



TECNO ESUFA



REVISTA DE TECNOLOGÍA AERONÁUTICA

ISSN 1900 - 4303 - VOLUMEN 29 - DICIEMBRE 2019



100 AÑOS
PROTEGIENDO LA NACIÓN



DIRECTIVOS

Coronel Danysh Adey Forero Camacho
Director Escuela de Suboficiales FAC
Coronel Darío Fernando Montoya Bonilla
Subdirector Escuela de Suboficiales FAC
Teniente Coronel
Luis Fernando Coral Patarroyo
Comandante Grupo Académico
Técnico Jefe de Comando
Juan Edilberto Guio Vargas
Asesor de Comando

COMITÉ EDITORIAL

Teniente Coronel
Luis Fernando Coral Patarroyo
Comandante Grupo Académico
Técnico Jefe
Jhon Alexander Cárdenas Puentes
Jefe Técnico Programa Tecnológico en
Mantenimiento Aeronáutico

COMITÉ CIENTIFICO

TE. Adriana Marcela Almanza Cañón
Magister en Educación
OD18. Maureen Eliana Castañeda Cortés
Magister en Docencia de las Matemáticas
OD15. Rosa Margoth Orjuela Rivera
Especialista en Gestión de Proyectos

COMITÉ EVALUADOR

CT. Manuel Alejandro Rojas Escobar
JELOG Área Aeronavegabilidad
CT. Diego José Mora Pérez
JELOG Área Reconocimiento y Evaluación
TS. Juan Carlos Bermúdez Jiménez
Jefe Técnico Programa Tecnológico en
Abastecimientos Aeronáuticos
T1. Felix Parca Acevedo
Jefe Técnico Programa Tecnológico en
Electrónica Aeronáutica

DISEÑO DIAGRAMACIÓN

Esteban Arenas

PREPrensa E IMPRESIÓN

Inversiones Alejandro Duque Go S.A.S
Rionegro – Antioquia – Colombia

Mg. JUAN CARLOS GÓMEZ
Corrección de estilo



CONTENIDO

5

EDITORIAL

TRANSFERENCIA DE
TECNOLOGÍA Y DESARROLLO
DE CAPACIDADES PARA
EL PROGRAMA ESPACIAL
COLOMBIANO MEDIANTE
PEQUEÑOS SATÉLITES

8

IAC-19-B4,1,6,x52179
TECHNOLOGY TRANSFER AND
CAPABILITY BUILDING FOR
COLOMBIAN SPACE PROGRAM
BY MEANS OF SMALL SATELLITES

20

LOS LÍDERES 4.0 NUEVOS
LÍDERES, PARA LOS NUEVOS
TIEMPOS

24

LA EXPLICACIÓN ILUSTRE A UN
EXPERIMENTO OLVIDADO DE
ROBERT JULIUS MAYER, LA LEY
DE EQUIVALENCIA ENTRE EL
CALOR Y EL TRABAJO

THE ILLUSTRIOUS EXPLANATION
TO A FORGOTTEN EXPERIMENT
BY ROBERT JULIUS MAYER,
EQUIVALENCIA LAW BETWEEN
HEAT AND WORK

29

RECICLAJE DE MATERIALES
COMPUESTOS (CRFC)

RECYCLING OF COMPOSITE
MATERIALS (CRFC)

44

PROTOTIPO EXPERIMENTAL
BANCO PARA TRANSPORTE,
INSTALACIÓN Y REMOCIÓN
CONJUNTO DE FREÑOS AVIÓN
C-130 HÉRCULES

EXPERIMENTAL PROTOTYPE
BENCH FOR TRANSPORT,
INSTALLATION AND REMOVAL
OF THE BREAKING SYSTEM
C-130 HÉRCULES AIRCRAFT

50

BANCO EXPERIMENTAL PARA
LA UNIDAD DE CONTROL
DE GENERADOR (GCU) DE
LA AERONAVE CESSNA 208
CARAVAN

EXPERIMENTAL GENERATOR
CONTROL UNIT (GCU) BENCH
FOR THE CESSNA 208
CARAVAN AIRCRAFT

60

PRESENTACIÓN DE ESTADOS
FINANCIEROS BAJO LA NORMA
INTERNACIONAL Y RÉGIMEN DE
CONTABILIDAD PÚBLICA

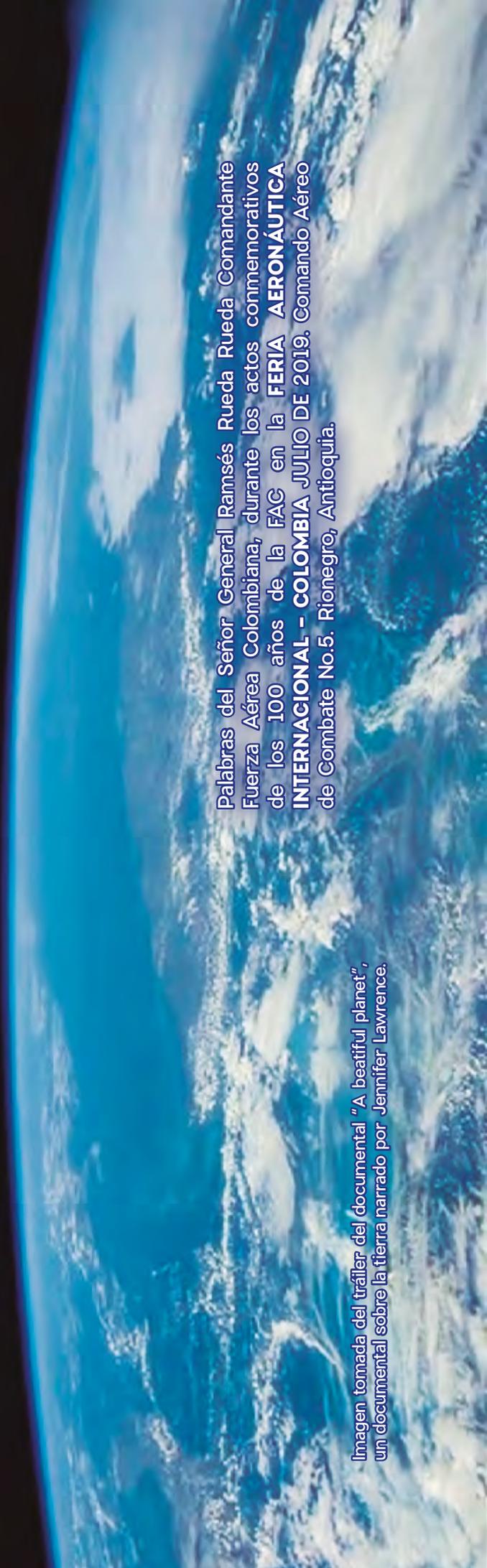
FINANCIAL STATEMENTS
REVIEW UNDER THE NICSP
AND PUBLIC ACCOUNTING
REGIME



“La Fuerza Aérea enfoca su mirada siempre más allá de lo que inicialmente la razón puede dictar, porque en los sueños de sus líderes emergerán los grandes y ambiciosos proyectos que regirán su destino”

Palabras del Señor General Ramsés Rueda Comandante Fuerza Aérea Colombiana, durante los actos conmemorativos de los 100 años de la FAC en la **FERIA AERONÁUTICA INTERNACIONAL - COLOMBIA JULIO DE 2019**. Comando Aéreo de Combate No.5. Rionegro, Antioquia.

Imagen tomada del tráiler del documental “A beautiful planet”, un documental sobre la tierra narrado por Jennifer Lawrence.





Coronel Danysh Adey Forero Camacho
Director Escuela de Suboficiales FAC

Este año, durante el cual la Fuerza Aérea Colombiana conmemora el primer centenario de su creación, el señor General Ramsés Rueda Rueda Comandante de la Fuerza Aérea y el liderazgo militar Institucional preparándose para los retos futuros, replanteó la **“Misión de la FAC”** de la siguiente manera: *“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”.*

En el mismo sentido, se estableció la **“Visión de la FAC”** así: *“Para ejercer el dominio en el aire, el espacio y el ciberespacio, la Fuerza Aérea será innovadora, polivalente, interoperable, líder y preferente regional, con alcance global y con capacidades disuasivas reales, permanentes y sostenibles”.*

Todo lo anteriormente expuesto nos permite entender por qué la Escuela de Suboficiales “Capitán Andrés M. Díaz” (ESUFA), Institución de Educación Superior acreditada en Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional, donde se forman en los ámbitos militar, académico, técnico y tecnológico los futuros Suboficiales de la FAC en ocho (08) programas tecnológicos, se esfuerza día a día en potencializar los conocimientos de los mejores Colombianos seleccionados entre los mejores, quienes con sus habilidades contribuyen a la Investigación, Desarrollo e Innovación, generando productos tecnológicos aplicables y patentables que mantienen, fortalecen e incrementan las capacidades operativas de una Fuerza preocupada por la seguridad, bienestar y desarrollo de todos los colombianos.

En concordancia con lo anterior y con el ánimo de evidenciar la alineación de los diferentes procesos Institucionales con la misión y visión de la FAC, pero también las acciones ejecutadas por ESUFA con otras Instituciones Educativas, Investigadores, Docentes y Alumnos, quienes aportan directa o indirectamente al Plan de Desarrollo de la Escuela y Proyecto Educativo de la misma; esta versión de la revista *“TECNO ESUFA”* presenta de una manera ejecutiva y muy precisa, el cómo la Fuerza Aérea Colombiana a través del programa satelital *“FACSAT”*, ha venido desarrollando la capacidad con la cual se consolidará el Programa Espacial Colombiano.

En el mismo sentido, considerando que hoy en día el “Talento Humano” es el activo estratégico más importante que tiene la FAC; El Doctor Alfonso Aza Jácome Director de Relaciones Corporativas del INALDE Business School de la Universidad de la Sabana, nos comparte su visión de futuro de los denominados Líderes 4.0 [*...Exploradores que descubren cómo es el futuro, y “regresan” para mostrárselo a otros...*] en un mundo cada vez más interrelacionado con el mañana; igualmente se presenta el desarrollo tecnológico aeronáutico que permitió incrementar la capacidad de mantenimiento de aeronaves tipo Cessna-208 CARAVAN

y C-130 HERCULES. Con el mismo nivel de importancia, se expone el resultado de la investigación histórica que giró entorno a la relación "calor-trabajo"; así como una propuesta para el "Reciclaje de materiales compuestos aeronáuticos"; Y finalmente, un artículo que invita en un mundo cada vez más globalizado y deseoso de Transparencia en el actuar de entidades tanto públicas como privadas, al cumplimiento de las "Normas Internacionales de Información Financiera-NIIF".

Para terminar, espero que a lo largo de estas páginas se refleje de igual manera el legado histórico de quienes estuvieron antes que nosotros estableciendo las bases sólidas de una Fuerza que avanza hacia el futuro.

**¡Volamos, Entrenamos y
Combatimos para Vencer!**

ASÍ SE VA A LAS ALTURAS



This year in which the Colombian Air Force (Spanish: FAC, Fuerza Aérea Colombiana) commemorates the first centenary of its creation. General Ramsés Rueda Rueda, Air Force Commander and the Institutional military leadership staff are preparing for future challenges and have rethink the "Mission of the FAC" as follows: "to fly, to train, to fight, to win; and have control on the air, space and cyberspace, in defense of sovereignty, independence, territorial integrity, constitutional order and contribute to state purposes".

In the same sense, it has been established the "Vision of the FAC" thus: "To apply dominance in the air, space and cyberspace. The Air Force will be innovative, versatile, interoperable, regional leader and preferential, with global reach, and real capabilities of deterrent, permanent and sustainable."

All of the above allow us to understand why the Academy of Non-commissioned Officers "Captain Andrés M. Díaz" (Spanish: ESUFA, Escuela de Suboficiales Capitán Andrés M. Díaz) as a Higher Education Institution and accredited in High Quality by the Ministry of National Education, where the FAC NCO's are trained in strengths and future technological skills spread in eight (08) Technological programs, strives day by day to optimize the knowledge of the preeminent Colombians selected among the best, who have their knowledge focused into Research, Development and Innovation, generating related and patentable technological products that allow, strengthen and increase the operational capabilities of a Military Force concerned with the security, welfare and progress of all Colombians.

**¡TO FLY, TO TRAIN, TO FIGHT, TO
WIN!
SIC ITUR AD ASTRA**



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



**100 AÑOS
PROTEGIENDO LA NACIÓN**



**EQUIPO
AZUL**



INTEGRIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO - SEGURIDAD

IAC-19-B4,1,6,x52179

TECHNOLOGY TRANSFER AND CAPABILITY BUILDING FOR COLOMBIAN SPACE PROGRAM BY MEANS OF SMALL SATELLITES

Corredor Giovanni^{a*}, Benavides Eliot^b

ABSTRACT

Colombia as state is emerging its space capacity, by considering the formulation and implementation of several active initiatives, in both civil and defense domains.

The country made an early entry in the small satellite scene with the launch of its first academic 1U nanosatellite – Libertad 1 – in 2008. More recently, the Colombian Air Force launched its first educational 3U advanced nanosatellite – FACSAT1, in November 2018. The mentioned projects have contributed as the initial building blocks of the future capacity in this matter, in order to project Colombia as a space-faring nation and leader in the Latin American region, by considering its strategic geographical position and the composition of its human critical mass.

The Colombian Air Force, through its FACSAT small satellite educational program, is allocating budget and coordinating efforts involving national universities, different government agencies, civil authorities, and Ministry of Defense actors, to strengthen the national policy while the next generations of small satellites will be launched into orbit. What is more, an intense technology transfer program is underway through international cooperation to acquire state-of-the-art know-how and ensure implementation of best practices.

The strategy above described is followed in many emerging and developing countries, where military forces can act as the best-input channel for international cooperation and drive

the creation of space capabilities and know-how. This applies not only for national defense, but also for other usages such as research in different topics in terms of climate change effects, whether, agriculture, and so on.

The FACSAT small satellite educational program is a long-term investment that aims at developing all the capacities needed to give Colombia frequent access to space. This paper will present an overview, the context of the country and the efforts undertaken with respect to national policy, regulatory matters, academic outreach, R&D capacity building, as well as the general defense framework allowing this to happen. Besides, it will also feature a focused presentation of the FACSAT1 and FACSAT2 Earth Observation projects. These two first projects are contributing and benefiting the Colombian society, especially from the processing and exploitation of imagery, to convey services with great value in different arenas, as never done before.

Keywords: smallsat, developing countries, capability building.

Acronyms/Abbreviations

Colombian Air Force (COLAF), Colombian Space Commission (CCE), CoPS (Complex Product Systems), LEO (Low Earth Orbit), FACSAT (Fuerza Aérea Colombiana Satellite), IARU (International Amateur Radio Union), ITU (International Telecommunications Union), Sequoia Space (SS), STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), Sustainable Development Goals (SDG), UAPSAT (Universidad Alas Peruanas Satellite)

^aSpace Affairs Advisor, Colombian Space Commission, Carrera 8A #7-57, Bogotá D.C., Colombia, giovanni.corredor@fac.mil.co

^bChief of Aeronautical Education, Av. El Dorado Cra. 54 # 26-25, Bogotá D.C., Colombia, eliot.benavidesg@fac.mil.co

*Corresponding Author

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y DESARROLLO DE CAPACIDADES PARA EL PROGRAMA ESPACIAL COLOMBIANO MEDIANTE PEQUEÑOS SATÉLITES

Corredor Giovanni^{a*}, Benavides Eliot^b

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este documento es ilustrar cómo un pequeño programa educativo satelital que ha sido impulsado por una institución militar en Colombia, la Fuerza Aérea Colombiana (FAC); y cómo sus primeros resultados han fomentado efectos positivos, no solo desde la perspectiva de la Fuerza Aérea, sino también a nivel nacional. Con este fin, se han considerado tres aspectos: 1) antecedentes de las iniciativas espaciales en Colombia, que corresponden a esfuerzos individuales en ausencia de una política gubernamental coherente. Ese fue el caso del programa FACSAT, 2) cómo COLAF ha logrado formular e implementar su pequeño programa educativo satelital FACSAT, 3) reconocer que la iniciativa FACSAT se ha convertido en el mapa de ruta adecuado para el diseño operativo espacial de COLAF, así como la base de la política nacional.

En resumen, el programa FACSAT es una iniciativa que se ha convertido en un hito en la FAC, al considerar que ha sido la oportunidad para la transferencia de tecnología y conocimiento, en beneficio del programa educativo espacial, allanando el camino para otros interesados en Colombia, especialmente desde la academia. Al hacerlo, FACSAT se ha convertido en un caso de estudio.

2. COLOMBIA Y EL ESPACIO

Colombia (ver Figura 1) tiene aproximadamente un millón ciento cuarenta y un mil setecientos cuarenta kilómetros cuadrados (1.141.740 km²) de área continental. Significa Francia y España juntas. Además del área continental, novecientos ochenta y ocho mil kilómetros cuadrados (988,000 km²) de

superficies oceánicas, para un total de dos millones ciento veintinueve mil kilómetros cuadrados (2'129,000 km²).

Asociada a esta gran superficie se encuentra una increíble, pero rara vez entendida, complejidad de los territorios terrestres y marítimos colombianos y las regiones de agua con valles, selvas, cadenas montañosas, sabanas, llanuras, desiertos, tierras baldías, ríos, lagos, lagunas, humedales, mares, islas, islotes, pantanos, manglares, etc. Existe una sorprendente diversidad biológica, mineral y humana, por ejemplo, Colombia es el segundo país con mayor biodiversidad del mundo^[1]. Un solo hecho ilustra la enorme riqueza natural nacional: el 49% de todos los páramos tropicales del mundo se encuentran en Colombia^[2].

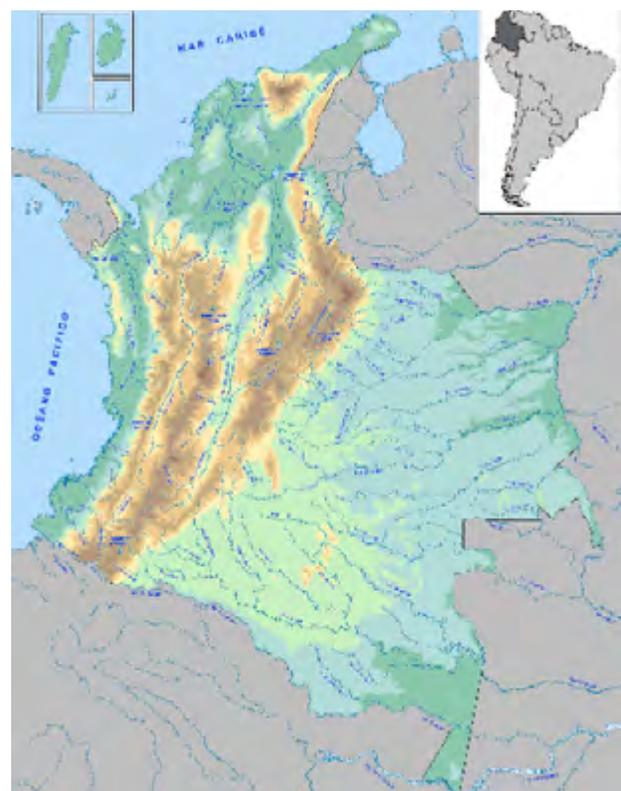


Figura 1. Physical map of Colombia.

En 2006, Colombia reconoció que el uso pacífico de las tecnologías espaciales constituye un factor importante para el desarrollo económico, social y cultural de las personas^[3]. La contribución de estas tecnologías a menudo se ve en áreas como la educación, la salud, la preservación de la paz y la seguridad ciudadana, el monitoreo ambiental, la gestión de los recursos naturales, la prevención y atención de desastres, el monitoreo del uso de la tierra, las previsiones meteorológicas, el estudio del cambio climático, transporte, navegación marítima, fluvial y aérea y telecomunicaciones. A su vez, estos también contribuyen a aumentar la productividad, la eficiencia y la competitividad en la agricultura, la industria, el comercio, el sector de servicios y otros sectores, incluidas las entidades gubernamentales. Este evento marcó el comienzo de la Comisión Espacial Colombiana o Comisión Colombiana del Espacio (CCE), la agencia espacial no formal de Colombia o el único gobierno a nivel nacional y abarca más de 11 agencias y sectores como defensa, informática, agencia de mapeo y el nuevo Ministerio de Ciencia y Tecnología, dentro de otros. La llamada Comisión es el órgano general de consulta, coordinación, orientación y planificación; sus objetivos son guiar la implementación de la política nacional de desarrollo espacial y la aplicación de tecnologías espaciales, y coordinar el desarrollo de planes, programas y proyectos importantes en este campo ^[3].

A pesar de lo anterior, el gobierno de Colombia aún no ha reconocido al sector espacial como una de las principales prioridades de contratación en algunos casos, mientras que en otros momentos los proyectos de adquisición de satélites que se intentaron implementar en el pasado, nunca se enmarcaron a largo plazo en estrategia o en una política de bienes inmuebles. En particular, la Tabla 1 muestra los tres intentos fallidos de comprar satélites en el pasado. Dos de estos intentos se desarrollaron dentro del CCE; sin embargo, la ausencia de una visión estratégica a largo plazo evitó que estas iniciativas superaran las barreras impuestas por

los cambios típicos en la agenda nacional que cada nueva administración abordó en períodos específicos.

Table 1. Satellite initiatives in Colombia.

Project	Period
Communications satellite	1976–1982
Communications satellite	2008–2011
Earth observation satellite	2012–2014

Paralelamente a los esfuerzos que realizó el CCE con estas iniciativas, la academia colombiana también estaba ansiosa por demostrar su voluntad de contribuir al logro del ideal espacial. En 2007, la Universidad Sergio Arboleda comenzó la construcción de un nano satélite de 1U y 1 kg de peso llamado Libertad-1. Este proyecto fue adquirido USD \$ 250,000 y el satélite fue lanzado a LEO desde el cosmódromo de Baikonur el 17 de abril de 2007. A bordo llevaba una cámara digital y un transmisor de radio, y sirvió como primera plataforma experimental en un sector naciente de tecnología espacial en Colombia, durante su breve misión satelital de 34 días^[4].

Luego, con base en Libertad-1, se formuló el primer spin-off espacial en el país, llamado Sequoia Space (SS). Sorprendentemente, el hecho de que, durante sus primeros años de actividad del Sequoia, la compañía centró sus esfuerzos y su alcance en el campo académico en otros países latinoamericanos, dado que no encontró oportunidades reales en Colombia. En particular, comenzó sus actividades vendiendo los componentes de CubeSat para proyectos en la universidad, instituciones en Chile y Ecuador^[5]. Posteriormente, la compañía desarrolló el satélite UAPSAT en colaboración con la Universidad Alas Peruanas durante tres años, que contenía el 65% de los componentes fabricados en Colombia^[6]. A lo largo de este proyecto, la empresa llevó a cabo la transferencia de conocimientos, el apoyo en el desarrollo de nanosatélites y la construcción de estaciones terrestres, entre otros logros.

Después de estas experiencias, Sequoia Space se aventuró en Colombia, también en el segmento académico, proporcionando y vendiendo componentes satelitales e iniciativas de transferencia de conocimiento tanto a la Universidad Sergio Arboleda como a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Hoy Sequoia Space lucha por mantener vivo su negocio, principalmente debido a la poca demanda local y la falta de incentivos comerciales apropiados.

3. EL PROGRAMA FACSAT

El programa FACSAT es un esfuerzo ambicioso para el desarrollo de capacidades y el desarrollo del capital humano para maximizar el uso de tecnologías espaciales en Colombia a través de actividades de capacitación y educación y programas de I + D, así como iniciativas de conciencia pública. El programa busca aprovechar el llamado enfoque NewSpace, que ofrece ciclos de implementación rápidos y de bajo costo para proyectos espaciales.



Figura 2. Revista Aeronáutica FAC.

Los objetivos de este programa son:

1. Desarrollar una capacidad de fabricación satelital local.
2. Aumentar la conciencia nacional sobre el desarrollo espacial.
3. Fortalecer la cooperación internacional relacionada con el desarrollo espacial.

El primer objetivo: desarrollar una capacidad local de fabricación de satélites, persigue posicionar el programa como un factor para fomentar la industria nacional para el doble empleo, la defensa nacional y la población civil. Mediante el compromiso de los sectores privado académico y nacional, FACSAT concentra las aspiraciones de un país que considera la tecnología espacial como una ayuda potencial para ayudar en varios de sus múltiples desafíos económicos y sociales, mientras que la defensa nacional es una consideración paralela.

Curiosamente, promover el desarrollo de un sector espacial privado tiene varios efectos simultáneos. En primer lugar, ofrece la oportunidad de reducir la dependencia tecnológica de los países extranjeros, superando así desafíos como el control de las exportaciones que algunos países imponen a ciertas tecnologías. En segundo lugar, promueve la transformación productiva a través de la innovación de otras industrias como la aeronáutica, la electrónica, las comunicaciones o el mercado automotriz. Además, el efecto en términos de demanda de profesionales en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática (STEM) para poder llevar a cabo estos procesos de innovación y tecnología. Según lo declarado por la NASA, los compromisos de STEM "han impulsado avances tecnológicos, empujado las fronteras de la investigación científica y ampliado nuestra comprensión del universo" [7].

