

TECNO ESUFA

REVISTA DE TECNOLOGÍA AERONÁUTICA
ISSN 1900 - 4303 VOLUMEN 30 / DICIEMBRE 2020



ESCUELA DE SUBOFICIALES "CT. ANDRÉS M. DÍAZ"

*88 AÑOS EDUCANDO INTEGRALMENTE
A LOS FUTUROS SUBOFICIALES*

TECNOESUFA

DIRECTOR

CR. IVAN DARIO GOMEZ VILLEGAS
Director Escuela de Suboficiales FAC

SUBDIRECTOR

CR. JORGE IVAN MARIN HERRERA
Subdirector Escuela de Suboficiales FAC

EDITOR Y GESTOR

TC. JUAN MANUEL VELASCO MARTINEZ
Comandante Grupo de Educación Aeronáutica

COORDINADOR EDITORIAL

T2. ROZO RODRIGUEZ JASOND ANDRES
Jefe Especialización ETARLA

ASESOR DE COMANDO

TJ. JUAN EDILBERTO GUIO VARGAS
Técnico Jefe de Comando

COMITÉ EDITORIAL

TC. JUAN MANUEL VELASCO MARTINEZ
Comandante Grupo de Educación Aeronáutica

T2. ROZO RODRIGUEZ JASOND ANDRES
Jefe Especialización ETARLA

OD18. PATRICIA CADENA CAICEDO
Docente ESUFA

OD15. ORO DE OFIR GARCIA GONZALEZ
Docente ESUFA

EDGAR LEONARDO GOMEZ GOMEZ
Ingeniero Electrónico (Invitado)

COMITÉ CIENTÍFICO

TC. ANGELICA MARIA BAEZ BAEZ
Comandante Grupo Académico

TJ. JHON ALEXANDER CARDENAS PUENTES
Jefe Tecnología Mantenimiento Aeronáutico

TJ. EDWIN ALEXANDER MERCHAN CARRILLO
Jefe Tecnología Seguridad Aeroportuaria

T1. FELIX PARCA ACEVEDO
Docente de Apoyo

T1. IGNACIO ANTONIO CENDALES MESA
Jefe Tecnología Electrónica Aeronáutica

T1. REYNEL JAVIER RUIZ MARIN
Coordinador Programa Tecnológico Comunicaciones

JULIO ENOC PARRA VILLAMARIN
Ingeniero Aeronáutico (Invitado)

COMITÉ EVALUADOR

TC. LUIS FERNANDO CORAL PATARROYO
Subdirector Relaciones Educativas Interinstitucionales

TC. GUILLERMO ALBERTO POVEDA ZAMORA
Jefe Oficina Asuntos Espaciales

TJ (RA). OLGA LUCIA MARTINEZ FORERO
Suboficial de la Reserva

OD16. FERNANDO CORTES DIAZ
Docente

OD15. FRANCIA MARIA CABRERA CASTRO
Docente

OD15. RENSO MARDU MOLANO PULIDO
Docente

OD15. DANIEL ALBERTO ARTEGA PUENTES
Docente

CORRECCIÓN DE ESTILO, DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

FENIX MEDIA GROUP S.A.S.

DISEÑO DE PORTADA

MY (RVA) Mario German Caicedo Zapata

CONTENIDO

3

NANOSATÉLITES

Capitán Mora Salazar Leonardo Augusto
Comandante ESINV, ESUFA

8

COLOMBIA, A LA VANGUARDIA EN DETECCIÓN PERIMETRAL CON FIBRA ÓPTICA

Ingeniero Juan Fernando Prado Buitrago
Ingeniero en Física, UNICAUCA
Ingeniero César Alberto Sarria Villa
Ingeniero en Física, UNICAUCA

13

SISTEMA OPTRÓNICO PARA LA DETECCIÓN DE AERONAVES REMOTAMENTE TRIPULADAS

Docente Hora Cátedra William Alexander Cuevas Carrero
Magíster en Ingeniería, ESUFA
Capitán Mora Salazar Leonardo Augusto
Comandante ESINV, ESUFA
Alumno de Segundo Año Gregorio Rodríguez Barbosa
TSA, ESUFA

19

MISIONES ESPACIALES A MARTE - PARTE 1 (URSS-RUSIA)

Orientador de Defensa Daniel Alberto Arteaga Puentes
Estudiante en Maestría en Ingeniería, ESUFA

24

MISIONES ESPACIALES A MARTE - PARTE 2 (ESTADOS UNIDOS)

Orientador de Defensa Daniel Alberto Arteaga Puentes
Estudiante en Maestría en Ingeniería, ESUFA

31

PROTOTIPO INTERACTIVO PARA ENTRENAMIENTO EN SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DEL BLANCO AÉREO (PISSA)

Técnico Primero Osorio Gómez Johnatan Lorenzo
Jefe Programa TDA, ESUFA
Técnico Segundo Diego Fernando Guaqueta Méndez
Coordinador Programa TDA, ESUFA
Aerotécnico Bravo Rave Diego Felipe
Técnico Blanco Aéreo, CACOM-1
Aerotécnico Gamero González Luis David
Técnico Potencial de Capacidades, BACOF
Aerotécnico Hernández Martínez Alexander
Técnico de Coordinación Programa Educativo, CACOM-1
Aerotécnico Madrigal Giraldo Sara Valentina
Técnico Administrativo Almacén e Inventarios, CACOM-1
Aerotécnico Sáenz Urrego Katherin Julieth
Técnico Administrador AET, CACOM-1

35

ONDAS MILIMÉTRICAS (mmW), CAPACIDADES Y UTILIDADES EN POTENCIA

Técnico Jefe Jhon Alexander Cárdenas Puentes
Jefe Programa TMA ESUFA

43

PROGRAMA TECNOLÓGICO EN GESTIÓN DE RECURSOS AÉREOS: UNA TECNOLOGÍA EN EVOLUCIÓN

Técnico Jefe (RA) Olga Lucía Martínez Forero
Especialista en Alta Gerencia

51

IMPLEMENTACIÓN DE LINEAMIENTOS TECNO-PEDAGÓGICOS PARA LA OFERTA EDUCATIVA VIRTUAL DE ESUFA

Orientador de Defensa Fernando Cortés Díaz
Magíster E-learning, ESUFA
Capitán Adriana Almanza Cañón
Jefe Oficina Calidad Educativa, ESUFA

EDITORIAL



Coronel Iván Darío Gómez Villegas
Director de la Escuela de Suboficiales de la FAC

entidad acreditada en alta calidad en cada uno de sus programas tecnológicos: pilar fundamental de una institución para formar de manera integral al futuro Suboficial de la Fuerza Aérea Colombiana en la parte militar, profesional y personal.

En esta edición hacemos remembranza de las diferentes misiones en las que el hombre ha participado, con el fin de poder conocer, identificar, conquistar o visualizar el espacio, en especial, el planeta Marte, a través de ondas milimétricas, nanosatélites, entre otros.

En nuestra portada se refleja un átomo: estructura que tiene por núcleo la Escuela de Suboficiales, y como electrones positivos orbitando a su alrededor se encuentran nuestras tecnologías. Cada una de estas, representan una a una las especialidades en las que el futuro Suboficial se desempeñará a lo largo de su carrera militar, las cuales son cíclicas e infinitas; visualiza así todo el conocimiento, experiencia y capacidad desarrollada a través de toda su formación y vivencia alrededor de su institución.

Sea la alma mater de la Suboficialidad de la Fuerza Aérea Colombiana la generadora de la investigación, de la innovación y del desarrollo de productos tecnológicos aplicables y patentables en pro del pueblo colombiano y de nuestra Institución.

Como su director, es un orgullo presentar esta edición, en donde se hizo posible la consolidación de los diferentes artículos aquí publicados. Agradezco de manera especial a cada uno de los que lo hicieron posible, a los diferentes comités que conforman el equipo de trabajo que entrega hoy esta edición No. 30 de la revista TECNOESUFA. Terminó dando la razón a Nelson Mandela: "(...) la Educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo (...)", y desde ESUFA lo estamos haciendo.

**Volamos, entrenamos y combatimos para vencer.
¡Así se va a las estrellas!**

Durante más de una década, la Fuerza Aérea Colombiana se ha adaptado a las circunstancias que la rodean y a los diferentes desarrollos tecnológicos del mundo moderno. Así, nuestra institución ha evolucionado desde su propia misión y visión, en busca de ejercer el dominio del aire, el espacio y el ciberespacio, para convertirnos en preferente a nivel nacional e internacional en el mundo de la aviación.

Esta revista, en nuestra edición No. 30, se une a esa evolución dejando una huella significativa en cada uno de sus lectores: ha mostrado los diferentes avances de nuestra aviación y los diversos desarrollos tecnológicos por el personal que integra nuestra gloriosa institución.

Todos los artículos contemplados en esta edición ilustrarán a cada uno de los lectores en el mundo de la investigación, y en especial, del potencial que tiene el país a nivel tecnológico. Y todo esto se logra gracias al aporte del personal de la Escuela de Suboficiales,

NANOSATÉLITES

Capitán Mora Salazar Leonardo Augusto
Comandante ESINV, ESUFA

Resumen

En el presente texto se pretende mostrar que existen satélites pequeños cuya construcción no es tan costosa, y que están siendo diseñados por universidades y compañías pequeñas. Se expondrá el concepto de nanosatélite y se describirán sus estándares de construcción y algunas de sus aplicaciones.

Palabras clave: nanosatélite, CubeSat, CANSAT, Pi-CPoT, espacio.

Abstract

The construction of satellites has currently been on the rise. The search for man to conquer new frontiers has allowed a revolution towards increasingly small, efficient and constantly evolving equipment; a revolution led by universities and small companies seeking to gain a place in this race to conquer space. The concept of nanosatellite will be explored below, existing construction standards will be analyzed and some applications that could be implemented in the Training Schools will be mentioned, in order to contribute to the special development of the Air Force.

Keywords: nanosatellite, cubesats, cansat, picpot, space.

Introducción

Actualmente se ha visto un gran apogeo en la construcción de satélites. La búsqueda del hombre por conquistar nuevas fronteras ha permitido una revolución en cuanto a la construcción de equipos cada vez más pequeños, eficientes y en constante evolución, liderada por universidades y pequeñas empresas que buscan hacerse un lugar en esta carrera por la conquista del espacio.

A continuación se explorará el concepto de nanosatélite, se analizarán los estándares de construcción existentes y se mencionarán algunas aplicaciones, las cuales pueden ser implementadas en las Escuelas de Formación, con el fin de aportar en el desarrollo especial de la Fuerza Aérea.

¿Qué es un nanosatélite?

Desde tiempos antiguos, el ser humano ha contemplado el firmamento y soñado con la conquista del espacio. A este respecto, un primer paso se dio durante la Guerra Fría entre los Estados Unidos y la Unión Soviética (URSS). Estos dos países desarrollaron la carrera espacial, que inició en 1946 cuando los científicos comenzaron a utilizar los cohetes alemanes V-2, capturados después de la Segunda Guerra Mundial, para realizar mediciones atmosféricas. En 1957, la URSS logró situar en órbita terrestre el primer satélite artificial, llamado *Sputnik*. Desde entonces, las grandes potencias mundiales han liderado el lanzamiento de numerosos satélites, compitiendo en una carrera por la exploración del espacio con proyectos cada vez más grandes y complejos.

Así, los avances tecnológicos en el espacio han sido cada vez mayores, impulsados principalmente por las agencias espaciales de países desarrollados o por grandes empresas que han ingresado al espacio. Estos avances han creado un nuevo tipo de filosofía de desarrollo satelital, la cual ha permitido una mayor asequibilidad a los componentes electrónicos necesarios para la construcción de estos dispositivos.

Uno de estos avances tiene que ver con los satélites artificiales. Son unos dispositivos fabricados y enviados al espacio con una carga útil, que orbitan alrededor de planetas, lunas, estrellas o diferentes cuerpos celestes. Se pueden clasificar según su propósito: se tienen, por ejemplo, los satélites de telecomunicaciones, de posicionamiento y de observación terrestre, así como los meteorológicos, científicos y militares. Sin embargo, también se les suele clasificar según su masa (Swinerd, Stark y Fortescue, 2004):

- **Satélites grandes:** más de 1.000 kg
- **Satélites medianos:** 500-1.000 kg
- **Satélites pequeños:**
 - ◆ **Minisatélite:** 100-500 kg

- ◆ Microsatélite: 10-100 kg
- ◆ Nanosatélite: 1-10 kg
- ◆ Picosatélite: Menos de 1 kg

Tiempo de desarrollo de un nanosatélite

Para el diseño, construcción y posicionamiento de un satélite convencional, se requiere un tiempo de entre 5 y 15 años, desde que se detecta la necesidad hasta que se sitúa con parámetros normales en la órbita adecuada.

No obstante, en el caso de los nanosatélites los tiempos se reducen, al construirse en un plazo típico de 12 a 18 meses. Así, cada fase del proyecto puede tomar el siguiente espacio de tiempo (NASA CubeSat Launch Initiative, 2017):

1. Desarrollo de conceptos: 1 a 6 meses;
2. Asegurar la financiación: 1 a 12 meses;
3. Revisiones de mérito y viabilidad: 1 a 2 meses;
4. Diseño del CubeSat: 1 a 6 meses de desarrollo y presentación de propuestas: 3 a 4 meses;
5. Selección y manifestación: 1 a 36 meses;
6. Coordinación de la misión: 9 a 18 meses;
7. Concesión de licencias: 4 a 6 meses;
8. Desarrollo y envío de documentación específica del vuelo: 10 a 12 meses;
9. Diseño, desarrollo y prueba de la estación terrestre: 2 a 12 meses;
10. Fabricación y prueba de hardware CubeSat: 2 a 12 meses;
11. Revisiones de preparación para la misión: medio día;
12. Prueba e integración de CubeSat a dispensador: 1 día;
13. Dispensador para lanzar la integración del vehículo: 1 día;
14. Lanzamiento: 1 día;
15. Operaciones de la misión: variable, hasta 20 años.

¿Cuánto cuesta un nanosatélite?

Los costos de acceso al espacio para los diferentes centros de investigación, compañías y naciones se han reducido al implementar nuevos desarrollos técnicos e investigaciones. Esto ha permitido un crecimiento exponencial de la popularidad de los satélites en la búsqueda por alcanzar las estrellas.

De acuerdo con sus funciones y especificaciones, el costo de un nanosatélite, desde su construcción hasta su puesta en órbita, puede estar entre los US\$100.000 y US\$400.000, dependiendo del tamaño y de la órbita que se desee (Alén, s. f.).

El bajo costo de los nanosatélites no implica que sean menos confiables. Con el uso de métodos adecuados, como el Alén Space Matrix, tanto en las fases de diseño como en las de verificación de los satélites, se puede alcanzar un 100% de éxito en las misiones, dejando al azar únicamente aquello que no se puede controlar: por ejemplo, el fallo en el lanzamiento, una tormenta solar o el impacto de un meteoro o trozo de basura espacial (Alén, s. f.).

CubeSats

El proyecto *CubeSats* empezó en 1999 como una colaboración entre el profesor Jordi Puig-Suari, de la California Polytechnic State University, y el profesor Bob Twiggs, del Laboratorio para Desarrollo de Sistemas Espaciales de la Universidad de Stanford (Space Systems Development Laboratory - SSDL). El objetivo del proyecto era que las comunidades de ciencia de las dos universidades tuviesen acceso al espacio, lo cual se logró mediante un CubeSats. En la actualidad, muchas universidades tienen un programa espacial gracias a estos modelos CubeSats (NASA CubeSat Launch Initiative, 2017).



Figura 1. Ejemplos de misiones basadas en cubesats (Martínez, 2010)

El estándar “CubeSat Design Specification” define este tipo de satélite como un cubo de 10 cm x 10 cm x 10 cm, con una masa de hasta 1.33 kg (comúnmente llamado 1U), que además posee una variedad de especificaciones relativas a la estructura, materiales y comportamiento. Partiendo de esta unidad, los tamaños más comunes son 1U, 3U y 6U, aunque hay muchas más variedades, como lo muestran las figuras 1 y 2 (NASA CubeSat Launch Initiative, 2017).

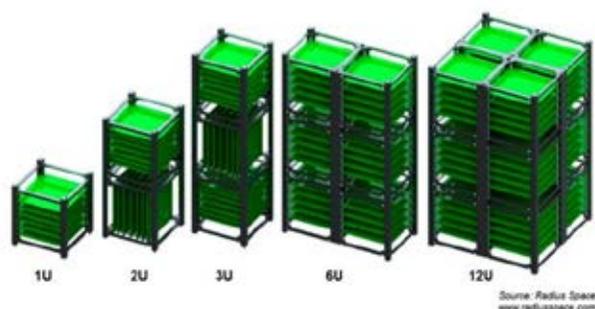


Figura 2. Ejemplos de CubeSat de 1U hasta 12U (Bermúdez, 2019)

Ahora bien, la puesta en órbita de un nanosatélite se lleva a cabo mediante un cohete, que lanza la carga útil primaria al espacio, mediante una serie de pequeños cubículos que contienen dispositivos tipo CubeSat. Los contenedores de los mencionados dispositivos son conocidos como P-POD (*Poly-Picosatellite Orbital Deployer*), ISIPOD (*Innovate Solutions In Space Picosatellite Orbital Deployer*) o NanoRacks. Estos contenedores también están estandarizados, y el cumplimiento de sus medidas en el diseño es obligatorio en los programas espaciales internacionales (NASA CubeSat Launch Initiative, 2017).

Un nanosatélite puede operar individualmente; sin embargo, con el fin de incrementar su desempeño se suele integrar a una constelación o enjambre de nanosatélites, lo que le permite cubrir permanentemente un lugar particular del planeta, manteniendo su servicio de manera ininterrumpida según sea su propósito (telecomunicaciones, observación, meteorología, programas educativos, entre otros).

Entre las ventajas de los nanosatélites encontramos las siguientes: pueden diseñarse y construirse en poco tiempo, son económicos si se los compara con los satélites tradicionales, sus componentes y repuestos son fácilmente asequibles en el mercado internacional, y el costo de su lanzamiento es bajo debido a que está directamente relacionado con el peso de la carga útil que será puesta en el espacio. Por lo anterior, además de sus aplicaciones y su versatilidad, los nanosatélites constituyen una ten-

dencia tecnológica mundial. Sin embargo, esta tecnología también tiene ciertas desventajas: dado el reducido tamaño del dispositivo, su sistema de energía y almacenamiento de combustible le permite tener una vida útil de tan solo 10 años. Otra desventaja está relacionada con su tamaño: el número limitado de sensores que puede contener limita, a su vez, las aplicaciones de los nanosatélites (Superintendencia de Industria y Comercio, s.f.).

Diferentes diseños de nanosatélites

Prototipo y esquema del satélite tipo CANSAT

El concepto de CANSAT (*Can-Satellite*, por sus siglas en inglés) fue propuesto en 1999 por el profesor Robert Twiggs, del Laboratorio de Desarrollo Espacial de la Universidad de Stanford, con el propósito de transmitir los conceptos básicos para el diseño y elaboración de este tipo de satélites. Su principal característica es su tamaño, similar al de una lata de bebida. De otra parte, estos satélites no son puestos en órbita, sino que son lanzados a diferentes alturas mediante cohetes, globos o aeromodelos, logrando que durante su descenso transmitan información hacia una estación terrena (Colín, 2016).

Los CANSAT son diseñados de acuerdo con la misión que tengan que completar, pero su arquitectura se compone básicamente de los mismos sistemas: a) sistema de control: encargado de controlar todos los sensores y dispositivos que conforman el CANSAT; b) fuente de alimentación: encargada de alimentar el CANSAT; se utilizan principalmente baterías de litio y celdas solares, que le permiten autosustentarse; c) sistema de transmisión de datos: como su mismo nombre lo indica, es el encargado de transmitir los datos a una estación terrena, para que sea recolectada la información en tiempo real; d) sensores: encargados de recaudar todos los datos durante el tiempo de vuelo, de acuerdo con la misión que se diseñe; e) estación terrena: encargada de recibir, monitorear y almacenar los datos enviados por el CANSAT (Colín *et al.*, 2016).

En las figuras 3 y 4 se muestran el esquema y la distribución de los elementos que componen el nanosatélite CANSAT.

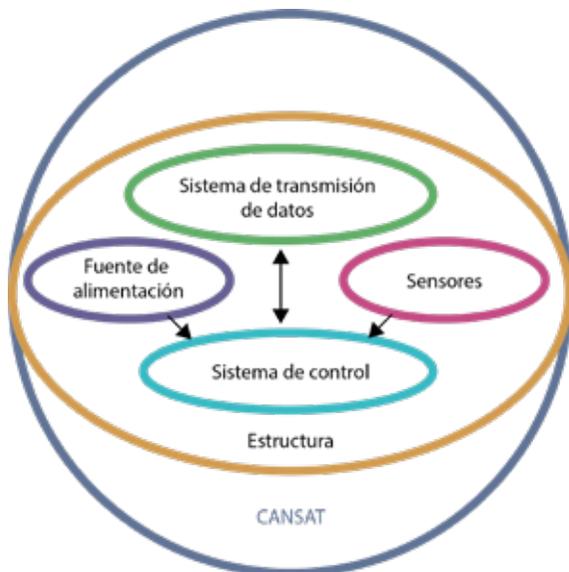


Figura 3. Elementos básicos de un CANSAT (Mendoza, 2015)

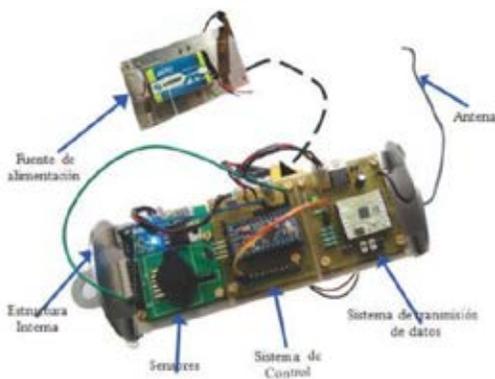


Figura 4. Imagen del CANSAT integrado (Mendoza, 2015)

Diseño de un nanosatélite universitario el PiCPoT

En el año 2004, la Universidad Politécnica de Torino inició el proyecto PiCPoT (Piccolo Cubo del Politécnico de Torino), que fue llevado a cabo por cuarenta estudiantes de ingeniería. El objetivo de este proyecto era desarrollar un satélite de bajo costo que pudiera operar en el espacio, y cuyo diseño permitiera experimentar con nuevas tecnologías.

El satélite desarrollado tiene unas dimensiones de 13 cm x 13 cm x 13 cm y un peso de 2,5 kg, y cuenta, además, con fuente de alimentación y protección contra la radiación. Algunas de sus funciones predeterminadas son (Speretta, Reyneri, Sanosé y Passerone, 2009):

- Envía periódicamente una señal de radio baliza para evaluar que el satélite esté activo.

- Sensa algunas características ambientales y las envía junto con la señal de radio de la baliza.
- Recibe comandos desde tierra usando señales de radio, los ejecuta y envía una respuesta.
- Toma imágenes de la Tierra a diferentes resoluciones y las envía a la estación terrestre utilizando señales de radio, según las instrucciones de los comandos terrestres.

La arquitectura interna del PiCPoT está compuesta por: a) una fuente de alimentación, que es una placa que proporciona la energía a las baterías recargables mediante un conjunto de paneles solares; b) un interruptor de alimentación, compuesto por dos subsistemas independientes para cada computadora a bordo; c) procesadores independientes y redundantes ProcA y ProcB, encargados de administrar la carga útil, así como de la transmisión y recepción de datos; d) una carga útil, encargada de adquirir las imágenes por medio de tres cámaras, que a su vez permiten comprimirlas y almacenarlas; e) un módulo de radiofrecuencia TxRx, el cual se encuentra dividido en dos subsistemas separados de 437 Mhz y 2.44 Ghz que permiten la transmisión y recepción de datos (Del Corso, Passerone, Reyneri y Sansoe, 2011). En la figura 5 se puede apreciar un prototipo de este satélite.

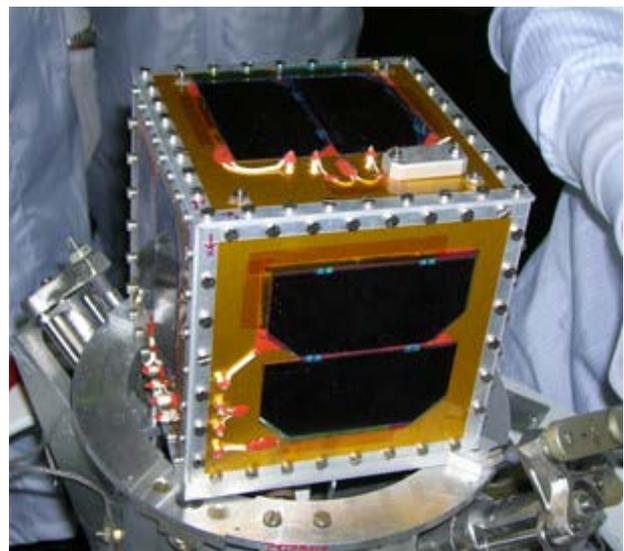


Figura 5. PiCPoT (Piccolo Cubo del Politécnico de Torino) (Gunter's Space Page, 2019)

Conclusiones

A pesar de su reducido tamaño, los nanosatélites no pierden su funcionalidad. De igual manera, con el avance de la tecnología, tendrán capacidades que a futuro podrán equipararse con las de sus hermanos de mayor tamaño.

Por otro lado, los nanosatélites son una alternativa más económica y con un tiempo de fabricación menor (desde su diseño hasta su puesta en funcionamiento), en relación con un satélite convencional.

Se debe aprovechar el conocimiento generado sobre el desarrollo de los nanosatélites por parte de diferentes universidades, con el fin de que pueda ser implementado en las Escuelas de Formación de la FAC, lo cual permitiría crear las bases del desarrollo espacial de nuestra Fuerza.

Referencias

- AleSpace [sitio Web]. Guía básica de nanosatélites [Consulta: 15 de abril 2020]. Disponible en: <https://alen.space/es/guia-basica-nanosatelites/>.
- Bermúdez, Andrea. "Nanosatélites, un nuevo reto espacial en Colombia, Superintendencia de Industria y Comercio", Centro de Información Tecnológica y Apoyo a la Gestión de la Propiedad Industrial (CI-GEPI), 2019, <https://www.sic.gov.co/ruta-pi/julio26/nanosatelites-un-nuevo-reto-espacial-encolombia>.
- Bermúdez, Andrea. (2019) Ejemplos de CubeSat de 1U hasta 12U [Image]. Recuperado de <https://www.sic.gov.co/ruta-pi/julio26/nanosatelites-un-nuevo-reto-espacial-encolombia>.
- Colín, A. (2016). Picosatélites cansat: una herramienta para la educación en ciencias del espacio. *Ciencia UANL* 19(81). Recuperado de <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=6240>
- Colín, A. et al. (2016). Construcción de un picosatélite cansat. *Ciencia UANL* 19(81). Recuperado de <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=6301>
- Del Corso, D., Passerone, C., Reinery, L.M., Sansoe, C. (2011). Design of a University Nano-Satellite: the PiCPoT Case. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 47(3).
- Del Corso, D., Passerone, C., Reinery, L.M., Sansoe, C. (2011). Design of a University Nano-Satellite: the PiCPoT Case. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 47(3). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/224244594_Design_of_a_University_Nano-Satellite_the_PiCPoT_Case
- Gunter's Space Page. (2019). PiCPoT (*Piccolo Cubo del Politécnico de Torino*) [imagen] Disponible en: https://space.skyrocket.de/doc_sdat/picpot.htm
- NASA CubeSat Launch Initiative (2017). CubeSat101: Basic Concepts and Processes for First-Time CubeSat Developers. Recuperado de https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa_csli_cubesat_101_508.pdf
- Martínez, Ramón & Calvo Ramón, Miguel & Landeros-Ayala, Salvador & Jimenez-Leube, Fco. Javier (2010). Ejemplos de misiones basadas en cubesats [Image]. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/278010181_TelCUBE_Implementacion_de_un_Project-Based_Learning_multidisciplinar_para_el_desarrollo_de_un_picosatelite
- Mendoza Torres, J. (2015). Elementos básicos de un CANSAT [Image]. Recuperado de <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/1163/1/MendozaTorrJE.pdf>
- Mendoza Torres, J. (2015). Imagen del CANSAT integrado [Image]. Recuperado de <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/1163/1/MendozaTorrJE.pdf>
- Speretta, S., Reyneri, L.M., Sanosé C. y Passerone, C. (2009). PiCPoT: A Nanosatellite From Turin Polytechnic. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/237599641_PICPOT_A_NANOSATELLITE_FROM_TURIN_POLYTECHNIC
- Swinerd G., Stark J. y Fortescue P. (Eds.) (24 de enero de 2003). *Spacecraft Systems Engineering, 3th Edition*. John Wiley and Sons Ltd.

