their own rockets and satellites. These achievements prompted the Military Aviation School of Colombian Aerospatial Force, and their academical programs to implement integrative projects which motivate the new officers and engineers and give them the fundamentals to develop and operate aerospatial technology. Through integrative projects which involve several subjects of mechanical engineering curriculum, and are in accordance with learning outcomes evaluation, the officers complement their professional training. The first stage of these projects includes water rocketry. The students have to organize work teams to design, construct and launch water rockets. This project develops competences for workig in teams, and for learning by doing. Based on these integrative projects, the students work on the final projects which include researching in solid propellants, rocket engines, or experimental sounding rockets. Based on these final projects, the first experimental rocket named FACSON 0 was launched in February 2022 which was designed, constructed and assembled by a student and professors of mechanical engineering department. In November 2024, students and professors of Military Aviation School under the leadership of mechanical engineering department, participated in the "Second Colombian sport rocketry contest ALAS 2024", near the city of Medellin and launched the rocket called FACSON HEAVY, which apogee was 401 meters, obtaining the award for "best flight".

Keywords*: integrative project; water rocketry; sounding rocket; competences; learning outcomes; vocational training*

1. Introducción

Los enfoques educativos modernos combinan diversas disciplinas (ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas) para que los estudiantes aborden problemas complejos, en un ambiente colaborativo, teniendo en cuenta las nuevas formas de aprendizaje y buscando ofrecer una experiencia que a su vez sea motivacional y acorde a las necesidades de la FAC en los temas aeroespaciales; la institución decidió la implementación de proyectos integradores, los cuales involucran varias asignaturas del plan de estudios del Programa de Ingeniería Mecánica, que están alineados con los resultados de aprendizaje. La primera etapa de estos proyectos se lleva a cabo en los primeros semestres con el desarrollo de proyectos de cohetes hidropropulsados (aire comprimido y agua), en los cuales los estudiantes, organizados en eevaluándose,,rabajo, deben realizar el cálculo y diseño del cohete, pasando a la construcción y ajuste del diseño, con el apoyo de herramientas computacionales y usando las herramientas de los laboratorios, el proyecto que

incluye un tripulante del cohete, representado por un huevo el cual debe llegar intacto a tierra después de cumplir las misiones que implican las pruebas de lanzamiento, apertura del sistema de recuperación y aterrizaje; evaluándose además, no solo el vuelo, y la recuperación sino también la estética del diseño. Con el desarrollo de este proyecto, no solo se desarrollan las competencias genéricas y las específicas, sino que además se introduce y motiva a los cadetes en el campo aeroespacial, generando competencias profesionales. Es importante, resaltar que los egresados oficiales ingenieros se van a desempeñar en la FAC y que durante su fase de formación académica y militar están internos en la Institución.

La evaluación del aprendizaje es un proceso fundamental para asegurar la calidad y efectividad de los programas académicos en las instituciones de educación superior. El Decreto 1330 de 2019 del Ministerio de Educación Nacional (MEN,2019), establece lineamientos que resaltan la importancia de los mecanismos de evaluación, como instrumentos de medición y seguimiento. El literal e de la condición 3, trata sobre aspectos curriculares. Según el decreto 330, estos mecanismos permiten realizar análisis necesarios para la toma de decisiones oportunas, mejorando así el desempeño de profesores y estudiantes en relación con los resultados de aprendizaje del programa. También, el Acuerdo 02 del CESU en su Factor 5 (CESU CNA,2020), expresa la necesidad de un proceso de mejoramiento continuo en los programas académicos. Este proceso debe incluir evaluaciones periódicas a lo largo del plan de estudios para determinar en qué medida los estudiantes alcanzan los resultados de aprendizaje. Basados en esta evaluación, los equipos de docentes deben ajustar los aspectos curriculares y las metodologías de enseñanza-aprendizaje para mejorar continuamente. El Sistema de Aseguramiento de la Evaluación y del Aprendizaje (SAEVA) ha sido implementado en el programa de ingeniería mecánica (PIMEC) de la Escuela Militar de Aviación (EMAVI), con el objetivo de garantizar que los estudiantes adquieran las competencias y conocimientos necesarios para su desarrollo profesional. Se establece un punto de partida con la implementación del Sistema de Aseguramiento de la Evaluación y del Aprendizaje (SAEVA); a lo largo del proceso, se avanza fase por fase, acercándose gradualmente al punto de llegada en la Fase 5. La figura 1 detalla entonces, las cinco fases del SAEVA, describiendo su implementación dentro del Programa de Ingeniería Mecánica (PIMEC).