Al igual que en las otras áreas de STEM, muchos de los profesionales y académicos en ciencias espaciales no encuentran en el país una estructura organizativa y condiciones profesionales que respalden su investigación y deciden emigrar a instituciones internacionales y a la industria espacial extranjera en países desarrollados como Estados Unidos, Francia y Brasil. Inútiles son los esfuerzos realizados por las universidades colombianas que buscan la formación de profesionales e investigadores en ciencias aeronáuticas y aeroespaciales, que constituyen el elemento más valioso para un programa espacial coherente. Establecer una

industria espacial propia reducirá la fuga de cerebros, lo cual es un gran problema para los países en desarrollo^{[8],[9]}. En este sentido, la FAC al considerar el FACSAT-1, ha logrado desarrollar una cooperación interinstitucional con actores privados y no privados como son: IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), SENA (Servicio Nacional para Aprendizajes), Universidad del Valle, Universidad Sergio Arboleda, Universidad Autónoma de Occidente (UAO) y Universidad Industrial de Santander (UIS).

Esta participación ha permitido compartir el conocimiento y la transferencia de tecnología, el espacio de los laboratorios e instalaciones existentes y la estación de control en tierra, junto con las experiencias recopiladas en los últimos 10 meses de operación de FACSAT-1. En el mismo sentido, se ha creado un grupo de trabajo interinstitucional para abordar el desarrollo de futuras cargas útiles. En resumen, estamos hablando de la activación de todo un ecosistema y dinámica espacial.

El segundo objetivo: aumentar la conciencia nacional sobre el desarrollo espacial, busca aumentar el conocimiento y la comprensión, especialmente a nivel político, para generar la coordinación adecuada de la estrategia nacional. En el pasado, el CCE no pudo generar las sinergias necesarias a nivel estatal. Este último, a pesar de la creciente importancia de los actores no estatales en la industria espacial como lo atestigua la NASA en su compromiso con STEM^[7]

En consecuencia, la intervención estatal y pública en países emergentes como Colombia aún puede ser esencial para fomentar un programa espacial y opciones para nuevos mercados relacionados. A diferencia de otros mercados de alta tecnología que requieren altas inversiones en innovación, la demanda de productos en los segmentos con el mayor valor agregado (por ejemplo, fabricación de componentes para satélites, equipos terrestres y transbordadores) se comporta como un

monopolio, dado que los gobiernos aún juegan un papel de liderazgo como los principales consumidores de estas tecnologías. Por lo tanto, elevar este nivel de conciencia para generar la llamada "cultura espacial" es vital para garantizar que este esfuerzo pueda mantenerse en el tiempo. Elevar la conciencia sobre la importancia del espacio para la sociedad puede llevar a la implementación de una política espacial nacional de manera coherente. El objetivo es que las agencias civiles y militares trabajen en estrecha coordinación y cooperación con el apoyo de la academia, los centros de investigación y las empresas privadas para satisfacer las necesidades y prioridades nacionales. Todo esto debe hacerse alineando sus esfuerzos hacia los intereses compartidos del espacio para el desarrollo, la seguridad civil y nacional. Un conjunto coordinado y sostenible de estrategias debería garantizar que las responsabilidades se ajusten de manera realista a los recursos disponibles.

En tercer lugar: fortalecer la cooperación internacional relacionada con el desarrollo espacial. El tercer objetivo se centra en reducir la carga económica y el tiempo de asimilación de estas nuevas tecnologías a través de la cooperación internacional. Como concluyen Leloglu y Kocaoglan, es evidente que la cooperación internacional en términos de programas espaciales es esencial para los países en desarrollo^[8]. Aparentemente, ya pasaron los días de la Guerra Fría, en la que las principales aplicaciones fueron impulsadas por el interés militar. Actualmente, casi todos los países, independientemente de su grado de desarrollo económico, enfrentan desafíos muy similares. La comunidad espacial está abordando estos desafíos, con actores importantes como la Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Ultraterrestre y la Federación Internacional de Astronáutica, alentando a sus miembros a presentar su visión y proporcionar ejemplos de programas de aplicaciones espaciales que apoyan el desarrollo socioeconómico.

Luego, los programas nacionales se animan a integrar datos espaciales con datos in situ, para lograr objetivos de importantes marcos mundiales, a saber, la Agenda 2030 para los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (17 objetivos), el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015–2030), y el Acuerdo de París derivado de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Conferencia de las Partes 21 (COP–21) ^[10].

Un claro ejemplo de esto es SDG 17th. Revitalizar la asociación mundial para el desarrollo sostenible^[11], es una oportunidad para que países como Colombia tengan acceso a tecnología satelital y transferencia de conocimiento a través de programas de cooperación como Copernicus. Los beneficios de la cooperación internacional se pueden evidenciar en forma de eficiencia monetaria, programas y política de sostenibilidad y estabilidad de la fuerza laboral, siempre que se mantenga un enfoque de beneficio mutuo^[12]. Finalmente, las alianzas internacionales ayudarán a desarrollar habilidades y experiencia locales, para apoyar el desarrollo conjunto de plataformas, productos y servicios espaciales, al hacerlo, proporcionarán la capacidad de absorción que limitará la fuga de cerebros y minimizará la excesiva dependencia del apoyo extranjero.

3.1 Estudio de caso de FACSAT-1

La Fuerza Aérea Colombiana concibió el FACSAT-1 en 2011, como respuesta al pequeño y muy lento progreso logrado hasta ahora por la Comisión Espacial Colombiana. La intención inicial del proyecto era ganar experiencia en la gestión de misiones satelitales a través de la adquisición de un CubeSat, al tiempo que se promueve el desarrollo de la industria local, que en ese momento tenía como insignia la empresa Sequoia Space (SS), mencionada anteriormente.

Durante 2012, las primeras reuniones para la fase análisis de la misión del proyecto tuvieron como objetivo el desarrollo de un

CubeSat para la observación de la Tierra, porque en ese momento dentro del CCE hubo un intenso debate sobre la necesidad de adquirir esta capacidad para satisfacer las necesidades socioeconómicas. (SS) luego propuso el uso de un CubeSat 3U, que usaría un bus de nave espacial de imágenes en miniatura (MISC) de Pumpkin Space Systems^[13] y sería integrado localmente por (SS). Este satélite ofreció, a pesar de las restricciones de tamaño limitado, la capacidad de obtener imágenes multiespectrales de 7.5 m GSD, lo cual fue muy apreciado por el FAC debido a la aplicabilidad de las imágenes para asistir a actividades tales como la gestión ambiental y el socorro en casos de desastre.

En 2014, algunos problemas y situaciones administrativas y técnicas impidieron la continuación del proyecto con la empresa (SS). La retención del bus (MISC) por el Departamento de Estado de los Estados Unidos en 2013 fue el primer obstáculo. El Departamento de Defensa de los EE. UU. Requirió una licencia ITAR para exportar el bus satelital debido a la unidad ADCS. Además, el sensor óptico propuesto por (SS) todavía estaba en una fase temprana de desarrollo que significaría mayores retrasos en el proyecto. Esto motivó a la FAC a identificar un nuevo aliado en el proceso de desarrollo tecnológico en el mercado. Es entonces cuando aparece en escena la compañía danesa GomSpace, cuyos orígenes son muy similares a los de la compañía Colombiana Sequoia Space (es decir, un spin-off de la Universidad de Aalborg, primer CubeSat).



Figura 3. FACSAT 1

Por lo tanto, el proyecto toma una nueva dirección y pasa de pretender apalancar la industria local para satisfacer las necesidades administrativas, en un contrato de suministro del que se puede obtener una transferencia de tecnología limitada. FACSAT-1 es entonces un satélite 3U que utiliza la plataforma GOMX-3 probada en vuelo y un sensor óptico que proporciona imágenes de aproximadamente 30 m de píxeles GSD. La transferencia de tecnología tiene como objetivo capacitar a un equipo de jóvenes oficiales y cadetes de la academia de la Fuerza Aérea en el funcionamiento del satélite. Durante 2018, se llevan a cabo tres entrenamientos sobre la instalación, la puesta en marcha y la operación de la estación terrestre, utilizando señales de otros CubeSat que estaban en órbita y que también operaban la banda de radioaficionados utilizada por el FACSAT-1. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, a pesar de estas limitaciones, la FAC completó con éxito todos los procedimientos legales necesarios para la asignación de frecuencias por parte de la UIT y la IARU. Esto representó un aprendizaje muy importante en relación con las implicaciones legales del lanzamiento de una misión. La coordinación de frecuencia a menudo se pasa por alto en las misiones de CubeSat, lo que causa preocupación a las entidades reguladoras y a los estados debido a la posibilidad de interferencia del espectro y la dificultad de identificar todos los objetos en órbita y sus efectos sobre la sostenibilidad de las actividades espaciales. El 28 de noviembre de 2018, después de superar múltiples complicaciones presupuestarias y un retraso de casi nueve meses por parte del lanzador, el FACSAT-1 fue enviado a órbita a bordo de la misión PSLV-C43 desde el centro espacial Satish Dhawan en India (ver Figura 4). Durante la fase LEOP, GomSpace capacitó constantemente al personal de FAC para que pudieran tomar el control de la misión, que ocurrió en enero de 2019.

La órbita del satélite fue noticia en los medios de comunicación en Colombia. El

impacto mediático buscado con el proyecto se logró totalmente: se destacó la importancia de la tecnología satelital para cerrar las brechas en el país desde diferentes sectores de la sociedad. A nivel político, el nuevo gobierno pudo incluir entre sus prioridades la reactivación de la Comisión Espacial Colombiana y la elaboración de la primera política espacial del país. Esta política, que está a punto de aprobarse, tiene el objetivo de crear condiciones propicias para las cuales el sector espacial contribuirá a la productividad, diversificación y sofisticación del aparato productivo del país. El sector académico, tanto público como privado, acordó apoyar este esfuerzo, especialmente al ver que la FAC abrió sus puertas para la explotación de los datos obtenidos por el satélite. Diferentes universidades desarrollaron sus propias estaciones de rastreo terrestre para proporcionar a sus estudiantes la experiencia de tener comunicación con un satélite.



Figure 4. PSLV-C43 mission payload integration at Satish Dhawan Space Center.

El principal objetivo actual de Colombia es la apropiación del conocimiento derivado de la explotación de FACSAT-1 (ver Figura 3) para servir como motor del desarrollo tecnológico del país. Actualmente, los datos que provienen del satélite respaldan una tesis doctoral que busca detectar objetos a través de técnicas de aprendizaje profundo. Aunque la resolución de las imágenes proporcionadas por FACSAT-1

no es alta (ver Tabla 2), este proyecto ha comenzado a ofrecer algunos resultados en términos de procesamiento de imágenes mejorando la resolución, el análisis y los datos de posición geográfica. Otros resultados se describen en términos de misiones de vuelo, resolución de problemas de fallas satelitales y el segmento de comunicación en conjunto con el GCS.

Además, se obtiene experiencia de la limitación en el tiempo de contacto con el satélite durante su paso por Colombia, y la baja velocidad de transmisión de datos. En consecuencia, esta limitación ha llevado a los miembros del centro de investigación FAC a proponer el desarrollo, construcción e instalación de una estación de control secundaria sobre una base científica en la Antártida. Se espera que esta nueva estación de control terrestre permita de diez a quince contactos diarios, lo que aumenta sustancialmente la capacidad de programar misiones y descargar imágenes.

Table 2. FACSAT-1 main features.

Feature	Value
Mass	2.4 kg
Orientation System	Active 3 axes
Spectral Resolution	RGB
Radiometric Resolution	256 DN
Spatial Resolution	30 m/pixel
Temporal Resolution	4 days (landmark mode)
Communication	UHF Band <1 MBPS
Aiming precision	1 deg
Orbit	SSO
Altitude	504 km
Life time	≥ 3 years



Figura 5. Image from FACSAT-1.

3.2 FACSAT-2 y futuro

El programa espacial FAC en términos de su línea de ciencia y tecnología, prevé el ciclo de desarrollo de un CubeSat aproximadamente cada tres años, significa el final del ciclo de vida en 2021 o principios de 2022. Por eso, cada iteración de FACSAT busca desarrollarse nuevas habilidades en el personal de la institución, por lo que el principal desafío del programa es establecer un camino adecuado que pueda garantizar un proceso exitoso de transferencia de tecnología (TTP). Aquí es importante afirmar que el objetivo de la FAC no es convertirse en un fabricante de CubeSat. Al contrario, la FAC ha establecido dos criterios de éxito para el programa. El primero es gestionar con éxito un programa espacial mientras se realizan operaciones espaciales con fines educativos. El segundo es convertirse en la institución que ayuda en la integración de una industria privada local, la industria extranjera y la academia, junto con el logro de FACSAT 2 y 3.

La literatura del TTP indica que la capacidad de gestionar el proceso de transferencia se ha convertido en una competencia crítica para muchas organizaciones^[14] y que esbozar el proceso de transferencia de tecnología es prácticamente imposible porque hay muchos procesos concurrentes^[15]. Las condiciones Sine qua non para una transferencia exitosa, desde

la perspectiva del receptor, implica fuertes habilidades de análisis, capacidad de absorción y compromiso de la alta dirección.

Aprovechando la experiencia de FACSAT-1, las iteraciones futuras ofrecen la oportunidad de hacer las cosas bien desde el principio. Esto significa que para lograr los objetivos mencionados anteriormente, es importante un compromiso a largo plazo del liderazgo superior para garantizar que los recursos estarán disponibles para el proyecto y para la transferencia. Junto a esto, es necesario definir cuáles son las habilidades y capacidades que se pretende adquirir con cada paso. Cormican y O'Connor^[14], sugieren que lo mejor que se puede hacer cuando la tecnología es compleja, y se requiere hacer frente a la capacidad de absorción, es asignar personal técnico experimentado a la transferencia y asegurarse de llevar a cabo extensas sesiones de capacitación en el sitio del donante antes de la transferencia.



Figura 6. FACSAT 2.

FAC ha dividido el programa FACSAT en dos fases, que no necesariamente se logran al lanzar un CubeSat.

La Fase 1 se enfoca en ingeniería de sistemas, operaciones espaciales e infraestructura. Esta fase constituye el bloque de construcción para el resto del programa, porque cada misión espacial comienza con una necesidad. Comprender las necesidades y limitaciones de la misión para traducirlas en

requisitos técnicos o funcionales específicos es lo que los nuevos jugadores deben dominar. El proceso de toma de decisiones que está inmerso en el "arte" de las compensaciones, es fundamental para el éxito de cualquier proyecto espacial. Dadas las oportunidades, pero también la limitación que ofrece el enfoque del nuevo espacio, es importante otorgar a nuestros ingenieros y técnicos las herramientas adecuadas para determinar los requisitos en aspectos como el tipo de misión y operaciones, el tipo de órbita, el tipo de carga útil y el rendimiento, la masa, el consumo de energía, procesamiento a bordo, etc.

Por otro lado, la infraestructura física debe ofrecer la oportunidad de practicar lo que se enseña en el aula. Sobre la base de las fallas del enfoque inicial de FACSAT-1, la FAC identificó la necesidad de construir instalaciones que admitan el modelado 3D, así como el ensamblaje e integración de CubeSat. En este punto, los proyectos llave en mano pueden emplearse como un mecanismo de transferencia de tecnología si existe un enfoque de codiseño. El codiseño ayuda a alcanzar los objetivos de esta fase, porque activamente involucran a los beneficiarios en la resolución de problemas, contribuye a un diagnóstico más preciso del problema y cede ante la aceptación de las partes interesadas y el compromiso a largo plazo^[16].

La fase 2 busca adquirir la capacidad de llevar a cabo el ciclo de vida completo de una misión satelital por parte del equipo de FACSAT. Dado que se han logrado los fundamentos del programa, es hora de avanzar y comenzar a construir nuestros propios activos espaciales. Esto no significa que queramos reinventar la rueda; por el contrario, la idea es aprovechar los desarrollos disponibles actuales y hacer nuestros propios diseños y mejoras. Facilitar pasantías de investigación doctoral con el objetivo de convertir los satélites FACSAT en una plataforma de demostración para aplicaciones reales. En este punto, es muy probable que el esfuerzo realizado en la fase 1 tenga como

resultado un spin-off. La Fase 2 debe ayudar a promover la industria local, especialmente en lo que respecta a las cargas útiles y las aplicaciones derivadas del espacio.

La Tabla 3 presenta los principales hitos perseguidos por el programa FACSAT.

Table 3 FACSAT Program Milestones per phase.

Technical	Industry
Phase I	
Systems engineering knowledge-transfer.	Support research and development
Infrastructure to perform assembly and integration	Promotion of international cooperation around FACSAT
Achieve design life	
Carry out preliminary design	
Conduct space operations	
Phase II	
Payload co-design	Support local industry
Develop In-house Software	Design satellite sub-systems
Qualification	Develop space-enabled services and applications
Mission design	Fly third-party payloads

4. LECCIONES APRENDIDAS

En muy poco tiempo, el programa FACSAT ha brindado lecciones muy importantes no solo a FAC, sino también a la academia y al sector privado. Las principales lecciones se presentan a continuación.

El programa FACSAT comenzó sin un enfoque claro sobre las capacidades locales existentes. Aunque desde el principio, el programa pretendía promover la industria local; sus limitaciones no fueron consideradas ni subestimadas. (SS) había demostrado tener éxito en la construcción de CubeSat para el segmento académico, pero cuando FAC trató de impulsarlos a ir un poco más allá, su falta de conocimiento técnico se hizo evidente. No obstante, los tomadores de decisiones del COLAF han capitalizado estas situaciones para corregir el camino y lograr pequeñas victorias, para definir y procurar formas y medios en beneficio del Programa.

Incluso para programas y proyectos espaciales a pequeña escala, los requisitos legales para poner cualquier objeto en órbita no deben ser desestimados. Según Euroconsult [17], alrededor del 28% de los satélites lanzados en 2018 son SmallSat de menos de 3 kg, y se espera que esta participación continúe aumentando en los próximos años. Como FACSAT-1, muchos de los satélites pequeños usan frecuencias de radio asignadas al Servicio de Satélites Amateur según las regulaciones de radio de la ITU, por lo tanto, muchas de estas bandas se han ido llenando cada vez más. Para proyectos futuros, este podría ser un tema para considerar antes de decidir la banda de frecuencia operativa, y aunque hay requisitos que los Estados bajo la convención de la ITU están obligados a cumplir, sin embargo, no hay disposiciones de aplicación o sanciones que la ITU pueda invocar para garantizar el cumplimiento.

Los sistemas de productos complejos (CoPS), como la tecnología satelital, plantean desafíos en términos de transferencia de tecnología, transferencia de conocimiento y toma de decisiones en el gobierno nacional y su papel de liderazgo. Los (CoPS) se caracterizan por su ciclo de vida prolongado y su complejidad, que requieren un nivel de compromiso a largo plazo y una valoración adecuada de la capacidad de asimilación por

parte del receptor para lograr una transferencia de conocimiento exitosa. Además, debido a que los CoPS están fuertemente regulados tanto a nivel nacional como internacional, el papel del gobierno nacional no se limita a un comprador de productos o incentivos de política, sino que también se alienta a establecer estándares técnicos y de seguridad.



Figura 7. Programa FACSAT.

5. CONCLUSIONES

Independientemente del nivel de desarrollo, hay muchos países donde las organizaciones militares logran realizar y liderar acciones que impulsan el desarrollo

tecnológico. La naturaleza de la Fuerza Aérea y sus capacidades inherentes en términos de organización, procesos y productos, acompañados de un profundo afecto por la tecnología y la innovación, lo convierten en un importante actor del marco espacial. Esto se aplica no solo para fines de defensa nacional, sino también para otros usos, como investigación y servicios en diferentes temas en términos de efectos del cambio climático relacionados con desastres naturales, clima, agricultura, catastro, etc.

Aunque FACSAT-1 ha estado orbitando durante menos de un año, el valor de su contribución al programa espacial de Colombia es enorme. En primer lugar, a pesar de que el satélite no se construyó en Colombia, otros elementos del programa, como la capacitación y las operaciones, evidenciaron la necesidad de adquirir infraestructura que permita construir e integrar futuros satélites FACSAT en Colombia. En segundo lugar, ha contribuido a reactivar las aspiraciones de la sociedad colombiana sobre poseer activos espaciales que ayuden a mejorar las actividades cotidianas. Finalmente, FACSAT ha allanado el camino para que otras partes interesadas en Colombia, especialmente de la academia, cooperen entre sí, buscando formas más eficientes y expeditas para impulsar a Colombia al espacio.

REFERENCIAS

- [1]R. Butler, "The top 10 most biodiverse countries," 2016. [Online]. Available: <https://news.mongabay.com/2016/05/top-10-biodiverse-countries/?n3wsletter>. [Accessed: 22-Aug-2019].
- [2]L. N. Garavito Rincón, "Los páramos en Colombia, un ecosistema en riesgo," *Ingeniare*, no. 19, p. 127, 2015.
- [3]Ministerio de relaciones Exteriores, Decreto 2442 de 2006. Bogotá, Colombia: Presidencia de Colombia, 2006, p. 3.
- [4]R. C. Harding, *Space Policy in Developing Countries: The Search for Security and Development on the Final Frontier*. New York: Routledge, 2013.
- [5]B. Sarli et al., "Review of Space Activities in South America," *J. Aeronaut. Hist.*, Sep. 2018.
- [6]Colombiainn, "El primer satélite de Sequoia Space, el peruano UAPSAT, ya está en el espacio - Colombia-Inn," *Colombiainn*. [Online]. Available: <http://colombia-inn.com.co/el-primer-satelite-de-sequoia-space-el-peruano-uapsat-ya-esta-en-el-espacio/>. [Accessed: 22-Aug-2019].
- [7]NASA, "NASA STEM Engagement: Overview," 2019. [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/stem/about.html>. [Accessed: 01-Oct-2019].
- [8]U. M. Leloglu and E. Kocaoglan, "Establishing space industry in developing countries: Opportunities and difficulties," *Adv. Sp. Res.*, vol. 42, no. 11, pp. 1879–1886, Dec. 2008.
- [9]G. M. Angulo Pico, "Cooperación internacional y emigración calificada: diáspora científica colombiana," *Rev. Int. Coop. y Desarro.*, vol. 3, no. 1, p. 99, Jun. 2016.
- [10]UNOOSA, "26 Workshop on Space Technology for Socio-Economic Benefits: "Industry, Innovation and Infrastructure for Development (3Is4D)"," 2018. [Online]. Available: <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/schedule/2018/2018-un-iaf-workshop.html>. [Accessed: 22-Aug-2019].
- [11]United Nations, "Global Partnerships - United Nations Sustainable Development." [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/globalpartnerships/>. [Accessed: 01-Oct-2019].
- [12]D. A. Broniatowski, G. R. Faith, and V. G. Sabathier, "The Case for Managed International Cooperation in Space Exploration," Washington D.C., 2006.
- [13]A. Kalman, A. Reif, D. Berkenstock, J. Mann, and J. Cutler, "MISC - A Novel Approach to Low-Cost Imaging Satellites," 22nd Annu. AIAA/USU Conf. Small Satell., pp. X-3, 2008.
- [14]K. Cormican and M. O'Connor, "Technology Transfer For Product Life Cycle Extension: A Model For Successful Implementation," *Int. J. Innov. Technol. Manag.*, vol. 06, no. 03, pp. 265–282, Sep. 2009.
- [15]J. R. Lavoie, J. Kim, and T. Daim, "A Technology Transfer Framework: A Case Study from the Energy Sector," *Int. J. Innov. Manag. Technol.*, vol. 8, no. 4, pp. 249–260, 2017.
- [16]MIT D-Lab, "Case Study Aguajira: the practice of co-design for technology transfer," 2018.
- [17]Euroconsult, "Euroconsult research projects smallsat market to nearly quadruple over next decade | Euroconsult," Euroconsult, 2019. [Online]. Available: http://www.euroconsult-ec.com/5_August_2019. [Accessed: 18-Sep-2019].

LOS LÍDERES 4.0

NUEVOS LÍDERES, PARA LOS NUEVOS TIEMPOS

Autor: Alfonso Aza Jácome
Profesor Inalde Business School.

Las innovaciones de la tecnología digital como la inteligencia artificial, blockchain, internet de las cosas, la computación cuántica, la impresión digital 3D, la nanotecnología o la robótica junto con el intercambio de datos articulados a través de Internet, integran hoy de forma poderosa el mundo virtual y el real. La cuarta revolución industrial es un hecho que está impulsando nuevas formas de gestionar y organizar las empresas. Es la era de la "Industria 4.0".

Sin embargo, ese cambio acelerado no se produjo sólo en las empresas de manufactura o de desarrollo como originalmente sugirió **Klaus Schwab**, fundador del Foro Económico Mundial, cuando acuñó el término "Cuarta Revolución Industrial" en el contexto de la edición del Foro Económico Mundial de Davos, 2016.

El nuevo entorno digital, obliga a modernizar los procesos y operaciones de casi todos los sectores para que las empresas lleguen a ser exitosas. Pero, modernizar sin más no es suficiente. Es necesario también revolucionar el estilo de liderazgo, pues siempre existirán los problemas complejos de alta incertidumbre que la técnica no puede resolver, donde sólo las personas, y no las máquinas, están en condiciones de tomar las

decisiones correctas. Pero entonces, ¿Cómo cambia el liderazgo empresarial en el contexto de la cuarta revolución industrial?

