

□ TECNO □ ESUFA

REVISTA DE TECNOLOGÍA AERONÁUTICA

ISSN 1900-4303 · volumen 17 · julio 2012



“Un sueño cumplido: ingresamos a la elite de las Instituciones de Educación Superior acreditadas en alta calidad 2011”

FUERZA AÉREA COLOMBIANA
Escuela de Suboficiales “CT. Andrés M. Díaz”



"Un sueño cumplido: ingresamos a la elite de las instituciones de Educación Superior acreditadas en alta calidad 2011"

Es una Publicación Académica, Científica y Tecnológica de la Escuela de Suboficiales "CT. Andrés M. Díaz" de la Fuerza Aérea Colombiana, cuyo Propósito se Fundamenta en la Divulgación de Artículos, Resultado del Proceso de Investigación Formativa, de Investigación Tecnológica y de las Investigaciones de las Instituciones Involucradas y Especializadas en el Campo Aeronáutico Militar y Civil.

DERECHOS RESERVADOS

Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización del Consejo Editorial.

La publicación y la Institución, no son responsables legales de los conceptos expresados en los artículos, ya que estos expresan la opinión de los respectivos autores y no genera la acusación de honorarios.

Nos reservamos el derecho de publicar los artículos seleccionados por el Comité Evaluador.

Idioma:	Español
Publicación:	Semestral
Número de ejemplares:	500
ISSN:	1900-4303
Publicación:	Sin ánimo de lucro
Distribución:	Interna

NORMAS PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS

El Artículo debe ser un trabajo inédito y responder a un proceso de investigación en Ciencia y Tecnología Aeronáutica.

El artículo debe relacionar el nombre, cargo y especialidad del gestor y autor del proyecto.

El artículo debe llevar un resumen en inglés y en español con sus palabras claves.

Los artículos deben ser enviados en el primer y tercer trimestre de cada año, en medio impreso, magnético o vía Internet.

INFORMACIÓN Y CORRESPONDENCIA

Enviar los artículos a: escuadrón de investigación
Escuela de Suboficiales FAC "CT. Andrés M. Díaz"
Cra. 5 No. 2-92 Sur, Madrid-Cundinamarca
www.esufa.edu.co
e-mail: investigacion.academico@gmail.com
e-mail: esufa.investigacion@fac.mil.co

COMITÉ DE ARBITRAJE

TE. Erwin Alfonso Sierra Salazar
Magister en Ingeniería Industrial

TP. Fabián Humberto Prada Ríos

Controlador en Tránsito Aéreo Nivel 9 (Experto)

OD16. Alicia del Pilar Martínez Lobo

*Aspirante a Magister Docencia e Investigación
Universidad Sergio Arboleda*

OD13. Francia María Cabrera Castro

Magister en Física, Estudiante Doctorado en Física

OD13. Patricia Cadena Caicedo

*Aspirante a Magister Docencia e Investigación
U. Sergio Arboleda*

COMITÉ DE EVALUACIÓN

TE. Erwin Alfonso Sierra Salazar
Magister Ingeniería Industrial

Pontificia Universidad Javeriana

TS. Juan Edilberto Guío Vargas

Jefe Programa Tecnología de Comunicaciones Aeronáuticas

TS. Fernando Mape Guzmán

Jefe Programa Tecnología de Inteligencia Aérea

TS. Jorge Enrique Parra Montaña

Jefe Programa Tecnología Mantenimiento Aeronáutico

TS. Omar Arnulfo Morales Cueto

Jefe Programa Tecnología Electrónica Aeronáutica

TS. Cesar Martínez Escobar

Jefe Programa Tecnología Defensa Aérea

TP. Alexander Trejos Herrera

Jefe Programa Tecnología Abastecimientos

T3. José Bernardo Alfaro Duarte

Jefe Programa de la Tecnología Seguridad Aeroportuaria

OD14. Mariela Rodríguez

Magister en educación

OD13. Francia María Cabrera Castro

Magister en Física, Estudiante Doctorado en Física

OD13. Daniel Arteaga Puentes

Ingeniero Aeronáutico

COMITÉ EVALUADOR EXTERNO

Doctor David Felipe Alvarez Amézquita

Especialista en propiedad industrial, derecho de autor y nuevas tecnologías

MY. (R) Richard Fajardo Vergara

Magister (no titulado) en Relaciones Internacionales

Diego Gerardo Roldán Jiménez

Docente Departamento de matemáticas

Ingeniero aeronáutico Universidad los Libertadores, Bogotá.