Figura 1. Fases de aplicación del Sistema de Aseguramiento de la Evaluación del Aprendizaje (SAEVA). Fuente: Los Autores.

2. Proyectos integradores de curso

El enfoque educativo STEAM está relacionado con las áreas denominadas en el idioma Inglés como Science (Ciencia), Technology (Tecnología), Engineering (Ingeniería), Arts (Arte) and Mathematics (Matemáticas) y como lo define universidadeuropea.com (2024), propende por lograr en el estudiante joven la preparación para el futuro laboral, la estimulación de la creatividad y de la innovación, la conexión con el mundo real y el desarrollo de habilidades blandas. Las competencias declaradas en los micro currículos de las asignaturas se desarrollan en concordancia con los resultados de aprendizaje definidos en el perfil de egreso del programa. Por medio de proyectos integradores en hidro propulsión en tercer semestre, se trabaja en actividades que requieren evidenciar las competencias ya desarrolladas en anteriores semestres y también se busca el desarrollo de nuevas competencias. Dado que en la escuela militar de aviación se debe mantener la jerarquía militar y los cursos de cadetes deben mantenerse unidos (no es posible repetir asignaturas de forma individual), las asignaturas escogidas para integrarse en estos proyectos deben estar cursándose en el mismo semestre y por el mismo curso de cadetes. Uno de los proyectos integradores, que se viene realizando anualmente desde el año 2021 fue el de "Calculo, diseño y construcción de un cohete impulsado por aire y agua con su estructura de lanzamiento" integrando las asignaturas de Estática y Procesos de manufactura para el año 2024. Cada una de las actividades realizadas en diseño y construcción de un cohete propulsado por agua, estaba relacionada con resultados de aprendizaje declarados para el programa académico de ingeniería mecánica. Aunque la actividad de diseño y construcción de cohetes propulsados por agua se realizó en grupos de trabajo de 3 o 2 estudiantes también se hizo una evaluación de resultados de aprendizaje de cada estudiante de acuerdo con 4 niveles de desempeño siendo estos. Nivel 4: sobresaliente, Nivel 3: Bueno, Nivel 2: Suficiente, Nivel 1: Insuficiente. Los resultados de aprendizaje definidos desde el perfil ocupacional del egresado del PIMEC (Programa de ingeniería Mecánica) se listan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Resultados de aprendizaje del Programa de Ingeniería Mecánica (PIMEC). Fuente: Programa de Ingeniería Mecánica, EMAVI.

PERFIL DE EGRESADO PIMEC	**RESULTADOS DE APRENDIZAJE A NIVEL PLAN DE ESTUDIOS**
Oficiales Ingenieros Mecánicos líderes en el campo aeronáutico, capacitados en el análisis, operación, mejora y mantenimiento de sistemas mecánicos; para proponer soluciones viables a problemas a partir de lo técnico, lo económico ético, y lo medioambiental al servicio de la FAC y de la Sociedad mediante la investigación y la innovación.	RA-1. Liderar la operación, mejora y mantenimiento de sistemas mecánicos aeronáuticos, aeroespaciales y militares a partir de su vocación de servicio a la nación y compromiso ético.
	RA-2 Analizar, matemáticamente, sistemas mecánicos presentes en la FAC a partir de lo técnico, lo económico, lo ético y lo medioambiental
	RA-3 Modelar de manera grafica utilizando herramientas 3D, sistemas mecánicos presentes en la FAC a partir de lo técnico, lo económico, lo ético y lo medioambiental
	RA-4 Operar a partir de un contexto, con base en un enfoque técnico crítico, el funcionamiento de sistemas mecánicos presentes en la FAC, considerando los aspectos éticos, medioambientales económicos y