En la era de la Industria 4.0, la forma en que los líderes inspiran e influyen a los demás se convierte en un diferenciador entre las organizaciones que prosperan y las que no. Solamente aquellos que logren esta transición con éxito estarán preparados para obtener ventajas competitivas en este nuevo entorno. Deben ser verdaderos innovadores disruptivos que transformarán sus industrias para beneficio de sus empresas. Son los líderes 4.0.

Esta nueva generación de líderes empresariales debe enfrentar varios desafíos para llevar a sus compañías a otro nivel, y por eso, requieren de unas nuevas habilidades directivas, muchas de ellas innatas:

Visión de futuro: El liderazgo en el mundo de hoy está más relacionado con el mañana. Como la industria actual es tan dinámica y tiene cambios continuos, requiere poder visionar el futuro. En realidad, los líderes 4.0 son exploradores que descubren cómo es el futuro y "regresan" para mostrárselo a otros. Este es, posiblemente, el más importante de todos sus retos y también el más difícil, porque deben ser profetas.



Transformación: Un líder, por definición, debe tomar la iniciativa; por tanto, los líderes 4.0 son capaces de adaptarse a un nuevo escenario con unas estructuras empresariales y modelos de negocio que nada tienen que ver con las anteriores. Convierten la cultura de la transformación en una estrategia corporativa en sí misma para conseguir que todos los integrantes de la organización estén dispuestos a cambiar en cualquier momento para alcanzar las metas propuestas. Por tanto, otro de los grandes retos de los líderes 4.0 es la capacidad de plantear una estrategia innovadora que dé respuesta a los desafíos empresariales que se presenten. El cambio será un proceso continuo porque los líderes compartirán su experiencia, crearán caminos para alcanzar los resultados y formarán a otros.

Autoridad vs. poder: A diferencia de los líderes tradicionales, que ostentan el poder conferido por otro nivel jerárquico superior, los líderes 4.0 asumen responsabilidades y son dueños de su propio crecimiento profesional al demostrar sus habilidades sobresalientes para el desarrollo de la empresa: Se convierten en líderes por su prestigio profesional que les permite tener autoridad y reconocimiento entre sus pares y subalternos. Por eso, son altamente competitivos pues dependen exclusivamente de su talento.

Equipo de trabajo: La adquisición y el desarrollo del talento es la principal ventaja competitiva de la Industria 4.0. La productividad depende del valor de la innovación y la creatividad. De esta manera, otro de los retos de los líderes 4.0 es la construcción de un equipo de trabajo formado, comprometido y motivado; junto con la capacidad para atraer y mantener el talento. Los directivos 4.0 tienen entre sus prioridades el crecimiento profesional de las personas de su equipo. Además, entienden que su misión es ayudar a que desarrollen todo su potencial para ser mejores profesionales

y, también, mejores personas. De hecho, deben conseguir que cada uno de los miembros de su equipo llegue a convertirse, a su vez, en un líder dentro de sus propias responsabilidades.

Inteligencia emocional: Los líderes 4.0 tienen buena comprensión del comportamiento humano y cuentan con las habilidades interpersonales para conocer la actitud, los motivos y los sentimientos de los miembros del equipo, junto con una capacidad de comunicación clara, persuasiva y fluida que les permite desarrollar relaciones cooperativas y eficaces. También demuestran una gran generosidad y humildad, identificando su propio éxito personal o el de un subordinado como algo que "hicimos juntos". Por otro lado, manifiestan con regularidad un interés genuino por su equipo, casi como un padre de familia, hablando y actuando con un sentido del deber claramente personal hacia todos ellos.

Compromiso: Los líderes 4.0 se mantienen fieles a los valores de la organización y a los compromisos adquiridos con los demás, generando una confianza que produce una gran fortaleza en la organización. Su empeño para cumplir una promesa se mantiene hasta el final del proceso. A cambio, reciben la



General Ramsés Rueda Rueda
Comandante Fuerza Aérea Colombiana

confianza de su gente que asume la responsabilidad por el desempeño del equipo y, de la misma manera, en su propio ejercicio del liderazgo inculcan esos mismos hábitos entre los demás.



Cúpula de las Fuerzas Militares.

Transparencia y colaboración: La toma de decisiones ya no está exclusivamente en manos de una sola persona, el centro de gravedad descendió en la organización con estructuras más planas y con empleados más empoderados. En el mundo digital, la información ya no es un poder reservado a unos pocos: Es una herramienta para distribuir el conocimiento y obtener valor. Por eso, otro de los retos que deben afrontar, consiste en crear entornos en los que se promueva el intercambio de información para inducir a comportamientos proactivos. Surge así, una nueva cultura corporativa que fomentará la confianza y la colaboración productiva en todos los niveles.



Evaluación y motivación: En un mundo cambiante, las evaluaciones continuas son totalmente necesarias. En este sentido, las antiguas valoraciones por desempeño evolucionan hacia la retroalimentación, es decir, hacia el intercambio constante de feedback y recomendaciones para aprender de los errores y anticipar conflictos futuros. Además, esos consejos ayudan a captar el sentido de la tarea y motivan a los subordinados a pensar de manera diferente en su quehacer en la organización; porque hoy, los empleados no quieren trabajar sólo para los accionistas, quieren hacer algo significativo para toda la sociedad.

Agilidad y flexibilidad: Los líderes 4.0 son personas que pueden resolver problemas complejos y establecer una nueva dirección para liderar la transformación, porque poseen la capacidad de observar el entorno y están dispuestos a aprender para reaccionar más rápido ante los cambios. También, son plenamente conscientes de que los ciclos de producción se han acortado para dar respuesta a una demanda cada vez más exigente. De

esta manera, se podría concluir que es posible identificar a los líderes 4.0 por los juicios que se emiten sobre ellos entre los miembros de su equipo y demás colaboradores que los rodean. Esos juicios deberían ser del siguiente estilo: "Es visionario", "Es confiable", "Sabe escuchar", "Es coherente", "Me entiende", "Me facilita el llegar a mis objetivos", entre otros.



Aviación estratégica.

Como propone Ken Blanchard en su artículo La pirámide organizacional puesta al revés, al colocar el vértice de la pirámide organizacional hacia abajo, los líderes se convierten en el apoyo para los colaboradores que, a su vez, son los que atienden y dan servicio a los clientes. Al girar de esta forma la estructura de la organización, permite generar una actitud adecuada para el servicio. Por eso, para que los directivos logren convertirse en líderes 4.0, deben existir unas condiciones personales previas que les permitan de forma genuina vivir y tener presentes algunas emociones que serán clave en su desempeño y ser sustento para el resto de la organización: Confianza, ambición, amor propio y a los demás, seguridad y compasión, pues esas emociones generan un amplio eco en el equipo que los rodea.

Para llevar a cabo toda esta transformación del estilo directivo, puede ser necesario acudir a procesos de capacitación y formación de estos nuevos líderes digitales como el coaching ejecutivo, que se enfoca en desarrollar el máximo potencial de la

alta dirección de manera individualizada al entrenarlos para que piensen y actúen más allá de los límites y paradigmas existentes. El desarrollo de líderes digitales incluye también elementos tradicionales de entrenamiento como la educación ejecutiva, que son muy importantes. Por otra parte, es imprescindible preparar los futuros relevos, ubicando a los empleados con alto potencial en posiciones que los lleven más allá de sus competencias y habilidades actuales.

En definitiva, el mundo digital brinda nuevas herramientas para el desarrollo de las empresas, pero exige otras competencias a los directivos que buscan hacer crecer a su organización. Si aprovecha todas las oportunidades, el líder 4.0 no sólo logrará cambiar la cultura de la organización y estar al frente de un equipo competitivo, sino que podrá dirigir su empresa hacia el éxito.

ARTICULO PUBLICADO EN LA EDICION 53 DE LA REVISTA INALDE (AGOSTO-NOVIEMBRE DE 2019) INALDE BUSINESS SCHOOL.



LA EXPLICACIÓN ILUSTRE A UN EXPERIMENTO
OLVIDADO DE ROBERT JULIUS MAYER,
LA LEY DE EQUIVALENCIA ENTRE EL CALOR Y EL TRABAJO

THE ILLUSTRIOUS EXPLANATION TO A FORGOTTEN EXPERIMENT
BY ROBERT JULIUS MAYER,
EQUIVALENCE LAW BETWEEN HEAT AND WORK

Francia María Cabrera Castro¹
Fernando Cortes Díaz²
Félix Parca Acevedo³
Renso Mardu Molano⁴

SUMMARY

Gas experiments established theories, concepts and relationships for temperature and pressure. This was confirmed by scientists such as Boyle, Mariotte, Joseph Black, Lavoisier, Gay-Lussac, Thompson, Mayer, among others.

One of the critical and forgotten experiments was the one carried out by Gay-Lussac: About "the free expansion of a gas in the vacuum and the enigma in the constancy of temperature". Experiment that could not be explained by him, nor by any of the scientists of the time and was therefore forgotten.

After more than 60 years, the great intuition of doctor Robert Julius Mayer was required. Mayer would give a simple explanation: Go through the heat and the thermometric scale. Work is heat and heat is work. A paradigm of explanation that later allowed to relate and calculate the equivalence between work and heat, opening the way to modern thermodynamics, transforming the substantial model to the heat mechanist.

Palabras Clave: Calor, trabajo, ley, equivalencia, termodinámica.

Keywords: heat, work, law, equivalence, heat, thermodynamics.

24

RESUMEN

Los experimentos con los gases establecieron teorías, conceptos y relaciones para la temperatura y la presión; así lo confirmaron científicos como Boyle, Mariotte, Joseph Black, Lavoisier, Gay-Lussac, Thompson, Mayer, entre otros.

Uno de los experimentos críticos y olvidados fue el realizado por Gay-Lussac sobre "la expansión libre de un gas en el vacío y el enigma en la constancia de la temperatura", experimento que no logró ser explicado ni por él, ni por ninguno de los científicos de la época y, por lo tanto, fue olvidado.

Después de más de 60 años, se requirió de la intuición genial del médico Robert Julius Mayer. Mayer daría una explicación simple: acudir por medio del calor y la escala termométrica. El trabajo es el calor y el calor es el trabajo. Paradigma de explicación que posteriormente permitió relacionar y calcular la equivalencia entre el trabajo y el calor, abriendo el camino a la moderna termodinámica, transformando el modelo sustancialista al mecanicista del calor.

¹PhD© Física, jefe laboratorio física aeronáutica y aeroespacial docente -investigador ESUFA,FAC. Francia.cabrera@esufa.edu.co.

²MGT. Matemáticas y Tics, Docente investigador, ESUFA-FAC. Fernando.cortes@esufa.edu.co

³Maestrando ingeniería de Telecomunicaciones UDFJC y jefe programa de Tecnología en Electrónica Aeronáutica. docente-investigador militar, ESUFA,FAC. Felix.parca@esufa.edu.co

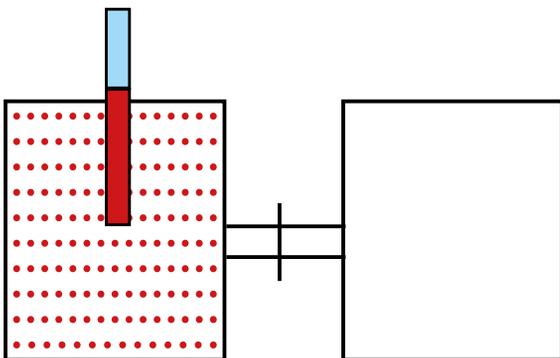
⁴Ingeniero electrónico ,docente investigador ESUFA,FAC. Renso.molano@esufa.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

La teoría del calórico afirmaba que, al expandirse un gas en un recipiente, su temperatura disminuye; esto ocurría porque el calórico, que se distribuye de modo uniforme en un volumen mayor, permanece invariable.

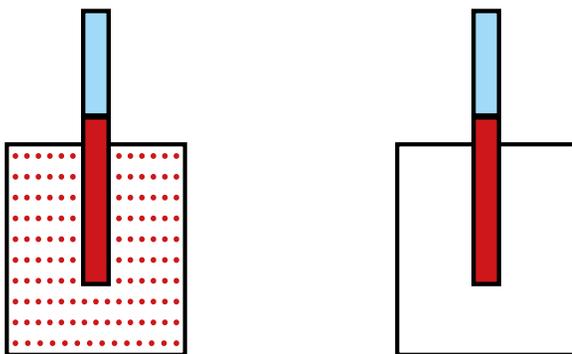
Los experimentos con los gases establecieron teorías, conceptos y relaciones para la temperatura y la presión. Experimentos realizados por científicos eminentes como Boyle, Black, Gay-Lussac y Mariotte, entre otros. Todos ellos coincidían en un postulado: Cuando el gas encerrado en un cilindro se expande, disminuye la temperatura del gas, si el cilindro está aislado térmicamente.

EL EXPERIMENTO DE GAY LUSSAC (1749)



¿Por qué al expandirse un gas en el vacío no se enfría?

EL EXPERIMENTO DE NEWTON (1760)



¿Se comunica el calor a través del vacío?

EXPERIMENTO DEL DR. MARTIN (1760)

Se colocan dos recipientes con la misma cantidad, medida en gramos, de agua y de mercurio, junto a una estufa.

La temperatura del mercurio sube más rápido que la del agua. ¿Por qué?

EXPERIMENTO DE BOERHAAVE (1745)

Si a los 500 gramos de agua a 100 grados se mezclan 500 gramos de mercurio a 150 grados, **la temperatura final es de 120 grados.**

¿Por qué la diferencia de resultados?

EXPERIMENTO DE BOERHAAVE (1750)

A 500 gramos de agua a 100 grados se le agregan 500 gramos de mercurio a 150 grados, **la temperatura final es de 125 grados.**

El agua caliente reduce 25 grados, el agua fría gana 25 grados.

Figura 1. Experimentos realizados por diversos científicos. Fuente: Elaboración propia.

2. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Se parte de los siguientes postulados:

- Un problema tiene multitud de soluciones posibles, pero la solución histórica es una, y esta solución no es el resultado de un individuo, sino de una época y de los representantes más relevantes del espíritu humano.
- El análisis histórico de la discusión y solución a ciertos problemas científicos, contribuyen de una manera importante a la profundización de los conceptos relacionados con el problema y su solución.
- El análisis histórico de un problema científico aporta elementos importantes a la enseñanza de una ciencia particular, en nuestro caso, de la física.

- La elaboración de los conceptos supone la existencia de estos; no se debe, entonces, confundir con su construcción.

- Hay diferentes niveles de comprensión, desde el más superficial hasta el más profundo. La discusión histórica sobre un problema científico, con los representantes más importantes de una época, ocasiona generalmente una profundización del nivel de comprensión, que de otra manera no sería posible.



JOSÉ LUIS GAY-LUSSAC¹

Científico Frances (Saint Leonard de Noblat, 6 de diciembre de 1778–París, 1850). Cursó sus estudios en la École Polytechnique hasta 1800, año en el que ingresó a la École des Ponts et Chaussées. Entre sus primeros trabajos en 1787 *Recherches sur la dilatation des gaz*, cuyo revisor fue Jacques Charles. En 1802 publica la Ley de Gay-Lussac, donde establece: a volumen constante, la presión de una masa fija de un gas dado es directamente proporcional a la temperatura Kelvin (Gay-Lussac, 1806). En 1805 presentó al Instituto una nueva memoria, en la que formulaba su primera ley sobre las combinaciones gaseosas. En 1811 viaja a Europa junto a su amigo Humboldt, para estudiar la composición del aire y el campo magnético terrestre. Realiza algunos ascensos en globo alcanzando los 3.400 metros.

3. RESULTADOS

El experimento de la figura 2 considera dos recipientes iguales R y R', aislados térmicamente y conectados mediante un tubo, en cuyo centro se ha colocado una válvula de paso cerrada. El recipiente R se llena de aire y el recipiente R' al vacío, y en cada recipiente se ha colocado un termómetro. Se abre la llave y el gas se expande pasando del recipiente R al recipiente R', sin transferencia de calor del exterior al interior o del interior al exterior. Gay-Lussac esperaba que, en el momento de abrir la llave, el gas se expandiera rápidamente hacia R'. En esta situación, el termómetro en R registra una disminución de la temperatura (Gay-Lussac, 1806).

El resultado fue sorprendente e inesperado: no se encontró ninguna variación notable en la temperatura. El experimento se repitió varias veces y no tenía ninguna explicación ni para él, ni para sus colegas científicos. Cabe preguntarse: ¿Por qué este experimento, en especial entre otros, presentó la tensión contradictoria a las relaciones entre el volumen y la temperatura? ¿Continuaría siendo el vacío una misteriosa y poderosa propiedad para la expansión de los gases? Quedan éstas y otras preguntas sin resolver por los científicos más destacados de comienzos del siglo XIX.

Explicación de Mayer:

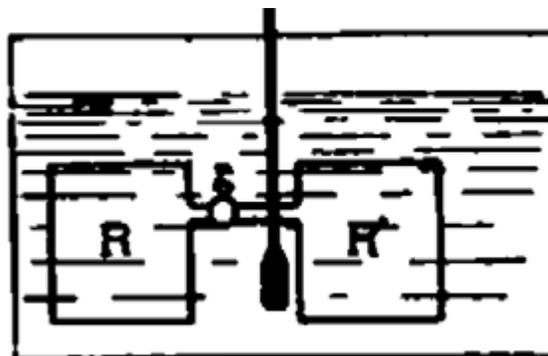


Figura 2. Experimento de Gay-Lussac (1806).

Cuando el gas está encerrado, se encuentra a una presión atmosférica. Para desplazarse lo hace en contra de la presión atmosférica y realiza, para ello, un trabajo, el cual

se puede calcular fácilmente en relación con la presión y el volumen. ¿Por qué se presenta un descenso en la temperatura? La temperatura desciende porque se efectúa trabajo a expensas de una parte del calor suministrado al cuerpo.

Para el caso del experimento, la temperatura en R —al permanecer constante— indica que el calor intercambiado entre el gas y el vacío es cero.

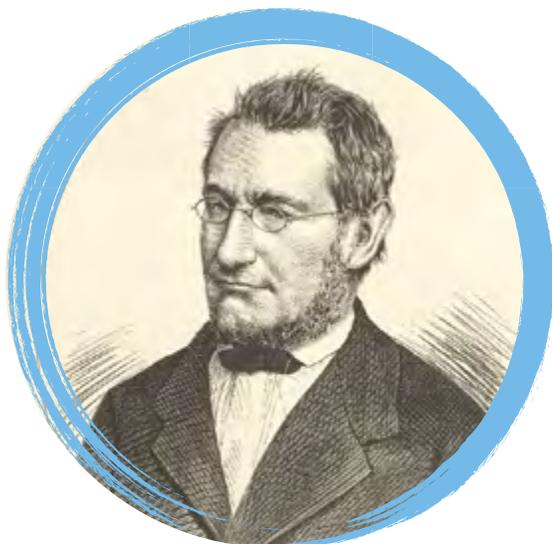
Q=0 **Q: calor**

Al abrir la válvula, el gas se expande en el vacío y no lo hace contra fuerzas exteriores (atmosférica). Y, además, las paredes del recipiente R y R' son rígidas, por tanto, el trabajo de expansión, 'We', también será cero:

We=0. We: trabajo de expansión
sí, J=We/Q J: equivalente mecánico del calor
JQ= We + ΔU ΔU: Energía interna

ΔU = 0

El termómetro no debe registrar variación en la temperatura.



JULIUS ROBERT VON MAYER²

(Heilbronn, Alemania, 1814–id., 1878)
 Médico cirujano y fisiólogo, llevó a cabo la determinación de la equivalencia mecánica del calor y enunció el principio de conservación del calor y trabajo, principio que intentó aplicar

a los seres vivos. Entre sus obras destacan Fuerzas de la naturaleza inorgánica (1842) y Notas sobre el equivalente mecánico del calor (1851).

4. CONCLUSIONES

El calor deja de ser una sustancia fluida. Mayer afirma:

“Sabemos que el calor hace su aparición cuando las partículas separadas de un cuerpo se aproximan más cerca unas a otras: la condensación produce calor. El movimiento no tiene algún otro efecto que la producción de calor y el calor alguna otra causa que el movimiento” (Mayer, 1842, p. 375).

La convertibilidad de los fenómenos se presenta en las interacciones de éstos y, en consecuencia, en este proceso se puede establecer la relación entre lo que se entiende por calor y trabajo, si la fuerza de caída y el movimiento son equivalentes al calor. El calor debe naturalmente, también, ser equivalente al movimiento y a la fuerza de caída. Como el calor aparece como un efecto de la disminución de la masa y del cese de movimiento, entonces también el calor desaparece como una causa cuando sus efectos son producidos en la forma de movimiento, expansión o elevación de peso (Mayer, 1842, p. 375).

De acuerdo con lo anterior, se evidencia en este tipo de procesos la convertibilidad e indestructibilidad. Así, se entiende el calor desde la interacción entre cuerpos en movimiento, lo que constituye como una variable de proceso.

Mayer, con este desarrollo, establece por primera vez en la física, la relación de equivalencia entre el calor y el trabajo; base para el desarrollo de la teoría del calor, articulado con la teoría de la mecánica que, a su vez, abre el camino a la termodinámica y a la nueva técnica del calor y trabajo en la naciente revolución industrial. Relación que posteriormente será denominada Ley de equivalencia entre el calor

^{1,2}Imágenes recuperadas de la URL// <https://www.biografiasyvidas.com>

y el trabajo; posteriormente, principio de conservación de la energía (Mott Smith, 1964).

Consecuentemente, Mayer —para evidenciar esta nueva relación de equivalencia entre el calor y el trabajo como nueva teoría de la física— procede desde los datos: el experimento a determinar la unidad de relación entre el calor y el trabajo —denominado equivalente mecánico del calor— señala en su cálculo inicial que:

1 kilocaloría corresponde a 365 Kilográmetros (Mayer, 1873).

Con experimentos posteriores, comprueba que: 1 kilocaloría corresponde 425 Kilográmetros (Mayer, 1873).

Estos valores fueron posteriormente verificados por científicos como Joule, Thomson y Rankine en Inglaterra; Mayer y Clausius en Alemania; Clayperon, Reech y Regnault en Francia (Mott Smith, 1964).

Actualmente, el equivalente mecánico del calor en su valor estándar es: 1 kilocaloría corresponde 4180 Joules (Serway y Jewett, 2016).

La equivalencia entre el calor y el trabajo fue elevada a Ley de Equivalencia entre el calor y el trabajo en la física. Posteriormente, al ser integrada a sistemas termodinámicos, se estableció como primera ley de la termodinámica.

Actualmente en la termodinámica se innova en técnicas y tecnologías que favorecen, por ejemplo, el calor y el enfriamiento para generar variedad de productos en diversas industrias como la aeronáutica y espacial.

5. REFERENCIAS

Black, J. (1803). Lectures on the elements of chemistry delivered in the university of Edinburgh. Published from his manuscripts by Robinson John.

Caneva, K.L. (1993). Robert Mayer and conservation of energy. London: Princeton University press.

Gay-Lussac, J.L. (1806). Essai pour déterminer les variations de températures qu'éprouvent les gaz en changeant de densité, et Considérations sur leur capacité pour le calorique 15 septembre. Mémoires de la Société d'Arcueil, tome 1er.

Joule, J. P. (1963). Scientific Papers, Vol. I. London: Dawson of Pall Mall.

Lavoisier, A. (1775). Experiments and observations on different kinds o air. Tomo II. Recuperado de <http://www.polytechnique.fr>.

Mayer, J.R. (1873). The Motions of organisms and their relation to metabolism. Lindsay. Oxford: Pergamon press.

Mott-Smith, M. (1964). The concept of energy simply explained. New York: Dover publications, Inc.

Thompson, B. (1798). (Count Rumford). Heat is a Form of Motion: An Experiment in Boring Cannon Philosophical Transactions (vol. 88).

Serway, R. & Jewett, J. (2016). Physics, for scientists and Engineers with modern Physics. United Kingdom: Ed. Brook/ Cole, Cengage Learning,.

6. AGRADECIMIENTOS

*Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz, Fuerza Aérea Colombiana.

*Doctora Verónica Tricio Gómez, Departamento de Física Aplicada, Universidad de Burgos, España.

*Doctor Fabio Vélez, Doctorado Interinstitucional de la Universidad Pedagógica Nacional.

RECICLAJE DE MATERIALES COMPUESTOS (CRFC)

RECYCLING OF COMPOSITE MATERIALS (CRFC)

Daniel Alberto Arteaga Puentes^{1,2}

RESUMEN

Existe un aumento en el uso de materiales compuestos reforzados con fibra de carbono (CRFC), que tendrán su término de vida útil en algún momento; asimismo, se encuentra este mismo material como sobrante en los lugares de fabricación de piezas donde es empleado. Por tal razón, se estudió los procesos fisicoquímicos que se pueden aplicar a estos materiales, para evitar el vertimiento en el medio ambiente. Para minimizar su impacto ambiental se han realizado estudios de su posible recuperación para ser reutilizados, según los métodos de recuperación existentes: procesos mecánicos, térmicos y químicos. Se hizo la revisión documental donde se logró establecer la condición general de las fibras después de pasar por algún tipo de proceso de reciclaje. Se aportó, de acuerdo con la revisión, cuál es el método más adecuado para una implantación inmediata a nivel industrial.