COLOMBIA, A LA VANGUARDIA EN DETECCIÓN PERIMETRAL CON FIBRA ÓPTICA

Ingeniero Juan Fernando Prado Buitrago

Ingeniero en Física, UNICAUCA

Ingeniero César Alberto Sarria Villa

Ingeniero en Física, UNICAUCA

Resumen

En la actualidad es muy común el uso de la fibra óptica en el campo de la iluminación y en el de las telecomunicaciones. Sin embargo, estos no son los únicos campos de acción que nos brinda esta maravillosa tecnología. Analizando la dispersión de la luz láser al cruzar la fibra de sílice o plástica, se puede medir la temperatura, la presión y la vibración a lo largo de varios kilómetros. De igual forma, la fibra óptica es una tecnología apropiada para aplicaciones de larga distancia en exteriores, entre otras razones debido a su naturaleza pasiva, es decir, al hecho de que no necesita energía eléctrica para operar; a su insensibilidad al ruido electromagnético; a su alta durabilidad; a su bajo peso y a su inmunidad a las condiciones climáticas adversas. Todas estas características la posicionan como la tecnología más valorada en el mundo para detección temprana de intentos de intrusión por análisis de vibración.

La mayoría de los sistemas de detección perimetral basados en sensores de fibra óptica han sido perfilados para industrias e infraestructura crítica de gran longitud y de altísimo valor, como los oleoductos, el sector minero energético, los aeropuertos, las penitenciarías, las bases militares y algunos otros. En todos estos sectores se requiere cubrir distancias o zonas extremadamente extensas, las cuales pueden llegar a varias decenas de kilómetros.

FiberLine es una tecnología colombiana patentada, pensada para las necesidades locales. Se trata de un sensor de fibra óptica y láser que puede ser enterrado o instalado sobre malla eslabonada, enrejado o muro, y que detecta la vibración generada por diferentes acciones (por ejemplo, movimientos al tratar de escalar, romper o levantar la barrera de protección). Esto permite resguardar perímetros de corta y mediana longitud, que van desde los 25 metros hasta algunos kilómetros. Igualmente, esta tecnología es asequible para sectores que, debido al costo de

la tecnología actual, presentan un nivel de protección perimetral deficiente (como es el caso de parcelaciones, conjuntos cerrados, cultivos productivos, entre otros), o que tienen muchas dificultades para hacer una gestión óptima de su perímetro vulnerable.

FiberLine tiene una patente colombiana en proceso de internacionalización; fue seleccionada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación como una de las patentes de mayor impacto a nivel nacional, y fue nominada al Gran Inventor Colciencias en su versión para televisión del año en curso.

Palabras clave: Fibra óptica, láser, patrón de speckle, detección de intrusos, seguridad perimetral.

Abstract

Nowadays the application of fiber optics in the field of lighting and telecommunications is widely spread, but those are not the only benefits that this wonderful technology provides us. Analyzing the scattering of laser light when is crossing the fiber silica or plastic, the temperature, pressure and vibration can be measured over several kilometers; Thank to its passive nature, it means, it does not need electrical energy to operate, it is an appropriate technology for outdoor long-distance applications due to its insensitivity to electromagnetic noise, high durability, weight and storm immunity, that position it as the most valued technology in the world for early intrusion detection system by vibration analysis.

Most of the perimeter detection systems based on fiber optic sensors have been profiled for industries and critical infrastructure of long length and high value, such as pipelines, the mining and energy sector, airports, penitentiaries, military bases and some others. ; having as an

approach to cover distances or extremely large areas, that can reach several tens of kilometers.

FiberLine is a patented Colombian technology designed for local needs, it is a fiber optic and laser sensor that is installed on fences, trellis, wall or buried mesh and detects the vibration generated when trying to scale, break or raise the protection barrier seeking to protect short and medium length perimeters ranging from 25 m to a few kilometers; Being accessible to sectors due to the cost of current technology have a poor level of perimeter protection, as is the case of subdivisions, closed complexes, productive crops, among others, which have many difficulties in optimal management of their perimeter while remaining exposed.

FiberLine has a Colombian patent in process of internationalization and was selected by the Colombian Ministry of Science, Technology and Innovation as one of the patents with the greatest impact at the national level and was nominated for the award "The Great Inventor Colcienias" in its version for television in the current year.

Keywords: Fiber Optics, laser, speckle pattern, intrusion detection, perimeter security.

Introducción

Los sensores de fibra óptica tienen una larga trayectoria en aplicaciones de tipo industrial, civil y militar. Su capacidad para adaptarse a diferentes entornos críticos ha impulsado el uso frecuente de esta tecnología.

Existe una gran variedad de metodologías que permiten convertir un filamento de fibra óptica en un sensor capaz de determinar una variable física, como temperatura, deformación, vibración o peso, entre otras. Estas metodologías abarcan un amplio rango de principios que describen el comportamiento de la propagación de la luz. Principalmente, se utilizan técnicas interferométricas para capturar los modos de propagación que tiene la luz en espacios confinados (como una fibra óptica), teniendo en cuenta que los cambios en sus propiedades ópticas se deben normalmente a cambios en el entorno por temperatura, presión, deflexión, etc.

Los métodos comúnmente empleados se enfocan en la medición de la dispersión o la retrodispersión que se provoca por las "impurezas" generadas durante el proceso de fabricación de la fibra óptica. Generalmente, estas impurezas están compuestas por diferentes tipos de iones, que se evidencian como una obstrucción a la propagación normal de un haz de luz o como una atenuación al final del recorrido de la luz en un segmento de fibra óptica, como se muestra en la Figura 1.

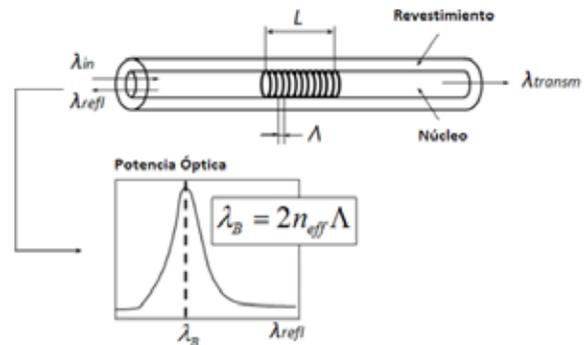


Figura 1. Atenuación en fibra óptica

Algunos fabricantes de sensores perimetrales con fibra óptica distribuyen, durante el proceso de fabricación, rendijas espaciadas de manera uniforme a lo largo de la fibra óptica, lo cual genera patrones de atenuación, como se ilustra en la Figura 2. Esta técnica potencia el efecto generado por las impurezas de forma controlada y distribuida sobre toda la sección transversal de la fibra óptica, permitiendo identificar con gran precisión los cambios en el entorno y la distancia hasta el sitio donde ocurrió el evento. A esta técnica se le conoce como redes de Bragg.

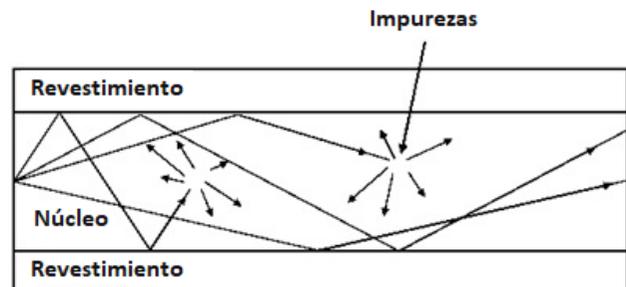


Figura 2. Fibra óptica con redes de Bragg

Otra de las técnicas utilizadas es la interferometría de patrón moteado o interferometría *speckle*, la cual se fundamenta principalmente en los modos de propagación que tiene la luz en el interior de la fibra óptica. Estos modos dependen de la reflexión interna que se produce al interior de la fibra óptica en el viaje de la luz de un extremo al otro. Si bien físicamente solo observamos un punto de luz del orden de las micras o milímetros al final de la fibra óptica, este insignificante punto puede estar conformado, en su interior, por cientos o miles de puntos, que son el resultante de los diferentes modos o caminos posibles de la propagación de la luz en el interior de la fibra, formando así un patrón moteado o patrón *speckle*, como el que se muestra en la Figura 3. Los modos de propagación de la luz pueden aumentar, disminuir o desplazarse de manera aleatoria y proporcional a un esfuerzo aplicado en el exterior de la fibra óptica o en la superficie sobre la cual está sujeta, y sirven de medio de transporte para la vibración en el interior la fibra.

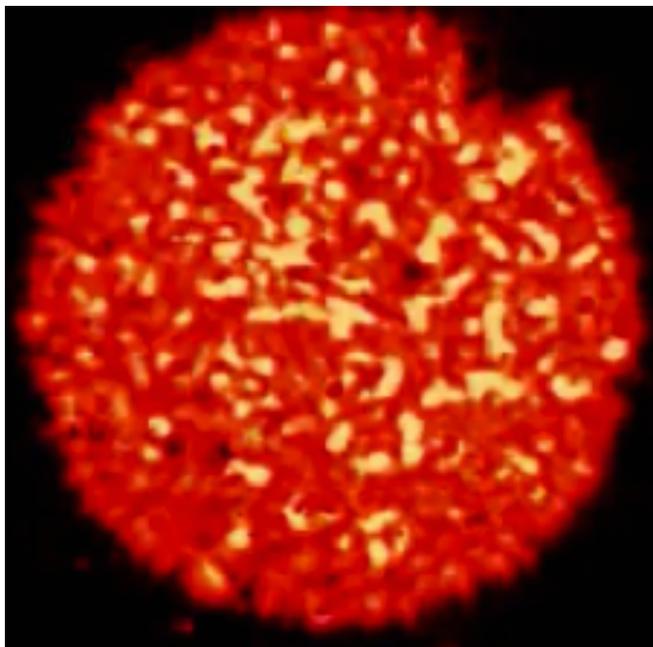


Figura 3. Patrón moteado generado por una fibra óptica

En la actualidad, los sensores de fibra óptica tienen un amplio rango de aplicaciones; por ejemplo, en la medición de la deformación o flexión en puentes, pavimentos, alas de aviones, alerones y aspas de turbinas eólicas, o en la detección temprana de derrumbes, entre otras. En el campo de la seguridad física, podemos encontrar estos sistemas resguardando fronteras, aeropuertos, centros penitenciarios, hangares, helipuertos, perímetros de bases militares fijos o móviles, parcelas, casas, clubes recreativos, cultivos productivos, túneles, bóvedas y una larga y creciente lista de aplicaciones.

FiberLine una patente colombiana

FiberLine es una tecnología desarrollada en Colombia por la empresa HUTEK INC SAS, que se fundamenta en la espectroscopia de speckle o análisis del patrón moteado generado por la dispersión de la luz al cruzar por una fibra óptica plástica.

El sistema toma fotogramas de la luz y los cruza con históricos de varios minutos que le permiten hacer un análisis profundo del tipo de evento ocurrido. Además, mediante inteligencia artificial, aprende del entorno, discierne el tipo de evento e interpreta si este se ha generado por un intruso, por la lluvia o por algún tipo de ruido ambiental. En la Figura 4 se recrea cómo el patrón moteado cambia a medida que vibra la superficie que sujeta la fibra, para este caso malla eslabonada.

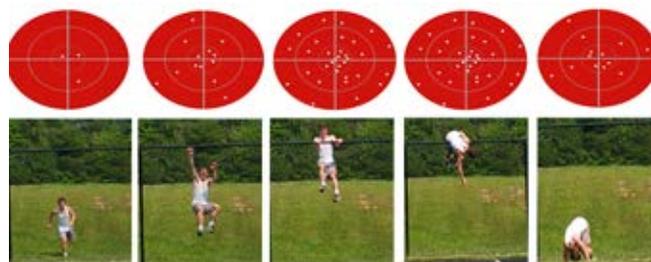


Figura 4. Instantáneas en patrón de speckle vs. intrusión (imagen recreativa)

FiberLine utiliza un intuitivo software de configuración (ilustrado en la Figura 5). Que permite calibrar de forma rápida y automática el sistema por medio de la grabación de eventos reales que se analizan mediante redes neuronales. De igual forma, establece los parámetros de configuración de cada implementación o tramo de 100 m, lo cual reduce los tiempos de instalación drásticamente (en promedio, 3 minutos por metro lineal según condiciones del campo).

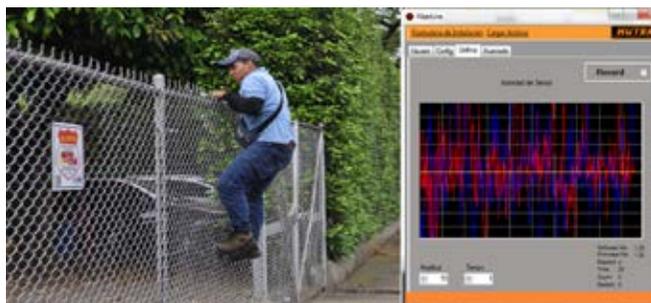


Figura 5. Autocalibración del sistema FiberLine

FiberLine presenta muchas ventajas frente a otro tipo de tecnologías basadas en dispositivos electromecánicos que normalmente se utilizan para la custodia de perímetros, como es el caso de acelerómetros, cable microfónico y demás tecnologías de naturaleza activa. Algunas de estas ventajas son: posee un amplio espectro de detección, que va desde algunos Hz hasta varios KHz, lo cual permite discernir el tipo de evento y reducir las falsas alarmas; puede durar más de 20 años a la intemperie; requiere poco mantenimiento, pues no genera corrosión ni oxidación y convive con el medioambiente; y no se ve afectada por la tempestad, la lluvia, ni la vegetación abundante. En las Figuras 6a y 6b se exponen algunas implementaciones de la tecnología en entornos que, debido al costo de sistemas tradicionales, no era usual proteger con sensores perimetrales de fibra óptica.



Figura 6a. Instalación en malla eslabonada



Figura 6b. Instalación en enrejado

Nominación al Gran Inventor Colombia por el MinCTI



Figura 7a. Episodio "El Gran Inventor Colciencias 2020"

Debido al alto impacto de esta tecnología y a su nivel de sofisticación, fue seleccionada en el año 2019, entre miles de invenciones registradas ante Colciencias, hoy en día el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCTI), como una de las cuatro patentes más relevantes desarrolladas en Colombia, por lo que se le dedicó un episodio de la producción "El Gran Inventor Colombia" en la versión especial "El Gran Inventor Colciencias", la cual destaca las invenciones desarrolladas en el país, y se grabó durante el año 2019 en varias ciudades, Bogotá, Cartagena, Popayán y Pereira, en el marco del *Heroes Fest 2019*, como se muestra en las Figuras 7a y 7b. La producción se emitió por canales digitales durante el año 2020, narrando la historia de diez inventores colombianos, que participaron en diferentes categorías, definidas por Colciencias.



Figura 7b. Episodio “El Gran Inventor Colciencias 2020”

El futuro de la tecnología perimetral

El concepto de protección perimetral se remonta a los inicios de la civilización. El éxito de una comunidad o un país depende de la salvaguarda de sus habitantes, del territorio y de los recursos; por lo tanto, una óptima gestión del perímetro es el primer paso para asegurar el desarrollo de una comunidad, de una industria o de todo un país.

La seguridad física perimetral efectiva abarca cinco acciones fundamentales: 1) disuadir, 2) alejar o retrasar la amenaza, 3) percibir, 4) evaluar y 5) reaccionar o asistir. Por lo tanto, un óptimo control requiere de la convergencia de diversos campos en constante desarrollo, como son las tecnologías de comunicación, el hardware, el software, la web y desarrollo de nuevos materiales. Todos ellos permiten una protección integral que realmente no está al alcance de todos los presupuestos. Sin embargo, tecnologías como el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial, la analítica de vídeo, el Big Data y las redes 5G se han ido convirtiendo en una parte importante de la vida cotidiana, y poco a poco permitirán la masificación de estas tecnologías, poniéndolas al alcance de todos.

Los fabricantes desempeñan, sin duda, un papel fundamental en este reto, y actualmente la integración entre plataformas es bastante común. Así mismo, es

usual encontrar soluciones de analítica de video con sensores anti-intrusión, inteligencia artificial y elementos disuasivos, como luces, alarmas y sistemas de audio para exterior, de múltiples marcas y protocolos. Sin embargo, estos sistemas todavía actúan de forma reactiva frente a las amenazas. En el futuro cercano, la tecnología actuará preventivamente, los dispositivos estarán en capacidad de identificar comportamientos sospechosos mucho antes que se conviertan en amenazas reales, la integración con las autoridades será en tiempo real y la comunidad contará con ventajas frente a situaciones de riesgo gracias a la sofisticada tecnología, que poco a poco se masifica en el mundo.

Referencias

- Prado y Sarria (2019). Colombia, Patente NC2019/0002303A. Método y dispositivo para la detección de vibraciones en la periferia de una fibra óptica. Superintendencia de Industria y Comercio-SIC.
- Triana Infante, C. A., Varón-Durán, M., Pastor-Abellán, D. (2014). Validación de sensores basados en redes de difracción de bragg (fbgs) para deformación y temperatura. ITECKNE, 11(2), 172–182.
- Kashyap, R. (1999). Publicado por Elsevier Science Publishing Co Inc, Estados Unidos, Fiber Bragg Gratings, edición (1), ISBN 10: 0124005608
- J.C. Dainty, Springer (1975). Publicado por Springer, Laser Speckle and Related Phenomena, Volumen (9), edición (1), ISBN 978-3-662-43205-1
- T.S. Yu, Yin y Ruffin (2008). Publicado por CRC Press, Fiber Optics Sensors, edición (2), ISBN 10: 1420053655
- Jacquot y Fournier (2000). Publicado por Springer, Interferometry in Speckle Light-Theory and Applications, ISBN-10: 3642632300

SISTEMA OPTRÓNICO PARA LA DETECCIÓN DE AERONAVES REMOTAMENTE TRIPULADAS

Docente William Alexander Cuevas Carrero

Magíster en Ingeniería, ESUFA

Capitán Mora Salazar Leonardo Augusto

Comandante ESINV, ESUFA

Alumno de 2do Año Gregorio Rodríguez Barbosa

TSA, ESUFA

Resumen

En este documento se presenta el desarrollo de un prototipo que, por medio de un sistema optrónico que utiliza visión artificial (AV, del inglés Artificial Vision), detecta aeronaves piloteadas remotamente (RPAs, del inglés Remotely Piloted Aircraft), a una distancia máxima de veinte metros del aparato. En este prototipo se emplea una cámara web USB de 720 píxeles y procesamiento de imágenes con algoritmos desarrollados en el software Matlab, de la empresa Mathwork. Este proyecto tiene como finalidad innovar en los procedimientos de la seguridad perimetral aérea de la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea "CT. Andrés M. Díaz".

Palabras clave: Dron, optrónica, RPAs, visión artificial.

Abstract

This document presents the development of a prototype that, by means of an optronic system that uses Artificial Vision (AV), TO detect Remotely Piloted Aircraft (RPAs) at a maximum distance of twenty meters from the apparatus. This prototype uses a 720-pixel USB webcam and image processing with algorithms developed with the Matlab software, from the Mathwork company. The purpose of this project is to innovate in the air perimeter security procedures of the "CT. Andrés M. Díaz" School of NCOs of the Air Force.

Keywords: Drone , optronics, RPAs, artificial vision.

Introducción

Cumpliendo con la misión y la visión de la especialidad de Seguridad Aeroportuaria, se propone y ejecuta un proyecto de investigación cuyo objetivo es minimi-

zar las falencias perimetrales en relación con posibles incursiones de aeronaves piloteadas remotamente (RPAs, del inglés Remotely Piloted Aircraft), con lo cual se garantizaría un mejor control del espacio aéreo de la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Área "CT. Andrés M. Díaz". Para la detección se propone utilizar un dispositivo optrónico que usa una cámara web de 720 píxeles, un servomotor para el cambio de posición de la cámara y algoritmos hechos en el software Matlab.

El uso de las RPAs y los vehículos aéreos no tripulados (UAVs, del inglés *Unmanned Aerial Vehicle*) plantea varias preocupaciones técnicas y sociales, ya que pueden ser utilizados para realizar ataques físicos (por ejemplo, recurriendo a explosivos) o ataques cibernéticos (como piratear una infraestructura). Por otra parte, algunos de estos vehículos pueden obtener información vital mediante el uso de exploits de red, y pueden efectuar ataques basados en malware e invasión de espacios aéreos restringidos (Guvenc, Koohifar, Singh, Sichitiu y Matolak, 2018; Marcus, 2018).

Muchos países han iniciado procedimientos legales para racionar el espacio aéreo y han otorgado licencias de piloto para operadores de drones. El espacio aéreo ya no está reservado solo para militares: tanto la industria como los usuarios privados tienen acceso a una amplia gama de tecnologías de UAVs y RPAs. Con la creciente popularidad de los drones han surgido nuevas amenazas potenciales, y por ende se ha vuelto importante desarrollar contramedidas, como los sistemas de detección, localización e interceptación de pequeños drones (Drozdowicz, 2016).

Un método empleado para la detección de RPAs es la visión artificial; sin embargo, esta tecnología tiene la limitante de que las RPAs son dispositivos difíciles de distinguir de otros objetos voladores (como pájaros), especialmente cuando estos están lejos del ob-

servador. Por otro lado, debido a las limitaciones de la batería y la comunicación, las RPAs de consumo generalmente operan a bajas altitudes, mimetizándose con algunos objetos del entorno, como árboles o casas que los ocultan parcialmente. Además, las RPAs pueden moverse en diferentes direcciones y cambiar repentinamente su desplazamiento, dificultando su seguimiento (Liu, Wei, Chen, Pan, Lin y Ren, 2017).

Liu *et al.* (2017) proponen un dispositivo que contiene múltiples cámaras y micrófonos que graban videos (imágenes consecutivas) y sonidos en todas las direcciones. La extracción de características es realizada en imágenes y audio, respectivamente, y luego se fusionan diversas características para lograr la detección de los drones.

Dentro de las capacidades presentadas por Liu *et al.* (2017) se tienen: en cuanto al hardware, se presenta un diseño novedoso de un sistema de captura masiva multiview, con treinta cámaras de alta definición y tres micrófonos, los cuales se encargan de la captura y la transmisión de información a un servidor, en donde se hace el procesamiento de la información. De igual manera, el dispositivo recopila una serie de datos que permiten establecer los modelos de los drones en una variedad de condiciones; cada conjunto de datos contiene, de forma sincronizada, secuencias de imágenes, audio, trayectorias de vuelo e información adicional, como las condiciones climáticas. Finalmente, para la detección de los drones se adaptó un algoritmo de detección que efectúa una fusión de vídeo y audio.

Otros autores (Guvenc *et al.*, 2018; Nguyen *et al.*, 2016; Haluza y Cechak, 2016; Klare, Biallawons y Cerutti-Maori, 2016; Busset *et al.*, 2015) proporcionan una visión general unificada de diferentes técnicas para detectar y rastrear UAVs mediante la radiofrecuencia (RF) ambiental irradiada por estos, lo cual permite la des-autenticación del control de mando y la toma del control del UAV por parte de un mando diferente. Sin embargo, la desventaja de esta tecnología es que, en muchos casos, puede fallar cuando el vuelo del dron es autónomo; además, se deben conocer las diferentes técnicas de control sobre cada una de estas aeronaves. Por otra parte, se emplean técnicas de detección mediante radares de bajo costo FMCW, que emiten ondas electromagnéticas a muy altas frecuencias, disminuyendo la longitud de onda de la señal emitida, con el fin de poder detectar objetos pequeños; sin embargo, con base en la teoría de propagación de ondas, la técnica de radares tiene como desventaja que a mayor frecuencia menor es el alcance de la onda emitida. Por otro lado, al emplear sensores acústicos que funcionan con micrófonos, estos dispositivos garantizan la

recepción de información si el objeto está cerca, pero tienen poca efectividad en ambientes urbanos o en los que existan ruidos fuertes, como por ejemplo el viento, los motores de máquinas, entre otros. Finalmente, otra técnica empleada es la visión artificial, utilizando para el procesamiento de información computadores y para la adquisición sensores ópticos, como cámaras comerciales; sin embargo se tiene como desventaja que esta técnica requiere de la visibilidad sin obstrucción por factores naturales, como niebla, nubes y polvo, para poder detectar los UAVs o RPAs.

Procedimiento

Teniendo en cuenta la normatividad de la resolución 04201 del 27 de diciembre del 2018¹ (Aeronáutica Civil, 2018), que permite vuelos a una altura no superior de 123 metros sobre la tierra o el agua, y con base en una búsqueda tecnológica y en la información encontrada en las hojas de especificaciones de los fabricantes de sensores de distancia infrarrojos o de efecto doppler (ultrasonicos) comerciales de bajo costo, se determinó por parte del equipo de investigación, que estas tecnologías son ineficientes para la detección de RPAs y UAVs, debido a que su distancia de detección está limitada a un rango no mayor de cinco metros, tal y como se evidencia en la tabla 1.

Tabla 1. Búsqueda tecnológica de sensores comerciales

Sensor	Descripción	Rango de medición
Sensor Ultrasonido HC-SR04	Permite medir distancia mediante ultrasonido	De 2 cm a 450 cm
Sensor ultrasónico de aparcamiento BS-A09	Dispositivo empleado para reducir los puntos ciegos en vehículos	Hasta 5 metros
Sensor infrarrojo GP2Y0A710	Sensor óptico capaz de medir la distancia entre él y un objeto; emplea un emisor infrarrojo y un receptor; mide la distancia usando triangulación	Desde 100 a 550 cm
Sensor infrarrojo GP2Y0A02		Desde 20 a 150 cm

Por lo anterior, se optó por un sistema oprónico en el que se emplea una cámara web de 720 píxeles y algoritmos de visión artificial (AV, del inglés *Artificial Visión*), basados en el software Matlab, los cuales se describen en el siguiente diagrama de flujo (figura 1).

¹ Por la cual se “incorporan los reglamentos aeronáuticos de Colombia sobre la operación de aeronaves no tripuladas UAS” (Aeronáutica Civil, 2018).

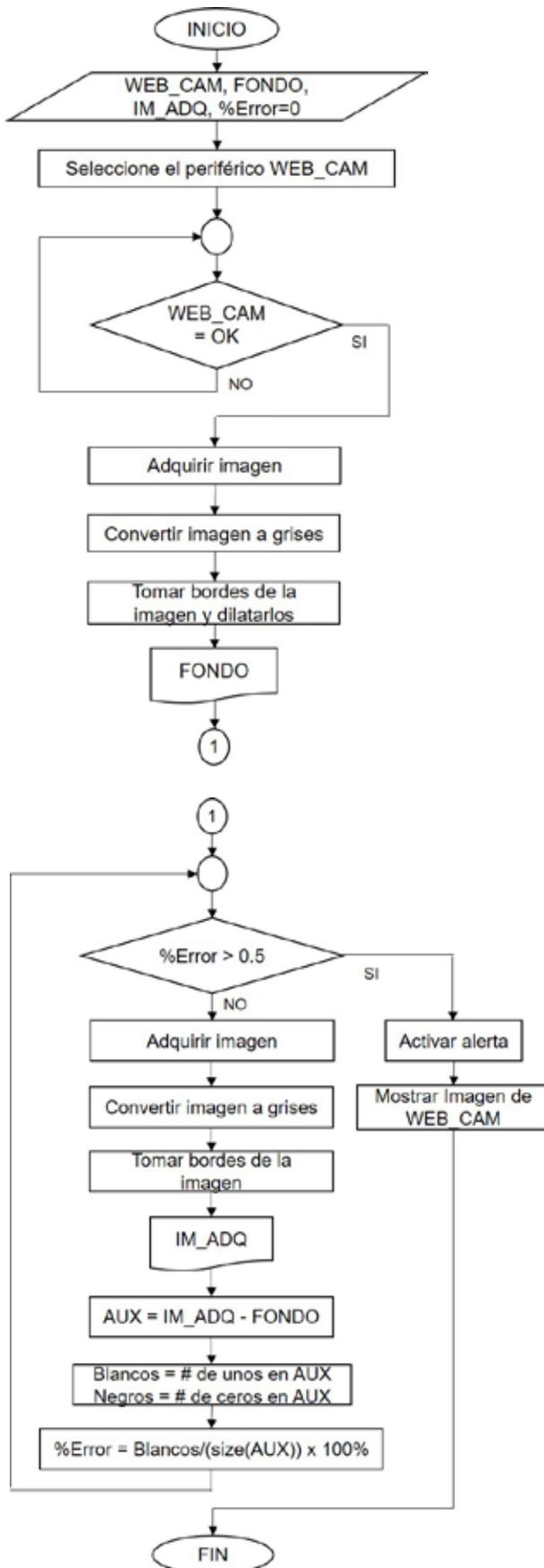


Figura 1. Algoritmo de visión artificial

El dispositivo de visualización empleado es una cámara web Genius Face Cam 1000x, con una resolución de 720 píxeles. Esta cámara se conecta vía USB al computador y debe ser seleccionada mediante software para su uso, ya que, cuando el computador tiene cámara incorporada, presenta una lista de dos periféricos de vídeo conectados; por esta razón, mediante el algoritmo se debe, en primer lugar, elegir con qué periférico se van a adquirir las imágenes, y, mientras no sea seleccionado, el algoritmo entra en un bucle de espera hasta que el usuario haga la elección. Posteriormente, se abre una interfaz de previsualización de la imagen, mostrándole al usuario lo que la WEB_CAM está observando. El algoritmo busca reconocer si hay o no un nuevo objeto dentro de un entorno inicial, para lo cual se adquiere inicialmente el fondo capturando la imagen de la WEB_CAM y se hace un tratamiento para eliminar el color y dejar solo los bordes de la imagen. Posteriormente, estos bordes se dilatan, y así se guarda una imagen con píxeles blancos y negros que podrán ser analizados. Esta imagen es la que se almacena como FONDO. A continuación se muestran los tres procesos que se realizan para obtener el fondo a partir de una imagen adquirida con la WEB_CAM.