	RA-5. Formular proyectos y productos que propendan por el mejoramiento de sistemas mecánicos, para satisfacer las necesidades de la FAC y la Nación.
	RA-6. Gestionar proyectos y productos que propendan por el mejoramiento de sistemas mecánicos, para satisfacer las necesidades de la FAC y la Nación.
	RA-7. Utilizar los recursos tecnológicos de tipo mecánico y aeronáutico de la institución optimizando su mantenibilidad y disponibilidad.
	RA-8. Proponer soluciones viables a problemas a partir de lo técnico, lo ético, lo económico y lo medioambiental Formular proyectos de investigación, desarrollo e innovación para generar soluciones a problemas mecánicos en la FAC a partir de su conocimiento técnico, y de su vocación de servicio a la nación teniendo presente lo ético, lo económico y lo medioambiental con el fin de satisfacer necesidades de la Fuerza Aeroespacial Colombiana.

Se seleccionaron las asignaturas más pertinentes, en cuanto a resultados de aprendizaje para valorarlos, con respecto al proyecto integrador planteado. En la tabla 2 se observa cada resultado de aprendizaje que se va a evaluar en cada asignatura (en negrilla) para el tercer semestre académico. Este será evaluado de acuerdo con los entregables (evidencias) de desempeño de cada cohete en el campo de lanzamiento (altura alcanzada, protección de la carga útil) y también unos entregables (documentos e informes) del proceso de diseño y construcción del cohete que incluyen los cálculos, los planos y/o esquemas de cada cohete, y la transformación de los recursos (materiales y/o herramientas) durante el proceso de construcción.

Tabla 2. Resultados de aprendizaje abordados por asignatura según pensum de tercer semestre. Fuente: Programa de Ingeniería Mecánica, EMAVI

Asignaturas	RA-1	RA-2	RA-3	RA-4	RA-5	RA-6	RA-7	RA-8
Instrucción militar avanzada II	X							
Geopolítica								
Calculo multivariado	X	X			X	X		X
Física II	X	X			X	X		X
Comprensión oral y escrita II	X				X			X
Programación	X					X		
Procesos de manufactura I	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**		**X**
Estática	**X**	**X**	**X**		**X**	**X**		**X**
Técnicas de investigación I	X	X	X	X	X	X		X

Los cohetes de agua son la primera experiencia que genera motivación en los estudiantes al conocer los principios básicos que rigen la cohetería. La operación de un cohete de agua consiste en despedir un chorro de agua desde la tobera (boca de salida) del cohete, empleando aire comprimido alojado en su interior como elemento que genera presión en la cámara, que impulsa

el agua e incrementa su velocidad salida; la gravedad hace que el agua por su mayor densidad se coloque en la parte inferior y el aire en la parte superior estratificando de forma natural el contenido de la cámara del cohete, de tal modo que el aire empuja el agua y no podrá escapar sin antes haber expulsado prácticamente toda el agua fuera de la cámara. De esta forma la energía potencial acumulada por presión en el aire es transformada en energía cinética del chorro de agua en la salida de la tobera, generando un efecto de acción – reacción descrito por la tercera ley de Newton. La tercera ley de Newton, como también el efecto de la conservación de la cantidad de movimiento, empujan el cohete hacia arriba.

Los estudiantes debían hacer uso de materiales de bajo costo, en su mayoría materiales reciclables como botellas de plástico PET y tubería plástica (reutilizada). El cohete debía transportar un huevo, el cual después del aterrizaje, debía permanecer en buen estado sin romperse, ni agrietarse. Los criterios empleados para la calificación incluían: a) Altura (apogeo) alcanzado por el hidro cohete. b) Trayectoria de vuelo del cohete. c) Estado final del tripulante (huevo) después del aterrizaje.