ABSTRACT

There is an increase in the use of composite materials reinforced with carbon fiber (CRFC), which will have their end of useful life at some point. Furthermore, this material is a residue in the places of manufacture of pieces that use this one, for this reason it is important to visualize what processes can be applied to them to prevent that the materials can be dumped in their final disposal. In order to minimize its environmental impact, studies have been made to evaluate their recovery to be reused, within the recovery methods there are mechanical, thermal and chemical processes. The review was made where the

general condition of the fibers is achieved after going through some kind of recycling process. It is provided according to the review which is the most appropriate method for immediate implementation at the industrial level.

Palabras Clave: CFRP, Matriz Epoxi, fibra de carbono, reciclaje, aeronáutica.

Keywords: CFRP, Epoxy Matrix, carbon fiber, recycling, aeronautics.

1. INTRODUCCIÓN

La industria aeronáutica, en su constante avance tecnológico, no desestima en la investigación la implementación de nuevos materiales que satisfagan los requerimientos necesarios: tal es el caso del uso de los materiales compuestos. Estos materiales, desde hace algunos años, ha tomado gran impulso, tanto que han sustituido partes que eran fabricadas con elementos metálicos: en algunas aeronaves comerciales alcanzan más del 50 % de su composición; incluso en la aeronave de fabricación colombiana T-90 Calima, más del 90%. Este tipo de desarrollo genera nuevos retos en cuanto a la elección del material, el procedimiento de fabricación y cómo hacer sostenible esta implantación, incluyendo, en este caso, el procedimiento de reciclaje para que sea competitivo y económico.

Los materiales compuestos están formados por dos o más componentes, lo que es un inconveniente para su reciclaje: los métodos de separación pueden afectar las propiedades que tienen cada uno por separado y limitar su uso posteriormente. Al momento de realizar el proceso de reciclaje de los materiales compuestos reforzados con fibra de matriz polimérica, es razonable, debido al costo del

1. Ingeniero Aeronáutico, Fundación Universitaria Los Libertadores.
2. Estudiante Maestría en Ingeniería Universidad ECCL.

material virgen la extracción de las fibras, como objetivo primario.

Con la revisión documental, se busca conocer cuáles son las técnicas que se han desarrollado para poder extraer las fibras de carbono y cuál es su condición después de la extracción. En este sentido, se estima si es apropiado reutilizarlas en aplicaciones para industria aeronáutica, con lo que se podría crear un modelo de economía circular que beneficie el sector y el medio ambiente.

2. RECICLAJE AERONÁUTICO

La producción de aviones en el mundo es creciente: las frecuencias aumentan junto con las líneas aéreas, las necesidades militares, estatales, comerciales y otras aplicaciones, incluso la producción de aviones de entrenamiento —el avión T-90 calima—. Esta demanda hace que se usen más materiales para esas aeronaves: metales, maderas, polímeros, cerámicos y electrónicos propia de la aviónica. Ahora bien, en algún momento estos materiales llegarán a cumplir su ciclo para el cual fueron diseñados, por tanto, se dará un proceso para su salida; un proceso que pretende ser rentable para una compañía y sostenible con el ambiente.

La idea de reciclar los materiales producto del uso aeronáutico no es nuevo. Por ejemplo, la empresa P3 Aviation, con sede en Reino Unido, aprovecha el desmantelamiento de partes como motores, alternadores, generadores..., y de estos elimina piezas rotativas, para luego revenderlas; también existen otros componentes que pueden ser totalmente reciclables: alfombras, textiles, papel, trenes de aterrizaje, fluidos, espumas y dispositivos de aviónica que pueden ser totalmente reciclables (Asmatulu, Twomey y Overcash, Evaluation of recycling efforts of aircraft companies in Wichita, 2013). Asmatulu (2013) realiza un análisis teniendo como referencia la zona de Wichita Kansas; una ubicación central para los Estados Unidos, con datos suministrados (2009) por cinco empresas ubicadas allí, que consideran el material reciclable para el campo aeronáutico. Estas empresas son Bombardier, Spirit Aero Systems Holdings, Inc., Hawker Beechcraft, Cessna y Boeing. Por tal motivo, Wichita Kansas en los EE. UU. es representativa a nivel mundial por ser un centro de producción aeronáutica con miles de productos por año, entre aeronaves y componentes.

Tabla 1. Fuente: Asmatulu et al. (2013).

Total potential and actual recyclable materials from aircraft manufacturing facilities in Wichita in 2009 (1765 planes and 1029 major components).		
Recyclable aircraft material	Potential recyclable materials (Kg/ys)	Actual recycled materials (kg/y r)
aluminum	11,142,988	2,228,598
Construction/demolition debris (concrete, asphalt wood, sand, gravel, soil)	6,204,730	1,240,946
Food waste and trash	2,800,486	560,097
Solvents	2,775,529	555,106
Caustic spent aqueous solution	2,125,260	425,052
Ferrous metal (steel)	1,528,682	305,736
Paper	1,132,948	226,59
Wood	1,128,048	225,609
Cardboard	976,654	150,803
Oil (all types, from sources like engines, hydraulics, etc.)	754,017	150,803
Nonferrous metal (not aluminum)	741,79	148,358
Blast media group (contaminated chips, corn starch media, steel media, tape, etc. As used in paint removal)	351,806	70,361
Paint-contaminated solids	331,349	66,27
Composites	216,817	43,363
Plastic bottles from employees	102,648	20,53
Plastics from all industrial operations (shipment packaging, blow moldin, containers, etc.)	99,337	19,867
paints (outdated)	28,236	5647
Electronics	15,429	2086
Batteries (all types, such as dry cell, NiCad, lead acid, etc.)	15,12	3024
Florescent lamps	9466	1893
Coated wire	8954	1791
Tires	5445	1089
Tyvek suits	3402	680
Toner cartridges	3261	652
Tin	2431	486
Gloves	907	181
Kevlar	482	97
Coolant	-	-
Total	32,506,224	6,501,245

En la tabla 1 se observa la cantidad de materiales con potencial de ser reciclado: el de mayor cantidad por año, el aluminio, actualmente el material más utilizado en el sector aeronáutico; mientras que, en el puesto 14, los materiales compuestos. Ha aumentado tanto el reciclaje de materiales compuestos que, en el 1997 en Whitewater Kansas, se creó una planta de reciclaje de fibras de carbono, para aprovechar los residuos de fabricación de este material (Asmatulu, Overcash y Twomey, *Recycling of Aircraft: State of the Art in 2011*, 2013). Desde el estudio resumido en la tabla anterior hasta el día de hoy, es reconocido el mayor impulso en el uso aeronáutico con respecto a los materiales de reciclaje. En total, se observa que hay más de 33 toneladas de materiales que tienen potencial de ser reciclados; pero, por falta de conocimiento, diseño o por falta de políticas ambientales, no se aprovechan en los procesos de reciclaje, y, por parte de los materiales compuestos, el potencial de reciclaje por año actualmente estaría llegando a una tonelada en el sector aeronáutico de los Estados Unidos.

Para la fabricación de cualquier material es necesario invertir unos recursos energéticos (combustible, energía eléctrica, hidráulica etc.), que pueden ser comparados con los mismos recursos utilizados al momento de reciclar el material y así determinar si por este recurso es viable el proceso de reciclado.

MATERIALES COMPUESTOS	Energía en la Producción MJ/kg	Energía en el Reciclaje MJ/kg	Energía ahorrada MJ/kg	Referencia
CFRTS:	234	CFRTS: 33	CFRTS: 201	(Suzuki & Takahashi, 2005)
CFRTP:	155	CFRTP: 15	CFRTP: 140	

Tabla 2 Fuente: Datos Suzuki y Takahashi (2005).

En la tabla 2 se hace un análisis energético a partir del reciclaje de partes de automóviles fabricados con material compuesto

reforzado con fibra de carbono termo estables y termoplásticos (CFRTS-CFRTP). La necesidad energética para producción es muy alta en comparación con la necesaria para producir aluminio: 47 MJ/kg (Asmatulu et al., 2013). Por otra parte, al hacer un comparativo con la actual implantación de los (CFRTS-CFRTP), se puede establecer —en un futuro con la producción en masa— una benéfica cantidad de energía ahorrada al reciclar. También es importante anotar: las fibras de carbono remanufacturadas tienen casi el 100 % de las propiedades de las fibras de carbono virgen (Asmatulu et al., 2013). Asimismo, la energía analizada tiene en cuenta la fabricación de la fibra, la resina epoxi y finalmente el moldeo (Suzuki y Takahashi, 2005).

El gasto energético, por supuesto, es de gran importancia en los procesos de reciclaje; sin embargo, la parte financiera es probablemente lo que más les interesa a las compañías. Por ejemplo, Boeing ha estimado que el carbono reciclado equivale al 70 % del costo del carbono virgen: 8 a 12 dólares cuesta la fibra de carbono por libra reciclada en comparación del valor de entre 15 a 30 dólares de la fibra virgen (Asmatulu, et al., 2013). Por esa razón, Boeing y Alenia Aeronáutica han invertido en la creación de una planta de reciclaje de CRFC en Puglia, Italia, y se han asociado con Milled Carbon, con sede en Birmingham, U.K.; Karborek, con sede en Puglia, Italia, y ENEA, Agencia Nacional Italiana para las Nuevas Tecnologías de la Energía y el Medio Ambiente (Boeing, Alenia Aeronautica Team Up to Build Composite Recycling Facility in Italy." Energy Resource, 2008). Adicionalmente, estas y otras compañías del sector aeronáutico hacen parte de Aircraft Fleet Recycling Association (AFRA); una asociación que propende por el reciclaje del sector aeronáutico, con un conocimiento de las perspectivas futuras sobre la fabricación y salida de servicio de miles de aviones.

No se debe confundir reciclaje con recolección para disposición final; muchas empresas se encargan de seleccionar para luego

desechar el material compuesto como si fueran residuos comunes, por desconocimiento o falta de políticas ambientales. Este es el caso de los talleres del Comando Aéreo de Mantenimiento de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), según información suministrada, no se tiene claro un proceso de reciclaje: cuando se va a desechar material sobrante solo se debe verificar que esté totalmente curado y, de no estarlo, se debe completar ese paso para luego depositarlo en bolsas rojas para ser desechado como material químico o biológico, peligroso; el siguiente paso lo realiza una empresa contratista que dispone del material sin clasificación, para su disposición final.

3. PROCESOS DE RECICLAJE EN MATERIALES COMPUESTOS

Los compuestos reforzados con fibras (CRF) se caracterizan por tener fibras fuertes, rígidas, que producen una mayor resistencia a la fatiga. Estos tienen un mejor módulo de Young en una matriz, más blanda y dúctil, y que organiza el sentido de las fibras transmitiendo las cargas (Newel, 2011). Entre las fibras que se utilizan en mayor proporción están el carbono, vidrio, aramida, boro, polímeros de alto desempeño, poliéster, acero, titanio y tungsteno (Askeland, Wright y Fulay, 2012). Los CRF tienen los siguientes procesos de fabricación: formulación de resina, que consiste en mezclar fibras en pedazos con el material matriz; pultrusión, para crear un tejido de muchos hilos en paralelo; devanado húmedo de filamentos, que permite entretejer las fibras en más sentidos para luego ser reforzada con la matriz; moldeo de transferencia de resina, que consiste en colocación del tejido en moldes para ser cubierto por la resina a presión para cubrir; pre-impregnación, tejidos impregnados con resina que se mantienen refrigerados para luego ser curados a una temperatura mayor (Newel, 2011).

Las fibras de carbono son fibras sintéticas que se fabrican a partir de alquitrán, celulosa y, actualmente en su mayoría, poliacrilonitrilo

(PAN). Estas fibras tienen diámetros entre los 5 y 7 μm , y se estabilizan a temperaturas entre 200 a 300 °C mientras son alargadas, para —en ese momento— introducir cuál es la orientación requerida, con el fin de alcanzar un alto módulo, y luego son carbonizados a temperaturas superiores a los 1000 °C con nitrógeno. Todo esto hace que las fibras de carbono sean excelentes para aplicaciones estructurales que pueden ser sometidas a cargas repetitivas o fatiga; pero, también, su comportamiento es muy bueno en condiciones estáticas (Miravete, 2012). Por esta razón, es aplicado en el sector aeronáutico, en partes como las vigas del plano del avión t-90 Calima y en el estabilizador horizontal.

Existen varios procesos que se describirán a continuación para el proceso de reciclaje de materiales compuestos. Estos procesos, principalmente, pueden ser: mecánicos, térmicos (pirólisis, lecho fluidizado, microondas), químico (solvólisis), y, en ocasiones, la combinaciones de ellos (Liu, Farnsworth y Tiwari, 2017).

3.1. PROCESOS MECÁNICOS

El proceso de reciclaje mecánico consiste en moler el material, como resultado se obtiene un producto más fino, de aproximadamente 10 a 50 milímetros de tamaño; luego, considerar si es necesario una nueva trituración y así obtener trozos más pequeños; finalmente, se separan los polvos ricos en resina y las fibras de diferentes longitudes que todavía estén en las resinas (Liu et al., 2017). Los trozos se pueden utilizar para relleno: en el caso de los que son más ricos en resina, y los fibrosos, con nuevas resinas termoestables.

Sin embargo, esta reutilización está muy limitada por el costo y, lo más importante, la calidad: existe la posibilidad de que la unión entre estos trozos con la resina nueva sea muy pobre (Oliveux, Dandy y Leeke, 2015). Lo anterior causa disminución de las propiedades mecánicas, resistencia a la tracción de la fibra, reduce el módulo de Young y el terminado

superficial (Liu et al., 2017). Las aplicaciones de este método se realizan, en su mayoría, en compuestos con fibras de vidrio. Por otra parte, es muy reducido este método en los CRFC, ya que puede disminuir sus propiedades en un 70 %; en este sentido, cambia su relación de economía para aplicación en elementos que requieran efectivamente estas condiciones de material, por eso no es viable industrializarlo para CRFC. Por tal motivo, se prefieren otros procesos que permitan una separación de las fibras y la matriz, para las fibras de carbono, ya que pueden recuperarse sin contaminación y potencialmente reutilizarse como refuerzo en nuevos materiales compuestos (Oliveux et al., 2015).

En un estudio, se ha implantado un nuevo método de fragmentación electrodinámica aplicado a CRFC con resina termoplástica: este método consiste en sumergir el material en agua entre dos electrodos, luego se aplican altas tensiones que están entre 50 y 200 kV. El voltaje debe ser más alto que el voltaje de ruptura real del material a fragmentar, pero más bajo que el medio circundante que por lo general es agua. Esto se logra reduciendo el tiempo de aumento del pulso por debajo de 5 μ s; para material sólido en agua, se usa un generador de Marx. Esta descarga genera una energía de 10 a 100 J/cm, donde se crea un canal de plasma en el sólido. En este caso, esa energía induce a temperaturas y presiones que exceden la resistencia de los materiales, produciendo agrietamientos de lo más débil que rodea el plasma (Roux, Dransfeld, Eguémann y Giger, 2014).

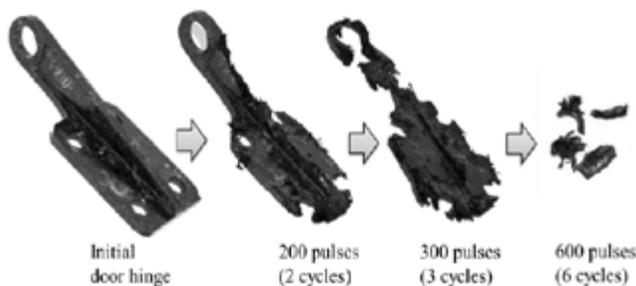


Figura 1. Fuente Roux et al. (2014).

En la figura 1 se visualiza el cambio de una bisagra sometida al proceso de fragmentación electrodinámica, y en la figura 2 se visualiza mediante un microscopio electrónico la condición de la fibra virgen (a-c) y la fibra reciclada (b-d-e) donde se engruesa.

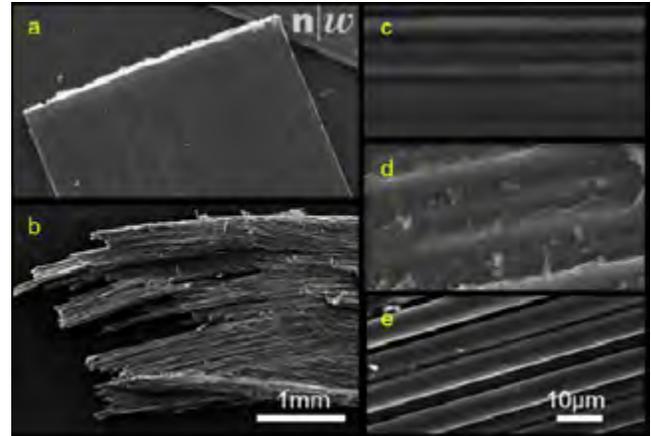


Figura 2. Fuente Rouxa et al. (2014).

3.2. PROCESOS TÉRMICOS

Para una mejor conservación de la fibra de carbono, se han aplicado los procesos térmicos. Como es obvio, se utilizará la temperatura para su extracción; por tanto, la resina al tener un menor punto de fusión se volatilizará en moléculas de menor peso, produciendo gases como dióxido de carbono, hidrogeno y metano. En estos procesos se aplica la pirólisis, lecho fluidizado y pirólisis, por medio de microondas —operado entre los 300 °C y 800 °C—, dependiendo de la resina (Oliveux et al., 2015); en el caso de la resina epoxi, será en los grados más altos.

Pirólisis: este método se utiliza para polímeros de alta temperatura de 300 °C a 800 °C, en ausencia de oxígeno. El método permite la recuperación de fibras largas; por esta razón, es el método más adecuado para la recuperación de fibras de carbono: con las fibras de vidrio se evidencia que no retienen ni un 50 % de sus propiedades a temperaturas alrededor de 400 °C (Oliveux, et al., 2015). En la pirólisis las moléculas más pequeñas de la resina se evaporan de la fibra, pero otra parte permanece adherida. Este residuo puede influir

en las propiedades mecánicas, eléctricas y en la adhesión de la fibra recuperada; asimismo, dicho residuo depende del proceso en cuanto a la atmosfera del horno, temperatura, velocidad del calentamiento, entre otros. Al controlar estos parámetros en el reactor de pirólisis permite una mejor despolimerización y, así, fibras más limpias (Liu et al., 2017; Oliveux et al., 2015).

Meyer y Schulte, con el conocimiento del deterioro de las propiedades de las fibras de carbono en este proceso, realizaron un estudio para la optimización del proceso mediante experimentos de pirólisis a escala de laboratorio en un analizador termogravimétrico (TGA), con variables de temperatura, tiempo de permanencia y atmósfera del horno. Las fibras recuperadas fueron analizadas mediante microscopía electrónica de barrido y espectroscopia Raman; se comparó también el resultado en una prueba de pirólisis semi-industrial, con la correspondiente validación de los procesos optimizados en el laboratorio (Meyer y Schulte, 2009).

Se investigaron ambientes de nitrógeno y aire sintético, con una velocidad de calentamiento fija de 10 °C por minuto. Para el rango de temperaturas de 400 a 550 °C, los residuos permanecen, pero es mejor en la condición de nitrógeno; por encima de los 550 °C, los resultados cambian, ya que el aire sintético permite que los residuos sean oxidados, logrando una eliminación completa de la matriz cercana a los 600 °C. Sin embargo, a 650 °C las fibras de carbono empiezan a oxidarse, lo que causa una disminución de las propiedades mecánicas (Oliveux et al., 2015) (Meyer y Schulte, 2009).

En cuanto al tiempo de exposición isotérmico, en la atmosfera de nitrógeno se detectó un aumento en la pérdida de peso de la matriz durante los primeros 30 minutos a 400 °C; se hace más pequeño a 500 °C y desaparece a 600 °C. En la atmosfera de aire sintético, la oxidación de la matriz es más dependiente del tiempo al igual que la oxidación de la fibra (Meyer y Schulte, 2009).

Lecho fluidizado:

este proceso está basado en la pirólisis, con el empleo de un lecho fluidizado, de arena de sílice, con partículas de aproximadamente 0,85 mm, fluidizado por aire caliente. Este procedimiento permite que se caliente rápidamente el material y libere las fibras por desgaste de la resina. Inicialmente se reduce el tamaño del material a unos 25 mm, introduciéndolo en el lecho que se fluidifica con una corriente de aire caliente a velocidades de 0,4 a 1,0 m/s y temperaturas de 450 a 550 °C. El polímero se volatiliza del material compuesto y esto libera las fibras que son llevadas fuera del lecho, como partículas individuales suspendidas en el vapor del gas; luego se separa pasando por una segunda cámara de combustión donde se oxida totalmente la resina (Pickering, 2006).

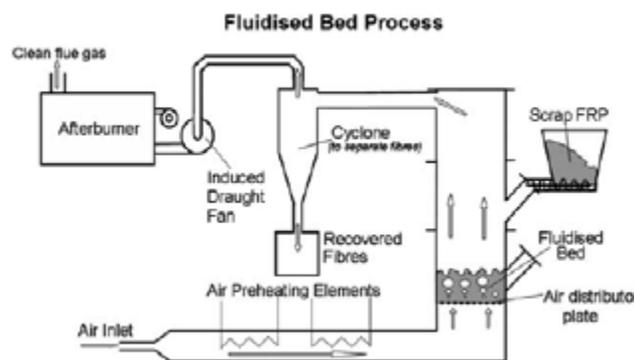


Figura 3. Fuente Pickering (2006).

En la figura 3 se muestra el proceso de lecho fluidizado con elementos tan importantes como la entrada del aire, material mezclado con la arena de sílice, un separador de tamiz giratorio (Cyclone), la segunda cámara de combustión (Afterburner), entre otros.

Las fibras de carbono muestran una degradación de la resistencia en un 20 %, con retención de rigidez original cuando son expuestas a una temperatura de 550 °C. A pesar de ser procesadas en aire, no mostraron ninguna oxidación considerable; también presentan solo una pequeña reducción en el contenido de oxígeno en la superficie, lo que permite buena adherencia a la matriz polimérica al momento de reutilización (Pickering, 2006).

Este proceso es de mucho interés, ya que puede recuperar fibras de materiales mezclados y contaminados superficialmente con pinturas o núcleos de espuma y/o metálicos. De este modo, permite que el proceso sea adecuado para recuperación en piezas al final de su vida útil; en comparación con la pirólisis, no puede recuperar aceite de la resina, solamente los gases, y las fibras presentan un deterioro mayor (Oliveux et al., 2015).

Pirólisis asistida por microondas:

esta es una variación a la pirólisis explicada anteriormente, muy estudiada en la universidad de Nottingham, Inglaterra. La ventaja primordial de la Pirólisis demuestra que las microondas calientan el material en su núcleo, haciendo la transferencia térmica muy rápida, lo que permite un ahorro energético (Oliveux et al., 2015). Lester et al. usaron un equipo experimental (figura 4), donde cuatro hojas de CRFC de 3 gramos se suspendieron en un lecho de arena de cuarzo; se usó lana de vidrio para evitar la salida de los sólidos. Para crear una atmosfera inerte y evitar la combustión de las fibras durante el calentamiento, se introdujo una corriente de gas nitrógeno a 5 L/min. Finalmente se usó una trampa de gas para reducir la cantidad de polímero en los gases de escape.

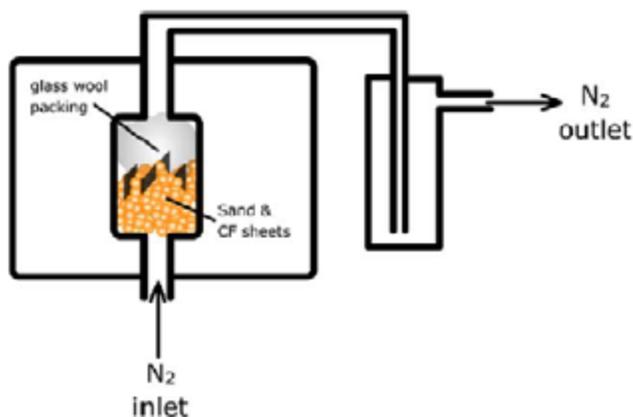


Figura 4. Fuente Lester et al. (2004)

Estudiando los resultados mediante análisis TGA (Análisis Termogravimétrico), la fibra tratada presentó menos de 1 % w/w

de polímero frente a la fibra virgen con 40 % w/w. En cuanto a la resistencia, las fibras de carbono en el proceso de calentamiento por microondas se conservan un poco mejor con 3,26 GPa frente a 3,05 de un proceso en lecho fluidizado; el módulo de tensión se redujo comparado con el del lecho fluidizado y fibras vírgenes de 243GPa a 210 GPa (Lester et al., 2004). Este tratamiento de pirólisis con microondas también fue utilizado por la compañía Firebird Advanced Materials en Estados Unidos, pero debido a la falta de inversionistas detuvo sus actividades en 2011 (Oliveux et al., 2015).