ESPAÑOL - INGLÉS

OD.13. Marisol Romero Parra

Aspirante Magister de educación en énfasis lenguaje cultura y comunicación



DIRECTOR

CR. Carlos Mario Zapata Ortíz

Director Escuela de Suboficiales FAC

COMITÉ EDITORIAL

CR. Carlos Mario Zapata Ortíz

Director Escuela de Suboficiales FAC

CR. Javier Darío Ángel Libreros

Subdirector Escuela de Suboficiales FAC

TC. Eduard Jaramillo Sánchez

Comandante Grupo Académico

TE. Erwin Alfonso Sierra Salazar

Comandante Escuadrón Investigación

TP. Fabián Humberto Prada Ríos

Controlador en Tránsito Aéreo Nivel 9 (Experto)

OD16. Alicia del Pilar Martínez Lobo

Jefe Investigación Formativa

OD13. Francia María Cabrera Castro

Subdirectora de proyectos I+D+I

OD13. Patricia Cadena Caicedo

Jefe Protección del Conocimiento

DIRECCIÓN

Escuela de Suboficiales CT. Andrés María Díaz

Cra. 5 No. 2-92 Sur

Madrid - Cundinamarca/Colombia

Teléfono: (1) 8209078 / 80 Ext. 1724

Escuadrón de Investigación

e-mail: investigacion.academico@gmail.com

e-mail: esufa.investigacion@fac.mil.co

Sitio web: www.esufa.edu.co

Espanol – Inglés

OD.13. Marisol Romero Parra

Aspirante Magister de educación en énfasis lenguaje cultura y comunicación

Fotografía

Eliecer Garcia Moreno

Fotografo ESUFA

DISEÑO, PREPrensa E IMPRESIÓN

Strategy Ltda.

(1) 335 0778 | 571 0350

www.strategyltda.com

ÍNDICE

INSTITUCIONALES

4. APLICACIÓN DEL ENFOQUE POR COMPETENCIAS EN LA ESCUELA DE SUBOFICIALES
T3. Alfaro Duarte Bernardo
14. EVALUANDO "EL CAMINO A LA EXCELENCIA EDUCATIVA"
PD.4 F. Esperanza H. De Santos
17. ESUFA : "QUIJOTES DE LA EDUCACIÓN EN LA FAC"
PD4. Olga Esperanza Terreros Carrillo

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AERONÁUTICA

20. OBTENCIÓN DE LAS VARIABLES DE POSICIÓN ANGULAR PITCH, ROLL, YAW DE UNA AEREONAVE POR MEDIO DE UNA UNIDAD DE MEDICIÓN INERCIAL IMU (Inertial Measurement Unit) A TRAVES DEL FILTRO DE KALMAN
Nelson Javier Rodríguez
29. DISEÑO DE LOS MOTORES COHETES DE PROPELENTE SOLIDO PARA EL DESPEGUE ASISTIDO DE UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (VANT).
*Jhonathan O. Murcia Piñeros.
Saulo A. Gómez Salcedo*
40. DISEÑO CONCEPTUAL DE UN COHETE SONDA PARA TOMA DE DATOS ATMOSFÉRICOS
*Jhonathan O. Murcia Piñeros.
Sergio N. Pachón Laiton*
47. CELP CONTROL DE ENCENDIDO DE LUCES DE PISTA
*AT. Barrios Amaya Martín Orlando
AT. Caro Rincón Jhonattan
AT. González Arbelaéz John Alexander*
51. MODELAMIENTO DE UN SISTEMA PREVENTIVO DE ALERTA TEMPRANA QUE PERMITA DETECTAR LA ELEVACIÓN DE CANSANCIO EN EL PILOTO EN VUELO
*Ing. Pedro Luis Ochoa
Ds. Acosta Puerta Sebastián
Ds. Ramírez Gómez Brian
Ds. Rincón Ochoa Oscar*