Los resultados de aprendizaje que se propuso evaluar de acuerdo con las asignaturas a integrar y también los porcentajes de estudiantes en cada nivel de desempeño se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Porcentaje de estudiantes por nivel de desempeño según cada resultado de aprendizaje. Fuente: Programa de Ingeniería Mecánica (PIMEC),EMAVI

Resultados de aprendizaje evaluados y su relación con los RA generales del programa	**4**	**3**	**2**	**1**
Fabrica elementos mecánicos y comprende su proceso de reparación (cohete y estructura soporte). (RA-1)	0%	74%	26%	0%
Analiza matemáticamente sistemas mecánicos desde el punto de vista estático. (RA-2)	0%	5%	74%	21%
Realiza un modelo CAD tridimensional utilizando tecnología de modelación por computador. (RA-3)	0%	0%	0%	100%
Maneja herramientas manuales y máquinas herramientas con un enfoque técnico los cuales se encuentran presentes en la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez". (RA-4)	0%	74%	26%	0%
Presenta un informe de ejecución del proyecto que detalla el proceso de fabricación desde el diseño, los insumos, el presupuesto, las herramientas utilizadas y la distribución de tareas.(RA-5)	0%	58%	42%	0%
Desarrolla prototipos básicos de productos que puedan aportar al mejoramiento de sistemas mecánicos en la FAC. (RA-6)	37%	47%	16%	0%
Desarrolla la propuesta de investigación previa a su anteproyecto, culminando el proceso con la firma de su director y la aprobación formalizada en un acta por la sección de investigación. (RA-8)	No aprueba	Aprueba con correcciones 100%		Aprueba

3. Proyectos de grado

En los proyectos de grado la institución ha propuesto dar continuidad al diseño y/o construcción de cohetes tipo sonda que recogen el desarrollo de competencias evaluadas en semestres anteriores entre los cuales se cuentan:

a) Combustibles sólidos tipo Candy: Es un propelente solido basado en la mezcla de un oxidante (frecuentemente, nitrato de potasio KNO_3) y un combustible del tipo azúcar como la sucrosa, dextrosa o el sorbitol como lo definen Robayo *et a*l. (2021).
b) Motores cohete: Es un dispositivo de propulsión que usa combustibles sólido, líquidos o mixtos que al hacer combustión convierten energía química en energía mecánica y generan empuje. Están compuestos por cámara de combustión, tanques de combustible y tobera de escape según Pérez, *et al*. (2010).
c) Bancos de prueba para motores cohete: En el campo de la cohetería, Rodríguez, *et al*. (2021) definen un banco de pruebas como una plataforma estructural que tiene el propósito de realizar ensayos mediante instrumentos de medición, permitiendo la comprobación, análisis de comportamiento y de resultados de un motor cohete a estudiar. Los bancos de pruebas para cohete deben estar instrumentados o equipados con componentes electrónicos, (sensores, tableros, relojes) que permiten a los ingenieros analizar el comportamiento de los sistemas de propulsión.
d) Materiales ablativos:) los materiales ablativos pueden soportar muy altas temperaturas (>1500° C) y se conocen como materiales fungibles cuyas propiedades permiten catalogarlos como sistemas de protección térmica. El material ablativo es refractario aislante térmico, resistente al desgaste, autoconsumible y resistente en cuanto a los esfuerzos térmicos según Robayo, *et al*. (2021).
e) Cohetes experimentales tipo sonda: Según Seibert (2006), los cohetes sonda son vehículos espaciales diseñados y usados en la investigación, que pueden transportar cargas útiles a altitudes elevadas en la atmósfera. Estos cohetes, se asemejan a laboratorios móviles, y han sido fundamentales para realizar estudios en diversas condiciones, desde microgravedad hasta investigaciones astrofísicas.