Imagen 1. Imagen a color tomada con la WEB_CAM.
Fuente: Autores.

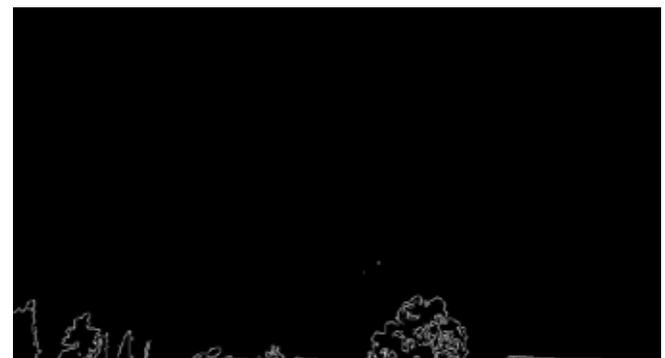


Imagen 2. Bordes de la Imagen 1. Fuente: Autores.

Con el fin de detallar mejor los bordes, estos se dilatan, con lo cual se brinda más información de la imagen, como se muestra a continuación.



Imagen 3. FONDO. Fuente: Autores

La imagen 3 es la que se guarda como FONDO, y con esta se empieza a comparar si hay o no un nuevo objeto dentro de la imagen que la cámara está visualizando. Para esto se realiza un ciclo que se repite cada 200 mS, tiempo suficiente para revisar si hay o no algo nuevo. Dentro del ciclo se toma una nueva imagen y se le realiza de nuevo el proceso de llevarla a escala de grises, sacar bordes y dilatarlos.

Las imágenes son matrices de $m \times n$ elementos, en las que cada elemento es un píxel, bien sea negro (0) o blanco (1). Se hace una resta entre el FONDO y la nueva imagen, procurando eliminar el fondo de la imagen y dejar solamente los nuevos detalles, para entrar así a una rutina de conteo de píxeles blancos y negros en la imagen resultante.

Ahora bien, ¿qué pasaría si a la imagen 3 se le resta la imagen 2? A continuación se presenta la respuesta.

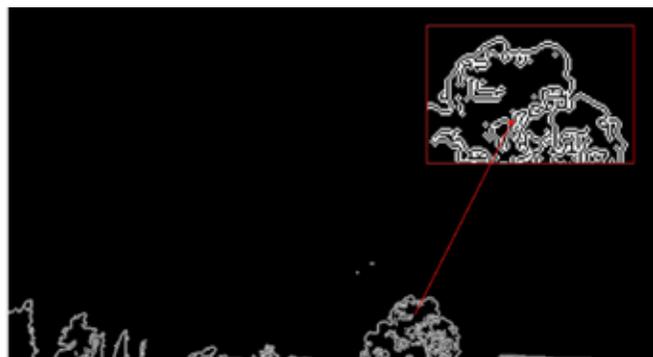


Imagen 4. Resto de la imagen 3 menos imagen 2. Fuente: Autores.

En la imagen 4 se puede observar que, si en la imagen 3 hay píxeles blancos (1s) y se le restan los píxeles blancos de la imagen 2, se convierten ahora en píxeles negros (0s), teniendo en cuenta que $1 - 1 = 0$. Pero en el caso de que sea negro menos blanco, el resultado será negro ($0 - 1 = 0$), y negro menos negro será negro ($0 - 0 = 0$). Ahora bien, si se hace al contrario, es decir, imagen 2 (menor cantidad de píxeles blancos) menos imagen 3, se obtendrá el siguiente resultado:

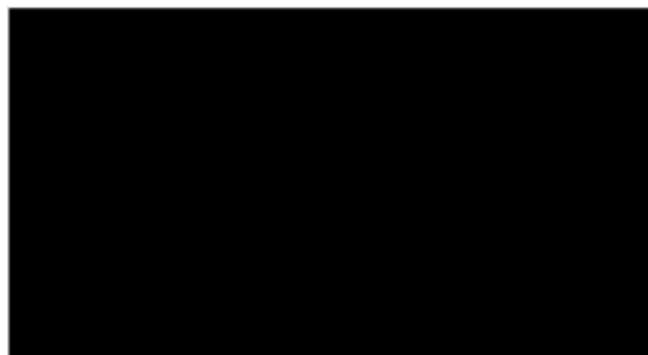


Imagen 5. Resto de la imagen 2 menos imagen 3. Fuente: Autores.

De la imagen 5 se puede observar que se elimina por completo el fondo de la imagen. Esto permite que, por ejemplo, si ingresa un nuevo objeto a la imagen, se pueda contar la cantidad de píxeles blancos sin importar el fondo, y de esta forma determinar si hay o no un objeto.

Para la prueba de campo se instaló la cámara sobre un servomotor que cambia la zona de visión de la WEB_CAM, y se ubicó sobre un soporte adaptado en el área de estudio. En la siguiente sección se presentan los resultados obtenidos en las pruebas de campo.

Resultados

En las imágenes 6 y 7 se presenta la detección del Drone Phantom 4, empleado para pruebas a una distancia aproximada de 5 metros de la cámara, utilizando el algoritmo de visión artificial, el cual generó una alerta al sistema y presentó el objeto intruso.



Imagen 6. Adquisición de un Drone Phantom 4 a 5 metros de la cámara, con poca distorsión de fondo.

Los resultados del procesamiento de imágenes con el algoritmo serán presentados con la imagen mostrada anteriormente.

Con la información de la imagen 10 se elimina el fondo que es la imagen 3 y se revisan los resultados del objeto encontrado.



Imagen 7. Adquisición de un Dron Phantom 4 a 5 metros de la cámara, con árboles como distorsión de fondo.



Imagen 8. Adquisición de un Dron Phantom 4 a 20 metros de la cámara, con árboles como distorsión de fondo.

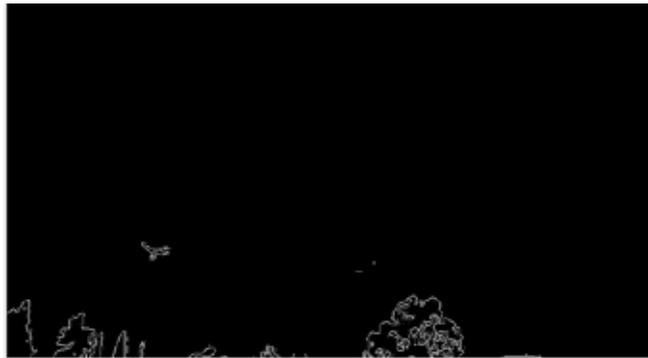


Imagen 9. Bordes de la imagen 8. Fuente: Autores.



Imagen 10. Imagen adquirida dilatada. Fuente: Autores



Imagen 11. Imagen final. Fuente: Autores

De la imagen 11 se puede observar que gran parte del fondo se elimina y se resalta el objeto intruso en la imagen. Al hacer conteo de píxeles, se encuentra que un 1.075% del total de la imagen corresponde a blancos. Al momento de superar un umbral máximo del porcentaje de píxeles blancos en la imagen, el cual es establecido antes de ejecutar el algoritmo, el sistema activa una alerta e inmediatamente presenta una imagen a color, presentando los detalles del evento que hizo superar el umbral de píxeles blancos, como se presentó en las imágenes 6, 7 y 8, permitiéndole al usuario determinar qué clase de intruso es, ya que por ahora el sistema no es capaz de identificar si es un dron, un ave u otro tipo de intruso. Con el fin de presentarle de forma automática al usuario el tipo de intruso encontrado, este proyecto será complementado con el uso de la inteligencia artificial.

Durante las pruebas realizadas, se encontró que el sistema de detección tenía un retardo aproximado de 2 segundos en dar la alerta luego de que se hacía la detección del intruso. Por ende, el equipo de trabajo propone mejorar algunos componentes del algoritmo, así como optimizar los equipos con que se está trabajando.

Conclusiones

Se logró identificar un objeto intruso dentro de un área específica a una distancia de hasta 20 metros de una cámara web de 720 píxeles; si el objeto es más grande podría ser identificado a mayor distancia, y si es más pequeño la distancia será menor, ya que el sistema depende mucho de la resolución de la cámara.

Con el sistema optrónico es posible minimizar las falencias perimetrales en tiempo real, generando alertas tempranas cuando se presenten posibles incursiones con tecnologías de RPAs. Esto garantizaría un mejor control del espacio aéreo de la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea "CT. Andrés M. Díaz", o de cualquier otra base de la Fuerza Aérea.

Como mejoras al sistema, se propone alimentarlo con más tomas del fondo para tener más información y poder analizar mejor la imagen de entrada, ya que el algoritmo de dilatación cambia cada vez que se ejecuta. Por otra parte, se propone cambiar la cámara por una de más resolución, así como entrenar una red neuronal artificial para identificar el tipo de intruso y, en este caso, generar alarmas solo cuando se esté ante un RPA o UAV. El sistema de procesamiento de información también es un factor importante, ya que en las pruebas realizadas se tuvo un retraso de aproximadamente 2 segundos entre el momento en que pasó el objeto por la zona de estudio y el momento de dar la alerta.

Una de las posibilidades planteadas por el equipo es emplear cámaras de mayor resolución PTZ, las cuales permiten tener una mejor definición en la imagen y tienen la función de hacer zoom por software para realizar acercamientos al objeto y obtener mayores detalles de este. Esto le permitiría al equipo encargado de la seguridad tomar decisiones sobre el procedimiento que se debe realizar, de tal modo que si el RPA o UAV está equipado con cámaras, se podría inhibir o derribar sin inconvenientes, pero si se cuenta con alguna carga desconocida, lo mejor sería derribarlo en una zona segura o inhibirlo con un procedimiento de regreso a casa para no afectar las instalaciones o al personal de la base. De esta manera, se tendría un control eficiente del espacio aéreo en las bases.

Referencias

- Aeronáutica Civil (2018). Resolución No. 04201 del 27 de diciembre de 2018. Recuperado el 24 de agosto de 2020 de <http://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/sistema-%20de-aeronaves-pilotadas-a-distancia-rpas-drones/Paginas/Reglamentacion.aspx>
- Busset, J. et al. (2015). Detection and Tracking of Drones Using Advanced Acoustic Cameras Proc. *SPIE Security + Defence*, 9647, 1- 8.
- Drozdowicz, J. et al. (2016). 35 GHz FMCW drone detection system. 2016 17th *International Radar Symposium (IRS), Krakow*, 1-4. doi: 10.1109/IRS.2016.7497351.
- Guvenc, I., Koohifar, F., Singh, S., Sichertiu, M.L. y Matolak, D. (2018). Detection, Tracking, and Interdiction for Amateur Drones. *IEEE Communications Magazine*, 56(4), 75-81. doi: 10.1109/MCOM.2018.1700455.
- Haluza, M. y Cechak, J. (2016). Analysis and Decoding of Radio Signals for Remote Control of Drones. Proc. *IEEE New Trends in Signal Processing, Demanovska Dolina, Slovakia, Oct. 2016*, 1-5.
- Klare, J., Biallawons, O. y Cerutti-Maori, D. (2016). Detection of UAVs Using the MIMO Radar MIRA-CLE Ka. Proc. *Euro. Conf. Synthetic Aperture Radar, Hamburg, Germany, June 2016*, 1-4.
- Liu, H., Wei, Z., Chen, Y., Pan, J., Lin, L. y Ren, Y. (2017). Drone Detection Based on an Audio-Assisted Camera Array. *2017 IEEE Third International Conference on Multimedia Big Data (BigMM), Laguna Hills, CA*, 402-406. doi: 10.1109/BigMM.2017.57.
- Marcus, J. (19 de septiembre de 2018). Ataque en Arabia Saudita: qué países tienen drones en Medio Oriente (y cómo China está haciendo que sean un arma cada vez más accesible). *BBC News*. Recuperado de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-49736688>.
- Nguyen, P. et al. (2016). Investigating Cost-Effective RF-Based Detection of Drones. Proc. *ACM Wksp. Micro Aerial Vehicle Net., Sys., and Appl. for Civilian Use, Singapore, June 2016*, 17-22.

MISIONES ESPACIALES A MARTE - PARTE 1 (URSS-RUSIA)

Resumen

Marte es uno de los planetas más cercanos a la Tierra y por eso resulta especialmente atractivo para el personal científico, que ha venido planteando algunas preguntas sobre él: ¿Tiene algún tipo de vida?, ¿Con qué recursos cuenta?, ¿Será posible habitarlo? Para lograr responderlas, se han realizado diferentes estudios, desde inspecciones por medio de telescopios hasta misiones que aterrizan e investigan directamente la composición físico-química de su atmósfera, de su superficie e inclusive de sus lunas. Durante la carrera espacial entre los Estados Unidos y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviética (URSS), esta última buscó ser pionera en la conquista de Marte y desarrolló un gran número de misiones, con el fin de investigar todas las condiciones del planeta. De hecho, una sonda construida por ellos fue el primer elemento fabricado por los seres humanos en tocar suelo marciano, aunque con desafortunados fallos que no permitieron que su avance fuera el esperado.

Abstract

Mars is one of the planets closest to Earth and that is why it is especially attractive to the personal scientist, who has been asking some questions about it: does it have any kind of life? What resources does it have? Will it be possible to inhabit it? To be able to answer them, different studies have been carried out, from inspections through telescopes to missions that land and directly investigate the physical chemical composition of its atmosphere, its surface and inclusive of its moons. During the space race between the United States and the Union of Soviet Socialist Republics (USSR), the latter sought to pioneer the conquest of Mars and developed a large number of missions in order to investigate all conditions on the planet. In fact, a probe built by them was the first element manufactured by humans to touch Martian soil, although with unfortunate failures that did not allow its advance to be as expected.

Keywords: Mars, space mission, probe, USSR.

Orientador de Defensa Daniel Alberto Arteaga Puentes
Estudiante en Maestría en Ingeniería, ESUFA

Introducción

Los últimos 60 años han supuesto el cumplimiento del sueño exploratorio de aquellos que se interesan por ver más allá de los confines de la Tierra. Ya desde el inicio de las civilizaciones humanas, se buscaba comprender lo que se observaba en el firmamento. En una época, los hombres consideraban que las estrellas eran fogatas que otras tribus prendían en el cielo, o que el universo era una placa que sostenía el caparazón de una tortuga gigante. Posteriormente, el astrónomo griego Ptolomeo consideró que la Tierra estaba inmóvil en el centro del universo (Kordon, 2006). De igual forma, la literatura demostró el interés por el espacio en las obras de autores como Julio Verne, H. G. Wells y el mismo Johannes Kepler.

Uno de los planetas de nuestro sistema solar sobre el que se han realizado más estudios es Marte, nombrado así por uno de los dioses más importantes de los romanos: el dios de la guerra. De hecho, el año romano iniciaba en el mes consagrado a este dios: "Martius mensis", mes de marzo, el mes en que comenzaba el ciclo agrícola (Villaseñor Cuspinera, 2004). Marte despertó gran interés después de que el astrónomo italiano Giovanni Virginio Schiaparelli (1835-1910) observó líneas largas y rectas en su superficie, a las que llamó "Canali" (canales), y a pesar de plantear que fueron formadas por condiciones naturales, muchos las concibieron como estructuras artificiales ideadas por una inteligencia superior (Levy, 1998), lo que hizo que se pensara en la posibilidad de la existencia de vida en ese planeta.

Marte es el cuarto planeta desde el Sol, y se encuentra ubicado entre la Tierra y Júpiter. Es llamado "el planeta rojo" por su superficie cubierta de óxido de hierro. Tiene una órbita más elíptica que la de la Tierra, por lo que su distancia al Sol varía más, hasta el punto de que en la aproximación más cercana recibe 45 % más radiación solar que en su punto más lejano. Las temperaturas en su superficie oscilan entre los -140° C y los 20° C. Es un lugar conformado por actividad volcánica, bombardeo de meteoritos, inundaciones y viento, y no existe vegetación. Tiene grandes volcanes, como el Olimpo, considerado el volcán más grande del sis-

tema solar, con una elevación de 22.000 metros y con llanuras inundadas de lava volcánica. En su hemisferio sur imperan montañas, y en el norte, tierras bajas. El planeta está formado (figura 1) por un núcleo rico en hierro de aproximadamente 3.294 km, por un manto de 1.700 km compuesto de roca fundida, mayor que la del suelo terrestre, y por la corteza, que mide 50 km y está compuesta de rocas sólidas. La atmósfera es delgada, compuesta en un 95 % de dióxido de carbono, en un 2,6 % de nitrógeno y en un 2,1 % de oxígeno, monóxido de carbono, vapor de agua y otros gases (Kordon, 2006).

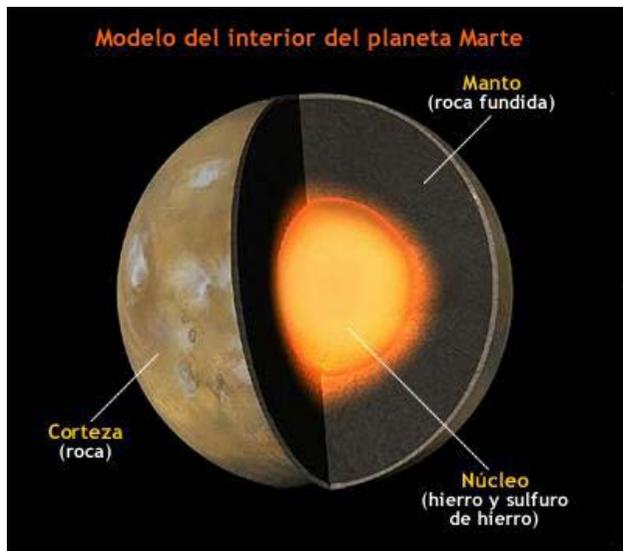


Figura 1. Fuente: (La exploración de Marte, s. f.)

La tabla 1 considera algunos datos sobre las propiedades de Marte, y la tabla 2, algunos datos surgidos de la comparación entre la Tierra y Marte.

Tabla 1. Adaptada de (Kordon, 2006)

Distancia media al Sol	227,9 millones de km
Revolución solar (año marciano)	1,88 años
Diámetro en el Ecuador	6.794 km
Velocidad Orbital	24,13 km/seg
Masa	6,39 x10 ²³ kg
Gravedad	3,724 m/seg ²
Densidad	3,93 g/cm ³
Temperatura promedio	-63° C
Lunas	2
Inclinación del eje	25,2°

Tabla 2. Comparación entre Marte y la Tierra.

Fuente: Córdoba Jabonero (2004)

	Tierra	Marte
Presión atmosférica (mbar)	1013 mbar	4 – 7 mbar
Temperatura (mín.)	-90°C	-140°C
Temperatura media	15°C (288 K)	-63°C (210 K)
Temperatura (máx.)	60°C	20°C

En estos sesenta años de exploración de Marte se ha recopilado una cantidad impresionante de información, todo gracias a las misiones que se han realizado para captar las propiedades y la composición del planeta. Los científicos han llegado a diversas conclusiones sobre cómo han sido sus características a lo largo de millones de años: se sabe, por ejemplo, que estuvo cubierto por océanos de agua líquida; sin embargo, al perder su campo magnético, su atmósfera se debilitó tanto que perdió el agua superficial. Además, el clima se enfrió, y por eso el agua se encuentra ahora congelada en los polos y en el subsuelo. También se ha detectado metano, cuyo origen podría haber sido provocado por procesos geológicos o biológicos (Nieto Jalil, 2018). El metano en la Tierra procede, en su mayor parte, de organismos vivos, y esta es la razón por la cual existe un gran interés por saber cómo se formó este gas en Marte.

A continuación se hará un repaso a estas misiones que contribuyeron al conocimiento tan inmenso que tenemos hoy en día sobre este planeta.

Misiones de la URSS-RUSIA

La primera misión para la exploración de Marte, del programa soviético Mars 1M, apodado *Marsnik*, no tuvo mucho éxito. Las sondas 1960A y 1960B, enviadas el 10 y 14 de octubre de ese año, pretendían realizar un sobrevuelo en la atmósfera marciana (Primeras misiones soviéticas en Marte, s. f.). Las dos naves espaciales inicialmente incluían un sistema de imágenes de TV, un espectrómetro UV y un espectrorreflectómetro para detectar vida orgánica. Sin embargo, las restricciones de masa obligaron a los ingenieros a eliminar estos instrumentos una semana antes del lanzamiento y a llevar únicamente detectores de micrometeoritos, trampas de iones, magnetómetro y detectores de rayos cósmicos (Siddiqi, 2018). De acuerdo con la información suministrada por Asif Siddiqi, la nave consistía básicamente en un cilindro de aproximadamente un metro de diámetro

(figura 2), con sistemas básicos, como regulador de temperaturas, baterías cargadas por paneles solares, sistema de comunicación, estabilizador de tres ejes y un motor de corrección de rumbo S5.9.



Figura 2. Fuente: Astromía (s. f.)

La falla en la nave se presentó cinco minutos después del lanzamiento: el cohete Molniya 8K78 perdió el control debido a unas vibraciones violentas, lo que produjo la mala operatividad del giróscopo. La nave alcanzó una altura de 120 km, ingresó de nuevo en la atmósfera y se desintegró en Siberia (El programa Mars o Marsnik (URSS) s. f.).

A pesar del fracaso, la URSS realizó un nuevo intento de su programa a finales del año 1962 con tres sondas: dos 2MV-4 (figura 3) para sobrevuelo y una 2MV-3 para aterrizaje. El 24 de octubre de 1962, la primera sonda 2MV-4 tuvo problemas debido a una fuga de lubricante que produjo la explosión del motor. El 1 de noviembre, la otra sonda 2MV-4 logró estar en la órbita terrestre, pero al ser disparada hacia Marte se presentó una baja de presión en las botellas de nitrógeno hasta llegar a nivel cero, y, a pesar de que se intentó controlar el vehículo mediante los paneles solares, esto no fue posible y se perdió contacto con la sonda el 21 de marzo de 1963 (Siddiqi, 2018). En el tercer intento, el motor de la sonda 2MV-3 se apagó prematuramente, debido a un mal funcionamiento que se produjo por las vibraciones excesivas durante la cuarta etapa en la órbita terrestre baja LEO (Low Earth Orbit) (Huntress y Marov, 2011).



Figura 3. Sonda 2MV-4. Museo Memorial de la Cosmonáutica en Moscú. Fuente: Siddiqi (2018)

El objetivo de la misión ZOD 1, que envió la sonda 3MV-1A el 11 de noviembre de 1963, era viajar a Marte y Venus. La sonda tenía la capacidad de viajar más allá de la Luna, ir al espacio profundo y retornar a la Tierra. Sin embargo, tras su despegue se perdió contacto con la sonda al fallar la cuarta etapa, y quedó suspendida en la órbita LEO. Otra sonda de prueba fue enviada en julio de 1965, pero se perdió la comunicación con ella cuando se dirigía a Marte (Huntress y Marov, 2011). En 1969 se dan dos nuevos intentos con la sonda M-69, pero resultan fallidos ya que, por cuestiones de peso, esta no alcanza la órbita terrestre (Siddiqi, 2018).

Cosmos 419 fue una misión con la que nuevamente se pretendía orbitar Marte. En 1971 fue lanzada la sonda M-71S, la primera con computadoras digitales, pero falló debido a un error humano de programación relacionado con el tiempo de disparo: después de estar en la órbita terrestre debía activarse en 1,5 horas, pero fue programada para que lo hiciera a las 150 horas. En mayo del mismo año se enviaron las misiones Mars2 y Mars3, con el objetivo de orbitar Marte y aterrizar en la superficie del planeta con un explorador. La primera Mars2 logró orbitar, pero falló el módulo de descenso y el paracaídas no se desplegó, convirtiéndose en el primer objeto hecho por el hombre en golpear el suelo marciano (Yanes, 2016). La segunda sonda, Mars3, logró igualmente orbitar Marte y alcanzó a tocar suelo de forma controlada, pero a causa de una tormenta de polvo perdió contacto y no logró desplegar completamente el dispositivo de exploración en tierra PrOP-M (figura 4), que pretendía tomar fotografías y realizar diversas pruebas en la superficie de Marte (Siddiqi, 2018).

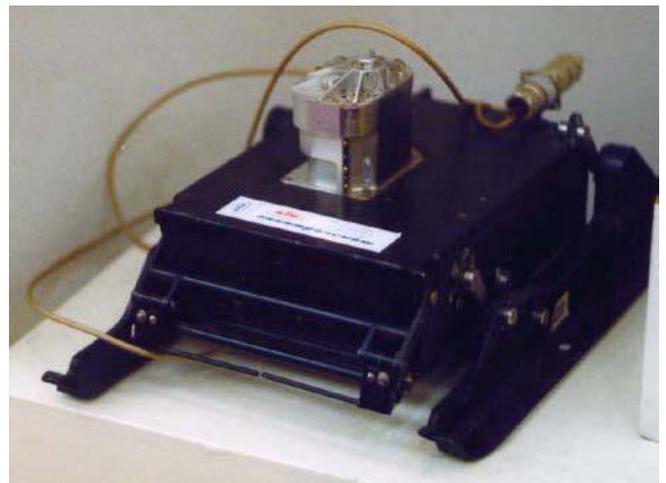


Figura 4. Fuente: Siddiqi (2018)

En 1973 se desplegaron cuatro misiones (Mars4, Mars5, Mars6, Mars7) con la sonda M-73. Aunque continuaron los fallos, en estas misiones sí se logró recopilar información importante. Mars4 falló debido a la utilización de transistores defectuosos; Mars5

tuvo una despresurización lenta por una posible colisión con una partícula en la órbita marciana, pero logró tomar una serie de fotografías durante aproximadamente nueve días; Mars6 presentó un problema de telemetría de transmisión de datos, pero envió a la Tierra mediciones directas de temperatura y presión de la atmósfera marciana y su composición química; finalmente, Mars7 tuvo fallas en los sistemas de comunicación y adicionalmente el motor de los retrocohetes para el aterrizaje no se encendió, probablemente por defectos en los transistores (Siddiqi, 2018).

Ahora bien, las lunas de Marte (descubiertas por el astrónomo americano Asaph Hall en 1877) también han sido importantes para el estudio del planeta. Las lunas Fobos ("Miedo") y Deimos ("Pánico") tienen forma irregular y son pequeñas en comparación con las dimensiones de Marte, y su cercanía con el planeta dificulta su estudio. Fobos, la más grande, tiene 28 km de largo y 20 km de ancho, y está dominada por un enorme cráter de 10 km de ancho. Deimos es más pequeña, con 16 km de largo por 10 km de ancho, y su cráter más ancho mide 2,3 km. Ambas lunas orbitan el planeta en sentido antihorario: Fobos tiene un periodo orbital de 7 horas y 39 minutos, mientras que Demios tarda 30 horas y 18 minutos (Chaisson y McMillan, 2015). La URSS realizó dos misiones, denominadas Fobos1 y Fobos2, para estudiar Marte desde sus lunas con la sonda 1F, y para ello recibió la ayuda de otros países, como Bulgaria, Austria, Finlandia, Francia, Alemania, Irlanda, Polonia y Suiza, entre otros. Fobos1 falló debido a un error en el comando cuando ya se encontraba en la luna de Marte, y Fobos2, igualmente, falló antes de realizar el aterrizaje (Huntress, JR. & Marov, 2011).

Mars8 fue la misión rusa que en 1996 intentó aterrizar en Marte después del colapso de la URSS, por medio de la nave M1 (figura 5). Esta comprendía un orbitador, dos pequeñas estaciones autónomas y dos penetradores independientes, y con ella se pretendía estudiar la superficie y atmósfera marciana. Logró orbitar en la Tierra, pero hubo un fallo en el lanzamiento que la hizo reentrar en la Tierra, cayendo en suelo chileno (Siddiqi, 2018).