3.3. PROCESOS QUÍMICOS

Solvólisis: el reciclaje químico pretende generar fibras limpias mediante la despolimerización en forma de monómeros y materia prima petroquímica o eliminación de la matriz mediante el uso de reactivos de disolución química para liberar las fibras. La disolución llamada solvólisis, según el solvente a utilizar, se puede clasificar así: hidrólisis si usa agua, glicólisis si usa glicoles y de digestión ácida si usa ácidos (Yang et al., 2012).

La principal ventaja de la solvólisis, en comparación con el proceso de pirólisis, es el manejo de temperaturas más bajas para degradar los polímeros. Sin embargo, cuando se alcanzan condiciones supercríticas, por ejemplo, del agua, los reactores a utilizar pueden llegar a ser muy costosos, ya que deben soportar temperaturas y presiones elevadas; del mismo modo deben soportar la corrosión debido a las propiedades que se modifican de los solventes (Oliveux et al., 2015). Este método ha sido muy estudiado para el reciclaje de fibras de carbono debido al costo que representan.

En cuanto a los disolventes, el más estudiado y probado es el agua, en algunas ocasiones puro y algunas veces con un codisolvente alcohólico, fenólico o amino. Muy frecuentemente se usan catalizadores alcalinos como hidróxido de sodio (NaOH) o el hidróxido de potasio (KOH) y con menos frecuencia

se usan catalizadores ácidos que son muy apropiados para degradar resinas epoxi a bajas temperaturas (Oliveux et al., 2015).

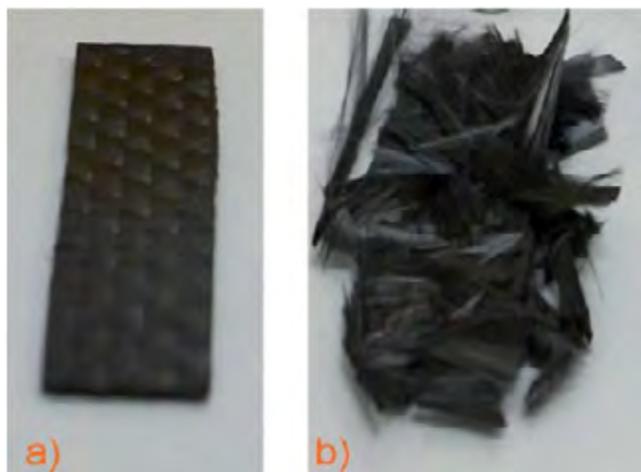


Figura 5. Fuente: Morales Ibarra, Sasaki, Goto, Quitain y García Montes (2013).

En la figura 5 se muestra: a) fibras de carbono antes del proceso, y b) fibras de carbono recuperadas después del proceso de solvólisis, donde se utilizó agua destilada, en experimentos hidrotérmicos y alcohol bencílico para experimentos solvotérmicos. Con propiedades críticas del agua (temperatura crítica= 375 °C, presión crítica 22,06 MPa) y propiedades críticas del alcohol bencílico (temperatura crítica = 403 °C, presión crítica= 4,57 MPa), con un tiempo, aproximadamente 15 minutos, en que el reactor llega a la temperatura.

4. RESULTADO, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

Teniendo en cuenta las diferentes técnicas para reciclar materiales compuestos, se evidencia que el método mecánico no es muy utilizado para CRFC, a menos que sean elementos de fibras cortas. Esta técnica es más utilizada para compuestos con fibras de vidrio, ya que para las fibras de vidrio no es recomendable un tratamiento termoquímico por la degradación que sufren y, en relación con el costo de fibra virgen, no es justificado.

De acuerdo con la revisión realizada, las técnicas de pirólisis y solvólisis son las

preferidas para reciclar materiales compuestos, en especial para los CRFC; esto debido a que son los métodos que mejor recuperan las fibras de carbono que, en esencia, son el elemento más costoso comparado con la resina. A pesar de que en ambos casos se debe realizar una trituración, se ha demostrado que las propiedades mecánicas se conservan en gran medida. Muchas de las investigaciones sobre pirólisis y solvólisis se han realizado en laboratorio, teniendo escasa información en caso de una implantación del proceso de solvólisis, especialmente a nivel industrial.

En comparación con la pirólisis, la solvólisis es capaz de evitar la formación de carbón, que contamina la superficie de las fibras creando mala interacción entre la fibra reciclada y la nueva resina (Oliveux et al., 2015).

De acuerdo con la información obtenida de la tabla 3, se establece que las fibras de carbono, después de pasar por un proceso de pirólisis, pueden reducir la resistencia a la tracción hasta en un 85 %, pero también puede no verse tan afectada, sino hasta un 2 % por el tratamiento (Oliveux et al., 2015).

De acuerdo con esta diferencia tan grande en el proceso de ELG carbono Fiber Ltd. Pyrolysis al tipo de fibra Hexcel AS4, Pimenta y Pinho, se compararon las condiciones de la fibra virgen con cuatro especificaciones de fibras recicladas (A-B-C-D). Esta comparación se hizo mediante pirólisis con ciclos más agresivos en A disminuyendo a D, que adicionalmente fue curado en autoclave para su consolidación. En este estudio se concluyó que las condiciones más agresivas produjeron fibras más delgadas con extensas picaduras y daños en la superficie con la reducción de la resistencia a la tracción del 84 %. El ciclo más suave recupero fibras sin degradación, pero dejó 7,6 % de resina residual en el tejido recuperado (Pimenta y Pinho, 2012).

Las fibras tienen sensibilidad diferente a las

condiciones de pirólisis. Por ejemplo, las fibras de carbono Hexcel AS4 mostraron fuerte oxidación a 550 °C en oxígeno, mientras que las fibras de carbono de alta tenacidad Toho-Tenax (HTA) no se oxidaron por debajo de 600 °C en el aire. Así, se demostró que el aire es menos oxidante que el oxígeno puro en

estos procesos. Las fibras HTA se recuperaron después de un paso a 550 °C en nitrógeno durante 2 h y un segundo paso a 550 °C en condiciones oxidantes retuvieron más del 95 % de su resistencia a la tracción sin residuo de resina en la superficie (Oliveux et. al, 2015).

Tabla 3. Fuente: Modificado de Oliveux et al. (2015).

Single fibre testing results obtained on fibres recovered by Pyrolysis (r=recycled and v=virgin).				
Process	Fibre type	Single fibre tensile strength		
Comparison between different process	Grafil 34-700	v	4.09	Gpa
		Fluidosed bed		-25%
		Microwave		-20%
		scPrOH		-5%
ReFiber optimised pyrolysis	Toho-Tenax HTA	v	3.712	Gpa
ELGCF pyrolysis	TR50S CF from Pyrofil	v	25mm	3.19 Gpa
		r	25mm	-10% at 500°C-10 min in air
ELG pyrolysis	Hex cel AS4	v	10mm	4.897 Gpa
			20mm	4.551 Gpa
		r-A	10mm	-83%
			20mm	-85%
		r-B	10mm	-75%
			20mm	-81%
		r-C	10mm	-67%
			20mm	-76%
ENEA pyrolysis process used by Kaborek Spa	Torayca T8DOS	v		5.9 Gpa
		r	10mm	-17%
			20mm	-24%
		r 450	10mm	-17% post treated at 450°C
			20mm	-36%
		r600	10mm	-69% post treated at 600°C
			20mm	-82%
		r acid	10mm	-24% post treated in nitric acid
	20mm	-44%		
Materials Innovation Technologies pyrolysis	Carbon fibres (diverse feedstock)	Loss of 22% compared to virgin T700S fibres from Toray		



Single fibre testing results obtained on fibres recovered by solvolysis (r=recycled and v=virgin).						
Process	Fiber type	Single fibre tensile strength				
Solvoly sis	Carbon fibres	Loss <10% compared to virgin fibres				
Supercritical water	Toray T600	v		4.09%	Gpa	
		r	up to:	89%	(up to)	
Sub- and supercritical alcohols and acetone	Grafil 34-700	Loss of 1-15% compared to virgin fibres				
Subcritical water (<300°C)	Carbon fibres	Loss of 1.8-4.1% compared to virgin fibres with or without acidic catalyst				
Supercritical water +O ₂	Toray T300	v	30mm	3.11	Gpa	
		r	30mm	0%	at 96.5% purity	
				-38%	at 100% purity	
Liquid subcritical water	Carbon fibres	Loss of 12% without catalyst Loss of 17% with K ₂ CO ₃ as a catalyst				
Supercritical methanol	Carbon fibres	Loss of 9% compared to virgin fibres				
Subcritical benzyl alcohol +K ₃ PO ₄	Toray T300B	Tensile strength fully retained				
Subcritical water v	20mm	(315°C)+phenol +KOH				Carbon fibres
		2.62	Gpa			
Supercritical water +KOH	IM7	v	25mm	5.25	Gpa	
		r	25mm	7%		
Supercritical water +KOH	IM7	v	25mm	5.25	Gpa	
		r	25mm	7%		
Subcritical water (350°C)	Toray T300	Retention between 90% and 100% of the tensile strenght				
Pre-treatment in acetic acid + acetone/H ₂ O ₂	Toray T700	v		2.81	Gpa	
		r		-5%	at 80°C	
				-7%	at 100°C	
				-13%	at 120°C	

Tabla 4. Fuente: Oliveux et al. (2015).

De acuerdo con la tabla 4, comparando diferentes procesos de solvólisis, se observa una reducción de la resistencia a la tracción de máximo el 38 % y mínimo el 0 %, realizada con agua y oxígeno supercrítico.

Como ejemplo, Morales et al. utilizaron pre impregnados de fibra de carbono epoxi en relación de 40 % con respecto al peso en resina. Las condiciones de curado de 60 min

a 180 °C bajo vacío manufacturadas con 4 capas de material de aproximadamente 0,5 gr (Morales Ibarra, Sasaki, Goto, Quitain y García Montes, 2013), obteniendo, como se observa en la figura 6, mediante el termograma de análisis TGA-DTA, la temperatura para recuperar las fibras de carbono. La curva derivativa de pérdida de peso (en rojo) DTG muestra un solo pico entre los 300°C y los 550 °C, indicando que la resina se degradó completamente.

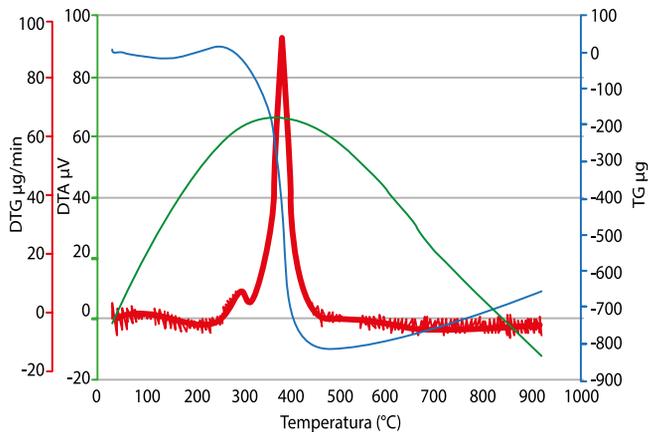


Figura 6. TGA-DTA análisis del compuesto carbono-epoxy. Fuente: Morales et al. (2013).

En la figura 7 se observan las curvas de índice de descomposición correspondientes a diferentes temperaturas para el agua subcrítica y supercrítica. Para estas pruebas hidrotérmicas se concluye que la temperatura óptima está entre los 300 °C y 350 °C, que es donde se nota una descomposición de la resina casi en su totalidad.

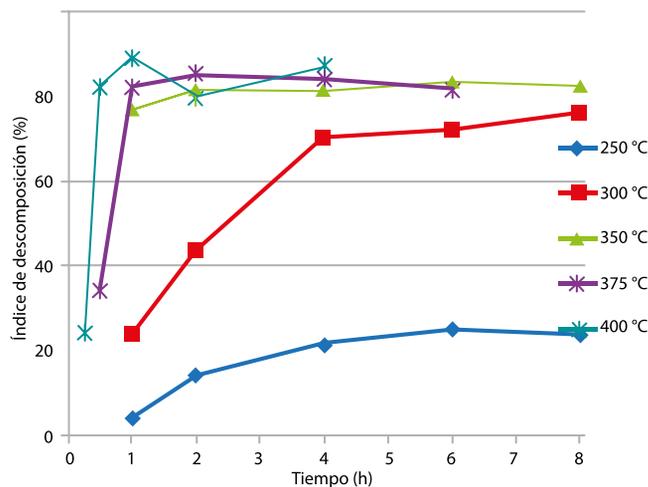


Figura 7. Índice de descomposición de los experimentos hidrotérmicos.

En la figura 8 se observa el resultado de la experimentación con alcohol bencílico. En esta se concluye que, comparada con los experimentos hidrotérmicos, la degradación es más alta, inclusive a bajas temperaturas y tiempos de reacción cortos.

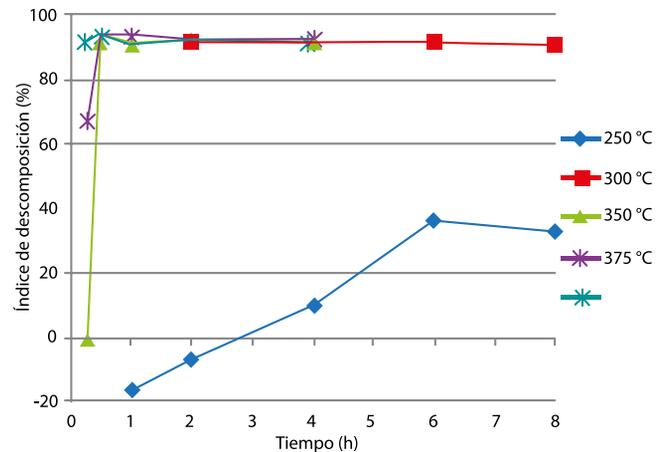


Figura 8. Índice de descomposición de los experimentos solvotérmicos. Fuente: Morales et al. (2013).

Con el análisis de estas dos técnicas sería fácil inclinarse por la solvólisis, pero teniendo en cuenta la investigación de Khalil (2018) donde compara, con base en evaluaciones ambientales y de salud humana, las técnicas de termólisis vía pirólisis con la solvólisis en agua supercrítica.

Khalil comparó el reciclaje de compuestos reforzados con fibra de carbono en resina epóxica. Estableció nueve parámetros diferentes relacionados con el ambiente y la salud humana: material particulado: ecotoxicidad, acidificación, toxicidad no cancerígena, toxicidad cancerígena, daño en la capa de ozono, eutrofización, esmog, calentamiento global. Khalil llegó a las siguientes conclusiones:

Las principales conclusiones de esta investigación son cuatro: (1) Las nueve categorías de impacto calculadas asociadas a la solvólisis son más altas que las de la pirólisis. Por ejemplo, la categoría de impacto en la salud humana (partículas) de la solvólisis es 78 veces mayor que la de la pirólisis y la ecotoxicidad de la solvólisis es 76 veces mayor que la de la pirólisis. La huella de carbono (es decir, el calentamiento global) de la solvólisis es 17 veces mayor que la de la pirólisis y el agotamiento de la capa de ozono de la solvólisis es tres veces mayor que la de la pirólisis. (2) En consecuencia, los resultados

de la evaluación comparativa proporcionaron evidencia cuantitativa para apoyar el rechazo de las hipótesis que planteaban que era mejor la solvólisis. (3) El uso de NG (Gas Natural) en lugar de la electricidad para la calefacción del pirolizador conduciría a 95,7 % de reducción en el agotamiento de la capa de ozono (el más alto), seguido de 91,6 % de reducción en la salud humana (partículas), y reducción del 37 % en ecotoxicidad (la más baja). La reducción de la huella de carbono es 55,4 %, y (4) Los resultados de la evaluación comparativa proporcionaron evidencia cuantitativa de que el reciclaje de residuos de CFRP a través de la pirólisis es más ventajoso desde el punto de vista de la salud ambiental y humana en comparación con la solvólisis que utiliza SCW (agua en condiciones supercríticas)" (Khalil, 2018).

Con el anterior análisis se llegó a concluir: el método de pirólisis sería el más adecuado en el reciclaje de sobrantes de materiales compuestos poliméricos reforzados con fibra de carbono. Y se puede reforzar aún más esta opción al tener en cuenta el estudio realizado por Gastelu et al. En este estudio logra demostrar que se puede hacer un proceso adicional al de la pirólisis para el tratamiento de los gases emitidos por la resina mediante termólisis catalítica, demostrando que es posible valorizar el material de la resina.

El tratamiento térmico (craqueo térmico) permite reducir a la mitad la cantidad de condensados, y la fracción orgánica, los líquidos recolectados, se reducen en un 90 %, además se promueve la formación de H₂ Hidrogeno en los gases producidos. El uso de catalizadores de reformado con soporte ácido convierte la fracción orgánica en un subproducto insignificante y genera hidrógeno mediante el reformado de los hidrocarburos (como los líquidos orgánicos y los hidrocarburos gaseosos). Se ha observado que cuando el soporte del catalizador es muy ácido, por ejemplo, el tipo de zeolita, el hidrógeno también se genera por craqueo catalítico, lo que permite que más de

la mitad del hidrógeno en la resina se recupere en forma de H₂, que varía entre más de 56 % vol. En los gases, tal proporción de H₂ permite separar este compuesto del resto de los gases, permitiendo que el hidrógeno sea otro producto del proceso, además de las fibras de carbono. Aunque el rendimiento de los catalizadores y el impacto económico del tratamiento en el proceso aún no se han investigado, parece que esta investigación será el punto de partida para trabajos futuros sobre la recuperación de compuestos químicos a partir de resinas de polímeros CFRP. (Gastelu et al., 2018)

5. POSIBLES APLICACIONES DE LAS FIBRAS RECICLADAS

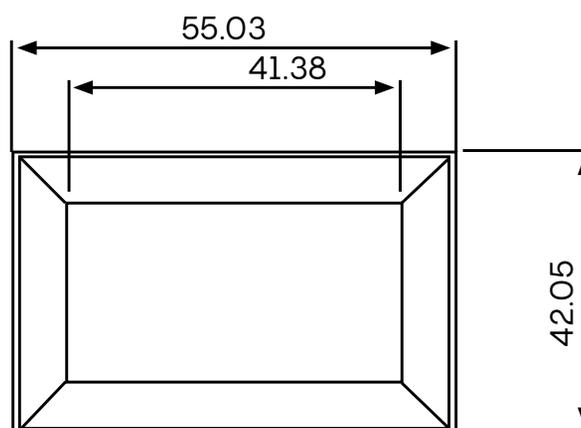


Figura 9. Marco ventana AC47T. Fuente: Bartels Santana y Cadena Rojas (2018).

Durante la revisión se encontraron investigaciones donde justifican la importancia y relevancia de partes que corresponden a

aeronaves de la FAC, que han sido objeto de estudio para remplazar el material en el que fueron construidas inicialmente.

El primero es el caso de los marcos de las ventanas de la aeronave AC-47T (Fantasma) que, de acuerdo con las inspecciones de mantenimiento, presentó deformaciones y fracturas en las ventanas de la cabina de pasajeros, como también en la de pilotos (Bartels Santana y Cadena Rojas, 2018; Carvajal Escobar y Muños Leon, 2018). Las ventanas son elaboradas en polímeros termoformado, que al presentar algún fallo son compradas en el exterior; por esta razón, la serie de investigaciones que han propuesto fabricarlas en compuestos reforzados con fibra de fique, fibra de vidrio, han llegado a la conclusión de que es factible contar ya con los moldes pertinentes a estas ventanas.

Según Bartels y Cadena, realizando una prueba de esfuerzo a tensión, el material compuesto reforzado con fibra de fique soportó entre 14 MPa y 18 MPa en relación con las variaciones por número de láminas. En comparación con los resultados de las mismas pruebas realizadas a las fibras de carbono recicladas, son muy inferiores; así, se concluye con esto que las fibras de carbono recicladas cumplirían con su aplicación en las ventanas de la aeronave AC47T. Sería necesario realizar otras investigaciones puntuales para conocer si los costos se justificarían, si es necesario otro estudio de propiedades a las que posiblemente se somete esta ventana que soportaría inclusive en los peores casos presentados en el estudio de pirólisis.

El segundo caso es el del cowling inferior del T-90 Clima, donde se hace un estudio de cómo las propiedades mecánicas son afectadas por hidrocarburos, agua, aceites e hidráulicos. Esta parte es fabricada actualmente en compuestos con resina epoxi y fibras de vidrio. En la figura 10, se observa el cowling inferior,

que es básicamente el elemento que recubre el motor de la aeronave por la parte de abajo.

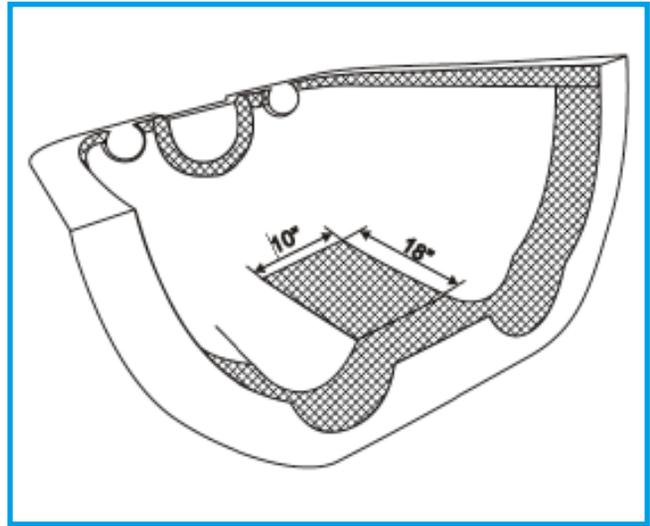


Figura 10. Fuente: Castiblanco Torres y Pedraza Padilla (2016).

Se realizaron una serie de probetas que fueron sometidas por varias semanas a condiciones de humedad, inmersas en combustible e hidráulico como se muestra en la figura 11. Luego de esta prueba, se realizaron ensayos de tracción y se concluyó:

Si existe una degradación provocada por los solventes orgánicos el agua y el medio ambiente a las que fueron expuestas, produciéndose hasta un 40 % en la pérdida de propiedades con respecto a una probeta sin exposición, donde también se puede observar que el agua es el agente más degradante para este material al obtener porcentajes más altos en tres de las cinco propiedades analizadas (Castiblanco Torres y Pedraza Padilla, 2016).

El máximo esfuerzo calculado fue de 160 MPa, valor que, si sumamos la pérdida del 40 % al esfuerzo máximo que resiste esta parte, es de alrededor de 300 MPa, lo cual es ampliamente soportado por las fibras de carbono recicladas.



Figura 11. Fuente: Castiblanco Torres y Pedraza Padilla (2016).

Otro posible campo de acción en la implantación de materiales reciclados con fibra de carbono puede darse en las prótesis humanas de miembros inferiores.

6. CONCLUSIONES

Para el reciclaje de materiales compuestos, se han involucrado diferentes sectores debido al gran auge en su utilización que día a día va en aumento. A consecuencia de este incremento en su uso, también se vienen realizando estudios para que estos materiales alarguen su vida útil; para lograr este fin, se han realizado procesos mecánicos, térmicos y químicos, que, dependiendo del origen del material, podrán ser aplicados. El proceso térmico de pirólisis es actualmente el más utilizado a nivel industrial, tanto que existen plantas que realizan esta técnica en países como Reino Unido, USA, Alemania, Italia y Japón. Se demuestra, así, que el aprovechamiento de la fibra de carbono reciclada es conveniente económica y ambientalmente. El proceso de solvólisis está actualmente en estudio constante, pues se visualiza como una gran opción, pero sus aplicaciones son hasta ahora netamente de laboratorio.

Para materiales compuestos poliméricos con refuerzo en fibras de carbono se considera que, dependiendo de la técnica a utilizar, es posible recuperar principalmente la fibra y aun mantener las propiedades mecánicas, sin demasiado deterioro. En promedio se pueden perder alrededor del 20 % de resistencia,

pero con el alto grado de que soportan las fibras de carbono, consiguen ser útiles en gran cantidad de aplicaciones —no necesariamente estructurales, donde se pueden desempeñar con gran calidad—. La resina, de acuerdo con los constantes desarrollos en las técnicas de reciclaje, vienen siendo cada vez más aprovechables, y es posible que en un futuro cercano se recupere totalmente evitando los desechos que produce.

La pirólisis actualmente es la técnica más apropiada para el reciclaje de compuestos reforzados con fibra de carbono, por ser ya implementada industrialmente y en constante desarrollo. Se ha demostrado que con un óptimo control en las temperaturas en que se busca el deterioro de la resina y un ambiente controlado con nitrógeno se recuperan fibras con altas propiedades mecánicas. Los desechos de contaminación son posibles de mitigar con un proceso mediante catálisis a los vapores producidos. Falta ampliar en este proceso un método que mejore la adhesión de la fibra reciclada con la nueva resina.

7. SIGLAS

CRFC: Compuestos reforzados con fibras de carbono.

μs: Microsegundos.

CFRTP: Compuesto reforzado con fibras de carbono termoplástico

CFRTS: Compuesto reforzado con fibras de carbono termoestable

CRF: Compuesto reforzado con fibras

GPA: Giga pascales.

J/cm: Joules por centímetro.

Kg/Yr: Kilogramo por año.

kV: Kilo Voltio.

MJ/Kg: Mega Joules por Kilogramo.

MPA: Mega pascales.

TGA: Análisis Termogravimétrico.