Se destaca, por ejemplo, el proyecto "Diseño de un Cohete Experimental (FACSON-0) Propulsado por Combustible Sólido Tipo Candy", que en febrero de 2022 fue lanzado desde el aeropuerto de FARFAN ubicado en Tulua, Valle, convirtiéndose en el primer cohete, diseñado, construido y lanzado por la FAC. Adicionalmente, el cohete superó todas las expectativas de vuelo. Un estudiante de último semestre realizó el desarrollo del combustible sólido para propulsar el cohete. Este resultado implicó haber desarrollado competencias, en diseño mecánico, manejo de software de simulación, y trabajo en equipo. El Grupo de Investigación en Estudios Aeroespaciales (GIEA) hizo parte de este proyecto con el Investigador ingeniero mecánico Julián Portocarrero, y el doctor en Ingeniería e investigador Rafael Robayo (Figura 2) además de los docentes Gustavo Adolfo Rojas y Fernando Delgado Gomez.

Figura 2. Phd. Rafael Robayo (izquierda) y Docente investigador Julián Portocarrero el 10 de febrero de 2022 previo a lanzamiento de cohete FACSON 0. Fuente: Programa de Ingeniería Mecánica, EMAVI.

4. Discusión y Conclusiones

La mayoría de los estudiantes se ubicó en los niveles de desempeño 2 y 3 (tabla 3) excepto en el resultado de aprendizaje relacionado con el modelado en software CAD 3D, y en el resultado de análisis estático matemático. La mejora planteada para estos resultados de aprendizaje se definió desde la perspectiva del tiempo asignado para realizar el proyecto integrador que debe tener un tiempo más prolongado y una disposición tiempo de laboratorios más amplia, para permitir que el estudiante realice la construcción y el proceso de diseño con mayor aprovechamiento de las herramientas computacionales y mayor análisis ingenieril de los modelos construidos. Entre las habilidades desarrolladas en esta actividad pedagógica se encuentran: Trabajo en equipo, Desarrollo de habilidades manuales, Capacidad de abstracción gráfica. Comprensión de fenómenos físicos, Comprensión básica de los fenómenos que ocurren en el desarrollo de cohetes. En el momento se están desarrollando diversos proyectos en el campo de cohetería con los cadetes de tercer año de ingeniería mecánica y los alféreces, los cuales surgieron con base en los proyectos integradores. A través de la experiencia en el trabajo en equipo y la división del trabajo de acuerdo con los subsistemas del cohete (motor cohete, fuselaje, sistema de recuperación) desarrollada en el proyecto FACSON 0, se logró un muy buen diseño del cohete FACSON HEAVY. En el 2024, los Programas Académicos de EMAVI, liderados por el Programa de Ingeniería Mecánica participaron en el "Segundo Concurso Colombiano de Cohetería Deportiva ALAS 2024" en Medellín, para el cual se construyó y lanzó el cohete FACSON HEAVY, que alcanzó una altura de 401 metros. La altura proyectada de vuelo por el concurso era de 400 metros, siendo el cohete más cercano a este valor, alcanzando el trofeo como mejor vuelo (ver figura 3).

Figura 3 a) Equipo de trabajo cohete FACSON HEAVY y trofeo obtenido por mejor vuelo b)Trofeo obtenido por PIMEC en Aerospace Latin American Suborbitals 2024. Fuente: Programa de Ingeniería Mecánica, EMAVI

De esta forma se logra articular las competencias y resultados de aprendizaje obtenidas y monitoreadas durante el programa profesional de pregrado, con los perfiles ocupacionales que requiere la Fuerza Aeroespacial Colombiana.