HISTORIA Y PERSONAJES

54. OTRA FORMA DE LUCHA
Técnico Subjefe Carlos Arturo Forero Farfán

PRESENTACIÓN

El pasado diciembre de 2011, fuimos llamados a pertenecer al selecto grupo de instituciones de Educación Superior acreditadas en alta calidad, este reconocimiento fue entregado en ceremonia protocolaria por el Ministerio de Educación a la Escuela Suboficiales “CT. Andrés M. Díaz” Fuerza Aérea Colombiana. La orden “Francisco José de Caldas” símbolo de excelencia educativa, representa prestigio, posicionamiento académico dentro del contexto de las instituciones de Educación Superior en Colombia. Es así como, esta edición de Tecno-ESUFA, rinde especial homenaje a todos los actores que hicieron posible este gran reto educativo.

¡Felicitaciones! a la comunidad académica aérea por el reconocimiento obtenido, razón motivo de orgullo el pertenecer, a esta grandiosa Institución que trabaja por un compromiso social vigilante del dominio aéreo nacional.

Escuadrón Investigación





EDITORIAL

Sea esta la oportunidad para saludar a la comunidad académica de la Fuerza Aérea Colombiana, de las universidades públicas y privadas orientadas a la formación y fortalecimiento de la aeronáutica nacional e internacional. Hoy tengo el honor de decir que soy partícipe de los logros alcanzados por parte de la Escuela de Suboficiales "CT. ANDRÉS M. DÍAZ". Nos enorgullece ser una de las pocas instituciones de educación superior a nivel tecnológico acreditadas en alta calidad ante el Consejo Nacional de Acreditación (CNA). Quiero reconocer el esfuerzo de todos y cada uno de los implicados en el proceso: Directivas, Docentes, Estudiantes, Personal Administrativo sino también reconocer el apoyo recibido por las diferentes instituciones académicas, la misión americana y las unidades aéreas especialmente al Comando Aéreo de Mantenimiento y el Comando Aéreo de Combate No. 5 quienes activamente formaron parte en el logro de los objetivos planteados por la Escuela.

Como Director de esta prestigiosa institución he podido presenciar las metas cumplidas de hombres y mujeres de la patria dedicados a la ciencia e investigación, quienes deben ser motivo de orgullo y admiración de esta gran familia aérea.

Esta edición de la revista TECNO-ESUFA pretende resaltar la labor desempeñada en el campo del diseño de tecnologías aplicables a aeronaves, que hoy ubican a nuestra Fuerza como una de las más proyectadas en Latinoamérica y el mundo. Asimismo, señala a nuestra Institución como una líder, que además de sus grandes logros militares, propende por el desarrollo de la tecnología aeronáutica, el cumplimiento de la misión y visión institucional dentro del contexto de la educación en sus procesos académicos y desarrollo de competencias en el futuro suboficial de la Fuerza Aérea Colombiana enmarcados en los derechos humanos y la observancia de la



Constitución Nacional. Buscando así, el desempeño efectivo y exitoso de operaciones militares y la capacitación de los grandes líderes que continuarán la incansable lucha contra las organizaciones al margen de la ley.

TECNO-ESUFA constituye un instrumento para impulsar la difusión social del conocimiento científico y tecnológico, que permite el desarrollo y evolución de la humanidad, la cual aumenta y se enriquece cuando se hace conocer, se transmite y aplica a quienes más adelante podrán superarlo con los resultados de sus investigaciones e innovaciones.