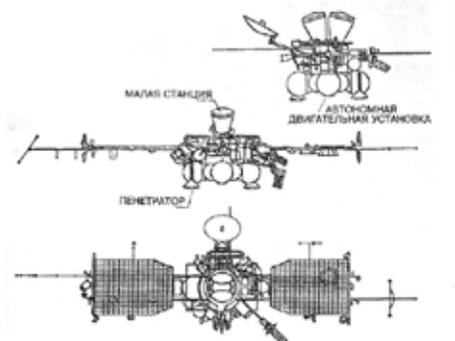


Figura 5. Fuente: The Mars-96 Mission (2012)

El último intento de estudiar Marte por parte de Rusia consistió en una misión (denominada Fobos-Grunt) para traer los restos de Fobos1 con ayuda del orbitador chino Yinghuo-1. El objetivo científico incluía el estudio de las características físicas y químicas del suelo de Fobos, el medioambiente alrededor de Fobos, las variaciones climáticas y estacionales de la atmósfera y la superficie marciana. Lamentablemente, nunca dejó la órbita terrestre y terminó cayendo en el Océano Pacífico (Álvarez, 2018).

A pesar de los múltiples fracasos, Rusia no ha perdido el interés por explorar Marte, y quiere enviar una nueva misión al planeta rojo junto con la Agencia Espacial Europea (ESA), según informó Vladimir Popovki, el director general de Roscosmos (corporación estatal que se estableció para supervisar e implementar la industria espacial rusa) (Roscosmos, s. f.).

Conclusiones

De acuerdo con la investigación realizada, la URSS y Rusia cuentan con la mayor cantidad de misiones enviadas a Marte para su exploración, pero, desafortunadamente, son las que mayores fracasos han tenido. Los soviéticos siempre tuvieron afán por ser los primeros en la carrera espacial disputada con los Estados Unidos, razón por la cual sus ingenieros padecieron mucha presión para diseñar las naves y la misión.

Cada misión le aportó un avance técnico a la siguiente. De esta forma, haber tenido esta serie de errores evitará que se repitan en las misiones que planea Rusia junto con la Agencia Espacial Europea. Estas misiones tendrán una mayor planeación, sin el entorno de presión ni competencia extremas, y permitirán una mejor recopilación de datos sobre las condiciones del planeta Marte (DW 2012).

Referencias

Álvarez, R. (16 de marzo de 2018). Vladimir Putin asegura que Rusia está lista para enviar su primera misión a Marte en 2019. *Xataka*. Recuperado de <https://www.xataka.com/espacio/vladimir-putin-asegura-que-rusia-esta-lista-para-enviar-su-primera-mision-a-marte-en-2019>

DW 2012. Rusia planea misiones a Marte y la Luna pese al fracaso de la sonda Fobos (19 de enero de 2012). *DW*. Recuperado el 17 de junio de 2020, de <https://www.dw.com/es/rusia-planea-misiones-a-marte-y-la-luna-pese-al-fracaso-de-la-sonda-fobos/a-15675323>

- Primeras misiones soviéticas en Marte (s. f.). *Astromía*. Recuperado el 11 de junio de 2020 de <https://www.astromia.com/historia/sovietmarte.htm>
- Chaisson, E., y McMillan, S. (2015). *Astronomy Today*. Harlow, England. Pearson Education.
- Córdoba Jabonero, C. (2004). Radiación ultravioleta solar en Marte: Implicaciones biológicas y búsqueda de ambientes potencialmente habitables. *Ciencias Planetarias*, 55-63. <http://campus.usal.es/~geozona/planetas/edicion2004/Jabonero.PDF>
- El programa Mars o Marsnik (URSS) (s. f.). Recuperado el 11 de junio de 2020 de <https://sites.google.com/site/trabajocmcmarte/viajes/arturo>
- Huntress, W. T. Jr., y Marov, M. Y. (2011). *Soviet Robots in the Solar System: Mission Technologies and Discoveries*. New York, USA. Springer Praxis Books. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7898-1>
- Kordon, M. (2006). *Atlas Visual de la Ciencia (Universo)*. Barcelona, España - Buenos Aires, Argentina. Sol 90.
- La exploración de Marte. (s. f.). Red Estelar. Recuperado 11 de septiembre de 2020, de <http://red-estelar.webcindario.com/La-exploracion-de-Marte.html>
- Levy, D. H. (1998). *Observar el Cielo*. Barcelona, España. Planeta S.A.
- Nieto Jalil, J. M. (11 de junio de 2018). Marte. *Diario Expreso*, p. 2A.
- Roscosmos (s. f.). , Roscosmos General Information. Moscow, Rusia Recuperado el 7 de junio de 2020, de <http://en.roskosmos.ru/119/>
- Siddiqi, A. A. (2018). *Beyond Earth: A chronicle of deep space exploration, 1958–2016* (Second edition). Washington, DC, EE.UU. National Aeronautics and Space Administration, Office of Communications, NASA History Division.
- The Mars-96 mission (2012). *RussianSpaceWeb.com*. Recuperado de <http://www.russianspaceweb.com/mars96.html>
- Villaseñor Cuspinera, P. (2004). Marte, más que un simple planeta: Una breve nota etimológica. *Revista Digital Universitaria*, 5(5), 1.1-1.5.
- Yanes, J. (2 de diciembre de 2016). La conquista de Marte: Una nueva carrera espacial plagada de fracasos. *OpenMind*. Recuperado de <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/fisica/la-conquista-de-marte-una-nueva-carrera-espacial-plagada-de-fracasos/>

MISIONES ESPACIALES A MARTE - PARTE 2 (ESTADOS UNIDOS)

Orientador de Defensa Daniel Alberto Arteaga Puentes
Estudiante en Maestría en Ingeniería, ESUFA

Resumen

La exploración a Marte se ha desarrollado en los últimos 60 años. Desde que en la Guerra Fría se tuvo la carrera espacial, los Estados Unidos han participado con alrededor de veinte misiones que han permitido tener un inmenso conocimiento de la atmósfera, el clima, la composición química del suelo, la estructura mineral y la temperatura, entre otros aspectos de Marte. Las diferentes misiones, unas con más éxito que otras, han generado valiosos aportes para que se tengan condiciones cada vez más seguras de lanzamiento, orbitación y aterrizaje, con lo cual se ha avanzado en el objetivo de habitar algún día este planeta del sistema solar.

Abstract

Exploration of Mars has been developing in the last 60 years. Since the space race took place in the Cold War, the United States has participated with around twenty missions that have allowed us to have an immense knowledge of the atmosphere, weather, chemical composition of the soil, mineral structure and temperature, among other aspects of Mars. The different missions, some more successful than others, have generated valuable contributions for launching, orbiting and landing conditions to be increasingly safe, thus making progress towards the goal of one day inhabiting this planet in the solar system.

Keywords: Mars, mission, Nasa, probe

Introducción

Una sonda espacial es un elemento artificial que es enviado al espacio con el objetivo de estudiar el Sistema Solar, principalmente los planetas, satélites, asteroides y cometas. No son tripuladas y recopilan información que envían para análisis en la Tierra. En ocasiones se denominan satélites artificiales, sobre todo cuando orbitan un determinado astro, pero, por lo general, tienen trayectorias de acercamiento (Sombrerero Espinoza *et al.*, 2016).

Generalmente, las sondas portan equipos para recopilar información científica, tales como: magnetóme-

tro para medir el campo magnético de los planetas (en el caso de Marte, se demostró que este planeta tuvo campo magnético como la Tierra, y ahora su residuo se encuentra en las rocas formadas en ese momento (Russell, 2003), detector de micrometeoroides, cámaras fotográficas o de vídeo, sensores de temperatura, contadores de centello para medir la radiación ionizante, contadores Geiger para medir radioactividad, detector Cherenkov de rayos cósmicos, trampas de iones, detectores de partículas fotoconductoras, detectores de partículas de polvo, analizador electrostático para plasma solar, espectrómetros, entre muchos otros instrumentos que permiten el estudio del Sistema Solar.

La carrera espacial entre Estados Unidos y la Unión Soviética empezó con el lanzamiento de la primera sonda por parte de la URSS, el Sputnik I (figura 1), el 4 de octubre de 1957. En 1958, los Estados Unidos lanzarían su primer satélite, el Explorer 1 (Roman-González & Vargas-Cuentas, 2012). El primer intento de enviar una sonda al espacio profundo por parte de cualquier país lo llevó a cabo el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, bajo la supervisión de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada (ARPA): la Agencia de Misiles Balísticos del Ejército y la División de Misiles Balísticos de la Fuerza Aérea (USAF) lanzaron la sonda denominada Able 1, en una misión conocida como Pioneer 0 (Siddiqi, 2018). Sin embargo, fue la URSS la primera en sacar un objeto fabricado por el hombre fuera del campo de atracción terrestre: el 2 de enero de 1959, la sonda Lunik 1 se acercó a 6.000 km de la Luna y continuó su viaje en el espacio después de transmitir algunos datos científicos (Las sondas de Marte – Astronoo, 2014).



Figura 1. Sputnik 1

Fuente: (Roman-González & Vargas-Cuentas, 2012)

Al inicio de la carrera espacial, con Sergey Pavlovich Korolyov y Wernher Von Braun liderando, respectivamente, los programas soviéticos y de la recién creada NASA (la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio, por sus siglas en inglés), se tenían objetivos militares que se fueron transformando para darle un mayor peso al ámbito científico y propagandístico, todo en el marco de la Guerra Fría. Este interés se tradujo en una mayor disponibilidad de recursos y fondos para la exploración espacial.

Cada 26 meses se presenta la oportunidad de enviar misiones a Marte, al haber un alineamiento entre la Tierra, Marte y el Sol. En estas circunstancias, la distancia entre los dos planetas es mínima (Martínez, 2014). El interés por la exploración de Marte se puede apreciar en la cantidad de misiones que se envían. A continuación se hará una descripción de las misiones que han sido dirigidas por los Estados Unidos.

Mariner

La serie de misiones Mariner empezaron con el objetivo de explorar Venus, con Mariner I y Mariner II. En 1964, Mariner III y Mariner IV, la NASA se propuso enviar dos sondas idénticas (figura 2), con el objetivo de fotografiar la superficie marciana mediante un sobrevuelo. Sin embargo, la Mariner III presentó un error de separación en el momento del lanzamiento, lo que impidió el despliegue de los paneles solares e hizo que la sonda no alcanzara una trayectoria adecuada (Siddiqi, 2018).



Figura 2. Fuente: (Martínez, 2014)

Veintitrés días después, el 28 de noviembre, se envió la misión Mariner IV, uno de los grandes éxitos de la NASA, ya que se obtuvieron las primeras fotos de otro planeta desde el espacio, como la transmitida el 15 de Julio de 1965 (Siddiqi, 2018) (figura 3). También se obtuvieron los primeros datos de presión y temperatura, y se demostró que Marte tiene un campo magnético débil (Martínez, 2014).

Con las misiones Mariner VI y VII, naves idénticas fueron destinadas a sobrevolar y estudiar la superficie

y atmósfera de Marte. Mariner VI tomó 24 fotos, que mostraban áreas caóticas y con cráteres muy similares a algunas partes de la Luna. Mariner VII descubrió que el centro de Hellas no tenía cráteres. La nave espacial encontró una presión de 3.5 milibares y una temperatura de -90°F a $59^{\circ}\text{S} / 28^{\circ}\text{E}$ en la región de Hellespontus, lo que sugiere que esta área se eleva a unos seis kilómetros sobre el terreno promedio. También tomó fotografías de Fobos que mostraban su forma irregular (Siddiqi, 2018).

En 1971 se enviaron a la órbita de Marte dos naves con las mismas características, para recopilar datos sobre los orígenes y la evolución del planeta, y sobre física planetaria, geología y cosmología, información útil para el aterrizaje de naves futuras. Mariner 8, lanzada el 9 de mayo, tuvo problemas en la etapa de separación superior, y como resultado se apagaron los motores, lo que obligó a que retornara a la Tierra y se estrellara al norte de Puerto Rico. Por otro lado, Mariner 9, lanzada el 30 de mayo, nos enseñó la importante lección de que una perspectiva global es necesaria para comprender completamente un planeta (Huntress *et al.*, 1996). Con Mariner 9 se afianzó la expectación por la exploración de Marte: su misión exitosa permitió el descubrimiento de accidentes orográficos, como el Monte Olympus, la región de grandes volcanes de Tharsis, el valle Marineris, el Cañón de 5.000 km de longitud y 11 de profundidad, la región Chryse Planitia y los canales producidos por antiguas inundaciones (Calle, 2013). La nave logró cartografiar el 85% del planeta, devolviendo 7.329 fotos, que incluían por lo menos ochenta de Fobos y Deimos, las lunas de Marte. Se espera que la nave caiga en 2020 en la superficie marciana (Siddiqi, 2018).

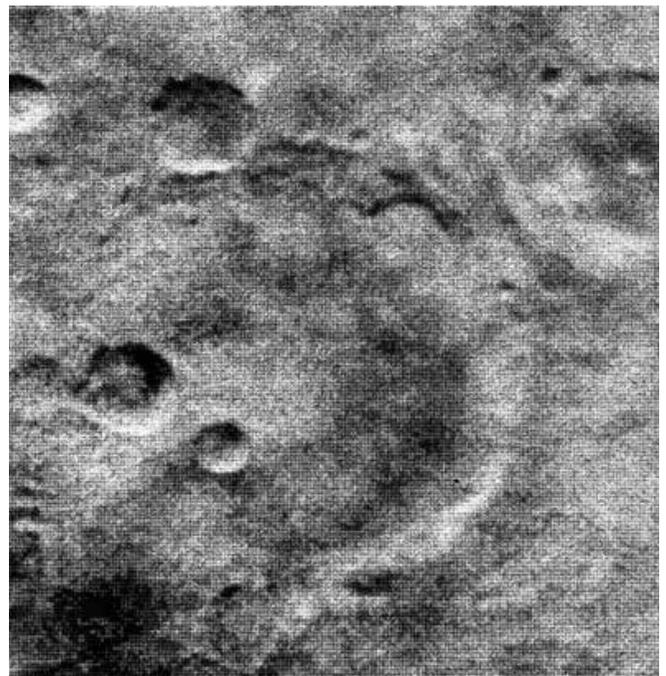


Figura 3. Fuente: (Siddiqi, 2018)

Viking

Un hito importante en la exploración de Marte se produjo en 1975, con los lanzamientos de las misiones Viking 1 y Viking 2. Cada una consistía en un orbitador y un sistema de superficie (Lander) que por primera vez permitiría estudios directamente del terreno. Las misiones Viking fueron el resultado de un esfuerzo gigantesco por parte de la NASA: tuvieron un costo aproximado de 3.500 millones de dólares e involucraron a unas 10.000 personas. Las misiones fueron un éxito, y a partir de lo recopilado por ellas (hicieron más de 2.100 órbitas y tomaron 50.000 fotografías de alta calidad) se creó un atlas global que aún se utiliza (Manfredi, 2012). Además, tomaron muestras de tierra que fueron analizadas en los ingeniosísimos laboratorios químicos que llevaba el Lander (Manuel Quijano, 1996).

El orbitador fue diseñado teniendo como base las sondas Mariner, mientras que el Lander era una versión más grande del Lunar Surveyor. La misión Viking 1, lanzada el 20 de agosto de 1975, aterrizó en Chryse Planitia ("Llanura Dorada") y envió la primera fotografía (figura 4) el 20 de julio de 1976 (Calle, 2013). Calle también aporta que Viking 2, lanzada el 9 de septiembre de 1975, orbitó en Marte casi un año más tarde y aterrizó en la zona denominada Utopia Planitia.

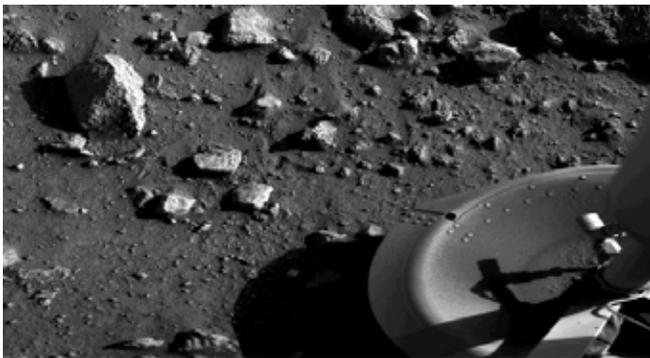


Figura 4. Fuente: (Calle, 2013)

Las misiones Viking 1 y 2 registraron temperaturas desde $-86\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$. El brazo robótico recogió muestras de suelo que fueron analizadas en el laboratorio biológico, que incluía un espectrómetro de masas; se interpretaron indicativos de la presencia de vida como "positivo débil", los resultados de compuestos orgánicos dieron negativo, y se encontró abundancia de azufre. Estas misiones, declaradas exitosas en 1976, fueron extendidas y continuaron enviando información hasta los años 80, así como imágenes (figura 5) (Siddiqi, 2018).



Figura 5. Panorámica tomada por Viking 2
Fuente: (Siddiqi, 2018)

Misiones Mars

Después del éxito de Viking y los fracasos de la URSS, hubo además una cierta desilusión sobre lo que por mucho tiempo se creyó: que se podría encontrar vida por fuera de la Tierra. Estos factores, más la abrumadora información que llegaba de todo el Sistema Solar, causaron un frenazo en la secuencia de las misiones enviadas a Marte (Manfredi, 2012).

En septiembre de 1992, la NASA envió la sonda Mars Observer, que fue diseñada como misión de captura de fotografías de alta resolución que se realizarían durante un año marciano (687 días) desde una órbita polar. La sonda llevaba instrumentos para continuar con la investigación atmosférica y climática, con el fin de llenar los vacíos del conocimiento que se tenía de Marte hasta ese momento. Desafortunadamente, a solo dos días de la entrada en órbita planificada, la nave dejó de enviar telemetría, y, a pesar de los esfuerzos para restablecer contacto, permaneció en silencio. Después de cinco días se perdió la esperanza de salvar la misión. Sin embargo, aunque no cumplió el objetivo, durante el crucero interplanetario se enviaron datos que fueron recopilados por los investigadores (Siddiqi, 2018).

Fue hasta el 7 de noviembre de 1996 que se lanzó el Mars Global Surveyor (figura 6), la primera sonda del nuevo programa de la NASA, que incluía una generación de sondas para explorar Marte cada 26 meses, desde 1996 hasta 2005. Mars Global Surveyor transportó instrumentos similares a la sonda Mars Observer; entre estos había un experimento de retransmisión de radio suministrado por Francia para un enlace descendente de futuros aterrizadores de Marte, incluyendo la misión rusa Mars 96 (Martínez, 2014).



Figura 6. Fuente: NASA's Mars Global Surveyor Believed Lost in Space (Reuters.com, 2006)

Mars Global Surveyor orbitó Marte en septiembre de 1997. Después de lograr la ubicación en órbita polar el 9 de marzo de 1999, comenzó formalmente su misión de mapeo. La órbita era sincrónica con el Sol, lo que aseguró que todas las imágenes fueran tomadas con las mismas características de superficie en diferentes momentos bajo condiciones de iluminación idénticas (Martínez, 2014). Mars Global Surveyor también produjo los primeros perfiles tridimensionales del polo norte de Marte, utilizando lecturas de altímetro láser. La misión finalizó en 2001 con más de 80.000 fotografías, pero llegó a extenderse hasta 2006. Realizó experimentos simultáneamente con el European Mars Express, y apoyó otras misiones a Marte, incluida la de Mars Odyssey en 2001 y los Mars Exploration Rovers en 2004 (Siddiqi, 2018).

En diciembre de 1996 fue lanzado, en una trayectoria más corta, Mars Pathfinder, una misión que consistía en un módulo de aterrizaje y un rover (vehículo de exploración espacial que se diseña para moverse sobre la superficie de un planeta, en este caso Marte). El rover de esta misión fue nombrado Sojourner (figura 7), y estaba dotado con un espectrómetro de rayos x, partículas Alfa y protones, cuyo objetivo era identificar los tipos de minerales (Calle, 2013). El aterrizaje se realizó en una complicada operación que consistía en ingresar a la atmósfera en un aerodeslizador que desaceleraba la nave, para luego desplegar un gran paracaídas supersónico que reducía la velocidad; después, a unos 355 metros de la superficie, se inflaron unas bolsas de aire y se pusieron en funcionamiento tres retrocohetes para reducir aún más la velocidad, hasta alcanzar los 21 metros de altitud. El módulo impactó la superficie rebotando al menos quince veces antes de detenerse, para después desinflarse y revelar el módulo (Huntress et al., 1996)



Figura 7. Fuente: (Martínez, 2014)

Durante su misión de ochenta y tres días, el rover cubrió cientos de metros cuadrados, devolvió 550 fotografías y realizó análisis químicos en dieciséis lugares diferentes cerca del módulo de aterrizaje. Mientras tanto, este último transmitió más de 16.500 imágenes y 8.5 millones de mediciones de presión atmosférica, temperatura y velocidad del viento. Los datos del rover sugirieron que las rocas en el sitio de aterrizaje se parecían a los tipos volcánicos terrestres con alto contenido de silicio, específicamente un tipo de roca conocido como andesita (Siddiqi, 2018).

Para completar el programa Mars Surveyor de la NASA, que se inició con la sonda Mars Global Surveyor, se continuó con la sonda Mars Climate Orbiter, lanzada el 11 de diciembre de 1998, y la sonda Mars Polar Lander, lanzada el 3 de enero de 1999. Se coordinó para que las dos sondas llegaran al mismo tiempo a realizar investigaciones simultáneas de la atmósfera, el clima y la superficie de Marte. El objetivo principal del Mars Polar Lander era desplegar un módulo de aterrizaje y dos penetradores, conocidos como Deep Space (Scott) y Deep Space 2 (Amundsen), en la superficie marciana, para ampliar el conocimiento sobre los recursos hídricos pasados y presentes del planeta. Desafortunadamente, no tuvieron éxito después de estar en la órbita de Marte (Kruse, 2020).

En 2001, Estados Unidos lanza Mars Odyssey (figura 8), la misión que confirmaría la existencia de agua líquida en zonas de mucha profundidad. Su nombre era un homenaje a Arthur Clarke y su novela *2001, una odisea espacial*. Entró en órbita marciana en octubre de ese año (Kordon, 2006). El objetivo de esta misión es el estudio del clima, la historia geológica, la distribución de agua y el entorno de radiación en Marte. El estudio mediante THEMIS (The Thermal Emission Imaging Systems) de las partes visible

e infrarroja del espectro de la superficie de Marte permite determinar la distribución de minerales en la misma. Por otra parte, con el GRS (The Gamma Ray Spectrometer) se trata de analizar la radiación gamma del espectro para determinar la presencia de 20 elementos del sistema periódico (carbono, silicio, hierro, magnesio...), a la vez que se utiliza para estudiar la presencia de agua y hielo en la superficie con los detectores de neutrones (Martínez, 2014).

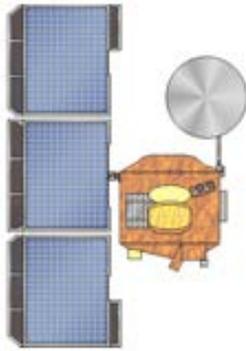


Figura 8 Fuente: (Kruse, 2020)

El 10 de junio y el 7 de julio de 2003 la NASA lanzó la misión Mars Exploration Rovers. Se trataba de dos rovers gemelos, Spirit (junio) y Opportunity (julio, figura 9) (Calle, 2013). Spirit aterrizó en el cráter de Gusev, mientras que Opportunity lo hizo en la zona Meridiani Planum. Disponían de un espectrómetro Mossbauer, diseñado para estudiar la composición y abundancia de minerales que contienen hierro, lo que permitiría entender las propiedades magnéticas de la superficie marciana. La información sobre las composiciones química y mineralógica fue proporcionada por “el espectrómetro de infrarrojo Miniature Thermal Emission Spectrometer (Mini-TES) y el Alpha Particle XRay Spectrometer (APXS)” (Martínez, 2014).



Figura 9. Fuente: (Calle, 2013)

En agosto de 2005 fue lanzado el Mars Reconnaissance Orbiter (MRO), diseñado para fotografiar Marte desde la órbita. Sus objetivos eran localizar zonas de aterrizaje seguras en lugares donde había interés científico, determinar si existen capas subterráneas de agua y medir diariamente la meteorología de Marte (Martínez, 2014). Portaba una cámara HiRISE (*High Resolution Imaging Science Experiment*), que es básicamente un telescopio dedicado a la discriminación de minerales, a una resolución de entre 30 y 60 cm (Calle, 2013). También incluía una cámara para obtener imágenes de características climáticas, un espectrómetro para identificación de minerales superficiales y un radar sonoro que busca signos de hielo debajo de la superficie marciana (Kruse, 2020).

La misión Phoenix, enviada en agosto de 2007, fue una misión de aterrizaje en Marte, la primera bajo el nuevo Programa *Mars Scout* de la NASA (Siddiqi, 2018). Aterrizó el 25 de mayo de 2008 en Vastitas Boreales, dentro del círculo polar ártico de Marte. Consistía en un rover (figura 10) con laboratorio para análisis geológico, con el que se buscaba estudiar los cambios estacionales en los polos durante el verano marciano (Kruse, 2020). Durante su exploración encontró hielo, ya que, en el invierno, en esta latitud, el dióxido de carbono forma una capa de escarcha en la superficie, de varios decímetros de espesor (hielo seco). En la primavera y el verano esta escarcha se disipa por sublimación (Calle, 2013).

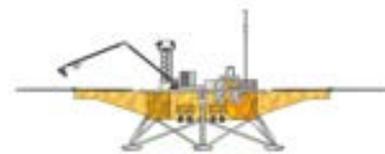


Figura 10. Fuente: Kruse (2020)

La misión Curiosity, enviada en noviembre de 2011 mediante la sonda Mars Science Laboratory (MSL), constaba de un gran rover llamado Curiosity (figura 11), el cual aterrizó en el cráter Gale. El objetivo principal era evaluar si Marte alguna vez presentó un entorno apropiado para formas de vida (como los microbios). Para lograr esto, el rover portaba un conjunto de instrumentos de los más avanzados, y fue diseñado para recoger tierra y rocas e investigar su estructura, composición química y formación, con el objetivo de identificar componentes de vida como el carbono, el hidrógeno y el oxígeno, entre otros. El rover puede viajar hasta 90 metros por hora en un sistema de balancín de seis ruedas, y funciona con energía de radioisótopos generada a partir del calor de la desintegración radioactiva del plutonio (Kruse, 2020).



Figura 11. Fuente: Kruse (2020)

Curiosity ha realizado diferentes perforaciones con profundidades de hasta 6 cm, que han servido para comprobar que Marte no es rojo, ya que, bajo la capa superficial donde abundan los óxidos de hierro, el terreno se encuentra libre de oxidantes (Calle, 2013).

Teniendo como base las sondas orbitales ya enviadas, en noviembre de 2013 se lanzó la sonda MAVEN, llamada así por el acrónimo en inglés (Atmosfera de Marte y Evolución Volátil). Llegó a órbita un año después, y ha proporcionado información sobre la atmósfera y el clima, además de realizar estudios para identificar las interferencias de radio que suceden en la Tierra (Collinson, 2020).

La última misión enviada por la NASA, que comenzó el 5 de mayo de 2018 y terminará en noviembre de 2020, se llama InSight (acrónimo en inglés de Exploración Interior), y tiene la capacidad de llevar a cabo investigaciones sísmicas, de geodesia y de transporte de calor. Esta es una misión propuesta por el Programa de Descubrimiento de la NASA, y colocará un único módulo de aterrizaje geofísico en Marte para estudiar su interior profundo. Su objetivo principal es descifrar la evolución, analizando el grosor, densidad y estructura en general de la corteza de Marte y la transferencia de calor del interior del planeta (Brown & Wendel, 2018).

Por último, con la misión Mars 2020, el Rover Perseverance buscará signos de vida antigua y recolectará muestras de roca y tierra para un posible regreso a la Tierra en 2023 (mars.nasa.gov, 2020).

Conclusiones

Con aproximadamente la mitad de las misiones, los Estados Unidos han logrado tener un mayor éxito en su exploración de Marte, y por esa razón en este momento contamos con abundante información sobre dicho planeta, sus lunas y su comportamiento a través de la historia.

Otros países, como Japón, Reino Unido, la Comunidad Europea, India e inclusive Emiratos Árabes Unidos (que está por enviar una sonda para orbitar Marte), muestran esfuerzos por explorar este planeta. Para hacerlo, han tenido en cuenta las misiones anteriores, ya que, así estas hayan fracasado, dejaron indicios para que se fueran mejorando las técnicas de lanzamiento, órbitas, aterrizaje y exploración de este planeta.