Los egresados ingenieros mecánicos, han sido destinados para trabajar en centros de investigación de la Fuerza Aeroespacial Colombiana como el CITAE (Centro de investigación en tecnologías aeroespaciales), o en el CETIA (Centro tecnológico de innovación aeronáutico). En estas dependencias se realizan proyectos de desarrollo y diseño de satélites tipo CANSAT. En la ciudad de Cali se encuentra el edificio SPOC (Space operations center), el cual es el centro de control y monitoreo de los satélites al servicio de la Fuerza Aeroespacial Colombiana FACSAT 1 y FACSAT 2 "Chiribiquete".

Para el año 2026, la Escuela Militar de Aviación se propone enviar un equipo de docentes investigadores y estudiantes al concurso LASC (Latin American Space Challenge) que es el principal concurso de cohetería en América Latina, y que se realiza en Brasil.

Con la transformación de la Fuerza Aérea Colombiana hacia Fuerza Aeroespacial Colombiana se ha llegado a la necesidad de crear un nuevo programa de formación profesional que profundice en las tecnologías que hacen parte de los sistemas aeroespaciales.

5. Referencias

- CESU.CNA. (2020, julio). Acuerdo 02 del 2020. Por el cual se actualiza el modelo de acreditación en alta calidad. Mineducación. Consultado el 15 de abril de 2025 en https://www.cna.gov.co/1779/articles-402848_documento.pdf
- Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez" (2024). Informe de evaluación de resultados de aprendizaje. Programa de Ingeniería Mecánica. Cali, pp. 42.

- Ministerio de educación Nacional. (2019 Julio). Decreto Número 1330 de 2019.Consultado el 13 de abril del 202abril https://www.mineducacion.gov.co/portal/ejes-tematicos/Normas-sobre-Educacion-Superior/387348:Decreto-1330-de-julio-25-de-2019
- Pérez, E. (2010). Diseño y construcción de un motor cohete que produzca 800 Newton de empuje. Universidad de San Buenaventura. Facultad de ingeniería. Programa de Ingeniería Aeronáutica, Bogotá, D.C., pp. 153.
- Robayo, R. y Portocarrero, J. (2021). Diseño, construcción y prueba estática experimental de un motor-cohete de combustible sólido. Revista UIS Ingenierías Journal of Educational Technology, Vol. 20, No. 2, pp. 97-108. https://doi.org/10.18273/revuin.v20n2-2021009
- Robayo, R. (2021). Materiales compuestos. Clasificación, procesamiento y aplicaciones. Soluciones para los sectores aeronáutico, aeroespacial y defensa. Artes Gráficas del Valle S.A.S. Cali, Colombia., pp.216
- Rodríguez, A. (2021). Diseño conceptual de un banco de pruebas estático para motores de cohetería tipo G y K. Fundación Universitaria Los Libertadores. Facultad de ingeniería y Ciencias Básicas. Programa de Ingeniería Aeronáutica, Bogotá, D.C., pp. 82.
- Seibert, G. (2006). The history of sounding rockets and their contribution to European space research. ESA publications division European Space Agency. The Netherlands., pp.75.
- Universidad Europea Online. (2024, Julio). ¿En qué consiste la educación STEAM y cuál es su objetivo? Consultado el 13 de abril de 2025 en https://colombia.universidadeuropea.com/blog/educacion-steam/

Sobre los autores

- **Julián Portocarrero Hermann**: Ingeniero Mecánico, de la Universidad del Valle. Profesor titular e investigador Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez". julian.portocarrero@emavi.edu.co
- **Fernando Delgado Gómez**: Ingeniero Mecánico, Especialista en Estructuras, Magister en Ingeniería de la Universidad del Valle. Profesor titular Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez". fernando.delgado@emavi.edu.co
- **Gustavo Adolfo Rojas**: Ingeniero Mecánico de la Universidad del Valle. Magister en Ingeniería y Automatización de la Universidad del Valle. Profesor titular Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez". gustavorojasro@emavi.edu.co
- **Wilmer Chacón Ardila**: Ingeniero Mecánico de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez". Candidato a doctor en Ingeniería Universidad del Valle. Profesor titular Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez". wilmer.chacon@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 © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)