Sea esta entonces la oportunidad, que permita al lector apreciar lo interesante y valioso de las actividades académicas en el ámbito militar y científico, desarrolladas al interior de la Escuela, y con ello se reconozca y apoye futuros proyectos encaminados al continuo avance en el área de la tecnología aeronáutica que se traduce en la protección de las garantías constitucionales de cada uno de los ciudadanos de este país.

Finalmente, aunque no menos importante agradezco a los autores de los artículos de esta edición que con su dedicación y abnegación hicieron posible esta publicación en beneficio de futuras generaciones.

Coronel CARLOS MARIO ZAPATA ORTIZ
Director de la Escuela de Suboficiales
"CT. Andrés M. Díaz"



APLICACIÓN DEL ENFOQUE POR COMPETENCIAS EN LA ESCUELA DE SUBOFICIALES

APPLICATION OF COMPETENCES APPROACH IN NON COMISSIONED OFFICERS SCHOOL

T3. ALFARO DUARTE BERNARDO

Director del Programa Tecnológico en Seguridad Aeroportuaria. Profesor Militar de Tercera Categoría. Ingeniero Electrónico de la Fundación Universitaria Los Libertadores, Especialista en Docencia Universitaria y en Administración de la Seguridad de la Universidad Militar Nueva Granada. Ha adelantado estudios en Gerencia de la Seguridad, Seguridad Física Avanzada y es Instructor en Seguridad Aeroportuaria avalado por la Aeronáutica Civil Colombiana.

e-mail: esufa.investigacion@fac.mil.co

Fecha de recepción: 21 de febrero de 2012

Fecha de aprobación: 7 de junio de 2012

ABSTRACT:

Educative policies at the institutional level are aligned with the ones generated at the national level; now the dissertation is focused on the methodology to follow for Higher Education programs implementation based on competences approach and their own support from productive and academical sectors of the country. Military Forces intend to consolidate the military individual of XXI Century, formed the Sistem Of Education for Military Forces, but in the technological aeronautics field, the question is how to develop it; this paper pretends presenting a proporsal to accomplish a curricular reform based on competences approach taking into account its relevance in the institution.

Clue words:

Skills, higher education, comprehensive training and curriculum.

RESUMEN

Las políticas educativas a nivel institucional se encuentran alineadas con las generadas a nivel nacional, ahora la disertación se centra en la metodología a seguir para la implementación de programas de Educación Superior basados en el enfoque por competencias y el aval de las mismas por los sectores productivos y académicos del país. Las Fuerzas Militares en su intento por consolidar al militar del siglo XXI conformaron el Sistema de Educación para las Fuerzas Militares, pero en lo tecnológico aeronáutico la incógnita es cómo desarrollarlo; este trabajo pretende la presentación de una propuesta para realizar una reforma curricular basado en el enfoque por competencias, teniendo en cuenta su pertinencia en la Institución.

Palabras claves:

Competencias, educación superior, formación integral y currículo

CONDICIONES INICIALES PARA EL DESARROLLO DE UN CURRÍCULO BASADO EN COMPETENCIAS

La educación resulta importante cuando se incorpora como uno de los pilares fundamentales en el desarrollo social de un país; en las instituciones del sector Defensa, principalmente los integrantes de las Fuerzas Militares, el desarrollo profesional de sus integrantes debe ser acorde con los requerimientos de seguridad de la nación, con base en esto han venido surgiendo una serie de políticas desde los Ministerios de Educación y Defensa entre los cuales toman importancia el SEFA (Sistema de Educación de las Fuerzas Armadas), el Plan Estratégico Institucional de la Fuerza Aérea, hasta el Proyecto Educativo Institucional de las Escuelas de Formación, así como la normatividad que orienta el desarrollo de la educación en el país (*Ley 30/93, Ley 749/02, Dec. 0808/02, Dec. 2566/03, entre otros.*)

En el Plan Estratégico Institucional 2011 -2030 se enuncia que el desarrollo del ser humano en la Fuerza Aérea estará basado en un Sistema de Gestión por Competencias, específicamente el ítem 7.3.2.5.20 enuncia “*Todo programa de educación formal, ofrecido por las Escuelas de Formación y el IMA, deberán desarrollar educación por competencias...*” (PEI FAC, 2011); este proceso de formación inicia su proceso desde el ingreso a las diferentes Escuelas de Formación hasta el término de su vida laboral, una vez se retire de la Institución.