Se espera que para 2030 se logre establecer una misión (en la que participarán varias naciones), cuya meta sea la colonización: se transportarán seres humanos para investigar la adaptación de la vida humana en el planeta marciano.

Referencias

- Brown, D., & Wendel, J. (2018, noviembre 26). *NASA InSight Lander Arrives on Martian Surface* [Text]. NASA. <http://www.nasa.gov/press-release/nasa-insight-lander-arrives-on-martian-surface-to-learn-what-lies-beneath>
- Calle, A. (2013). La exploración de Marte: Entre la decepción y la expectación. *Revista de ciencias*, 3, 8-16.
- Collinson, G. (2020). La sonda MAVEN explora Marte para entender la interferencia de radio en la Tierra. *Ciencia de la NASA*. Recuperado de <https://ciencia.nasa.gov/la-sonda-maven-explora-marte-para-entender-la-interferencia-de-radio-en-la-tierra>
- Huntress, W. T., Feeley, T. J., y Boyce, J. M. (1996). NASA'S strategy for Mars exploration in the 1990s and beyond. *Advances in Space Research*, 17(12), 7-14. [https://doi.org/10.1016/0273-1177\(95\)00754-3](https://doi.org/10.1016/0273-1177(95)00754-3)
- Kordon, M. (2006). *Atlas Visual de la Ciencia (universo)*. Barcelona, España, Buenos Aires, Argentina. Sol 90.
- Kruse, R. (2020). Mars Probes. *Historic Spacecraft*. Recuperado de https://historicspacecraft.com/Probes_Mars.html#Mars_Climate_Orbiter
- Manfredi, J. A. R. (2012). La exploración de Marte. *Revista de occidente*, 7, 368-371.
- Mars 2020 Mission Perseverance Rover (2020). *Nasa Science*. Recuperado de <https://mars.nasa.gov/mars2020/>
- Martínez, L. V. (2014). La gran aventura de la exploración de Marte. *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 102, 273-283.
- NASA's Mars Global Surveyor believed lost in space (21 de noviembre de 2006). *Reuters*. Re-

cuperado de <https://uk.reuters.com/news/picture/nasas-mars-global-surveyor-believed-lost-idUKN2030784120061122>

Quijano, M. (1996). ¿Hay vida en Marte? *Revista de la Facultad de Medicina*, 4(4), 128-129. Recuperado de <http://revistas.unam.mx/index.php/rfm/article/view/74689>

Román-González, A., y Vargas-Cuentas, N. I. (2012). Tecnología Aeroespacial en el Mundo. *ELECTRO I + D*, 1(1), 48-52.

Russell, R. (2003). Detectando magnetismo planetario. *Ventanas al Universo*. Recuperado de https://www.windows2universe.org/physical_science/magnetism/detect_planet_mag_field.html&lang=sp

Siddiqi, A. A. (2018). *Beyond Earth: A chronicle of deep space exploration, 1958-2016* (Second edition). Washington, DC, EE.UU. National Aeronautics and Space Administration, Office of Communications, NASA History Division.

Sombrero Espinoza, J., Encarnación Cortés, T. S., Flores Machorro, J. R., Báez Landa, M., Serrano Centeno, M., y Mancilla Cerezo, J. (2016). Sonda espacial. *Ciencia UANL*, 19(81), 40-44.

Todas las sondas de Marte (2014). *Astronoo*. Recuperado de <http://www.astronoo.com/es/articulos/sondas-de-marte.html>

PROTOTIPO INTERACTIVO PARA ENTRENAMIENTO EN SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DEL BLANCO AÉREO (PISSA)

Técnico Primero Osorio Gómez Johnatan Lorenzo
 Jefe Programa TDA, ESUFA
Técnico Segundo Diego Fernando Guaqueta Méndez
 Coordinador Programa TDA, ESUFA
Aerotécnico Bravo Rave Diego Felipe
 Técnico Blanco Aéreo, CACOM-1
Aerotécnico Gamero González Luis David,
 Técnico Potencial de Capacidades, BACOF

Aerotécnico Hernández Martínez Alexander
 Técnico de Coordinación Programa Educativo, CACOM-1
Aerotécnico Madrigal Giraldo Sara Valentina
 Técnico Administrativo Almacén e Inventarios, CACOM-1
Aerotécnico Sáenz Urrego Katherin Julieth
 Técnico Administrador AET, CACOM-1

Resumen

En la actualidad, los sistemas aéreos no tripulados son una oportunidad de desarrollo tecnológico y científico. Estos sistemas permiten desarrollar operaciones aéreas sin poner en riesgo el capital humano y con costos de operación reducidos, y se pueden adaptar a diversas necesidades. Así, es posible implementar un sistema tripulado remotamente, que sirva de plataforma para el transporte de los equipos necesarios para el reconocimiento de puntos en las operaciones o misiones de verificación de laboratorios y cultivos ilícitos, así como para contrarrestar amenazas transnacionales que actualmente afectan al país. De igual forma, este sistema puede ser utilizado por los estudiantes del Programa Tecnológico en Defensa Aérea, para realizar prácticas de identificación de blancos de forma económica y con un riesgo bajo.

En este sentido, en el presente escrito abordaremos las generalidades sobre los elementos utilizados para el desarrollo del Prototipo Interactivo para Entrenamiento en Seguimiento y Análisis del Blanco Aéreo (en adelante: PISSA), y hablaremos sobre su aplicación en el espacio académico Seguimiento y Análisis del Blanco Aéreo. Este prototipo ofrece características adecuadas para lograr que los alumnos de la Escuela de Suboficiales obtengan un mejor entrenamiento en un ambiente ajustado a la realidad, facilitando de esta manera los objetivos propuestos en el plan de estudio del programa tecnológico.

Palabras clave: Blanco, dron, entrenamiento, innovación, seguimiento.

Abstract

Currently, unmanned aerial systems are an opportunity for technological and scientific development. These systems make it possible to develop air operations without putting human capital at risk and with reduced operating costs, and can be adapted to various needs. Thus, it is possible to implement a remotely manned system that serves as a platform for the transport of the necessary equipment for the recognition of points in operations or missions to verify illicit laboratories and crops, as well as to counter transnational threats that currently affect the country. Likewise, this system can be used by students of the Air Defense Technology Program to carry out target identification practices in an economical way and with a low risk.

In this sense, in this writing we will address the generalities about the elements used for the development of the Interactive Prototype for Training in Monitoring and Analysis of the Aerial Target (hereinafter: PISSA), and we will talk about its application in the academic space Monitoring and Analysis of the Aerial Target. This prototype offers adequate characteristics to ensure that the students of the NCO School obtain better training in an environment adjusted to reality, thus facilitating the objectives proposed in the study plan of the technological program.

Keywords: Target, drone, training, innovation, monitoring.

Introducción

El desarrollo del sistema PISSA (Prototipo Interactivo para Entrenamiento en Seguimiento y Análisis del

Blanco Aéreo) nace de la necesidad de resolver la siguiente pregunta: ¿cómo fortalecer, de forma práctica, el proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos del Programa Tecnológico en Defensa Aérea, para el desarrollo de la asignatura Seguimiento y Análisis del Blanco Aéreo?

Antes de responder esta pregunta es importante aclarar que el Seguimiento y Análisis del Blanco Aéreo es aquella disciplina que, enmarcada doctrinariamente bajo las operaciones de Defensa Aérea, se encarga de recopilar la información concerniente a los posibles factores internos y externos que puedan vulnerar la soberanía del espacio aéreo nacional, tales como pistas de aterrizaje ilegales, cultivos ilícitos, laboratorios para el procesamiento de sustancias ilícitas, entre otros, los cuales propician y facilitan la operación de vuelos ilegales dedicados al tráfico de estupefacientes y armas, lavado de activos o transporte de personas al margen de la ley.

En la actualidad, los alumnos que están cursando el Programa Tecnológico en Defensa Aérea obtienen una capacitación teórica específica, en la que adquieren los conocimientos pertinentes relacionados con su entrenamiento en el área operacional. Esta área, dada su naturaleza, requiere en gran medida un desarrollo práctico. Teniendo en cuenta estos factores, surge la necesidad de simular situaciones de reconocimiento de cultivos ilícitos, posibles campos de aterrizaje y otros espacios o similares que deberán ser identificados por los alumnos cuando se desempeñen como Suboficiales de la Especialidad de Defensa Aérea. Así, al implementar el sistema PISSA, se facilitarían los procesos de aprendizaje de los alumnos y su asimilación de conceptos. De esta forma, este sistema se podría convertir en una herramienta de gran ayuda para la apropiación del conocimiento práctico específico por parte de los estudiantes.

Teniendo en cuenta estas necesidades en cuanto a métodos de aprendizaje, se plantea como objetivo principal de nuestro proyecto de investigación el desarrollo del prototipo interactivo de simulación PISSA, el cual permitirá innovar la forma como se les enseña a los alumnos del programa tecnológico. Así mismo, con el fin de alcanzar el objetivo principal enunciado anteriormente, el proyecto deberá cumplir con tres objetivos específicos:

1. Integrar al prototipo una nueva forma de visualización del sistema de simulación basada en la georreferenciación. Para ello, se usará una plataforma de rastreo con Sistema Global de Posición (en adelante GPS, por sus siglas en inglés).

2. Utilizar un prototipo de dron para el transporte del rastreador GPS, cuyo recorrido se podrá visualizar en un dispositivo portátil.
3. Elaborar un manual de operación y funcionamiento del sistema PISSA.

Prototipo

A continuación daremos a conocer los conceptos básicos y las definiciones de la terminología utilizada durante el desarrollo de la investigación. Específicamente, hablaremos de dos tecnologías clave para este proyecto: los drones y los sistemas GPS.

Un dron es un dispositivo volador controlado de forma remota por un operador en tierra. Sus usos son diversos, y por eso existen distintos tipos de drones: algunos se asemejan a aeronaves de ala fija y otros a aeronaves de ala rotatoria, y cada uno de ellos cuenta con características específicas. Con el avance tecnológico de los últimos años, los drones han llegado a ser utilizados en el ámbito militar para cumplir, de forma eficaz, misiones especiales relacionadas con inteligencia, vigilancia y reconocimiento. Incluso en zonas de combate, lo cual reduce el riesgo para el ser humano. En la figura 1 se puede apreciar un dron de uso policial.



Figura 1. Dron

Fuente: Jorgensen y Salberg (2016).

Otro de los sistemas fundamentales para el funcionamiento del prototipo PISSA es el GPS, el cual es un dispositivo que permite determinar la posición exacta de un objeto sobre la superficie terrestre. En la figura 2 se puede apreciar un satélite del sistema GPS.



Figura 2. Satélite del sistema GPS

Fuente: Dreamstime (2016)

Ahora bien, para el desarrollo de la investigación fue necesario indagar en el mercado local algunos elementos cuyas características técnicas pudiesen suplir las necesidades que se pretende solventar por medio de este prototipo, de una forma económica y práctica. Así, se determinó la utilización de un dron de tipo cuadricóptero (figura 3), por su capacidad de vuelo tanto estacionaria como en desplazamiento horizontal, y se buscó que contara con la potencia suficiente para soportar su propio peso más la carga adicional, representada en el tracker GPS. Adicionalmente, el dron seleccionado debía tener la capacidad de permanecer estático sobre un punto determinado de manera autónoma, lo cual facilita la labor requerida para determinar puntos de referencia. Se usó este tipo de dron en el desarrollo del prototipo PISSA, debido a que permite simular una aeronave de reconocimiento, pieza fundamental en la recolección de la información que es utilizada como materia prima para la asignatura Seguimiento y Análisis del Blanco Aéreo.

De igual forma, al prototipo se le adicionó un sistema tracker (figura 4), que permite transmitir en tiempo real las ubicaciones proporcionadas por el sistema GPS hacia una plataforma de visualización conocida como Kiwi (figura 5), la cual cuenta con una interfaz gráfica que permite observar, sobre la cartografía digital, el recorrido realizado por el dron.



Figura 3. Dron utilizado para el prototipo
Fuente: elaboración propia.



Figura 4. GPS tracker
Fuente: elaboración propia.

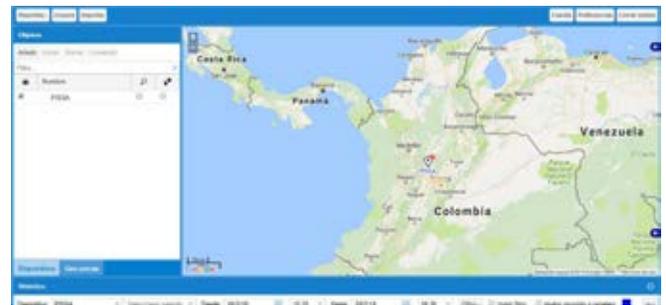


Figura 5. Sistema de visualización Kiwi
Fuente: elaboración propia.

Kiwi es una plataforma de rastreo satelital de uso comercial que permite almacenar datos de los dispositivos GPS, de los que ha obtenido algún registro de posición. Esta plataforma cuenta con ocho tipos de mapas distintos, funciona en veinte idiomas y se puede acceder a ella por medio de diferentes dispositivos portátiles, tales como smartphones, tablets y laptops.

La innovación presentada por el prototipo PISSA se encuentra principalmente en la integración de los elementos descritos anteriormente, que en el ámbito comercial tienen aplicaciones diferentes a la educación: los drones de este tipo son utilizados para la recreación y el esparcimiento, y los dispositivos de seguimiento mediante GPS y las plataformas de visualización (como la utilizada en nuestro proyecto) son usadas para el monitoreo de vehículos automotores. La integración de estos elementos en el prototipo PISSA permite, de una manera didáctica y económica, visualizar en una pantalla el recorrido realizado por el dron, marcar ubicaciones deseadas para posteriormente realizar el procesamiento de la información, y obtener datos diversos, como el área de un cultivo ilícito o la longitud de un terreno que pudiese ser utilizado como pista de aterrizaje para vuelos ilegales. Adicionalmente, el prototipo PISSA tiene la característica especial de que la trayectoria del vuelo puede ser visualizada simultáneamente hasta en ocho dispositivos móviles, lo cual permite que los alumnos puedan realizar la práctica de una manera efectiva, optimizando los recursos (figura 6). Además, la operación de esta herramienta didáctica resulta bastante sencilla.

Finalmente, luego de que fueron integrados los elementos del prototipo y se realizaron las pruebas correspondientes, nuestro equipo de trabajo elaboró, teniendo en cuenta los datos recopilados, el manual de operación del sistema, que incluye las características principales y un paso a paso de su operación básica.



Figura 6. Sistema de visualización PISSA en dispositivo celular.
Fuente: elaboración propia

Conclusiones

Como resultado del proceso de integración de varios sistemas, logramos crear un prototipo interactivo de simulación en seguimiento y análisis, el cual permite visualizar la señal en hasta ocho monitores o dispositivos móviles que cuenten con internet. Este prototipo ofrece, de forma eficiente y económica, un método innovador para que los estudiantes del Programa Tecnológico en Defensa Aérea puedan realizar sus prácticas relacionadas con el espacio académico Seguimiento y Análisis del Blanco Aéreo.

Tras realizar pruebas con diferentes drones, se determinó que la mejor opción era un dron de ala rotatoria tipo cuadricóptero, cuyo costo de operación es bajo y tiene la capacidad de transportar el tracker GPS y de mantener una posición en vuelo estacionario de manera autónoma, de acuerdo con lo programado por el operador y las necesidades de la misión que se va a desarrollar.

Por otro lado, el manual de operación para el usuario permite entender la forma correcta de operar el sistema de una manera breve y fácil, así como sus características y funciones básicas.

Por último, el prototipo PISSA permite afianzar los conocimientos de la tecnología Defensa Aérea en cuanto a seguimiento y análisis de blancos. El sistema puede ser manejado de forma sencilla y a un bajo costo, y por eso estimula un ambiente educativo práctico y eficaz.

Referencias

- Aeronáutica Civil de Colombia (2015). Requisitos generales de aeronavegabilidad y operaciones para RPAS. Circular reglamentaria N° 002. Recuperado de <http://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/certificacion-y-licenciamiento/Documents/PROYECTO%20BORRADOR%20CIRCULAR%20RPAS.pdf>
- Aertec Solutions (2015). Infografía: Historia de los sistemas aéreos no tripulados. Recuperado de <https://aertecsolutions.com/2015/01/27/infografia-historia-de-los-sistemas-aereos-no-tripulados/>
- Bowden, M. (septiembre de 2013). The Killing Machines. How to think about drones. *The Atlantic*. Recuperado de <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2013/09/the-killing-machines-how-to-think-about-drones/309434/>
- Código de Comercio (2007). Libro quinto de la navegación, segunda parte de la aeronáutica. Capítulo I. Disposiciones generales. Recuperado de <ftp://ftp.ani.gov.co/Interventoria%20Aeropuertos%20Noro-riente/CIRCULARES/CODIGO+DE+COMERCIO.pdf>
- Cole, C. y Wright, J. (2010). What are drones? *Drone Wars UK*. Recuperado de <https://dronewars.net/aboutdrone/45>
- Dreamstime (2016). Satélite. Recuperado de <https://es.dreamstime.com/imagen-de-archivo-sat%C3%A9lite-image34643291>
- Jorgensen, R. y Salberg, J. (8 de julio de 2016). Can the Police Use Drones for Surveillance? *Jorgensen & Salberg*. Recuperado de <http://www.jslawgroup.com/can-police-use-drones-surveillance/>

ONDAS MILIMÉTRICAS (mmW), CAPACIDADES Y UTILIDADES EN POTENCIA

Técnico Jefe Jhon Alexander Cárdenas Puentes
Jefe Programa TMA ESUFA

Resumen

El presente artículo muestra una recopilación que versa sobre las aplicaciones y trabajos desarrollados actualmente sobre las ondas milimétricas. Presenta, además, algunos ejemplos de la aplicabilidad de estas tecnologías y es, a su vez, un intento por condensar de manera práctica algunos de los proyectos que se han desarrollado e investigado frente al tema. También, contiene ilustraciones de los modelos, diagramas de los proyectos y definiciones sobre lo que son las ondas milimétricas, sus utilidades y sus características más relevantes.

Abstract

This article shows a compilation that deals with the applications and works currently developed on millimeter waves. It also presents some examples of the applicability of these technologies and is, in turn, an attempt to condense in a practical way some of the projects that have been developed and investigated on the subject. It also contains illustrations of the models, project diagrams, and definitions of what millimeter waves are, their uses, and their most relevant characteristics.

Introducción

Las ondas milimétricas (mmW, por su sigla en inglés) son ondas electromagnéticas de frecuencia comprendida entre los 30 GHz y 300 GHz (se encuentra en la banda de EHF). En la actualidad, este tipo de ondas es considerado de los más importantes, ya que a frecuencias tan elevadas los anchos de banda disponibles son mucho mayores, permitiendo la instalación de radioenlaces con capacidades de múltiples gigabits por segundo (Gbps).

El primero en experimentar con estas ondas fue el físico indio Jagadish Chandra Bose, quien en el año de 1895 realizó la primera transmisión y recepción de

ondas electromagnéticas a 60 GHz a una distancia de más de 23 metros. Bose transmitió a través de dos paredes, haciendo sonar de forma remota una campana. Posteriormente, la investigación de mmW se efectuó en las universidades y laboratorios; esta primera generación de las mmW se desarrolló hasta 1960, cuando se dio inicio a las primeras aplicaciones para radioastronomía. Posteriormente, en la década de los años 70 del siglo XX se llevaron a cabo desarrollos militares, lo que constituyó la segunda generación de las mmW.

En la década de los 90, se dio inicio a desarrollos como el radar de detección de proximidad para automóviles usando frecuencias a 77 GHz, siendo esta la primera aplicación por encima de los 40 GHz. Esto marcaría la tercera generación de las mmW. Posteriormente, en el año de 1995, la Comisión Federal de Comunicaciones de USA (FCC) autorizó el uso de las frecuencias entre 59 GHz y 64 GHz para la comunicación inalámbrica sin licencia, lo que generó el desarrollo de radares con aplicación comercial. Esta sería la cuarta generación de las mmW.

Para el año 2003, se autorizó el uso de las frecuencias de 71 GHz a 76 GHz y de 81 GHz a 86 GHz para enlaces del tipo punto a punto licenciados. En la actualidad, el uso de las mmW está centrado en las llamadas banda-V –que va desde 57 GHz hasta 66 GHz– y banda-E –que va desde 71 GHz a 76 GHz y de 81 GHz a 86 GHz–, con lo cual se da paso a la quinta generación de las mmW. Hoy en día, estas ondas son empleadas en transferencia de datos superiores a diez gigabits por segundo (5G).

En el año 2015, a pesar de su potencial, había muchas dudas e incertidumbres en torno a las bandas de mmW, porque no existían respuestas a temas relacionados con la frecuencia, las características de los canales, la interfaz aérea, la integración con redes 5G y las limitaciones de hardware en bandas superiores.

En 2017 surge el proyecto mmMAGIC, llevado a cabo por universidades, centros de investigación y

diversas compañías de la comunidad Europea, que se unieron en la búsqueda por resolver los problemas mencionados anteriormente, con el convencimiento de que las redes móviles que operan ondas milimétricas debían ser capaces de operar como redes independientes “single RAT” y como implementaciones “multi-RAT” (funcionamiento RAT de mmW no autónomo), para de esa forma alcanzar la capacidad, el rendimiento, la latencia y la eficiencia energética necesarios para el servicio 5G.

De esta forma, se realizaron ensayos en las bandas de 26-28 GHz en Europa. Así, las compañías Samsung y Arqiva llevaron a cabo, en 2017, el primer ensayo de campo con la tecnología Fixed Wireless Access (FWA) 5G en el Reino Unido y otros países de Europa, en bandas milimétricas de 28 GHz, con resultados exitosos.

El proyecto mmMAGIC impulsó la disponibilidad tecnológica de nuevos productos y servicios de onda milimétrica. Es de resaltar la participación de los socios estratégicos IMDEA Networks Institute y Telefónica I+D, que fundaron el laboratorio de innovación 5G 5TONIC, para pruebas y experimentos 5G inalámbricos de mmW.

Adicionalmente, la Universidad de Aalto, en Finlandia desarrolló pequeñas celdas de ondas mmW para el proyecto de ciudades inteligentes; la Universidad de Bristol, en Dinamarca, centró el uso en desarrollos de comunicaciones entre vehículos y trenes; la Universidad Tu Dresden, en Alemania, se encuentra trabajando en desarrollos de radio cognitiva en mmW, y la Universidad Tecnológica Chalmers, de Suecia creó el centro de investigación para ondas milimétricas, denominado ChaseOn.

En la actualidad, los desarrollos se basan en el empleo de frecuencias de terahercios, especialmente en aplicaciones aeroespaciales, del sector defensa y de tráfico de regreso. Es de resaltar el empleo de nuevos semiconductores complementarios a base de óxido metálico (CMOS), con los que se incrementa la eficiencia y se disminuyen los costos en el empleo de las nuevas tecnologías en el rango de los terahercios. En la actualidad se cuenta con escáner de ondas milimétricas para identificación de materiales y personas, así como sensores para la detección de señales de vida de seres humanos.

¿Qué son las ondas milimétricas?

Se conocen como ondas milimétricas aquellas ondas electromagnéticas cuya longitud de onda se encuentra entre 1 y 10 milímetros. Tienen propiedades compartidas con las microondas y con el infrarrojo.

En términos del fenómeno físico, la relación entre frecuencia y longitud de onda la establece la ecuación: $\text{Velocidad de la luz} = \text{frecuencia} \times \text{longitud de onda}$ (velocidad constante). Dado lo anterior, a mayor frecuencia, menor longitud de onda, y a menor frecuencia, mayor longitud de onda. Un ejemplo claro es el 5G, en el que la velocidad de la luz es de 300.000.000 metros/segundo y las frecuencias de las que hablamos aquí son del orden de 10.000.000.000 de Hertzios (decenas de GHz). Dividiendo una entre la otra, calculamos la longitud de onda, que será de unos 30 milímetros. De ahí que estemos ante ondas milimétricas o, por su sigla en inglés, mmW (millimeter waves) (Fig. 1) (Mata, s. f.).

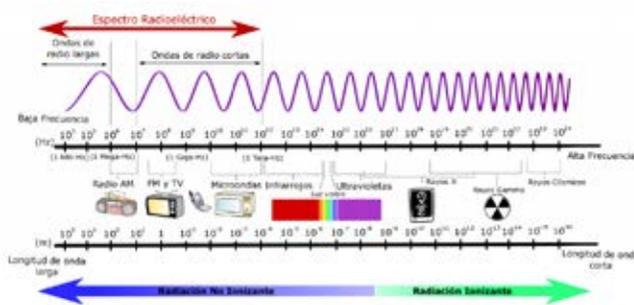


Figura. 1. Imagen espectro electromagnético.

Características distintivas de las ondas milimétricas, tenemos que pueden penetrar la mayoría de los objetos no metálicos con una resolución que la onda microonda no tiene; la radiación emitida es no ionizante, en comparación con la radiación producida por la telefonía, es una milésima parte; no perjudiciales para el ser humano, en comparación con las microondas; estas comparaciones se establecen al encontrarse entre el espectro de frecuencias infrarrojo y la microonda.

“Es posible observar, por medio de los detectores que funcionan con este tipo de ondas, los objetos ilícitos que suelen ocultar algunos pasajeros en aviones. Esta tecnología se utiliza para detectar pistolas, bombas, droga, llaves, etc. Es decir, que la tecnología de ondas milimétricas permite escanear el cuerpo humano, sin afectarle con radiación” (Ulibarri, 2017).

¿Para qué sirven las mmW?

Sirven como herramientas en la comunicación, los radares, la teleobservación, la astronomía, el campo médico, la espectroscopia, la comunicación satelital, la tecnología militar, etc. Además, esta tecnología se utiliza en diferentes sectores de la industria, como los de seguridad, salud, ciencia y tecnología. Las ondas milimétricas tienen una alta velocidad de transmisión, lo cual permite aplicaciones como las siguientes:

Seguimiento y guiado de precisión de corto alcance: Esta aplicación es de gran interés, sobre todo en el campo militar para uso en proyectiles. La principal ventaja que se obtiene del uso de sistemas de ondas milimétricas es la reducción de peso y la gran precisión obtenida con antenas pequeñas.

Vigilancia de vehículos, objetos o personas: esta es una aplicación bastante extendida, tanto en el campo civil, con la vigilancia de la velocidad, como en el campo militar, para vigilancia de personas, intrusos u objetos ocultos.

Detección de obstáculos: esta es una aplicación de interés para la industria automovilística y aeronáutica. Podemos encontrar ejemplos de sistemas anticollisión o de sistemas de aterrizaje en condiciones adversas.

Imágenes radar: el uso de estas bandas facilita alcanzar altas resoluciones. Además, si lo comparamos con los sistemas ópticos o de infrarrojos, el uso de las ondas milimétricas tiene la ventaja de que se pueden efectuar operaciones nocturnas y en cualquier circunstancia meteorológica.

Clasificación de objetos: en esta aplicación se trata de obtener toda la información del blanco posible para su mejor clasificación y diferenciación. El uso de la información de polarización es un gran avance en este sentido.

Imágenes pasivas: esta aplicación consiste en la captación y representación en forma de imagen de las fuentes de radiación que ocurren de forma natural. La banda de las ondas milimétricas es muy propicia para esta aplicación, debido a que pueden penetrar a través de ropa, plástico y otros materiales.

Telecomunicaciones: las ondas milimétricas ofrecen un ancho de banda amplio, sin necesidad de licencia. Con 7 GHz de ancho de banda, existen muchas aplicaciones de alta velocidad de datos que pueden ser implementadas. Esta banda es adecuada para aplicaciones a gran velocidad y corta distancia. Puede utilizarse, principalmente, para aplicaciones en interiores, como transmisión de multimedia y conexión de escritorios inalámbricos, y para el soporte de dispositivos portátiles.

Componentes optoelectrónicos de mmW: Entre los componentes optoelectrónicos de las ondas milimétricas, desarrollados y empleados en diversas aplicaciones de comunicaciones de alta velocidad, se pueden nombrar los siguientes:

A. Fuentes de luz: láser FM, láser Monomodo (como el DFB, DBR, VCSEL, C3) y MQW (láser de Modo Dual como el *Fabry-Perot*).

B. Moduladores ópticos: de *Mach-Zehnder* y de Electroabsorción.

C. Fibra óptica: monomodo según recomendación ITU G.652.

D. Receptores ópticos: de *Edge-Entry* como el PIN, y monolíticos con preamplificación óptica como el APD.

Evidentemente, entre los dispositivos semiconductores sus estructuras se diferencian, determinando así sus aplicaciones específicas. De esta forma, aunque se emplea en la transmisión de señales ópticas, un láser de estructura DFB no aplica para un sistema WDM.