8. REFERENCIAS

- Khalil, Y. (2018). Comparative environmental and human health evaluations of thermolysis and solvolysis recycling technologies of carbon fiber reinforced polymer waste. *Waste Management*(76), 767–778.
- skeland, D. R., Wright, W., & Fulay, P. (2012). *Ciencia e Ingeniería de Materiales*. Mexico D.F: Cengage Learning Editores.
- Asmatulu, E., Overcash, M., & Twomey, J. (2013). Recycling of Aircraft: State of the Art in 2011. *Journal of Industrial Engineering*, 2013, 8. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1155/2013/960581>
- Asmatulu, E., Twomey, J., & Overcash, M. (2013). Evaluation of recycling efforts of aircraft companies in Wichita. *Resources, Conservation and Recycling*(80), 36–45.
- Bartels Santana , E., & Cadena Rojas , J. (2018). Desarrollo de materiales compuestos reforzados con fibra de vidrio para uso en marcos de ventanas en la aeronave AC-47T. Madrid, Cundinamarca, Colombia: FAC(Fuerza Aérea Colombiana).
- Boeing, Alenia Aeronautica Team Up to Build Composite Recycling Facility in Italy." *Energy Resource*. (Julio 15 de 2008). Retrieved from Gale In Context: Global Issues: <https://link.gale.com/apps/doc/A181424376/GPS?u=esdegue&sid=GPS&xid=49b10318>.
- Carvajal Escobar, S., & Muños Leon, M. (2018). Fibra de fique una alternativa estructural, para marcos de ventanas del AC-47T. Madrid, Cundinamarca, Colombia: FAC (Fuerza Aérea Colombiana).
- Castiblanco Torres, O., & Pedraza Padilla, J. (2016). Estudio de la degradación del cowling inferior de material compuesto del t-90 Calima expuesto a la intemperie, agua, aceites y combustibles propias de la aeronave. Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia: FAC-EMAVI.
- Gastelu , N., Lopez-Urionabarrenechea, A., Solar, J., Acha, E., Caballero, B., López, F., & de Marco, I. (2018). Thermo-Catalytic Treatment of Vapors in the Recycling Process of Carbon Fiber-Poly (Benzoxazine) Composite Waste by Pyrolysis. *Catalysts*(8), 523.
- Global Issues in context. (Julio 15 de 2018). Retrieved Marzo 12, 2019, from <http://arc3.gsl.com.mx:2138/apps/doc/A181424376/GPS?u=esdegue&sid=GPS&xid=49b10318>.
- Lester, E., Kingman, S., Hoong Wong, K., Rudd, C., Pickering, S., & Hilal, N. (2004). Microwave heating as a means for carbon fibre recovery from polymer composites: a technical feasibility study. *Materials Research Bulletin*(39), 1549–1556.
- Liu, Y., Farnsworth, M., & Tiwari, A. (2017). A review of optimisation techniques used in the composite recycling. *Journal of Cleaner Production*(140), 1775–1781.
- Meyer, L., & Schulte, K. (2009). CFRP-Recycling Following a Pyrolysis Route: Process Optimization and Potentials. *Journal of composite materials*, 43(9), 1121–1132.
- Miravete, A. (2012). *Materiales Compuestos Vol 1*. Barcelona: Reverte.
- Morales Ibarra, R., Sasaki, M., Goto, M., Quitain, A., & García Montes, S. (2013). Recuperación de fibras de carbono de materiales compuestos termofijos con agua y alcohol bencílico en estados subcríticos y supercríticos. *Ingenierías*, XVI(60), 41–52.
- Newel, J. (2011). *Ciencia de Materiales. Aplicaciones en Ingeniería*. Mexico D.F.: Alfaomega.
- Oliveux, G., Dandy, L., & Leeke, G. (2015). Current status of recycling of fibre reinforced. *Progress in Materials Science*, I(72), 61–99.
- Pickering, S. (2006). Recycling technologies for thermoset composite materials—current status. *Composites, Part A*(37), 1206–1215.
- Pimenta, S., & Pinho, S. (2012). The effect of recycling on the mechanical response of carbon fibres and their composites. *Composite Structures*(94), 3669–3684.
- Roux , M., Dransfelda, C., Eguémannb, N., & Gigerb, L. (2014). Processing and recycling of a thermoplastic composite fibre/peek aerospace part. *Eccm16 - 16th european conference on composite materials*. Sevilla.
- Suzuki , T., & Takahashi, J. (2005). Prediction of energy intensity of carbon fiber. Tokyo, Japon.
- Yang, Y., Boom, R., Irion, B., van Heerden, D.-J., Kuiper, P., & de Wit, H. (2012). Recycling of composite materials. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*(51), 53–68.

PROTOTIPO EXPERIMENTAL BANCO PARA TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y REMOCIÓN CONJUNTO DE FRENOS AVIÓN C-130 HÉRCULES

EXPERIMENTAL PROTOTYPE BENCH FOR TRANSPORT, INSTALLATION AND REMOVAL OF THE BREAKING SYSTEM OF C-130 HÉRCULES AIRCRAFT

RESUMEN

Actualmente el proceso de transporte e instalación de los conjuntos de frenos (Brake Assy) del avión C-130 Hércules en la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), se limita a la utilización de vehículos improvisados a través de la manipulación directa del componente aeronáutico por parte de dos ó tres operarios de la especialidad de mantenimiento aeronáutico, lo cual constituye una condición insegura. Por esta razón, se proyecta una herramienta de transporte, instalación y remoción que sea funcional y permita replazar un procedimiento manual en una labor de mantenimiento aeronáutico programado, así como perfeccionar dicha práctica de manera eficiente y segura que evite posibles lesiones en el personal involucrado en esta actividad.

ABSTRACT

Currently, the process of carrying and installing the Brake System (Break Assy) for the C-130 Hercules in the Colombian Air Force is restricted to the use of improvised carriages, through direct manipulation of the aeronautical element by two or three operators specialized in aircraft maintenance, which lacks in an unsafe condition. Therefore, there is a requiring of a functional tool for transportation, installation and removal, that allows that the hand work procedure can be improved into a scheduled aircraft maintenance job, as well as perfecting the practice of safe and efficient manners, to avoid possible injuries to the staff involved in this activity.

Palabras clave: funcionalidad, instalación, remoción, lesión, mantenimiento, abastecimientos, freno, prototipo.

Keywords: functionality, installation, removal, injury, maintenance, supplies, brake, prototype.

1. INTRODUCCIÓN

El profesional tecnólogo en Abastecimientos Aeronáuticos, se enfrenta a un mercado muy competitivo y global. Desde su formación en la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana (ESUFA), adquiere una cultura investigativa; claramente se puede evidenciar un perfil diferenciador que abre más oportunidades laborales y profesionales en su área funcional.

Es así como, a partir de la investigación formativa desarrollada por los estudiantes del curso No. 88 del programa Tecnológico en Abastecimientos Aeronáuticos de la ESUFA, se contempló el diseño de un banco de transporte para el conjunto de frenos del avión de transporte táctico Hércules C-130. Con esta herramienta, se pretende orientar las actividades del semillero de Investigaciones de desarrollo experimental. El semillero se enfocará en la producción del prototipo, con el fin de poder realizar las pruebas de funcionalidad; finalmente se pasará a una etapa de certificación y, así, lograr un desarrollo tecnológico más eficiente con el proceso de transporte, instalación y remoción de los conjuntos de frenos del avión C-130.

En este orden de ideas, se busca pasar de un proyecto de investigación formativa a uno de investigación aplicada. De este

modo, se plasma una experiencia de éxito lograda por parte del programa académico en Abastecimientos Aeronáuticos de la ESUFA; esto es, articular la investigación formativa desde el semillero de investigación Cyrus y el semillero de investigación de tecnologías para la defensa SETED, con la investigación aplicada, mediante el Grupo de investigación en electrónica y tecnologías para la defensa TESDA, categorizado en B.

En este artículo se presenta los resultados obtenidos en el proceso de investigación, en sus inicios, como un proyecto de grado. Hoy pasa a una siguiente fase en la cual se pretende desarrollar un prototipo experimental que mejore la integridad del personal; así, se tiene en cuenta que la manipulación directa del componente aeronáutico por parte del personal de operarios involucrado en la tarea de mantenimiento, genera tiempos muertos al no cambiar la pieza de forma ágil y rápida, afectando los planes de mantenimiento, la protección y funcionabilidad del componente aeronáutico (Brake Assy), almacenado en CATAM. Por lo tanto, es necesario desarrollar ayudas mecánicas precisas como el Banco de transporte, instalación y remoción del conjunto de frenos del Avión Hércules C-130 y proyectarlo como un producto de innovación aeronáutica militar.

2. METODOLOGÍA

El tipo de investigación es aplicación de desarrollo experimental con un enfoque cuantitativo. El origen del proyecto se derivó de una serie de visitas a las Unidades Militares Aéreas (UMAs) de CATAM y CAMAN, donde se pudo evidenciar el proceso de transporte instalación y remoción del conjunto de freno aeronave C-130. Se contó con diferentes fuentes de consulta como: El manual de mantenimiento de la FAC, libros de logística y transporte, bases de datos, Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC) y directivas de la Lockheed Martin, la cuales se constituyeron en soporte para la investigación.

Para el desarrollo del proyecto, se contemplan cuatro etapas: 1. Recopilación de la información para la ejecución del estado del arte del prototipo; 2. Diseño preliminar a través del software de tipo CAD (Computer Aided Design); 3. Construcción del prototipo con base en el diseño preliminar y 4. Finalmente, validación de pruebas funcionales de las condiciones técnicas.

Conceptos básicos de la investigación:

Para el desarrollo del proyecto es indispensable conocer algunos conceptos básicos:

Avión C-130 Hércules: Es una aeronave con condiciones especiales para el transporte. Está dotado de cuatro motores turbohélice ubicados en sus planos altos, que le permite acceder a cualquier terreno o pista improvisada, alcanzado lugares remotos sin ningún inconveniente. Según la LOCKHEED MARTIN, la casa fabricante, lo denomina como la "espinas dorsal en cuanto a transporte táctico, se refiere a un gran número de fuerzas aéreas incluida la Fuerza Aérea Colombiana" (Ramírez, 2007).

Tren de aterrizaje: El tren de aterrizaje es un componente que concierne a la locomoción y base de la aeronave en tierra o en agua, y aquél encargado de proporcionar velocidad al despegar o disminución de velocidad al aterrizar. A continuación, se define el tren de aterrizaje como el conjunto de ruedas, soportes, amortiguadores y otros equipos que un avión utiliza para aterrizar o maniobrar sobre una superficie. Aunque por su denominación, el tren de aterrizaje parece sugerir una única función a este sistema, realmente cumple varias funciones: sirve de soporte al aeroplano, posibilita el movimiento del avión en superficie (incluyendo despegues y aterrizajes), y amortigua el impacto del aterrizaje. Las operaciones en superficie exigen del tren de aterrizaje capacidades de direccionamiento y frenado, y para amortiguar el aterrizaje debe ser capaz de absorber impactos de cierta magnitud (Peña, 2007).



Figura 1. Avión C-130 HÉRCULES.

Break Assy (conjunto de frenos):

En una aeronave, el conjunto de frenos de avión es un componente importante para la funcionabilidad del equipo en tierra, ya que genera disminución de velocidad del avión en el momento de aterrizaje.

Según la página web: www.manualdevuelo.com señala: "El sistema de frenos tiene como objetivo aminorar la velocidad del aeroplano en tierra, tanto durante la rodadura como en la fase final del aterrizaje y por supuesto pararlo" (Muñoz, sin fecha).

Estos conjuntos de frenos, en especial del equipo Hércules C-130, se cambian de dos a tres veces por mes "On Condition"¹, debido a la intensa operación de este equipo en diversas misiones.

¹Componente aeronáutico que debe ser cambiado de acuerdo con su estado de operación por límites de condición física, normalmente evidenciados por desgaste y/o deterioro, los cuales están determinados en los manuales técnicos de cada aeronave (Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas, 2009).

El conjunto de frenos del C-130 está compuesto de material de acero y aluminio. Su casa fabricante, la empresa norteamericana Meggitt Aircraft Braking Systems lo identifica técnicamente de la siguiente manera:

Numero nacional de existencia (NSN):

1630-01-500-1903.

Parte número: 9560685-1.

Su costo en el mercado:

USD \$ 20,412.48 (Año 2016).

Peso Neto: 66 Kg.

Este componente está integrado principalmente por discos rotores, discos estatores y pistones, los cuales permiten convertir la energía cinética en calorífica, cumpliendo el objetivo de detener la aeronave.

A la hora de frenar, el piloto presiona los pedales de freno. En este momento, se envía líquido hidráulico de alta presión a unos pequeños pistones que empujan el primer

disco fijo contra el resto. De esta manera, la presión hidráulica provoca una fuerza de rozamiento muy grande entre todos los discos. Los discos móviles debido al rozamiento contra los discos fijos, empiezan a detener su giro, y por ello, deteniendo a las ruedas hasta el momento en que la rueda deja de girar y el avión se para o bien el avión ya ha alcanzado la velocidad deseada por el piloto. (www.tmas.es, 2015)

Las partes del conjunto de frenos se ilustran en la siguiente imagen:



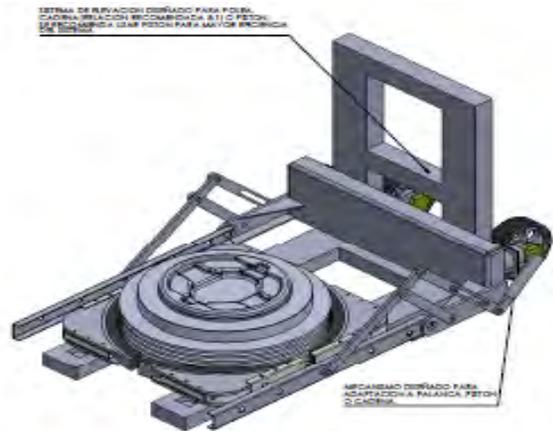
Figura 2. Partes conjunto de frenos.

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

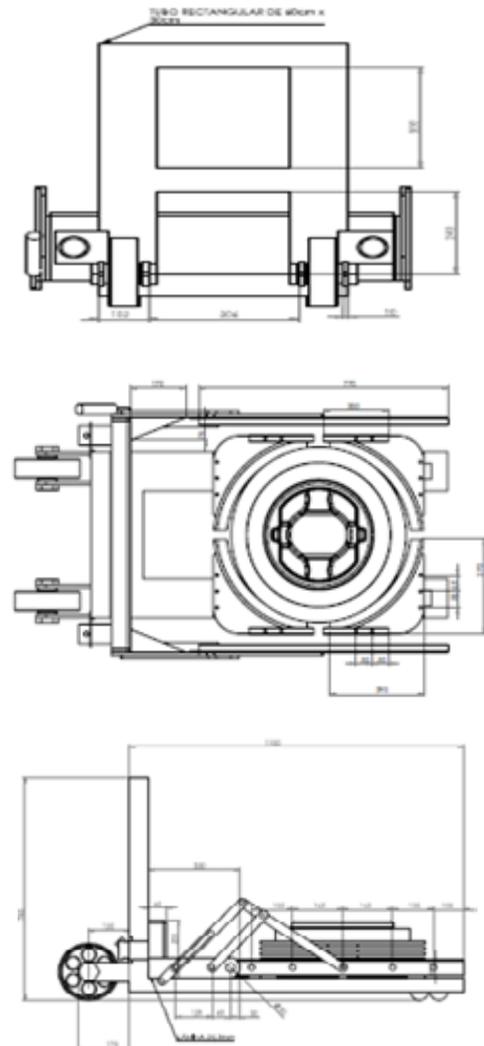
A partir del diseño realizado en la fase uno del trabajo de grado de los estudiantes del programa tecnológico en Abastecimientos Aeronáuticos, referidos en este artículo, quienes cumplieron con los objetivos de recopilar la información sobre la problemática existente en el transporte inadecuado del conjunto de frenos del C-130, determinaron las dimensiones del banco, definieron la estructura y diseñaron en modelación 3D el banco bajo el principio de herramienta y se plantea el inicio de la construcción del prototipo.

En las siguientes imágenes se aprecia el diseño final del banco: transporte, instalación

y remoción del conjunto de frenos del Avión Hércules C-130, asistido por computadora mediante el software de tipo CAD (Computer Aided Design).



Planos del diseño



Terminada la fase uno, correspondiente al diseño, el programa Tecnológico en Abastecimiento Aeronáuticos propone continuar con la fase dos, que equivale a la construcción del prototipo. Para ello, es necesario primero realizar un estudio de materiales y costos, además de aplicar diferentes actividades sucesivas que finalmente conforman el progreso del proyecto a desarrollar.

Tabla 1. Cronograma de actividades a desarrollar.

FASE	MES																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ACTIVIDAD I	x																	
ACTIVIDAD II		x	x	x														
ACTIVIDAD III					x	x												
ACTIVIDAD IV							x	x	x	x								
ACTIVIDAD V											x	x	x					
ACTIVIDAD VI														x	x			
ACTIVIDAD VII																x	x	x

Fuente: Elaboración propia.

Actividad I: Interpretación del diseño y metrología, definidos en los planos finales.

Actividad II: Selección y compra de los materiales y sus medidas.

Actividad III: Escogencia y contratación de los proveedores de maquinado, ensamble y procesamiento de materiales.

Actividad IV: Maquinado, procesamiento y soldadura de cada uno de los componentes.

Actividad V: Ensamble de los componentes y creación del prototipo ensamblado.

Actividad VI: Prueba del prototipo (prueba de carga vertical y horizontal).

Actividad VII: Prueba del prototipo con la carga real (sujeción, instalación y transporte del conjunto de frenos) y presentación formal del proyecto.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo del proyecto es conveniente para la FAC, con el fin de mejorar la eficiencia en el cambio del conjunto de frenos del Avión Hércules C-130, desde el punto de vista logístico y de salud ocupacional. Con este método se facilita y agiliza una tarea tradicionalmente agotadora y rústica, así como se evita la generación de enfermedades profesionales y lesiones temporales que representan un costo muy alto para la Institución.

El trabajo en conjunto entre actores de la comunidad académica, directivos, docentes, estudiantes, y jóvenes investigadores, es uno de los aspectos más importantes para el semillero, aportando soluciones y alternativas a semejantes problemáticas de la industria aeronáutica; se contribuye, de alguna manera, con el mejoramiento y calidad en los procesos de mantenimiento aeronáutico.

El programa Tecnológico en Abastecimientos Aeronáuticos, gracias a su formación en investigación, puede evidenciar, con el desarrollo de este proyecto, la articulación de la investigación formativa con la investigación aplicada.

Por último, esta investigación articula la triada de I+D+i: investigación dada en la primera fase, desarrollo planteada en la segunda fase y la innovación sugerida para la tercera fase.

5. REFERENCIAS

AIRCRAFT, U. S.-1. (05 de agosto de 1992). Technical Manual Job Guide Organizational Maintenance TO 1C-130H-2-32JG-40-1. Main Landing Gear Brakes.

Dagua, J. E., Amaya, D. R. y Calderón, J. H. (2016). Diseño del Banco de Transporte del Conjunto de Frenos del Avión Hércules C-130. 46. Madrid, Cundinamarca, Colombia.

Emprendedor XXI Argentina. (2011). Recuperado el 10 de Septiembre de 2018. Recuperado de http://www.emprendedorxxi.coop/html/creacion/crea__pempresa__art9b.asp

Fuerza Aérea Colombiana. (2013). Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial (4 ed.). Bogotá D.C.

Fuerza Aérea Colombiana. (30 de julio de 2014). Fuerza Aérea Colombiana. (D. d. Colombiana, Productor) Recuperado de <https://www.fac.mil.co/la-log%C3%ADstica-soporte-esencial-para-el-desarrollo-de-operaciones-exitosas>

Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas. (2009). Manual de Mantenimiento FAC 4-021. Bogotá D.C, Colombia.

Larrey. (19 de abril de 2007). www.militar.org.ua. Recuperado de [www.militar.org.ua](http://www.militar.org.ua/foro/logistica-militar-t13987.html): <http://www.militar.org.ua/foro/logistica-militar-t13987.html>

Martin, L. (1997). Manual de Generalidades de C-130. Georgia.

Muñoz, M. A. (s.f.). Obtenido el 10 de septiembre de 2018. Recuperado de <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF39.html>

Peña, J. (2007). <http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co>. Recuperado de http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co: http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/bitstream/10819/1761/1/diseño_estandarización_pruebas_gonzalez_2007.pdf

Ramírez, A. (24 de Febrero de 2007). El Portal de la Aviación. Obtenido el 10 de septiembre de 2018. Recuperado de Aviacol.net: <https://www.aviacol.net/equipos-vuelo/lockheed-c-130-hercules.html>

Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2017). Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (Primera ed.). Bogotá D.C.

^[1]Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al. (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 965:325–329.

^[2] South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

BANCO EXPERIMENTAL PARA LA UNIDAD DE CONTROL DE GENERADOR (GCU) DE LA AERONAVE CESSNA 208 CARAVAN

EXPERIMENTAL GENERATOR CONTROL UNIT (GCU) BENCH FOR THE CESSNA 208 CARAVAN AIRCRAFT

Ing. Renso Mardu Molano Pulido¹ – PD. Francia María Cabrera² – AT. Losada Lavado Angie Paola³

RESUMEN

La presente investigación hace parte del trabajo de grado del programa Tecnología Electrónica Aeronáutica y se inscribe en el Grupo de Investigación de las Tecnologías de Seguridad, Electrónica y Defensa Aeronáutica (GITSEDA), en la línea de electrónica y aeronáutica, con el semillero CECA. Fue desarrollado por la alumna AT. Losada Lavado Angie Paola, con la dirección del T2 Félix Parca Acevedo, jefe del programa, y asesorado tecnológicamente por TS. Arenas Socarras Alejandro y el T1. Gutiérrez Rincón David de la Fuerza Aérea Colombiana, fundamento del presente paper.

Las operaciones que realizan los CESSNA 208 CARAVAN en sus diversos trayectos, deben mantener la seguridad durante el tiempo de vuelo. Parte de esta seguridad, se ve afectada cuando sistemas eléctricos, como la unidad de control del generador, presentan diversos tipos de fallas: sobrevoltajes, pérdidas de voltaje, cortos en el sistema eléctrico, calentamiento en los sistemas, entre otros, dejando inoperable la aeronave, como se evidencia en los registros de confiabilidad en los talleres de mantenimiento de la Fuerza Aérea Colombiana. Estas dificultades en el funcionamiento orientaron la pregunta problema de la presente investigación: ¿Cómo realizar los procedimientos de mantenimiento preventivo en la unidad de control del generador de la aeronave CESSNA 208 CARAVAN, con calidad y efectividad para su segura operación aérea? La investigación aplicada logró, desde

la tecnología aeronáutica, aproximarse a la resolución de problemas reales del conocimiento y mantenimiento aeronáutico. Como resultado, se obtuvo un banco experimental para pruebas diagnósticas y de calibración, con eficiencia y calidad, de los diferentes sistemas componentes de esta unidad.

ABSTRACT

This research is part of the degree work of the Aeronautical Electronic Technology program and is part of the Research Group of the Technologies of Safety, Electronics and Aeronautical Defense (GITSEDA), in the line of electronics and aeronautics, with the CECA seedbed. It was developed by student AT. Losada Lavado Angie Paola, with the direction of T2 Felix Parca Acevedo, chief of the program, and technologically advised by TS. Arenas Socarras Alejandro and T1. Gutiérrez Rincón David of the Fuerza Aérea Colombiana, foundation of this paper.

The operations carried out by CESSNA 208 CARAVAN in their various paths must maintain safety during flight time. Part of this safety is affected when electrical systems, such as the generator control unit, present various types of failures: excessive voltages, voltage losses, shorts in the electrical system, heating in the systems, among others, leaving the aircraft inoperable, as evidenced in the records of reliability in the maintenance workshops of the Fuerza Aérea Colombiana. These operational difficulties guided the problem question of

¹GITSEDA-ESUFA, renso.mardu@gmail.com

²GITSEDA-ESUFA,francia.cabrera@esufa.edu.com

³GITSEDA-ESUFA, paolalosada20@gmail.com

the present investigation: how to carry out the preventive maintenance procedures in the generator control unit of the CESSNA 208 CARAVAN aircraft, with quality and effectiveness for its safe air operation? The applied research managed, from aeronautical technology, to approach the resolution of real problems of knowledge and aeronautical maintenance. As a result, an experimental bank was obtained for diagnostic and calibration tests, with efficiency and quality, of the different component systems of this unit.

Palabras clave: Bench, generator control unit, aeronautical technology, maintenance, CARAVAN C.208.

Keywords: Experimental bench, generator control unit, aeronautical technology, maintenance, CARAVAN C.208.

1. INTRODUCCIÓN

La Fuerza Aérea de Colombia cuenta con diecisiete CESSNA C-208 CARAVAN en su flota de aviones. Todos los equipos de la aeronave necesitan un mantenimiento que se realiza con los más altos estándares de calidad, y se sigue un protocolo emitido por la casa fabricante de la aeronave. En los sistemas eléctricos de las aeronaves, cuenta con una unidad de control de generador (GCU) —encargada de la regulación de voltaje de la aeronave—; cuando ésta detecta un sobrevoltaje, activa la luz “generator off”, protegiendo de corrientes inversas y al sistema eléctrico de un daño mayor a la aeronave. Actualmente, aunque se evidencian fallas en este componente, el diagnóstico se limita al cambio de la pieza sin descartar otros posibles daños, representando costos, tiempo de operatividad, desgaste de personal y, por la complejidad del mantenimiento, no es posible una solución a corto plazo.