El sector principal para los administradores de la educación es el articular todas esas orientaciones que guían este sector y llevar a los procesos académicos de una manera pertinente, realista y que cumpla con las necesidades sociales.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

Desde el Ministerio de Educación existe una tendencia hacia el desarrollo de currículos basado en competencias, para Tobón (2005) esta tendencia “ha sido

instaurada en los diversos países iberoamericanos desde el marco de un “discurso modernizante”, inclusive tiene un sinnúmero de conceptos y apreciaciones, que al final, pretenden evidenciar de alguna forma el desarrollo de una serie de atributos en las cuales se requiere aplicar conocimiento, actitudes, valores y habilidades con el propósito de obtener resultados positivos de determinadas situaciones ubicadas en un contexto.

Es así que en la educación colombiana se han formulado una serie de instancias en las cuales se desarrollan las diferentes competencias requeridas en la sociedad, buscando en primera medida el desarrollo de las competencias básicas y ciudadanas, y posteriormente las competencias específicas de cada uno de los sectores de producción que ofrece el país.

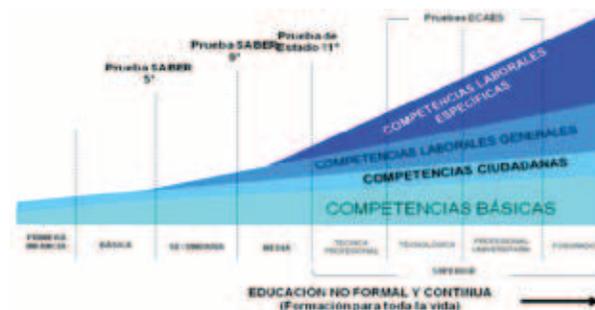


Figura 1. Formación por competencias – Fuente MEN

COMPETENCIAS BÁSICAS

Son las requeridas por una persona para ingresar al campo laboral o a la Educación Superior (MEN, 2007), pero también son necesarias para desenvolverse adecuadamente en los espacios sociales y ciudadanos.

Se hace necesario realizar pruebas específicas sobre las competencias básicas para la admisión de los aspirantes, adicionando los resultados de las pruebas de Estado aplicados en el grado 11. Estas competencias se deben seguir fortaleciendo en el proceso de formación en ESUFA.

De allí resultaría la siguiente pregunta: *¿Cuáles serían las competencias requeridas con base en la necesidad de la Fuerza Aérea y del aspirante?* La respuesta tendría un estudio serio por parte del sistema de incorporación con base en los requerimientos institucionales, pero dentro de las más importantes se encuentran las determinadas por el Ministerio de Educación en las que se ubican las competencias matemáticas, las competencias comunicativas, las competencias científicas, que a su vez se enmarcan en las Ciencias Naturales y Ciencias Sociales y Humanas y las Competencia Básicas Cognitivas (Interpretativa, Argumentativa y Propositiva) valoradas con el Examen Saber 1, aplicada por el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior Icfes, es necesario incluir el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, como parte fundamental en el desarrollo de competencias en los institutos de Educación Superior como lo es la Escuela de Suboficiales “CT. Andrés M. Díaz”.

Existe otro contexto en el cual se intenta incluir las “competencias ciudadanas”, las cuales se basan en tres estándares:

- a. Convivencia y paz
- b. Participación y responsabilidad democrática
- c. Pluralidad, identidad y valoración de las diferencias.