Proyectos realizados con ondas milimétricas

Radar milimétrico:

Inventores: Carlos de Castro Lozano (UCO); Enrique García Salcines (UCO); José Miguel Ramírez Uceda (UCO), Remedios María Robles González (UCO); Beatriz Sainz Abajo (UVA); Natalia Malgina (MCS); Cándido Gutiérrez Ávila (CPMTI); José Antonio Castelo Plá (CPMTI); Manuel Parra Lozano (CPMTI).

Titular: Universidad de Córdoba, CPMTI y Marine Complexes & Systems (MCS).

Este sistema de radar consiste en un complejo grupo de medios técnicos de carácter universal y funcional (observación, control ecológico, vigilancia, dirección de tráfico marítimo) de las aguas del mar, del océano, de otros espacios acuáticos y del litoral, mediante la utilización de radares con ondas milimétricas (los actuales utilizados en uso civil son en cm y dm), consiguiendo de este modo una mayor exactitud en la información recibida (Universidad de Córdoba, CPMTI y Marine Complexes & Systems (MCS), 2013, pág. 2).

La invención propuesta permite el aumento de la resolución del sistema en distancia y el aumento de la precisión de medición de distancias. También consigue una disminución de la cantidad de lo que compone el sistema radar, con la consiguiente reducción de los costes de fabricación.

Este sistema está caracterizado por el módulo receptor, que comprende un amplificador de vídeo encargado de proporcionar las señales de vídeo al módulo procesador de radar y el módulo de administración y alimentación. Además, comprende un bloque de conmutación y conexión, encargado de proporcionar las señales de sincronización provenientes del módulo

transmisor al módulo procesador de radar, donde la entrega de las señales de vídeo y de sincronización es realizada directamente, y por separado, a las entradas de vídeo y de sincronización correspondientes del módulo procesador de radar (Núñez, 2018).

Aplicaciones

Entre las posibles aplicaciones de radares milimétricos podemos citar:

- Monitorización ecológica.
- Detección y control de vertidos de productos de petróleo sobre la superficie.
- Dirección de acciones de salvamento dedicadas a la limpieza de los vertidos.
- Identificación del culpable del vertido, junto con pruebas documentales de culpabilidad, con conexión del sistema VTS (Vessel Traffic System).
- Detección de inmigración ilegal, narcotráfico en la zona litoral.
- Detección en la zona litoral de barcos, lanchas inflables (zodiacs) y otros medios de transporte provenientes de los barcos de tránsito, con el fin cruzar la frontera o por narcotráfico.
- Detección de objetos lanzados desde los barcos, que se arrojan al agua (boyas, barriles), utilizados para marcar el sitio de intercambio de contrabando.
- Control de movimiento de pequeñas embarcaciones (yates, lanchas).
- Detección de automóviles situados en la orilla (en playas), para ser utilizados con fines de recoger inmigrantes ilegales (contrabando).
- Dirección del tráfico marítimo.

Comparación de simulaciones de radiopropagación en frecuencias de ondas milimétricas para redes móviles de quinta generación; Kevin E. Requena B. Diana M. Rozo M. Javier E. Arévalo P. Fundación Universidad Autónoma de Colombia, Bogotá.

Este trabajo presenta una comparación de simulaciones de radiopropagación de frecuencias de mmW para una red de telecomunicaciones 5G en un esce-

nario urbano en el centro histórico de Bogotá, precisamente en la localidad de La Candelaria. Se tuvo en cuenta la variación de las condiciones atmosféricas y se evaluó el desempeño de distintos modelos de propagación en un determinado entorno.

Los sistemas de comunicación inalámbrica de ondas milimétricas emergentes (mmWaves) representan una gran evolución en las comunicaciones actuales. Un espectro específico para la comunicación móvil en las bandas de ondas milimétricas aún está en estudio por el UIT-R o por los organismos reguladores individuales y la industria móvil, como fabricantes de dispositivos, desarrolladores de infraestructura que se realizan sus trabajos en un espectro radioeléctrico de hasta 100 GHz, aproximadamente. No obstante, en frecuencias de ondas milimétricas aparecen problemas de propagación que deben ser estudiados. (Requena B., 2017)

Desarrollo de técnicas interferométricas para radares de alta resolución en milimétricas: Felguera Martín, David. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones. Doctorado en tecnologías y sistemas de comunicaciones. Universidad Politécnica de Madrid. 2013 (Págs. 1-187)

Este proyecto aborda el desarrollo de técnicas interferométricas para radares de alta resolución en milimétricas. Específicamente, se centra en el desarrollo de técnicas para radares terrestres, y en concreto aquellas relacionadas con el seguimiento, clasificación y generación de imágenes de blancos móviles. Hace una verificación experimental sobre el desarrollo de dichas técnicas. Introduce la temática relacionada con radares interferométricos de alta resolución y presenta un sensor experimental, con el cual se hace la experimentación. Por otro lado, recoge el seguimiento de blancos móviles en sucesión de imágenes ISAR, el cálculo de altura de blancos en imágenes radar bidimensionales distancia-tiempo y su equivalente en imágenes distancia-Doppler. Finalmente, a manera de experimentos, presenta la aplicación de las técnicas interferométricas para la vigilancia de tráfico en carretera; por otro lado, el uso de estas mismas técnicas aplicadas a entornos marítimos por medio de la simulación de blancos móviles en entornos realistas (Requena B., 2017).

Biogiga: base de datos de imágenes sintéticas de personas a 94 GHz con fines biométricos

M. Moreno-Moreno, J. Fierrez, P. Tome, R. Vera-Rodríguez, J. Parron, J. Ortega-García. miriam.moreno, julian.fierrez, pedro.tome, ruben.vera@uam.es, josep.pa-

rron@uab.es, javier.ortega@uam.es. Dpto. Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones. Universidad Autónoma de Madrid (UAM). 28049 Madrid, Spain. Dpto. Telecomunicació i d'Enginyeria de Sistemes. Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). 08193 Barcelona, Spain.

Este proyecto recoge de manera general los diferentes sistemas de captura de imágenes en la banda espectral de las MMW y SMW, así como de los trabajos de reconocimiento biométrico que hacen uso de este tipo de imágenes. Asimismo, se ha presentado la base de datos sintética BioGiga, formada por imágenes simuladas a 94 GHz de 50 (Fig. 2), usuarios en dos escenarios con dos sistemas de captura de imagen. Se ha descrito el proceso de generación de BioGiga, así como sus principales características (Moreno-Moreno y otros, 2016).

La principal aplicación de esta base de datos es la de su uso para el desarrollo de sistemas de reconocimiento biométrico basados en este tipo de imágenes. En concreto, a partir de estas imágenes se pueden extraer diferentes características representativas de cada individuo, con las cuales realizar experimentos de reconocimiento. Asimismo, al disponer de diferentes tipos de imágenes para cada usuario, se puede realizar fusión a diferentes niveles para mejorar el rendimiento del sistema. Adicionalmente, el uso de este tipo de imágenes sintéticas permite la evaluación de vulnerabilidades de sistemas biométricos, basados en esas imágenes, frente a ataques externos (Moreno-Moreno, 2016, pág. 3).



Figura 2. Imágenes visibles correspondientes a un usuario (arriba izquierda): modelos generados con MakeHuman (arriba derecha) e imágenes a 0o de orientación de la cámara en los cuatro sistemas considerados (abajo).

Ondas milimétricas para detección de señales vitales

Sistema de detección de vida de onda milimétrica de 60 GHz con cancelador de radar para detección remota de señales vitales

H.-C. Kuo, H.-H. Wang, P.-C. Wang, and H.-R. Chuang. Institute of Computer and Communication En-

gineering, Department of Electrical Engineering, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan, R. O. C. F.-L. Lin Department of Electronic Engineering, Southern Taiwan University, Tainan, Taiwan, R.O.C.

Este proyecto consiste en la construcción de un prototipo MLDS de 60 GHz, mediante el uso de componentes de guía de onda DE onda MM de banda en V. Un cancelador de desorden se implementa en el sistema con un atenuador y un cambiador de fase. El cancelador de desorden realiza la cancelación de la fuga de energía transmitida (al receptor) y el desorden de reflexión de fondo se utiliza para mejorar la sensibilidad de detección de las pequeñas señales vitales (Kuo, Wang & Chuang, 2011).

Así pues, presenta un sistema de detección de vida de onda milimétrica (MLDS) de 60 GHz con un cancelador de desorden para la detección remota de señales vitales humanas. Este sistema MLDS de 60 GHz se construye mediante el uso de componentes de guía de ondas de onda milimétrica de banda V. El cancelador de desorden utiliza un atenuador ajustable y un cambiador de fase para cancelar la fuga de energía de transmisión del circulador y el desorden de reflexión de fondo para mejorar la sensibilidad de detección de las señales vitales débiles. Las formas de onda de dominio de tiempo y espectro de la medida respiración y latidos del corazón (obtenidos mientras el sujeto estaba conteniendo la respiración) se presentan para sujetos de prueba humanos a distancias de 1 y 2 m. Las mediciones experimentales muestran formas de onda claramente registradas de las señales de respiración y latidos del corazón cuando el desorden se cancela a un bajo nivel de potencial ajustando el atenuador y el intercambiador de fases (Kuo, Wang & Chuang, 2011).

El diagrama de bloques de un sistema de detección de vida sin contacto se ilustra en la Fig. 1. Una fuente de señal RF produce un portador de onda continua (CW), y se alimenta en un acoplador direccional. Una salida del acoplador direccional se amplifica mediante un amplificador de potencia (PA) y se alimenta a través de un circulador a la antena. La otra salida del acoplador direccional proporciona una señal de oscilador local (LO) para el receptor. Como se muestra en la figura, la fuga de energía atropellante a través del circulador y el fondo ambiental (y el desorden de reflexión será mucho mayor que la débil señal dispersada por fase de la respiración y la vibración del latido del corazón. Estas señales de desorden fuertes pueden saturar el receptor y se reducirá la sensibilidad de detección de la señal vital débil, como se demuestra en los siguientes experimentos de medición (Kuo, Wang & Chuang, 2011).

Por lo tanto, un cancelador de desorden delante del receptor es muy importante para la detección de señal

vital (Fig. 3). El cancelador de desorden consta de un atenuador ajustable y un cambiador de fase con una señal de entrada de la fuente de señal RF ramificada a través de acopladores direccionales. Los niveles de potencia de la señal se han medido cuidadosamente en cada puerto de salida de los componentes de detección para garantizar la capacidad de cancelación de desorden.

El diagrama de bloques del MLDS de 60 GHz muestra una fuente de señal de onda MM que proporciona una señal CW de 60 GHz. Esta señal CW se alimenta a través de un acoplador direccional de 20 dB, un PA de banda en V y un circulador a una antena de bocina de banda en V. La señal de salida principal del acoplador direccional de 20 dB se divide entonces por un acoplador híbrido-T de 3 dB para proveer una señal de referencia para la cancelación del radar y una señal local (LO) para mezclar la operación. El diagrama del equipo se explica mediante la Figura 4 (Kuo, Wang & Chuang, 2011)

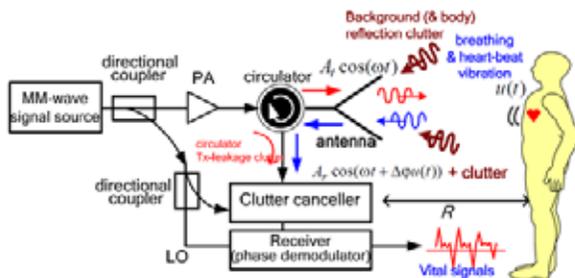


Figura 3. Ilustración de un Sistema de detección de vida de ondas milimétricas (MLDS) para sensor remoto de signos vitales

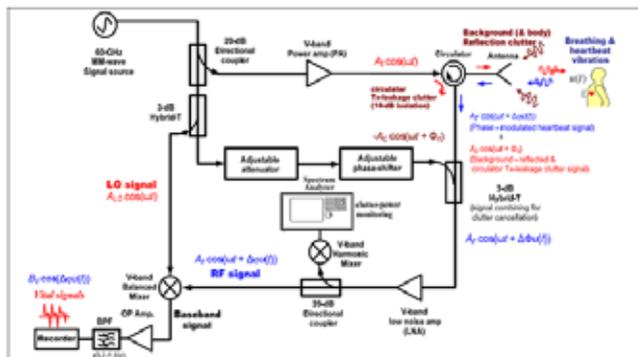


Figura 4. Diagrama de bloque de un Sistema de detección de señales vitales de 60 GHz (MLDS)

Imágenes de ondas milimétricas multipolares para la detección de armas ocultas

Xun Li, Shiyong Li, Guoqiang Zhao, and Houjun Sun. Beijing Key Laboratory of Millimeter Wave and Terahertz Techniques, Beijing Institute of Technology, Beijing, China.

El mundo de la seguridad, en la actualidad, tiene la necesidad de un nuevo sistema de vigilancia del personal, con la capacidad para detectar amenazas ocultas; el desgaste corporal es reducido debido a la tecnología de seguridad convencional. Una de las opciones para mejorar es utilizar ondas milimétricas que sean capaces de penetrar barreras comunes de ropa para formar una imagen de una persona, así como cualquier artículo oculto con diferente reflectividad o emisividad. Los sistemas de ondas milimétricas no son altamente radioactivos y, por lo tanto, no representan ningún peligro para la salud a niveles de potencia moderados (Li, Zhao & Sun, 2018).

Se ha introducido la tecnología de imágenes holográficas de ondas milimétricas, que consiste en formar imágenes enfocadas de objetivos a partir de datos de ondas coherentes recopilados de forma remota en una apertura 2D. El objetivo se ilumina sobre una apertura plana utilizando una fuente coherente de haz divergente, como una fuente de microondas. La señal de eco es entonces grabada de manera coherente por el receptor, digitalizada y almacenada en el ordenador. Los datos se pueden reconstruir matemáticamente para formar una imagen enfocada de la función de reflectividad del objetivo.

Las características de polarización de los objetos se utilizan cada vez más en el campo de las imágenes de interferometría SAR polarimétrica y la técnica de imágenes de tomografía SAR polarimétrica. Sin embargo, estas técnicas se utilizan principalmente en imágenes de campo lejano para aplicación militar. En este artículo se construye un sistema de imágenes de onda milimétrica 3D de polarización múltiple, para verificar la viabilidad de esta técnica de imagen para la detección de armas ocultas. Y el entorno experimental se establece convenientemente con un analizador de red vectorial (VNA). Un analizador de red vectorial es un sistema de prueba que permite que el rendimiento de RF de los dispositivos de radiofrecuencia y microondas se caracterice en términos de parámetros de dispersión de red, o parámetros S. En este artículo, un VNA hace la mayor parte del trabajo del receptor y del transmisor, y transmite los datos de eco a la computadora.

La estructura de este documento es la siguiente: El modelo de sistema con analizador de red vectorial se introducirá en primer lugar. Y luego, se dará la metodología del experimento de imágenes de ondas milimétricas 3D. A continuación se presentan los resultados reales del experimento de detección de objetos. Las conclusiones se dan en la parte final.

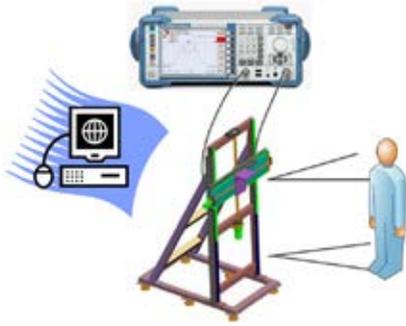


Figura 5. Sistema de prueba de imágenes de onda milimétrica

Modelo del sistema

La configuración del sistema de imágenes se muestra en la Fig. 5. Un analizador de red vectorial desempeña un papel importante en este sistema. Se utiliza como transmisor y receptor con antenas. Los puertos S1 y el puerto S2 del VNA están conectados, respectivamente, con una antena transmisora y una receptora. Por lo tanto, los datos de eco se pueden obtener a partir de la medición del parámetro S21. La antena transmisora y la receptora están dispuestas en una trama de exploración que es capaz de mover antenas a una velocidad constante en un plano llano. El ordenador controla tanto el analizador de red vectorial como el marco de escaneo al mismo tiempo, para lograr el escaneo y la adquisición de datos.

El dispositivo utilizado en este proyecto se muestra en la Fig. 6: (a): marco de escaneo con una barra que puede moverse en direcciones horizontales y verticales; (b): un analizador de red vectorial de doble canal. El puerto S1 y el puerto S2 del VNA están conectados respectivamente con las antenas; (c): antenas fijadas en el marco de escaneo. La antena transmisora y la antena receptora se colocan en posiciones adyacentes para formar un sistema cuasi-monostático, que puede ser asumido aproximadamente en la misma ubicación y que debe coincidir en el punto medio entre las dos antenas.



Figura 6. Imagen óptica de los instrumentos experimentales: a) marco de escaneo; b) analizador vectorial; c) antenas

La configuración de medición se muestra en la Fig. 7, donde el cuadrado pequeño representa la posición de la antena del transceptor, y el círculo discontinuo representa el objetivo o el lugar de la imagen. El algoritmo de reconstrucción de imagen utilizado en este documento es el algoritmo de dominio de número de onda. Si el destino se caracteriza por una función de reflectividad (x, y, z) f , la respuesta medida por el transceptor será la superposición de la función de reflectividad por la fase de ida y vuelta al destino. El plano de medición es $atzR$. La fase de ida y vuelta es:

$$2k\sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - R)^2}$$

Donde $k = \omega/c$ es el número de onda, ω es la frecuencia angular temporal y c , la velocidad de la luz.

La medida de respuesta a esta señal se expresa mediante la ecuación:

$$s(x', y', \omega) = \iiint f(x, y, z) \times e^{-j2k\sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-R)^2}} dx dy dz$$

La decadencia de amplitud con rango no se considera, ya que tendrá poco impacto en el enfoque de la imagen. A través de una serie de derivación, da como resultado la función de reconstrucción de la imagen:

$$f(x, y, z) = FT_{3D}^{-1} \left\{ FT_{2D} \{ s(x, y, \omega) \} e^{-j\sqrt{4k^2 - k_x^2 - k_y^2} R} \right\}$$

Donde FT indica la transformación de Fourier (Li, Zhao & Sun, 2018).

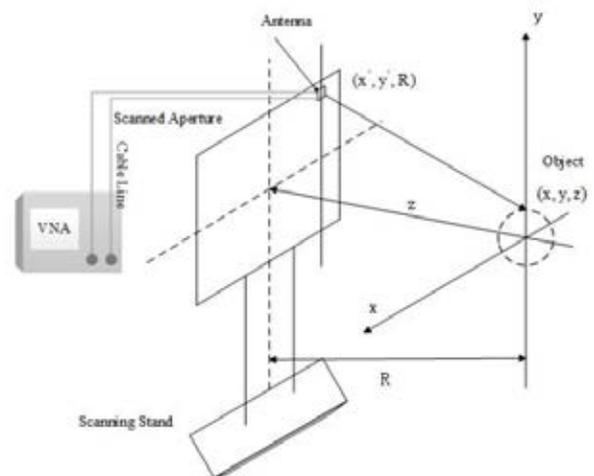


Figura 7. Configuración del sistema de imágenes milimétricas de banda ancha

Conclusiones

Durante el desarrollo de este documento se expusieron diferentes usos y aplicaciones de las ondas milimétricas. Desde el principio se observa cómo las múltiples posibilidades de aplicabilidad, investigación y desarrollo de las ondas milimétricas tienen un amplio espectro de usos.

Dentro de las ventajas, está la capacidad de transmitir grandes cantidades de datos en poco tiempo, múltiples canales disponibles y un amplio ancho de banda.

Dentro de las desventajas, la línea de visión se verá afectada por cualquier obstáculo, señal de absorción de la atmósfera, costos elevados de implementación.

En la actualidad el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones ("MinTIC"), desarrolló el Plan 5G para Colombia, el cual fue publicado en diciembre de 2019, con lo cual se abre la posibilidad de acceso al uso de estas tecnologías.

Las especificidades de los mecanismos, el funcionamiento y demás aspectos técnicos, si no están explicados dentro de cada aparte, pueden encontrarse con mayor detalle y profundidad en los artículos que se citan en las referencias.

Referencias

- Kuo, H.-C., Wang, H.-H., Wang, P.-C., & Chuang, H.-R. (2011). GHz Millimeter-Wave Life Detection System with Clutter Canceller for Remote Human Vital-Signal Sensing. *International Microwave Workshop Series on Millimeter Wave Integration Technologies*, 1-4.
- Li, X., Li, S., Zhao, G., & Sun, H. (2018). Multi-polarized Millimeter-Wave Imaging for Concealed Weapon Detection. *Beijing Key Laboratory of Millimeter Wave and Terahertz Techniques, Beijing Institute of Technology*, 3.
- Artal, E., Detratti, M., Palacios, C., & Pascual, J. (2001). Tecnología de montaje de circuitos de bajo ruido en la banda de milimétricas. *Departamento de Ingeniería de Comunicaciones. ETSI Telecomunicación. Universidad de Cantabria*, 1-2.
- Eduardo Artal Latorre, et al (2013). Radiómetros en ondas milimétricas del experimento QUIJOTE. *Departamento de Ingeniería de Comunicaciones. Universidad de Cantabria. Edificio Ingeniería de Telecomunicación*, 1-4.
- Requena B, Kevin E., D. M. (2017). Comparación de simulaciones de Radiopropagación en frecuencias de ondas milimétricas para redes móviles de quinta generación (5G). En E. S. M., *Desarrollo e innovación en ingeniería* (págs. 564-576). Medellín: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
- Martín, D. F. (2013). Desarrollo de técnicas interferométricas para radares de alta resolución en Milimétricas. *Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones. Escuela Técnica Superior de Ingenieros. Universidad politécnica de Madrid*, 187.
- Moreno-Moreno, M., Fierrez, J., Tome, P., Vera-Rodríguez, R., Parron, J., & Ortega-García, J. (2016). Biogiga: base de datos de imágenes sintéticas de personas a 94 GHz con fines biométricos. *Dpto. Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones. Universidad Autónoma de Madrid (UAM). 28049 Madrid, Spain*, 1-4.
- Nolé, B., García, J., & Rodríguez, F. (2012). Lasers en Espacio Libre y Ondas Milimétricas. *Facultad de Ingeniería, Universidad de la República*, 1-232.
- Núñez, C. J. (2018). Caracterización de las ondas milimétricas para determinar su posible aplicación en la Quinta generación de comunicaciones inalámbricas. *Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo*, 1-69.
- Solomitckii, D., Gapeyenko, M., Semkin, V., Andreev, S., & Koucheryavy, Y. (2018). Technologies for Efficient Amateur Drone Detection in 5G Millimeter-Wave Cellular Infrastructure. *Amateur drone surveillance: applications, architectures, and public safety issues*, 43-50.
- Ulibarri, P. R. (2017). *Metamaterials and Extraordinary Transmission structures applied to microwave, millimeter and terahertz waves devices*. Navarra: Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Universidad Pública de Navarra.
- Universidad de Córdoba, CPMTI y Marine Complexes & Systems (MCS) (2013). Radar Milimétrico. *Boletín de Difusión de la Transferencia del Conocimiento de la Universidad de Córdoba*, 2.
- Tomado de: <https://iie.fing.edu.uy/proyectos/eso-po/eem/>

PROGRAMA TECNOLÓGICO EN GESTIÓN DE RECURSOS AÉREOS: UNA TECNOLOGÍA EN EVOLUCIÓN

Técnico Jefe (RA) Olga Lucía Martínez Forero
Especialista en Alta Gerencia

Resumen

El programa de Tecnología en Gestión de Recursos Aéreos ha sido desarrollado con el objetivo de vincular al personal del Cuerpo Administrativo y Logístico al plan de carrera del personal de Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana. A partir de una base histórica se da a conocer de una forma breve el funcionamiento del programa y su proyección.

Palabras clave: gestión, aéreo, tecnología, fuerza, educación.

Abstract

The Technological Program for Aerial resources Management has been created with the purpose of linking the personnel of the Administrative and Logistics Corps to the career plan of Noncommissioned Officers of the Colombian Air Force. The operation of the project and its projection is revealed based on a historical foundation.

Keywords: Management, Aerial, Technology, Force, Education.

Introducción



La Escuela de Suboficiales forma parte del esquema educativo de las Fuerzas Armadas, y participa de los avances que se han ido desarrollando a partir de la reestructuración ordenada por el Ministerio de Defensa y plasmada en el PESE (Plan Estratégico del Siste-

ma Educativo de las Fuerzas Armadas, 2007-2009), que trata sobre el fortalecimiento de las competencias del ser, donde se refuerzan los principios, valores y virtudes militares y policiales, en busca de crear un futuro con un sistema educativo integral, moderno y flexible. De igual forma y de acuerdo con el Ministerio de Educación, Colombia requiere de una población capacitada a nivel técnico y tecnológico, que cumpla con las necesidades del sector productivo, desarrollo regional y nacional y al avance de la ciencia (Ministerio de Educación Nacional, 2020), los cuales están especificados en documentos rectores que proporcionan las directrices en las diferentes Instituciones de educación superior de las Fuerzas Armadas (Gerencia Proyecto de Reestructuración de la Gerencia Educativa de las Fuerzas Armadas, 2008).

Para el ámbito educativo militar de las Fuerzas Armadas, la Escuela de Suboficiales es reconocida en el medio por sus programas tecnológicos tradicionales en áreas como mantenimiento, electrónica, seguridad, abastecimientos, entre otras, sin evidenciarse aún nuevas áreas del conocimiento, como lo es la Tecnología en Gestión de Recursos Aéreos. La literatura existente en relación con la creación del programa de Tecnología en Gestión de Recursos Aéreos no ha sido abordada en profundidad, debido a que este programa tecnológico se encuentra en su etapa inicial.

En el interior de la Fuerza Aérea Colombiana se evidencia que aún persiste la incertidumbre sobre el significado de la Tecnología en Gestión de Recursos Aéreos. Una posible explicación para este desconocimiento la podemos encontrar en los resultados de las evaluaciones analizadas en el apartado denominado "Evolución" del presente artículo, las cuales son el soporte de lo proyectado a futuro a partir de los lineamientos de la Estrategia de Desarrollo ESUFA 2042¹ de la Escuela de Suboficiales.

Existe un largo camino por recorrer para seguir avanzando en la construcción de este nuevo programa, el cual

¹ Estrategia de Desarrollo ESUFA 2042, "con la cual se alinean diversos procesos para afrontar de manera dinámica, con eficiencia, eficacia y efectividad, los retos propuestos para un nuevo siglo de existencia; donde el dominio del aire, el espacio y el ciberespacio son fundamentales para asegurar las condiciones de Defensa y Seguridad de la Nación." (Escuela de Suboficiales FAC, 2020, pág. 2).

se enfrentará próximamente a su primer reto: ser acreditado como un programa de alta calidad institucional.

El presente artículo busca ambientar el pasado, presente y futuro de la Tecnología en Gestión de Recursos Aéreos, programa que, por un lado, permite que el futuro Suboficial amplíe sus conocimientos tecnológicos, y por otro lado ayuda a que la fuerza laboral de la institución se familiarice con el quehacer de las diferentes áreas (estratégica, operaciones aéreas, apoyo y personal) inherentes al funcionamiento de la Fuerza Aérea Colombiana.

Historia

La tecnología ha tenido a lo largo del tiempo una gran importancia en el desarrollo económico y social de las naciones, y las fuerzas productivas dependen del conocimiento científico y tecnológico.

La evolución de la educación tecnológica a nivel mundial se ha basado en dos cuestiones culturales básicas que se observan a lo largo de la historia de la humanidad: ¿cómo hacer algo? (Arte y técnica) y ¿por qué hacerlo así? (Entendimiento).

En la tabla 1, se recopilan cronológicamente algunos hechos que han marcado las pautas para la educación tecnológica en Colombia hasta el día de hoy.