Para los procedimientos de mantenimiento, se tiene en cuenta los registros en la plataforma SAP, en donde se encuentra la regularidad de los fallos que ha tenido el

sistema eléctrico, la GCU y el arranque de la aeronave. En estos componentes se detectó, desde el 2005 al 2018, un promedio de 75 fallas por sistema eléctrico, 17 por GCU y 24 por sistema de ignición. Analizando las estadísticas de los fallos se genera la pregunta problema: ¿Cómo realizar los procedimientos de mantenimiento preventivo en la unidad de control del generador de la aeronave CESSNA 208 CARAVAN, con calidad y efectividad para su segura operación aérea?

De acuerdo con todo lo relacionado al mantenimiento, se procedió a buscar más información de los manuales suministrados por la casa matriz de la aeronave, y se encontraron los diagramas de un banco detector de fallas de la GCU; por lo tanto, se comenzó el diseño para la construcción del banco experimental para la GCU. Este banco ayudó a optimizar los procedimientos de detección de fallas que se pueda presentar en la aeronave CESSNA C-208 CARAVAN.

2. METODOLOGÍA

Esta investigación es de tipo aplicada con un enfoque mixto. Antes del estudio del proyecto se sabe cuál va a ser el objetivo para la entrega del prototipo. El proyecto fue desarrollado en cuatro etapas. En la primera etapa, se desarrolla la recopilación y validación de los manuales:

IPC C-208B P688 REV 21 1-03-2017: En este manual, podemos evidenciar el catálogo ilustrado de piezas (IPC), el cual incluye la ilustración e identificación de piezas de repuesto y ensamblajes necesarios para el mantenimiento del modelo de aeronave específico.

IPC PT6 REV 33, MM C-208 RV 33 15-05-2017: En este manual, encontramos la aplicación del uso adecuado, el mantenimiento, la inspección, la reparación, y la aplicación de piezas de los productos y servicios de P & WC.

MMPT6A 114A REV 32 #3009923:

Este manual tiene el propósito de respaldar la certificación del motor y proporcionar la información aplicable sobre el uso adecuado, el mantenimiento, la inspección, la reparación, y la aplicación de piezas de los productos y servicios de P & WC.

MM C-208 RV 33 15-05-2017:

Este manual muestra una tabla que proporciona a los operadores y al personal de mantenimiento una lista de los cambios que se hicieron a diferentes documentos en el manual como parte de la Revisión 33.

En la validación de los manuales recopilados se destaca, en el "MM C-208 RV 33 15-05-2017", el capítulo 24: "Potencia eléctrica"; se encontraron en este capítulo, todas las características técnicas de la construcción del banco experimental. En esta fase, se indagó y se realizó una encuesta no estructurada a personal directamente involucrado con la flota de aeronaves CESSNA C-208 CARAVAN (tripulantes, inspectores y operarios).

La encuesta se centra en aspectos importantes como socialización del proyecto, explicación del objeto, funcionalidad, componentes y procedimiento; además, por la gran experiencia en el tema, aportaron sus puntos de vista técnicos.

En la segunda etapa, se solicitó al almacén de reparables los reportes de fallos de los sistemas eléctricos, de la GCU e ignición de las aeronaves de la flota CARAVAN; reportes ubicados en la base de datos del sistema SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos), hallada en los diferentes almacenes de reparables de la Fuerza Aérea.

En relación con esta información, se realizó un estadístico de aproximadamente 13 años de registros, que se puede evidenciar en la figura 1.

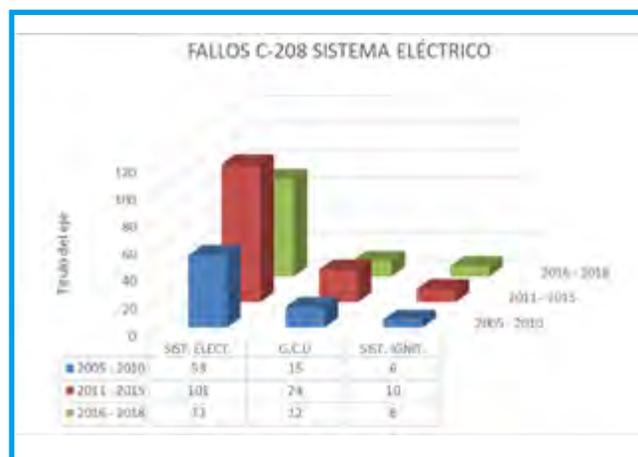


Figura 1. Análisis de fallos. Fuente: Losada (2018).

En el anterior gráfico se registra un consolidado de los últimos trece (13) años, reportado en sistema SAP Fuerza Aérea, respecto a fallos eléctricos de línea, con énfasis en fallos afines con la Unidad Control Generador (GCU).

De acuerdo con los datos recogidos en la encuesta, se concluye que la totalidad del personal concuerda en la necesidad de uso de una herramienta con las siguientes características: fácil empleo y efectividad en el caza-fallas. En tal sentido, se agilizarían las tareas de mantenimiento, pues los imprevistos de tipo eléctrico, por lo regular, requieren de muchos procedimientos adicionales para hallar soluciones efectivas.

La Fuerza Aérea Colombiana posee 17 aeronaves de tipo CESSNA C-208 CARAVAN, que se denomina flota CARAVAN, y todas requieren labores de mantenimiento en el Grupo Aéreo del Casanare (GACAS), además de tener características similares y pertenecer logísticamente a esta unidad. Para la ejecución del estudio y desarrollo de la investigación, se tuvo en cuenta dos aeronaves asignadas al GACAS: con placas FAC 5057 y FAC 5072; éstas contienen sistemas Garmin 600 y Garmin 1000, respectivamente. Con estos ejemplares, en correspondencia, se realizaron las pruebas de validación y funcionalidad del banco experimental.

En la tercera etapa, con toda la información suministrada por los manuales y entrevistas, se procedió a la recolección de todo el material que se va a utilizar en la construcción del prototipo experimental. Cabe destacar que el material utilizado es de tipo aeronáutico, como lo indica el manual; posteriormente, se realiza el diseño de la caja y todo el ensamble del cableado y demás elementos, que nos encamina a la elaboración del banco experimental para la GCU.

Ya en la cuarta etapa, con las dos aeronaves de GACAS, se realizan los ajustes, pruebas de validación y funcionalidad del banco experimental. En esta etapa se siguieron los parámetros establecidos en el manual MM C-208 RV 33 15-05-2017 del capítulo 24, pág. 927 y 928, donde podemos evidenciar los pasos a seguir y la matriz (figura 2), para poder saber cuál sería la probable falla.

CESSNA AIRCRAFT COMPANY
MODEL 208
MAINTENANCE MANUAL

A13501

POWER IN OR OUT OF THE GCU	PWR IN	PWR OUT	PWR IN	PWR OUT	PWR IN	PWR IN	PWR IN	PWR IN	PWR OUT	PWR IN	PWR IN	PWR IN	
	A	S	Z	W	H	E	T	U	J	B	L	R	D
ACTION TAKEN													
1. Ship's battery disconnected external power switch to "BUS".		ON				ON							
2. Pull start cont breaker.		OFF				ON							
3. Reset start cont breaker.		ON				ON							
4. Battery switch to "ON", then "OFF".		ON				ON							
5. Fuel boost switch to "NORMAL".		ON				ON							
6. Fuel boost switch to "ON", then "OFF".		ON				ON							
7. Generator switch to "TRIP".		ON				ON							
8. Generator switch to "RESET".		ON				ON							
9. Start switch to "START", then to "OFF".		ON				ON							
10. Ignition switch to "ON", then to "NORMAL".		ON				ON							
11. Verify battery switch is off. Reconnect ship's battery then turn battery switch "ON".		ON				ON							
12. Turn battery switch and Ext PWR switch "OFF" and connect test harness to GCU.		ON				ON							
13. External PWR switch to "BUS".		ON				ON							
14. Battery Switch to "ON".		ON	OFF	OFF		ON							

(CONT'D)

POWER IN OR OUT OF THE GCU	PWR IN	PWR IN	PWR OUT	PWR IN	PWR OUT	PWR IN	PWR IN	PWR IN	PWR IN	PWR OUT	PWR IN	PWR IN	PWR IN
GCU PIN IDENTIFICATION	PWR IN	START	START	START	GEN/	GEN/	ANTI-	GEN	GEN	SHUNT	O/V	GEN	REG
	A	S	Z	W	H	E	T	U	J	B	L	R	D
ACTION TAKEN													
15. Start switch to "START".		ON	ON	ON		ON							
16. Start switch to "MOTOR".		ON	ON	ON		ON							
17. Ext power switch to "STARTER".		ON				ON							
18. Start switch to "START".		ON	ON	ON	ON	ON				ON			ON
19. External power switch to "OFF".		ON	ON	ON	ON	ON				ON			ON
20. Generator switch to "TRIP".		ON				ON							
21. Generator switch to "ON".		ON	ON	ON	ON	ON				ON			ON
22. Generator switch to "RESET".		ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON					ON
23. Generator switch to "ON".		ON	ON	ON	ON	ON				ON			ON
24. Push O/V switch (B) on GCU Test Box.		ON		ON		ON							ON & OFF
25. Start switch to "OFF", then start.		ON	ON	ON	ON	ON				ON			ON

GENERAL NOTES

IF LIGHTS DO OR DO NOT DISPLAY AS MATRIX CHART INDICATES, WIRING ASSOCIATED FOR THAT INDICATOR LIGHT(S) SHOULD BE CHECKED.

BULBS IN GCU TEST BOX CAN BE CHECKED BY DISCONNECTING GCU TEST BOX FROM AIRPLANE AND APPLYING 28.0 VDC TO CORRESPONDING PIN JACK AND GROUND TO PIN JACK F.

PINS OF THE GCU CORRELATE TO THE PIN JACKS AND LIGHTS OF THE GCU TEST BOX.

Engine Not Running Matrix Table
Figure 502 (Sheet 2)

© Cessna Aircraft Company

24-00-01 Page 508
Apr 1/2010

Figura 2. Tabla de Matriz de Análisis de fallas para determinar la causa.

Fuente: Cessna Aircraft Company, 1995 REV 34 (2018).

Se efectúa un estudio de tipo confirmatorio, realizado a través de un análisis de variables en el proceso. Se planteó una estructura y forma de trabajo. Por último,

se tiene la fase experimental con el prototipo físico y la comprobación de las hipótesis, con los respectivos resultados, para llegar a las conclusiones del proceso completo.



3. RESULTADOS

En las aeronaves CESSNA C-208 CARAVAN se utiliza los sistemas de control de voltaje por medio de la unidad control de generador (GCU), para proporcionar regulación de voltaje y controlar al generador contactor, el cual activa la luz "generator off"; la función de este es proteger por sobrevoltaje, de corriente reversa, y regular el voltaje. El GCU proporciona potencia a un excitador, a tal grado que proporciona voltaje constante al sistema en un punto para su regulación.

Específicamente, un control de regulador de voltaje en la GCU es controlar la tensión de salida del generador en un punto de regulación (POR), en que se usa sensores para detectar las condiciones del sistema, tales como voltaje corriente (Cessna Aircraft Company, 1995 REV 34, 2018).

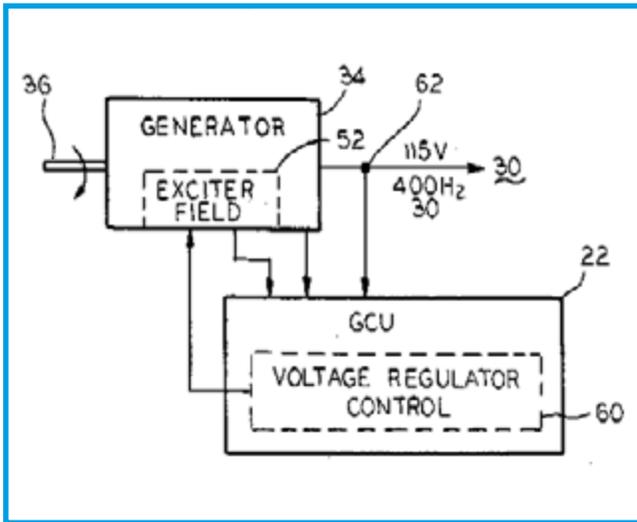


Figura 3. Esquema Función de la GCU.
Fuente: United States Patente nº 5, 077,485 (1991).

Diseño de la caja

Se propone un diseño basado en el manual de mantenimiento de la aeronave MM. C-208 REV. 33: una caja de medidas pequeñas, con un espacio justo para los componentes del panel anunciador, como lo podemos evidenciar en la figura 4.

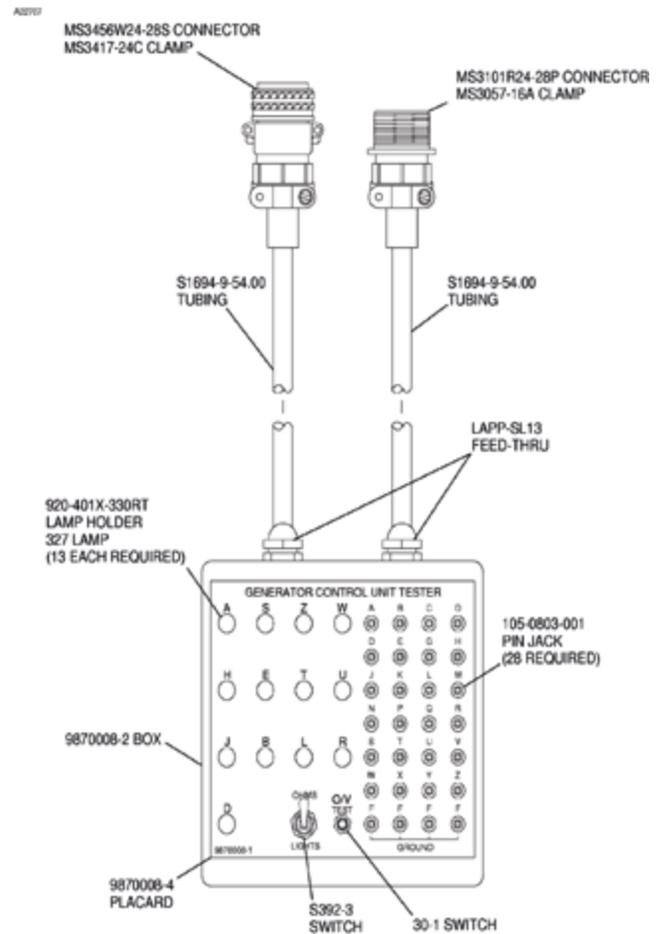


Figura 4. Diseño Test Box MM.
Fuente: Company, Cessna Atrextion (2017).

Ensamble eléctrico

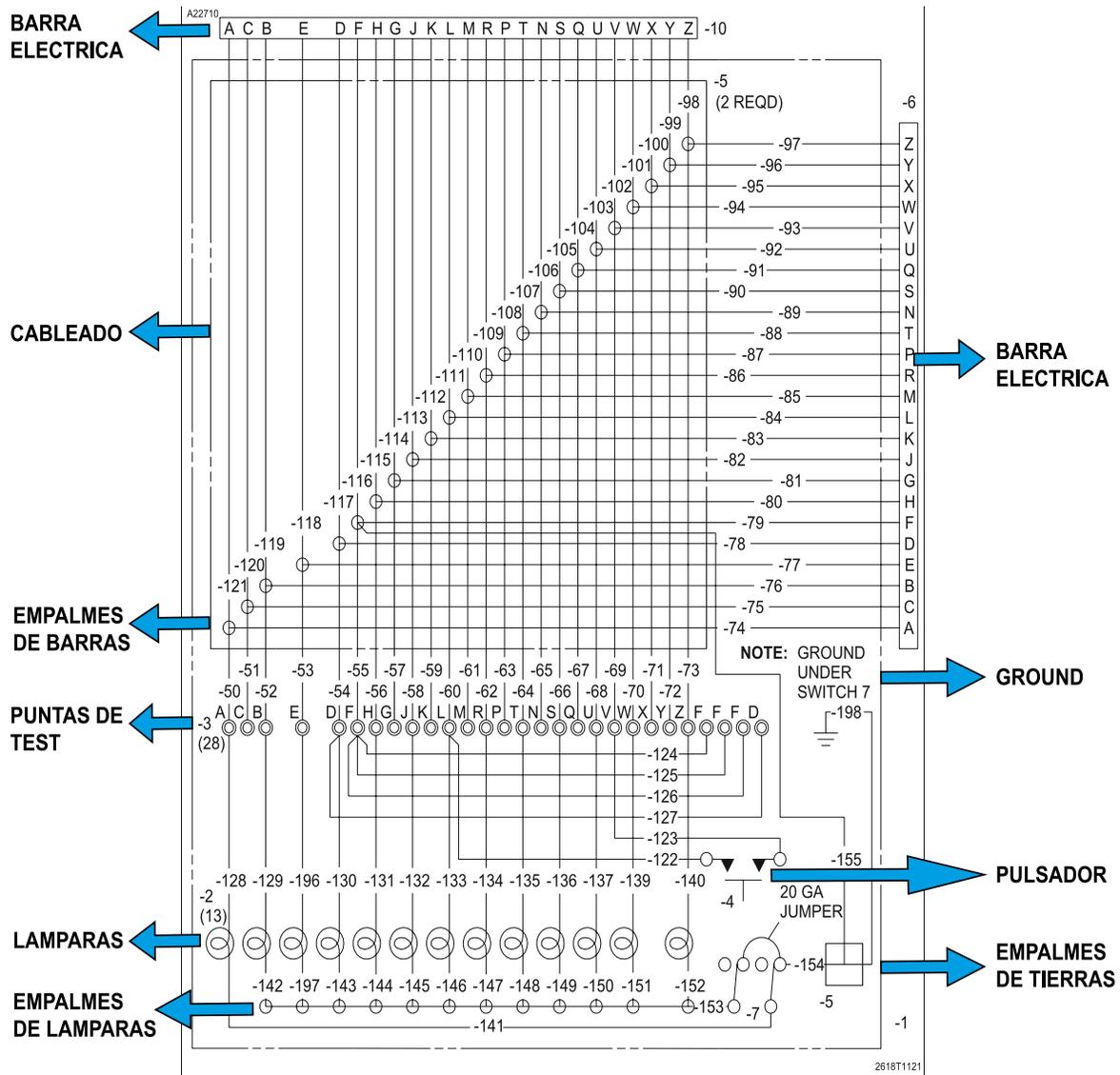


Figura 5. Diseño montaje eléctrico prototipo.
Fuente: Company, Cessna Atrextion (2017).

El manual proporciona el diagrama del circuito eléctrico (figura 5). Es la identificación general del montaje de cableado, con base en únicamente dos barras principales para conexión de puntas de prueba, lámparas testigo y para los interruptores que dan paso a la corriente o forma de uso del banco; todo ello, por medio de empalmes con conexión hasta la punta

de prueba. De esta forma, se distribuyen los puntos de contacto, para descartar las fallas, considerando el cuadro matriz, que da resultado a cada una de las pruebas.

Diseño Final

Para lograr la elaboración del banco, se realizaron una serie de diseños y medidas acordes a los componentes que se encontraron en stock y a los parámetros que estaban en el manual consultado, para así lograr un equipo de uso rudimentario.

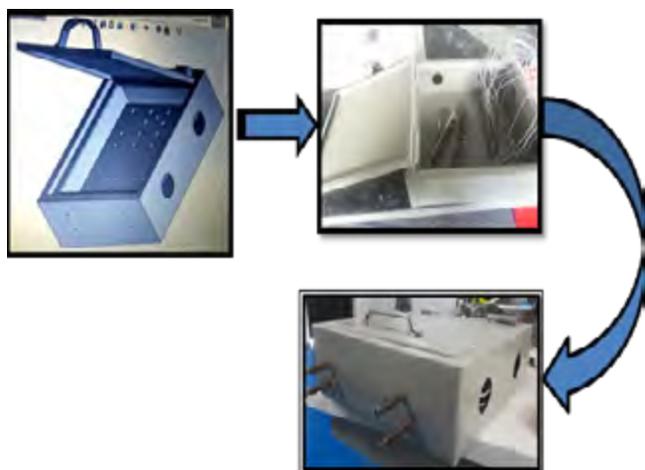


Figura 6. Diseño de la caja. Fuente: Losada (2018).

En la figura 6 podemos observar el diseño de la caja que se realizó en el programa Solid Works de la TEST BOX, con modificaciones para la entrega final. Las especificaciones del material utilizado son: acero inoxidable N° 32, totalmente metálica, color gris plata, para una resistente a golpes y operaciones incorrectas.

Después de realizar el diseño de la caja y elaboración de ésta, se empezaron a recopilar todos los materiales que se encontraron en el listado del manual, correspondiendo a número de parte y características aeronáuticas (tabla 1, figura 7), y posteriormente se utilizarían para la conexión del circuito eléctrico.

Tabla 1. Componentes

N°	NOMBRE COMPONENTE	CANT.	NUMERO DE PARTE	DESCRIPCIÓN
1	Conector	1	Ms3101r24-28p	Arnes avión
2	Conector	1	Ms3456w24-28s	Arnes GCU
3	Pasamuro	2	Lapp - sl13	Conexión arnes, con paso a la caja
4	Lámpara	13	920-401X-330rt	Luces testigo
5	Poste a lám-para	13	327 Lamp	Montantes para las luces

N°	NOMBRE COMPONENTE	CANT.	NUMERO DE PARTE	DESCRIPCIÓN
6	Pin jack	28	105-0803-001	Puntos de prueba
7	Switch	1	S392-3 sw	Interrupor de función
8	Switch	1	30-1 Sw	Ingterupor de prueba
9	Barra corriente	2	Ms27212-1-12 ^a	Derivación principal para la corriente
10	Cable	IND	Ms25036-101	Conexión
11	Terminales	IND	Ms25036-106	Conexión
12	Quincalleria	IND	Tuercas Arandelas Tornillos	Montaje y elaboración del prototipo

Fuente: Cessna Aircraft Company, 1995 REV 34 (2018).

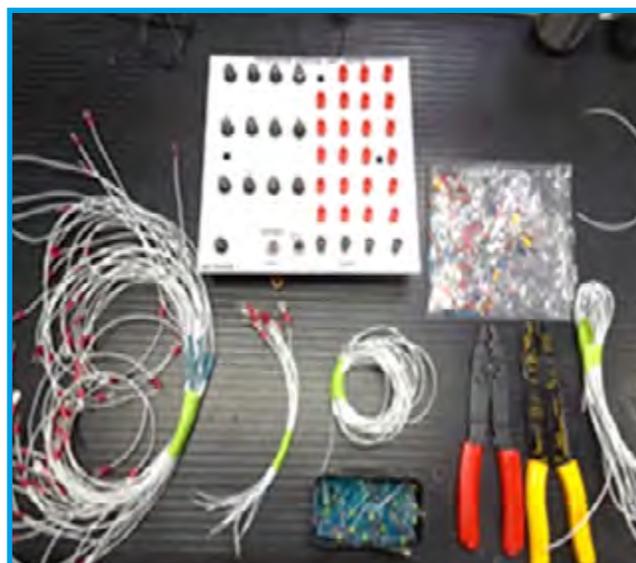


Figura 7. Materiales. Fuente: Losada (2018).

Con la recolección de todos los materiales, se empiezan las conexiones del sistema eléctrico del banco de prueba. Se evidencia así en la figura 8.

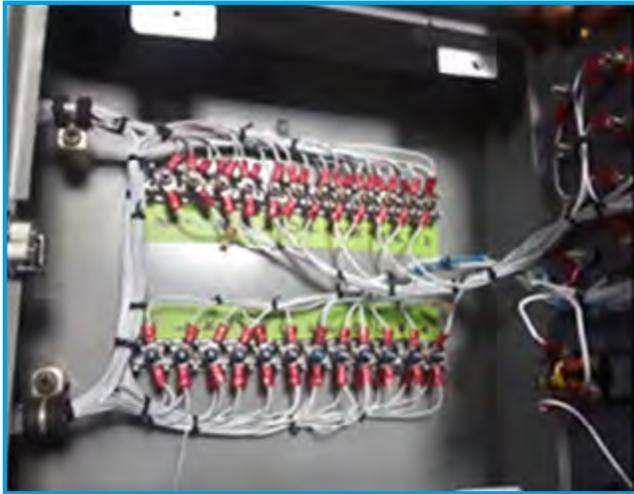


Figura 8. Conexión eléctrica
Fuente: Losada (2018).

Posteriormente, se procede a la organización del cableado completamente desde las barras eléctricas hasta las salidas de prueba. En la figura 9 se muestra el ensamble tanto del tablero de prueba como de las barras eléctricas en el chasis del prototipo.



Figura 9. Ensamble del tablero y barras eléctricas.
Fuente: Losada (2018).

En la figura 10 se observa el producto final, listo para las pruebas en el avión, luego de ser sometido a las pruebas de cargas, simulando 28VDC (voltaje corriente directa).



Figura 10. Prototipo Final. Fuente: Losada (2018).