El objetivo fundamental es “...formar ciudadanos con valores éticos, respetuosos de lo público, que ejerzan los derechos humanos, cumplan sus deberes sociales y convivan en paz” (MEN, 2011). En ese orden de ideas *¿Existen alternativas para la aplicación de las competencias básicas y ciudadanas?*

Existen dos caminos, el actual permite realizar pruebas estándar para el ingreso de una población que posteriormente buscará el programa de acuerdo a una serie de requisitos; como segunda alternativa realizar pruebas específicas para cada programa y desde el primer semestre iniciar en su programa tecnológico, el tema radica cual ruta tomar y que sea pertinente para los requerimientos institucionales y personales de las personas que ingresan para hacer parte de la familia aérea.

COMPETENCIAS GENÉRICAS

Son competencias comunes a varias ocupaciones que permiten a los estudiantes afrontar los continuos cambios del quehacer profesional (MEN, 2011); en nuestro contexto, es posible crear algunas competencias genéricas en referencia al campo laboral como militar y pueden ser desarrolladas en la instrucción básica militar e intermedia en ESUFA y continuar fortaleciéndose en el transcurso de la vida militar de la persona, es importante tener en cuenta los trabajos realizados por el Sistema de Educación de las Fuerzas Militares, así como de programas pares a nivel nacional e internacional, así como las políticas internas de la misma Fuerza Aérea Colombiana.

Es importante tener presente las postulaciones internacionales que infieren directamente en los Programas Tecnológicos actuales y los posibles a crear, entre ellos existen el *Proyecto Tuning* para América Latina 2004-2007, en el cual se listan 27 competencias genéricas para América Latina (MEN, 2011), así como el Ministerio de Educación Nacional determinó cuatro competencias genéricas, las que comprenden la comunicación en lengua materna y en otra lengua internacional, el pensamiento matemático, la cultura científica, tecnológica y gestión de la información y las ciudadanas.

Debido a que el concepto de las competencias genéricas presentadas por el MEN, permite la variedad de opiniones, es posible tomar el listado de competencias del Proyecto Tuning, analizar su grado de importancia en el contexto tecnológico – militar y desarrollarlas mediante los programas tecnológicos.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

Son aquellas propias de una determinada ocupación y profesión, se desarrollan a partir de la educación superior y desde aquí se empieza a observar los saberes de cada una de las especialidades (MEN, 2011). De allí *¿Cuál es el insumo para construir las competencias específicas?*

La construcción de estas competencias resulta de la actividad laboral futura del alumnado una vez graduado, para ello es necesario saber las necesidades del sector

productivo, en nuestro caso las necesidades de las áreas funcionales y de las unidades aéreas.

El insumo de esta confrontación puede generar tres (03) insumos:

- Normalización de competencias por parte de mesas sectoriales
- Análisis funcional del entorno
- Perfil personal, profesional y ocupacional

PROYECTO EDUCATIVO INSTITUCIONAL DE ESUFA – LINEAMIENTOS CURRICULARES (PEI ESUFA, 40- 43, 53 -55)

Es importante reconocer que mediante el PEI se estima la “*formación integral para el desarrollo humano*” basada en una “*simbiosis*” de los lineamientos que requiere la formación castrense y los necesarios para la educación tecnológica (PEI ESUFA, 2009).

Los lineamientos curriculares documentados en el PEI deben ser aplicados en la reforma curricular, se tienen entre otros:

- Participación de la comunidad académica (áreas funcionales, egresados, directivos, estudiantes, profesores)
- Basado en la disciplina
- Uso de la interdisciplinariedad
- Organización por núcleos temáticos o problémicos
- Flexibilidad en contenidos, homologación
- Aplicación de créditos académicos
- Uso de tiempos acompañado, dirigido e independiente (TA, TD y TI)
- Didáctica mediante metodología por proyectos
- Modelo que promueva la reflexión: estudio de casos, mapas mentales y conceptuales, prácticas en ambientes reales, simulaciones.
- Integración teórico – práctico
- Contenidos humanísticos deben ser transversales en la formación (Doctrina Militar, Ética, DD.HH., DIH, Medio Ambiente)

- La investigación será transversal si se aplica planes de estudio organizados por núcleos temáticos o problémicos.
- La evaluación debe ser de carácter formativo, cualitativo y procesual.
- El currículo debe organizarse por competencias o dominios.