Tabla No. 1 Cronología Educación Tecnológica en Colombia. Fuente: Elaboración propia, recopilación de varias lecturas (Mirna, 2008)

Año	Hecho	Objetivo
1945	Países industrializados fijan el desarrollo como estrategia política.	Aparecen conceptos como “subdesarrollo” y “tercer mundo”, cuyo objetivo es mantener ciertas formas de explotación y dominación (Mirna, 2008).
1954	Padre Louis Joseph Lebel propone reforma educativa y sistema de aprendizaje industrial.	Desarrollo intensivo de modalidades en formación para el trabajo.
1957	Primer Plan Quinquenal de Educación, proyecto de América Latina y recomendación de misiones extranjeras (Currie 1949 y Lebel 1956), Auspiciado por la Unesco.	Se sientan las bases “para la aplicación de las técnicas de la planificación económica a un campo tan complejo y delicado cual es la educación”; “la educación se desarrolla y perfecciona armónicamente gracias a un orden racional y a una dirección coordinada” (Martínez Boom, 1988, pág. 13)
1957	Aparece el Servicio Nacional de Aprendizaje (“SENA”), bajo el Decreto Ley No.118 del 21 de junio de 1957. Su creador fue Rodolfo Martínez Tono.	“Brindar formación profesional a trabajadores, jóvenes y adultos de la industria, el comercio, el campo, la minería y la ganadería” (SENA, s. f.).
1958-1974	Llega el Frente Nacional, gran expansión de la educación en Colombia; se recibió asistencia técnica por parte de agencias internacionales (UNESCO, PNUD, Banco Mundial, AID); se escogió a Colombia como escenario de innovaciones educativas.	“Se iniciaron programas extra-escolares para llegar a los adultos analfabetos y actualizar el nivel desconocimientos y destrezas de la fuerza de trabajo, se promovieron actividades de investigación ” (Arvone, 1978, pág. 3). En 1967 se presenta la crisis mundial a nivel de educación, fomentándose la formación de técnicos.
1974	Creación del Instituto Colombiano de Educación Superior y División Tecnológica y Ocupacional.	Comienza la educación tecnológica en el país. Decreto 1358 del 11 de julio de 1974, por el cual se dictan las normas de educación superior. Los programas podrán ser ofrecidos por las universidades (Ministerio de Educación Nacional , 1974)).
1976	Decreto 2667.	Se reglamentan las carreras tecnológicas, donde se define un plan de estudios con un mínimo del 50% en instrucción práctica y se debe contemplar una base humanística y científica propia de la educación superior (Art. 3) (Presidente de la República, 1976).
1980	Decreto 80.	Se reorganiza la educación post secundaria con énfasis en investigación, creación y adaptación de tecnologías. Hace posible que se pueden concatenar ciclos, hacer transferencias entre instituciones, programas y tipos de formación (Art. 33) (Ministerio de Educación Nacional , 1980).
1992	Ley 30.	Se diferencian tres instituciones: técnicas profesionales, instituciones o escuelas tecnológicas y universidades. Se establecen los campos de acción técnica, ciencia, tecnología, humanidades, arte y filosofía (Art. 7) (Congreso de Colombia, 1992).

Ahora bien, varios estudiosos colombianos coinciden en que la educación tecnológica en Colombia tiene muchos vacíos. Aunque no es tema de estudio en este artículo, es interesante presentar algunas reflexiones al respecto por parte de Cadavid Alzate (2005).

- *Se confunde la formación tecnológica con la institución tecnológica.*
- *Se asume que la carrera tecnológica es un tipo de formación preferida por las personas de bajos recursos económicos.*
- *Se considera que el carácter de una institución tecnológica está dado por un acto administrativo y no por el proceso formativo propiamente dicho.*
- *Se considera a la formación tecnológica como de segunda categoría y, por lo tanto, se asume que no requiere de entornos académicos adecuados.*

Conscientes de todos los anteriores aspectos, la Fuerza Aérea Colombiana, mediante su Sistema Educativo (SEFAC)², se proyecta para ser reconocida nacional e internacionalmente por su aporte al conocimiento académico, científico y social en el campo aeroespacial, así como al desarrollo de la Nación (Fuerza Aérea Colombiana, 2014).

La Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana, actualmente Acreditada en Alta Calidad mediante Resolución No. 10409 del 01 de octubre de 2019, es un referente a nivel tecnológico en el país, gracias a que se encuentra acreditada igualmente en siete programas tecnológicos aeronáuticos. La Tecnología en Gestión de Recursos Aéreos cuenta con Registro Calificado mediante Resolución ICFES No. 91022 629621 2543011100, y representa la ruta de carrera para el personal de Suboficiales, ofreciendo además tres especializaciones tecnológicas.

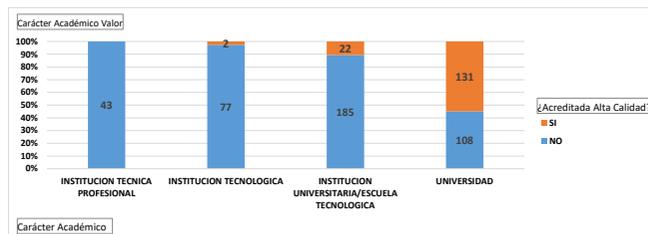
Desde el año 1987, la Fuerza Aérea Colombiana ha venido convocando a jóvenes que deseen tener una formación militar como suboficiales, con un saber específico en el área musical. Igualmente, en 1992 se empezó a impartir el primer curso dirigido a mujeres y hombres sobre conocimientos técnicos o tecnológicos reconocidos en instituciones de educación superior. Este personal ingresó con funciones específicas a la Fuerza, ya que entraron a pertenecer al Cuerpo Administrativo y Logístico con sus diferentes especialidades (Administración, Sanidad, Telemática, Economía, Ingeniería, etc.).

En 2016, la Escuela de Suboficiales inició una labor educativa que cambiaría la forma de preparar a sus Suboficiales durante su carrera militar, lo que se denominó la Estrategia E4. El personal del Cuerpo Administrativo y Logístico que no pertenecía a los programas educativos de la Escuela requería ser incluido dentro de esta estrategia; por esta razón, en 2015 el señor Técnico Subjefe Víctor Miguel Quintero Patiño asumió el reto de crear un nuevo programa tecnológico, que incluyera al personal con saberes previos, de tal forma que pudiera ser incluido en la transformación educativa del personal de Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana.

En 2017, se incorporó a la ESUFA (Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea) la primera promoción de Tecnólogos en Gestión de Recursos Aéreos.

Evolución

De acuerdo con la información del SNIES³, en Colombia se cuenta con 79 Instituciones Tecnológicas, y solo dos de ellas se encuentran acreditadas en alta calidad, como se puede observar en la Gráfica 1.



Gráfica 1. Instituciones del país acreditadas en alta calidad
Fuente: Elaboración propia, datos tomados del SNIES

Una de esas instituciones es la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana. Esto implica que toda su oferta académica debe buscar la alta calidad.

Aunque aún no se encuentra acreditado, desde sus inicios el programa de Tecnología en Gestión de Recursos Aéreos ha estado trabajando para cumplir esta meta; es de recalcar que, desde 2017, la Fuerza Aérea Colombiana ha incorporado saberes de hombres y mujeres que se han capacitado en este programa, de acuerdo con los requerimientos institucionales y los procesos de selección propios de la Fuerza (Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea, 2016).

Como se puede apreciar en la Tabla No.2, la Fuerza Aérea se convierte en una alternativa de desempeño profesional para la población colombiana con educación técnica o tecnológica.

2 Sistema Educativo de la Fuerza Aérea Colombiana

3 Sistema Nacional de Información de la Educación Superior, surge como mandato normativo de la Constitución de 1991.

Tabla 2. Carreras técnicas o tecnológicas incorporadas desde la creación de la Tecnología en Gestión de Recursos Aéreos.
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de los procesos de incorporación desde 2017 hasta 2020.

Alumnos TGA	
Especialidad	Total
Mantenimiento aeronáutico	3
Músicos	3
Téc. Profesional o tecnólogo delineante de arquitectura e ingeniería	1
Téc. Profesional o tecnólogo en administración de instituciones de salud, administración gestión empresas de salud, administración de servicios de salud y administración de empresas	2
Téc. Profesional o tecnólogo en administración del talento humano	2
Téc. Profesional o tecnólogo en administración y afines	21
Téc. Profesional o tecnólogo en animación 3d	1
Téc. Profesional o tecnólogo en construcción	6
Téc. Profesional o tecnólogo en contabilidad o afines	19
Téc. Profesional o tecnólogo en electricidad	4
Téc. Profesional o tecnólogo en electricidad	2
Téc. Profesional o tecnólogo en electrónica	1
Téc. Profesional o tecnólogo en enfermería	14
Téc. Profesional o tecnólogo en gestión documental, sistema de información documental y archivística, en documentación y archivística	4
Téc. Profesional o tecnólogo en gestión judicial y criminalística, investigación judicial y criminalistas	14
Téc. Profesional o tecnólogo en higiene y seguridad	1
Téc. Profesional o tecnólogo en mecatrónica, automatización, electrónica, electrohidráulica, electron neumática, neumática y afine	3
Téc. Profesional o tecnólogo en medio ambiente	11
Téc. Profesional o tecnólogo en producción de radio y televisión	1
Téc. Profesional o tecnólogo en radiología, rayos x y/o imágenes diagnósticas	2
Téc. Profesional o tecnólogo en salud ocupacional, en higiene y seguridad, en higiene y seguridad industrial, en higiene y seguridad en el trabajo	14
Téc. Profesional o tecnólogo en salud oral y/o odontológica	1
Téc. Profesional o tecnólogo en secretariado y afines	6
Téc. Profesional o tecnólogo en topografía	9
Téc. Profesional o tecnólogo en hotelería y turismo y afines	9
Téc. Profesional o tecnólogo en sistemas o afines	21
Vuelos especiales	4
Téc. Profesional o tecnólogo en mecánica automotriz, en mecánica con énfasis en mantto, en diesel y electrónica automotriz, en diagnóstico y de transporte en operación del transporte	7
Total general	186

Del personal relacionado en la tabla 2, el 20 % se encuentran cursando la Tecnología, el 29 % ya son titulados y el 51 % se encuentran desarrollando sus proyectos de grados. Esto refleja que el proceso de formación se lleva a cabo de acuerdo con lo proyectado por la ESUFA, en el sentido de otorgar un plazo de tres años al Suboficial de grado Aerotécnico, posterior al escalafonamiento militar, para obtener el título de Tecnólogo.

En la tabla 3 se observa la primera radiografía de la Tecnología desde que inició funciones. Acá se pueden analizar varios aspectos, entre ellos el hecho de que el programa tecnológico requiere mejorar en tres factores: darse a conocer a nivel nacional e internacional, optimizar los recursos físicos e impactar en el personal de egresados.

Tabla 3. Autoevaluación 2018. Datos obtenidos de la autoevaluación 2018, siguiendo los lineamientos del CNA (Consejo Nacional de Acreditación)

Factores	Total del factor (1 a 5)	Total del factor (1 a 100)	Valoración ponderada del factor
1. Misión, proyecto institucional y de programa	4,64	92,86	13,93
2. Estudiantes	4,40	87,96	9,68
3. Profesores	4,11	82,20	9,86
4. Procesos académicos	4,09	81,74	8,17
5. Visibilidad nacional e internacional	3,37	67,41	4,72
6. Investigación , innovación y creación artística y cultural	4,07	81,46	5,70
7. Bienestar institucional	4,31	86,19	8,62
8. Organización, administración y gestión	4,20	84,01	8,40
9. Impacto de los egresados en el medio	3,61	72,29	5,78
10. Recursos físicos y financieros	3,92	78,41	7,84
Valoración total de autoevaluación			82,71

Para tal fin, se pusieron en marcha planes de mejoramiento, con acciones específicas que buscan mitigar estas debilidades.

La malla académica del programa se compone de tres módulos fundamentales: Científico, Específico y de Gestión de Desarrollo, los cuales buscan garantizar que el suboficial tenga una formación integral a nivel militar, técnico y personal.

Se han logrado también interesantes avances en el área de investigación, ya que la Tecnología ha contribuido al aprovechamiento del personal graduando, en pro de solucionar necesidades de la Fuerza, en las tres modalidades de opción de grado: proyecto de grado, pasantía técnica o asistencia técnica.

Futuro

Partiendo de un pensamiento prospectivo estratégico⁴, se da respuesta a los siguientes interrogantes:

¿Qué ocurre actualmente con el programa de Tecnología en Gestión de Recursos Aéreos? ¿Qué se puede hacer? ¿Qué se va a hacer, efectivamente? Tomando como referencia la trayectoria del programa, se plantean tres posibles escenarios:

Escenario 1: Acreditación en Calidad. El programa se encuentra próximo a realizar su proceso de acreditación, lo cual constituye una de las metas a corto plazo que proporcionarán a la población la seguridad de que este es un programa con todas las características de calidad.

Escenario 2: Una tecnología bilingüe. Se debe apuntar a una capacitación bilingüe en todos los programas tecnológicos, ya que la Fuerza Área Colombiana ha avanzado significativamente en su desempeño y participación internacional, tanto en el área operativa como administrativa y logística, y por lo tanto requiere que su personal tenga el nivel para desenvolverse eficientemente en estos ámbitos. Con esto en mente, la institución ha desarrollado diferentes estrategias en relación con el bilingüismo.

⁴ Reconocidos pensadores, como Peter Drucker, Michael Porter, Fred David, Kenichi Ohmae, John Naisbitt y Michel Godet, coinciden en que las disciplinas estratégica y prospectiva permiten construir anticipadamente imágenes de futuro (escenarios) para recorrer un camino con mayores probabilidades (Universidad de la Sabana, 2019).

Escenario 3: Sostenibilidad en el tiempo. El Suboficial perteneciente a la Tecnología tendrá las herramientas para seguir capacitándose durante su trayectoria en la Fuerza, teniendo en cuenta que esta debe brindar al Suboficial un plan de carrera atractivo que garantice su crecimiento, así como su desempeño personal y profesional. Con esto se busca que el Aerotécnico se proyecte a alcanzar el máximo grado de la suboficialidad en la institución.

“Una generación en forma puede lograr lo que siglos sin ella no consiguieron, he ahí jóvenes una incitación” (Ortega y Gasset, 1930)

Conclusiones

Sin lugar a dudas, la educación en Colombia requiere también de una reingeniería. La educación tecnológica genera espacios de investigación, y junto con el bilingüismo y la alta calidad, son aspectos que aportan al sostenimiento y contribuyen al desarrollo económico, social y cultural de la nación desde el ámbito de la educación.

La Tecnología en Gestión de Recursos Aéreos aún se encuentra en crecimiento, lo que implica una ardua labor, tarea que se encuentra en cabeza de los directivos, el personal administrativo del programa, sus docentes y sus estudiantes. Se deben incrementar los esfuerzos en el área de investigación, con el fin de ampliar el conocimiento científico en pro del cumplimiento de la visión y misión institucional.

“Quien quiera la libertad de un pueblo tiene que ambicionar de igual manera la cultura para todos sus ciudadanos”: fragmento del Discurso de Posesión del Ex Presidente Misael Pastrana Borrero (Herrera Soto, 1982, pág. 1131). Es por esto que debemos estar preparados para afrontar el cambio. En nuestra actual situación de emergencia sanitaria mundial, la Fuerza Aérea Colombiana muestra su capacidad de resiliencia, aportando con personal altamente entrenado y capacitado en cada una de sus especialidades. Esta situación genera la necesidad de un programa fortalecido, como la Tecnología en Gestión de Recursos Aéreos, donde se forman los Suboficiales que cumplen estas misiones de salvaguardar la vida, la honra y los bienes del pueblo colombiano.

Reconocimientos

El autor agradece al señor TS (RA) Víctor Miguel Quintero Patiño y a los docentes y alumnos de la Tecnología en Gestión de Recursos Aéreos, quienes con sus aportes hicieron posible la construcción de este artículo.

Referencias

- Arvone, R. (1978). *Políticas Educativas Durante el Frente Nacional 1958-1974*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Cadavid Alzate, G. (2005). *Construcción Académica del Instituto Tecnológico Metropolitano. Los cuadernos de la Escuela No. 10*. Medellín : ITM.
- Congreso de Colombia (1992). *Ley 30 de diciembre de 1992, por la cual se organiza el servicio público de Educación Superior*. Bogotá.
- Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea (2016). *Proyecto Educativo del Programa*. Madrid (Cundinamarca).
- Escuela de Suboficiales FAC (2020). *Estrategia de desarrollo Esufa 2042*. Madrid (Cundinamarca): ESUFA.
- Fuerza Aérea Colombiana (2014). *Legislación Educativa, Sistema Educativo de la Fuerza Aérea Colombiana*. Bogotá: Imprenta y Publicaciones Fuerzas Militares de Colombia.
- Fuerza Aérea Colombiana (2018). Resolución No. 612 del 08 de agosto de 2018. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Fuerza Aérea Colombiana (s. f. a). *Reseña Histórica Escuela de Suboficiales Fuerza Aérea*. Recuperado de <https://www.fac.mil.co/esufa/Rese%C3%B1a%20Hist%C3%B3rica%20Esufa>
- Fuerza Aérea Colombiana (s. f. b). *Misión y Visión Escuela de Suboficiales Fuerza Aérea*. Recuperado de <https://www.fac.mil.co/esufa/Misi%C3%B3n-y-Visi%C3%B3n-Esufa>
- Gerencia Proyecto de Reestructuración de la Gerencia Educativa de las Fuerzas Armadas (2008). *Proyecto Educativo de las Fuerzas Armadas*. Bogotá: Pro-off set Editorial S.A.
- Gómez, V. M. (1995). *La Educación Tecnológica en Colombia: ¿Educación terminal o primer ciclo de las ingenierías y las ciencias?* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Herrera Soto, R. (17 de 08 de 1982). *Antología del pensamiento conservador en Colombia*. En U. Nacional. Bogotá: Instituto Colombiano de Cultura. Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/414/1/misael_pastrana_borrero.pdf

- Martínez Boom, A. N. (1988). Reforma de la enseñanza en Colombia: 1960-1980. *Educación Y Cultura*, 13.
- Ministerio de Educación Nacional (1974). Decreto número 1358 de 1974. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Ministerio de Educación Nacional (1980). Decreto Número 80 de 1980. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Ministerio de Educación Nacional (1992). Ley 30 de 1992. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Ministerio de Educación Nacional (2020). Mineducación. Obtenido de https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-propertyvalue-55319.html?_noredirect=1
- Mirna, J. P. (2008). La institución de la modalidad de educación tecnológica en Colombia: una mirada. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, XVI, 9-22.
- Ortega y Gasset, J. (2015). *Meditación de la técnica, ensimismamiento y alteración*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Ortega y Gasset, J. (09 de 10 de 1930). Conferencia Reforma Universitaria en España. Madrid, España.
- Plan Estratégico del Sistema Educativo de las Fuerzas Armadas (2007-2009). Bogotá: Ministerio de Defensa Nacional .
- Presidente de la República (1976). *Decreto 2667*. Bogotá.
- SENA (s. f.). Quiénes somos. Recuperado de <https://www.sena.edu.co/es-co/sena/Paginas/quienesSomos.aspx>
- Webinfomil (2015). La Fuerza Aérea Colombiana estrena nuevo camuflado. Recuperado de <https://www.webinfomil.com/2015/03/la-fuerza-aerea-colombiana-estrena.html>
- Universidad de La Sabana (2019). El poder del pensamiento estratégico y prospectivo en las organizaciones. Recuperado de <https://www.unisabana.edu.co/nosotros/noticias-institucionales/detalle-noticias-institucionales/noticia/el-poder-del-pensamiento-estrategico-y-prospectivo-en-las-organizaciones>

IMPLEMENTACIÓN DE LINEAMIENTOS TECNO-PEDAGÓGICOS PARA LA OFERTA EDUCATIVA VIRTUAL DE ESUFA

Orientador de Defensa Fernando Cortés Díaz
Magíster E-learning, ESUFA
Capitán Adriana Almanza Cañón
Jefe Oficina Calidad Educativa, ESUFA

Resumen

En el presente documento se pretende describir la construcción de los lineamientos tecno-pedagógicos para establecer la oferta educativa virtual de la Escuela de Suboficiales “CT. Andrés M. Díaz” (ESUFA). Esta oferta surge a partir de la conformación inicial de los cursos de ascenso de educación no formal de la ESUFA, y está apoyada en la virtualidad mediante la plataforma Blackboard AVAFP. De igual forma, en el artículo se hace referencia a la necesidad de establecer e implementar unos lineamientos tecno-pedagógicos que permitan desarrollar una oferta educativa virtual de calidad, y que facilite el control, seguimiento y acompañamiento a los miembros de la comunidad educativa que participa en el proceso formativo.

Palabras clave: Blackboard, e-Learning, diseño instruccional, ambiente virtual de aprendizaje.

Abstract

This document intends to describe the construction of the techno-pedagogical guidelines to organize the virtual educational offer of the School of Non-Commissioned Officers “CT. Andrés M. Díaz” (ESUFA). This offer arises from the initial formation of the non-formal education promotion courses at ESUFA, and is supported virtually through the Blackboard AVAFP platform. The article also refers to the need to establish and implement techno-pedagogical guidelines that allow the development of a quality virtual educational offer, and that facilitates control, monitoring and accompaniment to the members of the educational community that participate in the training process.

Keywords: Blackboard, e-Learning, instructional design, virtual learning environment.

Introducción

Desde el momento mismo de la creación de la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana

(ESUFA), se han considerado como ejes de su misión formar y capacitar en el quehacer aeronáutico al personal de Suboficiales de la Fuerza Aérea. Así, en la disposición TOE de la Fuerza Aérea Colombiana, del primero de noviembre de 2012, se creó un grupo dedicado a diseñar y poner en marcha los denominados cursos y concursos de ascenso para facilitar el desarrollo de la carrera militar de los alumnos. Originalmente, la Escuela centró su atención en un sistema de educación no formal, pero debido a la nueva dinámica institucional en torno a la calidad educativa, que ha logrado los más altos niveles de reconocimiento, tanto en el ámbito nacional como en el internacional, se inició el proceso de formalización de su oferta educativa.

Hoy, el Grupo de Educación Aeronáutica se ha convertido en la unidad académica encargada de la oferta virtual y de posgrados de la ESUFA. Esta oferta de educación virtual utiliza los encuentros educativos de ascenso del personal de Suboficiales para la consolidación de su carrera tecnológica y militar, y lo hace incorporando en cada uno de estos encuentros un programa de especialización que cuenta con los registros calificados otorgados por el Ministerio de Educación Nacional en modalidad virtual. De esta forma, la Escuela contribuye con una educación de calidad continua y ascendente para el crecimiento personal y académico de los Suboficiales de la FAC, con lo cual no solamente optimiza sus niveles de desempeño dentro de la institución, sino que facilita su inmersión en el sistema aeronáutico nacional e internacional, una vez se dé su retiro.

En este artículo se pretende mostrar, como caso exitoso, la implementación y organización de los lineamientos tecno-pedagógicos para la oferta educativa en modalidad virtual de la ESUFA. Se hará una descripción de los elementos virtuales existentes en un principio en la ESUFA, y posteriormente se explicará cómo se llevó a cabo la implementación de dichos lineamientos tecno-pedagógicos en la oferta de educación formal de posgrados tecnológicos.

Antecedentes

Cuando la Escuela de Suboficiales “CT. Andrés M. Díaz” determinó que los cursos de ascenso de Técnicos Segundos a Técnicos Primeros y de Técnicos Terceros a Técnicos Segundos se desarrollarían de manera virtual, no se tenía la infraestructura ni el personal capacitado para este nuevo proceso. En ese momento, solo se contaba con un administrador de la plataforma Blackboard, cuya función era la de matricular a los estudiantes y crear los espacios para los docentes. De igual forma, no se habían establecido los lineamientos tecno-pedagógicos, y por ende cada docente establecía su curso a partir de su propio criterio. Habitualmente, se disponía de un archivo PDF como único material para el aprendizaje, y no se contaba con acompañamiento en el proceso del estudiante. En suma, se tenía una manera de enseñar que no era la mejor, en especial en estos entornos en línea: la enseñanza se convertía en algo impersonal, frío y distante.

De estas circunstancias, nace la exigencia de un proceso de mejoramiento continuo de la institución. Teniendo en cuenta que las mediaciones en el proceso formativo son necesarias, se ha implementado un sistema de gestión de aprendizaje *Online Learning Management System* (LMS, por su sigla en inglés) que permite administrar, distribuir, monitorear, evaluar y apoyar las diferentes actividades previamente diseñadas y programadas dentro de un proceso de la práctica docente. Y en concordancia con las necesidades y reflexiones generadas en diferentes escenarios académicos de discusión, se han definido los lineamientos macrocurriculares y tecno-pedagógicos que direccionan el quehacer académico en cada uno de los cursos virtuales ofertados en la ESUFA.

Con esto se busca transformar la educación con ayuda de las tecnologías, en consonancia con los cambios acelerados que estas producen en la sociedad y teniendo en cuenta que la enseñanza actual ha traspasado las paredes del aula física y ocurre en prácticamente cualquier ambiente de aprendizaje (Parra & Leyet, 2012).

Por lo anterior, y asumiendo el micro currículo como un nivel fundamental en la acción pedagógica y didáctica dentro de cada uno de los cursos, se presentan los lineamientos para el diseño de cursos desde los aspectos tecno-pedagógicos en la ESUFA.

Metodología y resultados

Lo primero es comprender la importancia del diseño instruccional en la formación virtual.

El concepto de “diseño tecno-instruccional o tecno-pedagógico” hace referencia a la manera como en el diseño instruccional en la formación virtual se vinculan de forma indisoluble dos componentes:

- Dimensión tecnológica. Supone la selección de las herramientas tecnológicas adecuadas al proceso formativo que se desea realizar, analizando sus posibilidades y limitaciones, tales como la plataforma virtual, las aplicaciones de software, los recursos multimedia, etc.
- Dimensión pedagógica. Precisa del conocimiento de las características de los destinatarios, análisis de los objetivos y/o competencias de la formación virtual, desarrollo e implementación de los contenidos, planificación de las actividades, con orientaciones y sugerencias sobre el uso de las herramientas tecnológicas en el desarrollo de las actividades, y la preparación de un plan de evaluación de los procesos y de los resultados (Belloc, 2013, p. 12).

En este sentido, el diseño instruccional tiene el objetivo de producir una formación eficaz, práctica y competente. Ahora bien, un modelo normalmente intenta describir el proceso por el que se produce la formación de calidad. Existen muchos modelos de diseño instruccional, los cuales se componen de fases en las que se desarrollan diferentes actividades que llevan a procesos más específicos, centrados en el cumplimiento de objetivos particulares (Chiappe-Laverde, 2008). Entre ellos se tiene el modelo ADDIE, el cual puede modificarse para adaptarse a cualquier situación, tema, público y modelo de formación. Consta de los siguientes elementos (imagen 1):

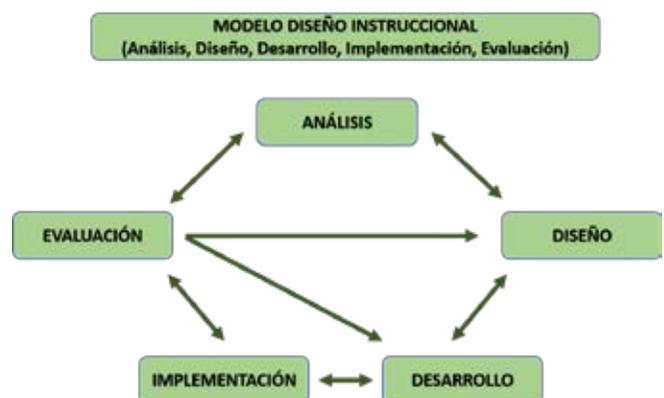


Imagen 1. Modelo ADDIE (Fuente: elaboración propia)

Para cualquier modelo de diseño instruccional, es importante tener en cuenta los fundamentos teóricos que surgen de estas preguntas: ¿en qué teorías se basa el diseño instruccional? ¿Cómo aprenden las personas? ¿Qué se debería saber sobre la manera de

aprender de las personas antes de diseñar la formación? Por lo tanto, el estudio del diseño instruccional debe partir indiscutiblemente de las teorías del aprendizaje y las de instrucción, que cada docente debe tener como referencia. En relación con esto, Moreno y Mayer (1999) dividen las teorías en dos vertientes: las descriptivas, que hacen referencia a la manera como aprenden las personas, y las teorías prescriptivas, que proporcionan una guía específica sobre cómo debería ser la formación y el modo de llevarla a cabo.

Análisis del modelo de diseño instruccional

El modelo de diseño instruccional a seguir es el denominado ADDIE, y consta de cinco elementos, a saber: Analysis (análisis), Design (diseño), Development (desarrollo), Implementation (implementación) y Evaluation (evaluación).

El primer elemento es **análisis**. En este paso inicial se analizan los estudiantes, el contenido y el entorno. De acá surgirá la descripción de un problema y una solución propuesta, el perfil del estudiante y la evaluación de las necesidades del programa.

El segundo elemento es **diseño**. En esta fase se desarrolla un programa del curso, en el que se debe tener en cuenta el enfoque didáctico general, así como el modo de secuenciar y dividir el contenido en las partes que lo componen. En esta fase de diseño se deben llevar a cabo las siguientes acciones:

- Escribir los objetivos de la unidad o módulo.
- Diseñar la evaluación.
- Escoger los medios y el sistema de hacer llegar la información.
- Determinar el enfoque didáctico general.
- Planificar la formación: decidir las partes y el orden del contenido.
- Diseñar las actividades del estudiante y las guías de aprendizaje.
- Identificar los recursos.