Terminado el ensamble del prototipo, se somete a pruebas en el laboratorio, en las que se simula un voltaje de 28v DC, con la respectiva verificación de las conexiones y empalmes del prototipo (figura 11).

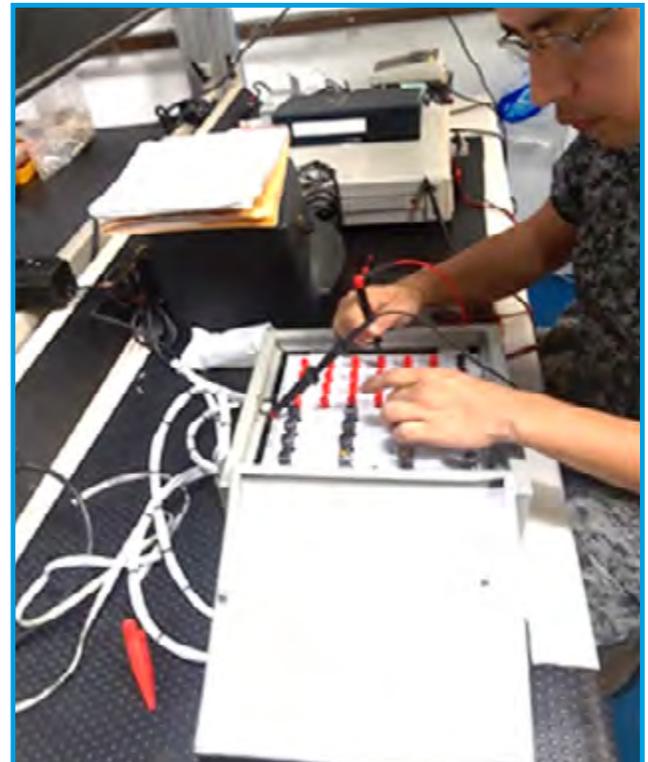


Figura 11. Pruebas iniciales a las conexiones.
Fuente: Losada (2018).

Después realizar las pruebas respectivas y verificando el correcto ensamblaje del

prototipo, se procede a realizar las pruebas en la aeronave y específicamente en la GCU de uno de los aviones del GACAS. Una de las primeras pruebas se efectúa sin encender el motor de la aeronave: se verifica test box y su conexión a la GCU (figura 12).



Figura 12. Pruebas con el Motor apagado.
Fuente: Losada (2018).

Posteriormente a todas las pruebas realizadas al prototipo y verificando que no se evidenció ningún desperfecto del prototipo, se procede a realizar las pruebas con el motor encendido del avión (figura 13).



Figura 13. Pruebas con el motor encendido
Fuente: Losada (2018).

Se realizan las pruebas correspondientes a la unidad de control de generador (GCU), con el motor encendido de la aeronave y siguiendo las instrucciones del manual Cessna Aircraft Company, 1995 REV 34 2018, que indica el procedimiento a seguir en la realización de la prueba. El manual de mantenimiento dictamina un caza fallas en los pines del plug de la GCU (figura 2). Con el resultado que indique el prototipo se compara con la matriz de fallas y se establece el diagnóstico de la GCU.

En la prueba realizada se indicó que la GCU se encontraba en perfecto estado, por lo tanto, se pudo descartar una probable falla del sistema eléctrico fuera la GCU. El diagnóstico se efectuó en un tiempo mínimo, ahorrando tiempo a la Fuerza Aérea.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo del banco experimental impacta la investigación, ciencia y tecnología aeronáutica por sus aportes en:

La innovación científica tecnológica: Al construir un banco experimental que permita la realización de pruebas en tierra.

Al conocimiento tecnológico aeronáutico: Con el banco experimental al concretar teorías y prácticas de los sistemas y procesos de la tecnología electrónica en sistemas de control de fallas presentes en la realidad aeronáutica.

A la educación aeronáutica, particularmente en ciencias básicas y tecnología aeronáutica: Al presentar procesos y prácticas que fundamentan el hacer tecnológico.

A la cultura aeronáutica nacional: Al realizar productos resultados de investigación que pueden ser catalogados como modelos de utilidad.

5. REFERENCIAS

- Fuerza Aérea Colombiana. (2018). www.fac.mil.co. Obtenido de <https://www.fac.mil.co/transporte?page=0%2C2>
- ASN Aviation Safety Database. (08 de agosto de 2013). Obtenido de Flight Safety Foundation: <https://aviation-safety.net/database/types/Cessna-208-Caravan-1/specs>
- Association Aircraft Owners and Pilots. (2018). AOPA. Recuperado el 4 de Febrero de 2018, de <https://www.aopa.org/go-fly/aircraft-and-ownership/aircraft-fact-sheets/cessna-208b-grand-caravan>
- Autor. (2018). Reportes Gacas. Yopal.
- Cessna Aircraft Company. (1995 REV 34 2018). Maintenance Manual MODEL 208. En Cessna. WICHITA, KANSAS, USA.
- Corp, Eaton. (16 de 07 de 2002). Google teach. Obtenido de www.nch.com.au/switch/index.htm
- Dialight Corporation. (2018). <http://www.farnell.com>.
- Obtenido de http://www.farnell.com/datasheets/1950124.pdf?_ga=2.175779749.642590147.1528574839-673900723.1528574839
- Escuela C-208/C-208 CARAVAN. (11 de 07 de 2017). PPT, Generalidades. Yopal.
- Fluke. (2018). <http://www.fluke.com>. Obtenido de <http://www.fluke.com/fluke/eses/multimetros-digitales/advanced-multimeters/fluke-289.htm?pid=56061>
- Headquarters, Department of the Army. (1999). Technical Manual. Washington, DC.
- JACK, PIN. (09 de 06 de Tomado, 2018). <http://www.sustainiac.com>. Obtenido de <http://www.sustainiac.com/9-pin-jack.pdf>
- Jorgue Tiñañes. (2004). www.researchgate.net. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Trinanes/publication/228731194_Construccion_de_un_banco_de_pruebas_de_modelos_de_proceso/links/580e41b108ae47535247b24b/Construccion-de-un-banco-de-pruebas-de-modelos-de-proceso.pdf
- LAMAR, Technologies LL. (19 de 01 de 2012).
- Mouser Electronics. (2018). Cinch Connectivity Solutions. Obtenido de Mouser Electronics: cinchconnectivity.com
- Payan, J. (2002). Procedimientos en tierra y en vuelo para el piloto Huey-II. En T. J. Payan, Procedimientos en tierra y en vuelo para el piloto Huey-II. Bogotá.
- Rashid, A. (1991). United States Patente n.º 5,077,485.
- Revista Volar. (14 de febrero de 2010). Divulgación aeronáutica para todos. Obtenido de <http://www.pasionporvolar.com/sistema-de-encendido-magnetos/Spencer>. (06 de 2018).
- <http://spenceraircraft.com>. Obtenido de Aircraft Supply: <http://spenceraircraft.com/hardware/fasteners-washers/lock-washers.html>
- Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (Agosto de 2016). <http://www.aerocivil.gov.co>.
- Obtenido de <http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%20%2043%20-%20Mantenimiento.pdf>
- University of Bristol, UK. (07 March 2008). Electrical generation and distribution for the more electric aircraft.
- Universities Power Engineering Conference, 2007. UPEC 2007. 42nd International (pág. 1). Brighton, UK: IEEE Xplore.
- Wipaire, INC. (24 de 07 de 2012). <http://www.wipaire.com>. Obtenido de: <http://www.wipaire.com/wp-content/uploads/2016/10/1002498.pdf>.

PRESENTACIÓN DE ESTADOS FINANCIEROS BAJO NORMAS INTERNACIONALES Y RÉGIMEN DE CONTABILIDAD PÚBLICA

FINANCIAL STATEMENTS REVIEW UNDER THE NICSP AND PUBLIC ACCOUNTING REGIME

OD15. Eliana Geraldine Gómez Bonilla, Especialista en Finanzas, elianag2b@hotmail.com.

RESUMEN

La globalización requiere homogeneizar la lectura de los reportes económicos de las compañías a nivel mundial. Para lograr este fin, se adaptaron las Normas Internacionales de Información Financiera, donde el 86 % de las jurisdicciones reconocidas por la Fundación IFRS (International Financial Reporting Standards) requieren y/o permiten estas regulaciones en el sector público y PYMES (Pequeñas y medianas empresas).

En Colombia para las empresas del sector público se emitieron las NICSP en el año 2018, con preparación previa en el año 2017, lo cual permitió generar estados financieros usando la normatividad internacional. Para generar estos reportes, era necesario atravesar por una transición, que incluye la forma de

reconocer, medir, revelar y presentar hechos económicos.

ABSTRACT

Globalization requires homogenization of the reading of the economic reports of companies worldwide. To achieve this goal, the International Financial Reporting Standards were adapted, where 86% of the jurisdictions recognized by the IFRS Foundation (International Financial Reporting Standards) require and/or allow these regulations in the public sector and PYMES (Small and medium companies). In Colombia, for public sector companies, were issued the NICSP in 2018, with prior preparation in 2017, which allowed generating financial statements using international regulations; to generate these reports it was necessary to go through a transition, which includes the way to recognize, measure, reveal and present economic facts.

Palabras clave: Estados Financieros, Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF), Normas Internacionales de Contabilidad para el Sector Público (NICSP), Régimen de Contabilidad Pública (RCP).

Keywords: Financial Statements, International Financial Reporting Standards (NIIF), International Accounting Standards for the Public Sector (NICSP), Public Accounting Regime (RCP).



Las Normas Internacionales de Información Financiera surgen por la necesidad de unificar la presentación de reportes económicos, de manera que sean comprensibles a nivel global. Stanko y Zeller (2010) afirman que, si no hay comparabilidad en la información, afecta los negocios en cuanto a la inversión, adquisición, crédito y proveedores (Ugalde Binda, 2014, p. 206). Con el objetivo de revisar la normatividad contable y disminuir las diferencias de las prácticas entre los países, se da origen a la IASC (International Accounting Standards Comitee) desde el año 1973 hasta el año 2000; a partir del año 2001, cambia el nombre a IASB (International Accounting Standards Board), e incluye más miembros en el comité (Ugalde Binda, 2014). Estas organizaciones realizaron la emisión de las regulaciones con el fin de parametrizar los reportes contables.

La Fundación IFRS (International Financial Reporting Standards) reconoce 166 jurisdicciones en el mundo, de las cuales el 87 % —representado en 144 jurisdicciones— requiere el uso de Normas Internacionales de Información Financiera, tanto en empresas del sector público como en pequeñas y medianas empresas (IFRS Foundation, 2018). Lo anterior indica que hay una acogida mayoritaria a nivel global sobre la transición hacia las NIIF.

En Colombia se reglamentó la NIIF por medio de la Ley 1314 de 2009. Esta ley regula los principios y normas de contabilidad e información financiera y de aseguramiento de la información. Posterior a esto, se emitió la regulación donde clasifica las empresas en tres grupos: (1) NIIF Plenas mediante Decreto 2784 de 2012, (2) NIIF para PYMES mediante Decreto 3022 de 2013 y (3) microempresas mediante Decreto 2706 de 2012.

En el sector público, la regulación financiera se encontraba en el Régimen de Contabilidad Pública, adoptado por medio de la Resolución 354 de 2007 y cuya vigencia se encontraba hasta el 31 de diciembre de

2017. La resolución contiene el Plan General de Contabilidad Pública adoptada por la Resolución 355 de 2007, el Manual de Procedimientos y la Doctrina Contable Pública. Por medio de estos documentos se obtiene los lineamientos para llevar una correcta contabilidad en las instituciones públicas del país. Teniendo en cuenta la globalización, se hizo necesario realizar una transición hacia las Normas Internacionales de Información Financiera para el Sector Público, por medio de la Resolución 533 del 08 octubre de 2015. En esta se incorpora, dentro del Régimen de Contabilidad Pública, el marco normativo aplicable a entidades de gobierno, modificado posteriormente por la Resolución 484 del 17 de octubre de 2017. El catálogo general de cuentas, manejado inicialmente en el sector público, fue objeto de transición debido a la implementación de las NIIF, implementado mediante Resolución 620 de 2015 y modificado por la Resolución 468 de 2016; además, se incluye otras cuentas contables de acuerdo con las necesidades de las entidades. La Contaduría General de la Nación (s.f.) ha expedido la siguiente regulación para las entidades que conforman el sector público colombiano:

- a) la Resolución 354 de 2007 (modificada por la Resolución 156 de 2018), que adoptó el Régimen de Contabilidad Pública, estableció su conformación y definió su ámbito de aplicación;
- b) la Resolución 628 de 2015, y sus modificaciones, por la cual se incorpora en el Régimen de Contabilidad Pública (RCP), el referente teórico y metodológico de la regulación contable pública;
- c) la Resolución 037 de 2017 (que derogó la Resolución 743 de 2013), la Resolución 414 de 2014 y sus modificaciones, la Resolución 533 de 2015 y sus modificaciones y la Resolución 461 de 2017, por las cuales se incorporan, al RCP, los marcos normativos para las empresas de propiedad estatal, para las entidades de gobierno y para las entidades

en liquidación, y se incorporan a dicho marco normativo el marco conceptual y las normas;

- d)** la Resolución 037 de 2017 (que derogó las resoluciones 117 de 2015 y 467 de 2016) y las resoluciones 139 y 620 de 2015, y sus modificaciones y 611 de 2017, por las cuales se incorporan al RCP, los Catálogos Generales de Cuentas que utilizarán las empresas de propiedad estatal, las entidades de gobierno y las entidades en liquidación;
- e)** la Resolución 192 de 2016, por la cual se incorporan, al RCP, los Procedimientos Transversales;
- f)** las Resoluciones que incorporan, al RCP, los Procedimientos Contables; y
- g)** la Resolución 525 de 2016, por la cual se incorpora, al RCP, la Norma de Proceso Contable y Sistema Documental Contable.

El organismo de normalización técnica de las NIIF en Colombia es el Consejo Técnico de la Contaduría Pública. Este Consejo tiene como función “proponer al gobierno nacional las normas que debe promulgar con el ánimo de permitir el cumplimiento de los estándares internacionales de contabilidad, información financiera y aseguramiento de la información” (Consejo Técnico de la Contaduría Pública, s.f.).

En cualquier organización es indispensable la emisión de informes contables para conocer la situación económica de la compañía y, de esta manera, optimizar la toma de decisiones: “Los estados financieros suministran a los usuarios

información sobre los recursos y obligaciones de la entidad en la fecha de presentación y sobre el flujo de recursos entre fechas de presentación” (International Accounting Standards Board [IASB], s.f.); estos reportes son útiles para identificar si la entidad es capaz de continuar con la prestación de bienes o servicios y prever futuras necesidades (negocio en marcha). A continuación, se hará un comparativo sobre los principales aspectos en la forma de presentar estados financieros del sector público bajo el régimen de contabilidad pública y bajo NIIF.

La Contaduría General de la Nación realizó en el año 2013 un análisis comparado entre el Régimen de Contabilidad Pública y las NIIF, NIIF PYMES y NICSP. El análisis resaltó lo más relevante con respecto al sector público, partiendo de esta publicación y verificando directamente el Régimen de Contabilidad Pública, el Plan General de Contabilidad Pública y la NICSP 1 —Presentación de Estados Financieros.



Tabla 1 Comparación NICSP con RCP.

ASPECTO	NICSP	RCP
MATERIALIDAD	Se vuelve más relevante en los estados financieros.	También se incluía este concepto, donde se establecía un porcentaje.
ESTADOS FINANCIEROS	Estados financieros básicos y de propósito general.	Estados contables básicos, consolidados, informes contables específicos, complementarios y reportes contables.
RESPONSABILIDAD DE LOS ESTADOS FINANCIEROS	Varía según la jurisdicción. Individuo que dirige la entidad y el jefe de la oficina general de administración (contador general, alto funcionario de finanzas o controlador).	Contador y representante legal.
DENOMINACIÓN DE ESTADOS FINANCIEROS	Estado de Situación Financiera	Balance General
	Estado de Resultados (Estado de Rendimiento Financiero)	Estado de actividad financiera, económica, social y ambiental.
	Otro Resultado Integral ORI, presentado junto con el estado de resultados.	No incluye esta información en un estado aparte o anexo a un estado financiero.
PRESENTACIÓN DEL PRESUPUESTO	Se contempla dentro de los componentes de los estados financieros.	No se presentaba dentro de los estados financieros.
PRINCIPIO SOBRE LA CONTINUIDAD DE LA ENTIDAD	Negocio en marcha: Se debe hacer una evaluación sobre si la entidad continúa.	Gestión continuada: Se presume que la actividad se lleva por tiempo indefinido.
PRINCIPIO DE COMPENSACIÓN	No se deben compensar las cuentas, a menos que esté permitida por la NICSP.	En ningún caso está permitido compensar activos y pasivos o ingresos y gastos.
PERIODO SOBRE EL QUE SE INFORMA	Periodicidad mínimo anual, si se cambia el periodo, se debe revelar.	Se especifica el periodo del 01 enero al 31 diciembre.
EL EFECTIVO DE USO RESTRINGIDO NO SE DEBE CLASIFICAR COMO ACTIVO CORRIENTE	Sí, se contempla.	No lo contempla.
NOTAS A LOS ESTADOS FINANCIEROS	Se incluye como otro estado financiero.	Hace parte integral de los estados Financieros.
CAMBIOS DE POLÍTICAS CONTABLES Y CORRECCIÓN DE ERRORES EN PERIODOS ANTERIORES	Aplica de forma retroactiva y en los errores cuando se consideran materiales.	No se permite la aplicación retroactiva de corrección de errores o cambios de políticas.

Fuente: Adaptado de Contaduría General de la Nación (2013).

De acuerdo con lo anterior, se evidencia las principales variaciones partiendo de la norma local, comparado con la internacional, donde se puede reflexionar sobre los siguientes aspectos:

El concepto de materialidad se vuelve más subjetivo al relacionarlo con las necesidades de la entidad que reporta, además de la influencia que pueda tener un hecho en la toma de decisiones; por tanto, se hace necesario, por medio de regulaciones internas, parametrizar un porcentaje de materialidad para las empresas del sector público, como lo referenciaba el Régimen de Contabilidad Pública.

Los conceptos generales se deben adaptar a términos locales, haciendo referencia sobre los cargos de los responsables de la preparación de estados financieros del sector público en Colombia; se relaciona con el contador y representante legal o director de la entidad que reporta.

La presentación de estados financieros posee grandes variaciones en relación con la importancia en la medición, reconocimiento, deterioro y revelaciones que se debe reflejar en las partidas que integran los reportes contables, al igual que al determinar si los reportes serán consolidados o individuales.

La mayoría de los conceptos no están limitados a algo impuesto; en su lugar, se contemplan excepciones desde que sean justificables y acopladas a las necesidades de la entidad. Por ejemplo, el concepto de negocio en marcha (NICSP) o gestión continuada (RCP), en que se debe especificar si la entidad sigue en funcionamiento, se entendía anteriormente que continuaba sin necesidad de relacionarlo. El principio de compensación no está permitido; pero si en la NICSP hay algo que lo permita, se puede llevar a cabo. El periodo sobre el que se informa podría cambiar bajo NICSP si se requiere y con justificación, aunque por regulación interna continúa el periodo gravable correspondiente del 01 de enero a 31

de diciembre, con presentación de informes financieros de acuerdo con las necesidades de la administración, los cuales pueden corresponder a periodos intermedios, como mensuales, trimestrales, semestrales, etc.

Al realizar la revisión en el esquema de los estados financieros año 2017 (normal local) y 2018 (NICSP), emitidos y publicados por la Contaduría General de la Nación, se puede observar los siguientes aspectos:

La denominación cambió, como se mencionó en las diferencias; de balance general a estado de situación financiera y de estado de actividad financiera, económica, social y ambiental a estado de resultados. Se incluyó Otro Resultado Integral y continúa el estado de cambios en el patrimonio, estado de flujo de efectivo y notas a los estados financieros; este último reconocido como un estado financiero adicional y no como anexo.

Los estados financieros año 2017 se presentaron de manera comparativa con el año 2016; en cambio, los informes del año 2018 no se pueden comparar debido a la nueva transición de normatividad internacional (aunque en las notas se realiza algunas comparaciones con el año 2017). Por tal motivo, al término del año 2019 saldrán los primeros reportes comparativos.

Las cuentas contables varían un poco en cuanto a definiciones y algunas en códigos, como por ejemplo el patrimonio, teniendo en cuenta el PUC público anterior comparado con el actualizado bajo normatividad internacional, reglamentado por la Resolución 620 de 2015 y modificado por la Resolución 468 de 2016, como se dijo inicialmente.

El detalle del estado de resultados se muestra a nivel de grupo (cuentas de dos dígitos) en el año 2018 y a nivel de cuenta en el año 2017. Esto no influye en gran medida, ya que todas las partidas materiales se revelan en las notas a los estados financieros.

Las notas a los estados financieros a nivel de esquema o presentación son objeto de reorganización y existe mayor relevancia en la revelación de transacciones económicas durante el periodo, debido al mayor nivel de detalle revelado según las NICSP.

En términos generales, las variaciones de forma entre la presentación de estados financieros bajo norma local e internacional no implican un mayor impacto, como lo fue los cambios de fondo y, de manera detallada, en cada una de las cuentas referidas con el reconocimiento, medición inicial, posterior, deterioro y revelaciones.

CONCLUSIÓN

Las Normas Internacionales de Contabilidad para el Sector Público pretenden que la emisión de informes contables de las entidades públicas sea homogénea y de fácil comprensión para los usuarios; por tal motivo, en la implementación se presentaron diversos cambios en general: a nivel de reconocimiento, medición, presentación y revelación de hechos económicos. En el caso de los estados financieros, existen muchas variaciones con respecto a la forma de presentarlos antes y

después de las NIIF: primordialmente, en la esencia de las transacciones, al identificar, reconocer, medir, presentar y revelar de manera adecuada y acorde con las regulaciones normativas emitidas a nivel internacional, nacional y de acuerdo con las políticas contables de la entidad; cuestión relevante a la hora de emitir información financiera para la correcta lectura e interpretación de los múltiples usuarios de ésta.

REFERENCIAS

Consejo Técnico de la Contaduría Pública. (s.f.). Qués es el CTCP. Obtenido de <http://www.ctcp.gov.co/que-es-el-ctcp/preguntas-frecuentes>

Contaduría General de la Nación. (Junio de 2013). Contaduría General de la Nación. Obtenido de http://www.contaduria.gov.co/wps/portal/internetes/home/internet/home!/ut/p/b1/ldJdC4lw_FAbgn-TRzU0v5xeJX825MG_CiwghtYuov59CQTHa6twN3ofzbszqr-Nbqpv42nPrrME_9eT135ACkql2ZSMHdmABjpp1HEiFc2UtgVwa-DAOdDyl6egQYwA-tq4uaBD2kjGp4UseNR58f9rOBKcwRpvRUR-lxSFGf3TqwW1_bHJ

Contaduría General de la Nación. (s.f.). Régimen de Contabilidad Pública en Convergencia con Estándares Internacionales de Información Financiera. Obtenido de <http://www.contaduria.gov.co/wps/portal/internetes/home/internet/rcp1/rcp-niif/>

IFRS Foundation. (Septiembre de 2018). www.ifrs.org. Obtenido de <https://www.ifrs.org>

[org/-/media/feature/around-the-world/adoption/use-of-ifrs-around-the-world-overview-sept-2018.pdf](http://www.ifrs.org/-/media/feature/around-the-world/adoption/use-of-ifrs-around-the-world-overview-sept-2018.pdf)

International Accounting Standards Board (IASB). (s.f.). Contaduría General de la Nación. Obtenido de Normas Internacionales de Información Financiera para el Sector Público, NICSP 1: <http://www.contaduria.gov.co/wps/portal/internetes/home/accesos/contaduria-niif>

Stanko, B. B., & Zeller, T. L. (Octubre de 2010). The Arrival Of A New GAAP: International Financial Reporting Standards. *Journal of Business & Economics Research*, 27-37.

Ugalde Binda, N. (2014). Las Normas Internacionales de Información Financiera: historia, impacto y nuevos retos de la IASB. *Ciencias Económicas* 32, 205-2016.



ESUFA

Escuela de Suboficiales FAC

Madrid, Cundinamarca.

Oferta Educativa Escuela de Suboficiales FAC "Capitán Andrés M. Díaz"



**CURSO DE
GESTIÓN
EDUCATIVA**



**CURSO DE
INSTRUCTOR
ACADÉMICO**



**CURSO DE
INSTRUCTOR
BÁSICO MILITAR**



**INTERCAMBIO
DE SUBOFICIALES**

INFÓRMESE EN:

www.fac.mil.co | www.esufa.edu.co

www.incorporacion.mil.co | jephu.dires@fac.mil.co

Teléfonos: (031)2552018 ext. 2718 | Celulares: 317 3649727 – 317 4270575



Fuerza Aérea Colombiana

www.fac.mil.co

Escuela de Suboficiales FAC "Capitán Andrés M. Díaz"

www.esufa.edu.co

www.incorporacion.mil.co | jephu.dires@fac.mil.co

Teléfonos: (031)2552018 ext. 2718

Celulares: 317 3649727 – 317 4270575

Teléfono: 820 90 97 / 820 90 78