MODELO DE FORMACIÓN MILITAR POR COMPETENCIAS

La Jefatura de Desarrollo Humano lideró un trabajo en el cual se obtuvo un documento rector sobre el desarrollo de competencias abordándolo para ser aplicado en las Escuelas de Formación, dentro de los atributos del Suboficial de la Fuerza Aérea Colombiana se establece cuatro elementos fundamentales denominados: militar, profesional, vocación de servicio y líder tecnológico aeronáutico

El atributo que desarrollo mencionada Jefatura es el militar, para el caso de la Escuela de Suboficiales se postula en tres niveles y se basa fundamentalmente en el componente del saber axiológico (saber ser); este producto puede ser el insumo inicial para desarrollar el programa militar; de la misma manera se pueden abordar algunos lineamientos y políticas para orientar los procesos académicos de los otros programa tecnológicos hacia el enfoque por competencias.



Figura 2. Propuesta modelo de formación por competencias ESUFA

Teniendo como referente la propuesta se puede ubicar como competencias genéricas las desarrolladas por una persona para ser identificada como militar, sin importar el programa tecnológico al cual esté adscrito, por el contrario las competencias específicas laborales se desarrollarían fundamentalmente en los programas tecnológicos. Según los niveles, el desarrollo del ser militar y del ser tecnológico se observan en las Figuras 3 y 4, respectivamente.

	SER MILITAR (AXIOLÓGICO)	SER MILITAR (COGNITIVO)	SER MILITAR (ACTITUDINAL)
GRIFO	<ul style="list-style-type: none"> Mística militar Integridad Autodirección Supervisión y control Conciencia de equipo Enfoque a objetivos 	<ul style="list-style-type: none"> Misión, organización FFMM Análisis de casos tácticos Admón. Recurso Humano 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar misión en contexto internacional Manejo equipo militar avanzado Ejercicio del mando Admón. militar
PEGASO	<ul style="list-style-type: none"> Integridad Calidad de trabajo Organización Persistencia Mística militar 	<ul style="list-style-type: none"> Misión, organización FFMM Materiales y equipo militar aeronáutico Con enemigo 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar misión en contexto internacional Manejo equipo militar individual Deposito colectivo e individual Manejo administrativo de colecciones
FÉNIX	<ul style="list-style-type: none"> Autocontrol Integridad Disciplina Militar Interés por aprender 	<ul style="list-style-type: none"> Misión, organización FFMM Materiales y equipo militar aeronáutico Con Enemigo 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar misión en contexto nacional Manejo equipo militar Orden central

Figura No. 3 Formación por competencias del ser militar – Fuente JED

	(AXIOLÓGICO)	(COGNITIVO)	(ACTITUDINAL)
GRIFO	<ul style="list-style-type: none"> Integridad Autodirección Adaptación al campo laboral Conciencia de equipo Enfoque a objetivos 	<ul style="list-style-type: none"> Funciones en el campo laboral Especialidades del campo laboral Inglés técnico 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de tareas básicas en campo laboral (Práctica Área) Solución problema real mediante trabajo de grado
PEGASO	<ul style="list-style-type: none"> Integridad Calidad de trabajo Organización Persistencia Trabajo colaborativo 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo núcleo específico intermedio Conceptos, métodos investigativos Inglés intermedio 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo propuesta trabajo grado Aplicar conocimiento específico para la solución de problemas
FÉNIX	<ul style="list-style-type: none"> Autocontrol Integridad Disciplina Interés por aprender 	<ul style="list-style-type: none"> Ciencias básicas Proyección programa tecnológico Inglés básico 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación ciencias básicas en el contexto del programa