El tercer elemento es **desarrollo**. Consiste en la creación real (producción) de los contenidos y materiales de aprendizaje basados en la fase de diseño.

El cuarto elemento es **implementación**. Consiste en la ejecución y puesta en práctica de la acción formativa con la participación de los estudiantes.

El quinto elemento es **evaluación**. Esta fase consiste en llevar a cabo la evaluación formativa de cada una de las etapas del proceso ADDIE y la evaluación sumativa a través de pruebas específicas para analizar los resultados de la acción formativa.

Ambiente virtual de aprendizaje

El desarrollo microcurricular se apoya en el *e-Learning*, mediante ambientes virtuales de aprendizaje, y se sustenta en la plataforma AVAFP (Ambiente Virtual de Aprendizaje de la Fuerza Pública) del LMS Blackboard. Son cuatro los aspectos básicos relacionados con el diseño y la creación de ambientes virtuales de aprendizaje:

- Aspectos pedagógicos: hacen referencia al área disciplinar y tienen que ver con el diseño y creación de los diferentes recursos educativos, entre los que se cuentan las guías de actividades y el material complementario de apoyo.
- Aspectos tecnológicos: son las condiciones técnicas que se deben prever en el diseño e implementación del curso, así como las diferentes herramientas TIC que van a apoyar el proceso formativo. Suplen las necesidades de estudiantes y docentes en lo que tiene que ver con el funcionamiento y uso óptimo de las herramientas con que cuenta la plataforma, y con la disponibilidad de recursos para incorporar en el curso.
- Aspectos didácticos: tienen que ver con el seguimiento de la estrategia de aprendizaje, a través de las diferentes actividades. Estos aspectos se cristalizan por medio de las guías de aprendizaje y las rúbricas de evaluación.
- Aspectos de comunicación: tienen que ver con el seguimiento que se les hace a los estudiantes en relación con su aprendizaje. Engloban los materiales compartidos en el AVA, además de la comunicación asincrónica y sincrónica.

Dentro de este contexto, y para un buen desarrollo curricular, es importante conocer el modelo pedagógico educativo que se va a implementar. Por esta razón, se propone un modelo basado en actividades guiadas de aprendizaje (Gros, 2011), que incluya el diseño y creación de los diferentes recursos y espacios que faciliten su ejecución, así como la fase de construcción

colaborativa. Todo esto debe contar con el respectivo acompañamiento del docente.

Esta mediación pedagógica integra los tres elementos esenciales que convergen en el diseño de las diferentes actividades de aprendizaje (imagen 2): los recursos de aprendizaje, la colaboración y el acompañamiento docente.

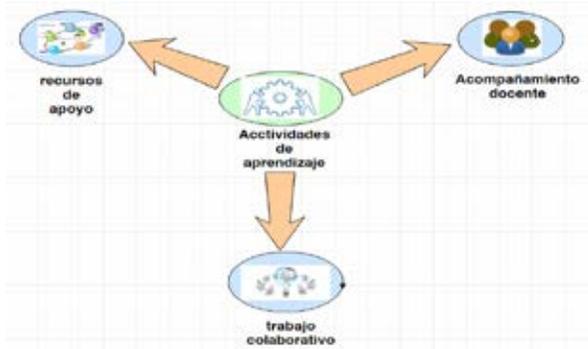


Imagen 2. Elementos del modelo educativo pedagógico (Fuente: creación propia)

Al diseñar el curso, se deberá pensar en el tipo de actividades que conviene que realicen los estudiantes, y a partir de estas se crearán las guías de aprendizaje, los espacios y los recursos necesarios para la adquisición de los nuevos conocimientos. Por lo tanto, la actividad es el elemento sustancial en este modelo, ya que en torno a esta se establece la docencia y se le da sentido al aprendizaje de los estudiantes.

Cabe recalcar la importancia de la participación del docente en el diseño de las actividades facilitadoras del aprendizaje de los estudiantes. Así, el docente, en su nuevo rol de guía y orientador, dará apoyo al estudiante durante todo el proceso formativo, para la consecución de los objetivos de aprendizaje establecidos inicialmente. Esto se debe reflejar en la organización de los recursos y en el diseño de las formas de interacción, acompañamiento y colaboración más adecuadas, es decir, aquellas que favorezcan en lo posible la máxima personalización en el proceso. De esta forma, los recursos de apoyo, mediados por las TIC, propiciarán otra manera de interacción, información, percepción y comunicación, y contribuirán a la construcción colaborativa del nuevo aprendizaje.

En este orden de ideas, y para darle sentido a las actividades, se requiere diseñar y elaborar guías de aprendizaje o didácticas, que son los elementos facilitadores de la acción pedagógica que articulan el proceso de aprendizaje.

Se considera como guía didáctica el instrumento digital o impreso que constituye un recurso para el

aprendizaje, a través del cual se concreta la acción del docente y los estudiantes dentro del proceso docente, de forma planificada y organizada; brinda información técnica al estudiante y tiene como premisa la educación como conducción y proceso activo. Se fundamenta en la didáctica como ciencia, para generar un desarrollo cognitivo y de los estilos de aprendizaje a partir de sí. Constituye un recurso trascendental, porque perfecciona la labor del docente en la confección y orientación de las tareas docentes como célula básica del proceso enseñanza-aprendizaje, cuya realización se controla posteriormente en las propias actividades curriculares (Hernández & Cruz, 2014, p. 169).

Así, las guías de aprendizaje o didácticas son un recurso esencial, del cual no se debe prescindir en los procesos de aprendizaje, ya que permiten optimizar las labores de los docentes y de los estudiantes (Hernández & Cruz, 2014).

Diseño instruccional e implementación de los OVA

Ahora veamos lo referente a los OVA (Objetos Virtuales de Aprendizaje). El Ministerio de Educación Nacional (2012) los define de esta forma: “Un objeto de aprendizaje es un conjunto de recursos digitales, autocontenible y reutilizable, con un propósito educativo y constituido por tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización” (Ministerio de Educación Nacional, 2012).

Primero que todo, es necesario establecer los parámetros para la elaboración de los diferentes objetos de aprendizaje para los cursos de ascenso PEM 21 y PEM 32 de la Escuela de Suboficiales de la FAC. Siguiendo el modelo ADDIE, Chiappe-Laverde (2008) establece cinco fases para el desarrollo de los OVA:

- Fase de análisis
- Fase de diseño
- Fase de desarrollo
- Fase de implementación
- Fase de evaluación

Fase de análisis

Se establece para la primera fase un formato de solicitud, que los docentes de las diferentes asignaturas deberán diligenciar (imagen 3). Este formato lo facili-

tará el diseñador de los OVA por medio del curso virtual alojado en la plataforma Blackboard, en donde los docentes adoptan el rol de estudiantes y el diseñador adopta el rol de docente.

Escuela de Software - SAC
Formato solicitud de OVA Versión 2.0.0
GRUPO
Fecha actualización: 20/05/2020

NOMBRE:	Introduzca su nombre		
APELLIDOS:	Introduzca su apellido	SI ES MILITAR ACTIVO SELECCIONE GRADO:	Elija un elemento.
AGNATURA:	Elija un elemento	UNIDAD:	Elija un elemento.
TÍTULO DEL OVA:	Tema a tratar o título que tendrá el OVA		

INICIO:
Contenido que dará la bienvenida al OVA. Es recomendable una imagen, un video o un mapa relacionado con el tema.

INTRODUCCIÓN:
Se debe realizar la introducción al objeto, que el estudiante conozca que tema se va a fortalecer, que tipo de materiales o elementos encontrará y que se le evaluará por medio de este objeto.

OBJETIVOS:
Objetivo General: Introduzca el objetivo general del OVA.
Objetivos específicos: Introduzca los objetivos específicos, los que se pretenden cumplir al finalizar el OVA.

Imagen 3. Formato de solicitud

Una vez que el docente solicitante realice este procedimiento, el diseñador de los OVA se encargará de analizar la información suministrada por parte del personal, para dar paso al diseño del objeto específico y de sus diferentes actividades.

Fase de diseño

En esta fase se establece qué recursos y herramientas se utilizarán para el desarrollo o montaje de los contenidos temáticos, las actividades y las evaluaciones del OVA. En caso de ser necesaria la creación de contenido multimedial (Flash, videos, imágenes, etc.), se utilizarán herramientas de uso libre para crear estos contenidos: Power Point, Exelearning, etc. (imagen 4).



Imagen 4. Herramientas utilizadas

Fase de desarrollo

Después de tener claridad sobre los contenidos, actividades y evaluaciones que serán usadas para la elaboración del objeto virtual de aprendizaje, se procede al montaje por medio de la herramienta de uso libre Exelearning (imagen 5).



Imagen 5. pantalla principal Exelearning

El ambiente de la imagen 5 será el que estará presente durante toda la fase del desarrollo del OVA; acá también se establece el uso de las actividades de repaso, de retroalimentación y de evaluación (imagen 6).

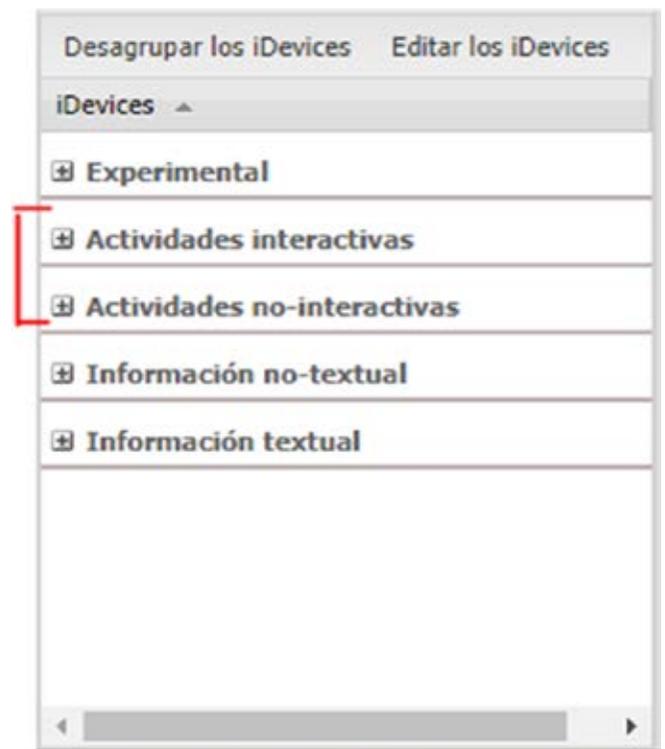


Imagen 6. iDevices Exelearning

Fase de implementación

Una vez que se concluya el desarrollo del OVA, se procede a realizar la publicación del objeto en el aula del curso virtual de la plataforma Blackboard, para que sea utilizado por el docente solicitante y por cualquier ente que quiera acceder a él.

Fase de evaluación

Para la fase de evaluación se tendrán en cuenta los conceptos emitidos por parte del docente o del perso-

nal que haya usado el objeto y que haya diligenciado el formulario de modificación del objeto respectivo. Ya construido el OVA, será contenido en LSM Blackboard (siguiendo las especificaciones técnicas de un SCORM) para hacer su despliegue en cada una de las asignaturas ofertadas en la plataforma.

Plataforma LMS de ESUFA (Blackboard)

Para fortalecer el acompañamiento en las prácticas docentes, con el apoyo de la mediación *e-Learning* se hará el diseño de los ambientes de aprendizaje a partir de los siguientes componentes:

Configuración del curso

De acuerdo con las políticas del Ministerio de Defensa Nacional, el LMS (*Learning Management System* o Sistema de Gestión de Aprendizaje) establecido para las Fuerzas Militares de Colombia es el denominado ambiente AVAFP de Blackboard (imagen 7), y se registrará bajo los lineamientos aquí establecidos.

El ambiente está configurado por medio de botones de interacción e interactividad, y puede trabajarse de manera sincrónica o asincrónica, con el fin de facilitar el uso de los diferentes recursos creados para el acompañamiento del proceso formativo. De esta forma, se fortalece el modelo pedagógico basado en desarrollo de actividades de aprendizaje.

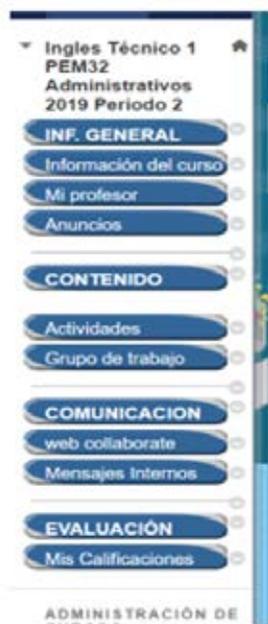


Imagen 7. Interfaz base de los cursos de la ESUFA en AVAFP (Fuente: elaboración propia)

La configuración de las aulas virtuales de la AVAFP consta de dos bloques: el primero es el bloque izquierdo, donde se encuentran los botones de navegación del curso, y el segundo es el bloque derecho, que despliega los contenidos de cada uno de los botones.

Además, la configuración establece cuatro secciones:

Información general



Imagen 8. Sesión uno, información del curso (Fuente: elaboración propia)

- El primer botón corresponde a los Anuncios, con el que el docente crea publicaciones para tener informados a los estudiantes. En este espacio se comunican las noticias y sucesos relacionados con el desarrollo del curso, así como las orientaciones que estimulan al estudiante a organizar y estructurar su proceso de aprendizaje de forma adecuada. El objetivo de este espacio es, entonces, la autorregulación del estudiante. Para crear un anuncio nuevo se deben seguir estos pasos:
 1. Hacer clic en la opción Anuncios del área Herramientas del panel de control del curso.
 2. Hacer clic en Crear anuncio para añadir un anuncio nuevo.
 3. Hacer clic en Editar, del menú contextual, para cambiar un anuncio existente.
- En el botón **Información del curso** se presenta el syllabus del curso. Se muestra de manera ordenada la estructura metodológica y la forma como los estudiantes se enfrentarán a la construcción del nuevo conocimiento. Además, se incluye la agenda del curso, donde se presenta el cronograma de las actividades y se indican los tiempos de desarrollo y entrega de las mismas. Esta agenda estará alineada a la programación académica establecida para cada período, y debe incluir la información sobre las calificaciones: 150 puntos para el primer 30%, 150 puntos para el segundo 30% y 200 puntos para el 40% restante. Igualmente, la agenda estará distribuida en columnas: la primera columna corresponde al

nombre de la unidad; la segunda, al nombre de la actividad; en la tercera columna se fija el inicio de la actividad; en la cuarta, su fecha de finalización; en la quinta, el peso evaluativo de cada actividad ponderada en puntos, y en la sexta columna, el período de tiempo de realimentación. Con esta agenda se garantiza que el docente planee y estructure todo el desarrollo del curso desde antes de ofertarlo.

En el botón **Mi profesor** el docente publica su información de perfil. Puede editar contactos mediante la página **Crear contacto**, que aparece al dar clic al botón **Mi profesor**.

Contenido del curso

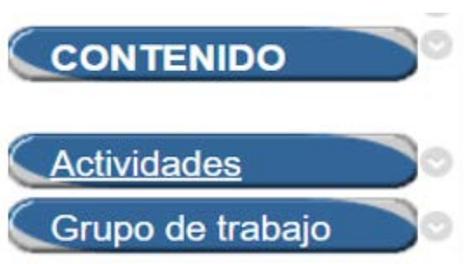


Imagen 9. Sesión dos, contenido del curso
(Fuente: elaboración propia)

- **Actividades:** en este botón se dispondrán las actividades que permiten a los docentes crear trabajos de curso y administrar las calificaciones y comentarios de cada estudiante por separado. Los docentes pueden crear una actividad que incluya el nombre, el valor de puntuación y la descripción de la actividad. Se pueden adjuntar archivos a las actividades. Una vez que la actividad se haya añadido al área de contenido, los estudiantes pueden acceder a ella, completarla en un archivo independiente y devolverla al docente, quien puede responder a cada estudiante por separado, enviar comentarios sobre su actividad individual y adjuntar archivos, si fuera necesario. Las actividades también se pueden distribuir a los grupos del curso (Blackboard Learn 9.1, 2017, p.172)

En este espacio también se encuentra el material de apoyo. El docente puede crear elementos de contenido para presentar el material de su curso. Así, puede incluir contenido, como texto, documentos adjuntos, actividades y archivos multimedia. Por ejemplo, puede crear un área de contenido llamada Unidades, que contenga módulos de aprendizaje para la Unidad 1, la Unidad 2, la Unidad 3, etc. Además, se puede incluir material adicional, como las referencias bibliográficas obtenidas de la biblioteca virtual, los enlaces a sitios web, etc. Cada uno

de los módulos de aprendizaje contendrá materiales de lectura y enlaces a herramientas interactivas.

Todo lo anterior conduce a la creación de los OVA. Para su creación se estructura un formato, en el que cada docente diseña los contenidos y las actividades de aprendizaje que se incluirán en el OVA específico. Este formato se entrega a la persona encargada del desarrollo y montaje del SCORM que será publicado en la plataforma. Con todo este material de apoyo y el acompañamiento docente, los estudiantes podrán alcanzar los objetivos de aprendizaje de la unidad.

- **Grupo de trabajo:** en este botón los docentes pueden crear grupos de estudiantes dentro de un curso. Los grupos deberán ser de cinco estudiantes, preferiblemente de la misma unidad militar. Estos grupos dispondrán de su propia área en Blackboard Learn para desarrollar las actividades en forma colaborativa. Los espacios están equipados con herramientas que ayudan en el proceso de colaboración. Las herramientas del grupo disponibles son las siguientes:

Blog del grupo: los estudiantes dentro del grupo pueden añadir entradas y comentarios al blog del grupo para compartir ideas. El docente puede calificarlo, y una vez hecho esto no puede cambiarse. Cuando se añade una calificación al blog del grupo, todos los miembros de este reciben dicha calificación de forma automática y esta aparecerá en la columna correspondiente del centro de calificaciones para cada miembro del grupo. De este modo, se asigna una calificación a todos los miembros, independientemente de si el miembro ha contribuido o no. El docente puede editar la calificación de un miembro individual, para asignarle una calificación distinta a la del grupo.

Herramientas de colaboración: los usuarios del grupo pueden crear y asistir a sesiones de chat en tiempo real o sesiones de aula virtual.

Tablero de discusión del grupo: los usuarios del grupo se pueden comunicar como grupo, además de crear y administrar sus propios foros. El tablero de discusión está disponible solo para los miembros del grupo, no para todo el curso.

Intercambio de archivos: los usuarios del grupo y los docentes pueden usar esta herramienta para cargar documentos en el área del grupo. Todos los miembros del grupo y el docente pueden añadir archivos. También pueden eliminar archivos, independientemente de quién los haya añadido. Los archivos aparecen en el orden en que se cargaron. Esta herramienta solo está disponible para grupos.

Diario del grupo: los usuarios del grupo pueden compartir opiniones y comunicarse con el docente. Las entradas de diarios efectuadas en Diario del grupo están visibles para todos los miembros del grupo y el docente. Este puede calificar los diarios de grupo, pero, una vez que se configura el diario de grupo para calificarse, ya no se puede cambiar. Cuando se añade una calificación al diario de grupo, todos los miembros del grupo reciben dicha calificación de forma automática y esta aparecerá en la columna correspondiente del centro de calificaciones para cada miembro del grupo. De este modo, se asigna una calificación a todos los miembros, independientemente de si el miembro ha contribuido o no. El docente puede editar la calificación de un miembro individual para asignarle una calificación distinta a la del grupo.

Tareas de grupo: los usuarios del grupo pueden definir y separar la carga de trabajo en tareas, al mismo tiempo que se distribuye la lista a todo el grupo. Cada tarea tiene un estado y una fecha de entrega, para ayudar a los miembros a no olvidar las fechas. Los miembros del grupo pueden ver las tareas asignadas al grupo en la herramienta Tareas de grupo o en la de Tareas de curso. El resto de los miembros del curso y el docente no verán las tareas de los grupos en los que no estén inscritos cuando se encuentren viendo la herramienta Tareas del curso.

Wiki para grupo: los wikis se utilizan para crear un espacio de colaboración para los miembros de un grupo, desde el que pueden ver, contribuir y editar contenido. De forma predeterminada, todos los miembros del curso pueden leer los wikis de grupo; sin embargo, solo los miembros del grupo pueden hacer un comentario en la página wiki del grupo. El docente puede calificar los wikis de grupo, pero una vez que se configura el wiki de grupo para calificarse, ya no se puede cambiar. Cuando se añade una calificación al wiki de grupo, todos los miembros del grupo reciben dicha calificación de forma automática y esta aparecerá en la columna correspondiente del centro de calificaciones para cada miembro del grupo. De este modo, se asigna una calificación a todos los miembros, independientemente de si el miembro ha contribuido o no. El docente puede editar la calificación de un miembro individual para asignarle una calificación distinta a la del grupo.

El docente es quien crea los grupos, y lo hace ingresando al botón Grupos y dando clic en Crear, Conjunto de grupos e Inscripción aleatoria. La inscripción aleatoria está disponible para conjuntos de grupos, y distribuye automáticamente la afiliación en grupos en función del número de alumnos designados por grupo o de la cantidad designada de grupos. La distribución aleatoria se aplica solo a los alumnos que están inscri-

tos actualmente en el curso. Los estudiantes adicionales se pueden inscribir manualmente (Blackboard Learn 9.1, 2017, p. 13).

Comunicación



Imagen 10. Sesión dos, contenido del curso (Fuente: creación propia) (Fuente: elaboración propia)

- **Web Collaborate:** Blackboard Collaborate es una herramienta de conferencia web que podemos integrar fácilmente con Learn. Las herramientas de comunicación sincrónica de Blackboard Collaborate Web Conferencing incluyen Videoconferencia, Pizarra interactiva digital, Chat público y privado, Navegación web y aplicaciones compartidas, y Grabación de sesiones.
- **Foro de trabajo colaborativo:** se creará un foro en cada grupo para la construcción del trabajo colaborativo, de la siguiente forma: para añadir un acceso directo a un foro en los grupos de trabajo, pulsamos en el panel de control el botón Herramientas de la barra de acciones y seleccionamos Tablero de discusión. Acá se encuentran todos los grupos creados. Se debe crear un foro por grupo y dar las especificaciones de la elaboración del informe que se va a entregar. Se les debe informar a los estudiantes que este es el único espacio habilitado para dicha elaboración, y solo allí se evidenciará la participación de cada uno de ellos.
- **Mensajes internos:** es la mensajería interna desde la plataforma, tanto del docente a los estudiantes, como de los estudiantes a los docentes. Tiene la ventaja de que se garantiza que todos los usuarios reciben el mensaje; sin embargo, como tienen que entrar en la plataforma para leerlo, puede que tarden en hacerlo. De todas formas, la plataforma cuenta con la opción de enviar mensajería al correo personal de los estudiantes, por medio de la herramienta Correo electrónico. Para ello, los usuarios deben tener definida una dirección en su perfil personal. La ventaja respecto a usar un cliente de correo es que no se necesita recordar la dirección del estudiante, y además es posible enviar correos a grupos enteros de estudiantes (Blackboard Learn 9.1, 2017)

Evaluación



Imagen 11. Sesión dos, contenido del curso (fuente: elaboración propia)

Mis calificaciones: en este espacio el estudiante puede visualizar las calificaciones de las actividades enviadas. Las puede consultar por períodos; de acuerdo con el reglamento académico, se establecen tres cortes de 30%, 30% y 40%.

Cómo navegar en el aula

Al inicio del curso se realiza la inducción, para lo cual se crea un aula denominada Curso Inducción de Ascenso Virtual PEM y se dan las indicaciones de ingreso. Este es un aspecto importante e indispensable para que el estudiante conozca la estructura del curso y su navegabilidad, y se pueda familiarizar con él.

Así mismo, se establecen los términos y condiciones para el desarrollo del proceso formativo:

A través de la inscripción de mi nombre y datos personales en el siguiente formato, afirmo que soy el estudiante que está inscrito, que no compartiré mi nombre de usuario y contraseña de Blackboard AVAFP con ninguna otra persona, que tomaré las precauciones necesarias para evitar el uso no autorizado de mi ID de estudiante y mi contraseña y que no usaré el ID o contraseña de otro estudiante para ingresar a Blackboard AVAFP con o sin permiso. Afirmo, además, que he leído, entiendo y estoy de acuerdo en cumplir con los requisitos de la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana, Procedimientos del reglamento académico, disciplinario y de carrera vigente.

Conclusiones

Tal como se evidencia en el presente documento, durante el desarrollo del proyecto se aplicó una metodología descriptiva en el proceso de diseño e implementación de los cursos virtuales, a partir de la necesidad de la creación de unos lineamientos tecno-pedagógicos. Es de resaltar que la aplicación de estos lineamientos proporciona una estructura clara y ordenada, junto con un considerable incremento en la calidad educativa, del proceso de formación continuo del personal de Suboficiales que hacen el curso

de ascenso, de forma virtual, en el GRUEA de ESUFA, mediante la plataforma BLACKBOARD AVAFP.

Al contar con una estructura sólida, se logró la creación y aprobación de los registros calificados de cuatro programas de especialización tecnológica, para ser desarrollados en modalidad virtual en algunos de los cursos de ascenso del personal de Suboficiales de la ESUFA, lo cual permite dar cumplimiento a su requisito de ascenso y da un valor agregado a su titulación como especialistas tecnológicos.

Referencias

- Belloc, C. (2013). Diseño instruccional, Unidad de Tecnología Educativa (UTE). *Universidad de Valencia*. Recuperado de <http://www.uv.es/bellochc/pedagogia/EVA4.pdf>.
- Blackboard Learn 9.1. (2017). Blackboard Learn 9.1—Teaching in Blackboard Learn. *fdocuments.ec*. <https://fdocuments.ec/document/blackboard-learn-91-teaching-in-blackboard-learn.html>
- Chiappe-Laverde, A. (2008). Diseño instruccional: oficio, fase y proceso. *Educación y Educadores*, 2(11), 229-239.
- García Hernández, I. y De la Cruz Blanco, G. M. (2014). Las guías didácticas: Recursos necesarios para el aprendizaje autónomo. *Edumecentro*, 6(3), 162-175.
- Gros Salvat, B. (2011). *Evolución y retos de la educación virtual. Construyendo el e-learning del siglo XXI*. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya. Recuperado de <http://www.digitaliapublishing.com/a/20151/>
- Ministerio de Educación Nacional (2012). Recursos Educativos Digitales Abiertos. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia: Graficando Servicios Integrados. Disponible en: <http://www.colombiaaprende.edu.co/reda/REDA2012.pdf>
- Moreno, R., y Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 358-368. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.91.2.358>
- Parra, Y. G., y Leyet, O. L. M. (2012). Del diseño instruccional al diseño de aprendizaje con aplicación de las tecnologías. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(3), 342-360.



FUERZA AÉREA
COLOMBIANA

AVIACIÓN, ENTRENAMIENTO Y OPERACIONES MILITARES



BUSCAMOS JÓVENES
COMO TÚ

Inscríbete en www.incorporacion.mil.co
Contactos: 317 439 4155 - 317 364 9727

OFERTA ACADÉMICA ESUFA

TECNOLOGÍAS

TAA	TECNOLOGÍA EN ABASTECIMIENTOS AERONÁUTICOS
TCA	TECNOLOGÍA EN COMUNICACIONES AERONÁUTICAS
TDA	TECNOLOGÍA EN DEFENSA AÉREA
TEA	TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA AERONÁUTICA
TGA	TECNOLOGÍA EN GESTIÓN DE RECURSOS AÉREOS
TIA	TECNOLOGÍA EN INTELIGENCIA AÉREA
TMA	TECNOLOGÍA EN MANTENIMIENTO AERONÁUTICO
TSA	TECNOLOGÍA EN SEGURIDAD AEROPORTUARIA

ESPECIALIZACIONES TECNOLÓGICAS

ETAOA	ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES AERONÁUTICAS
ETARLA	ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS LOGÍSTICOS AERONÁUTICOS
ETAOSA	ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES PARA LA SEGURIDAD AEROPORTUARIA
ETGA	ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN GESTIÓN AERONAUTICA

EXTENSIÓN

PROGRAMAS DE EDUCACIÓN MILITAR-CURSOS DE ASCENSO

PROGRAMAS DE FORMACIÓN LABORAL

CAPACITACIÓN PARA EL TRABAJO ESUFA

CAPACITACIÓN PARA EL TRABAJO UNIDADES FAC





FUERZA AÉREA COLOMBIANA



ASÍ SE VA A LAS
ESTRELLAS

ESCUELA DE SUBOFICIALES "CT. ANDRÉS M. DÍAZ"

Cra. 5 # 2-92 Sur / Madrid - Cundinamarca

Teléfono: 8209079 / 8209078

WWW. ESUFA.EDU.CO



@fuerzaaereacol



@FuerzaAereaCol



@FuerzaAereaCol



@FuerzaAereaCol

www.fac.mil.co