Figura No. 4 Formación por competencias del ser tecnológico

PROPUESTA DISEÑO CURRICULAR BASADO EN EL ENFOQUE POR COMPETENCIAS

“La formación por competencias no es un modelo pedagógico, es una herramienta para articular el modelo pedagógico y los lineamientos curriculares con la práctica educativa” (Tobón, 2005)

“La formación por competencias se puede reconocer como un proceso complejo de desempeño con idoneidad en un determinado contexto, con responsabilidad” (Tobón, 2005)



Figura No. 5 Pasos para reconstrucción curricular basado en enfoque por competencias

Según Tobón, y la propuesta de la revisión de programas tecnológicos planteada por Decanatura en los años 2008 y 2009, se presenta una metodología para realizar el diseño curricular basado en competencias.

1. Revisión del currículo actual:

En primera instancia se debe realizar un autodiagnóstico de cómo está desarrollándose el currículo, para ello es importante tener las siguientes consideraciones:

- La normatividad que influye en la actividad del programa.
- Programas afines que se ofrecen a nivel nacional o internacional
- Como se desarrollan los espacios académicos
- Coherencia del desarrollo con el modelo pedagógico
- Cómo se encuentra diseñado el plan general de estudios
- Analizar si existe flexibilidad, secuencialidad, coherencia, pertinencia entre las políticas actuales y el desarrollo del currículo.
- Evaluaciones de pares externos y autoevaluaciones con fines de acreditación.

Para realizar esta actividad es importante recolectar información de los actores del proceso, entre ellos, estudiantes, docentes, directores del programa y egresados, mediante mecanismos como talleres, encuestas y cuestionarios, entre los más comunes.

Posteriormente se debe realizar un análisis de la información determinando los aportes positivos, vacíos, negativos, insuficiencias, elementos sociales y particulares de la institución que influyen directamente en el proceso académico. Para realizar esta punto es indispensable ser lo más objetivo posible, el sesgo hace que se oculten elementos que pueden perjudicar posteriormente la construcción del currículo.

De este proceso también se tiene como resultado la propuesta de los lineamientos curriculares del programa tecnológico, concordantes con las políticas superiores y otras de índole operativo en el desarrollo de los procesos académicos.

2. Investigación del entorno (análisis funcional):

Para realizar una formación por competencias es de vital importancia conocer cuáles son los requerimientos que la sociedad necesita de los egresados para desarrollarlos en el transcurso del proceso académico; una técnica para la búsqueda de esta información está en las mesas sectoriales que definen esos requerimientos, de otra manera se hace necesario la recolección mediante talleres dirigidos principalmente a las áreas funcionales y en los sitios donde el egresado iniciara su proceso laboral, el resultado de este análisis será un documento en el cual se hace un comparativo entre lo desarrollado en el currículo y la necesidad de la sociedad.

En la Fuerza existen además ideas rectoras que influyen directamente en los procesos académicos de los programas tecnológicos, tales como, procesos de bilingüismo, Derechos Humanos, Principios y Valores que deben ser incorporadas en el desarrollo del currículo por competencias.

3. Identificación y normalización de competencias (Ver Tabla 1)

Uno de los insumos para desarrollar este paso lo constituyen los documentos emitidos por las mesas sectoriales, los cuales permiten realizar al interior de la institución un análisis de cómo sus procesos académicos atienden las necesidades de los sectores productivos.

Al no tener el referente de las mesas sectoriales, es necesario usar la información obtenida de los puntos 1 y 2 y realizar los siguientes pasos:

- a. Competencia global: Según Tobón (2005), son requeridas en la educación superior, y es posible tomarlas como los requerimientos del contexto laboral y social, en ese orden de ideas, se extrae del análisis funcional obtenido en el ítem 2.
- b. Elementos de Competencia: Una vez determinadas las competencias globales, se identifican los elementos de competencia, desde allí e pueden determinar los núcleo temáticos o los proyectos formativos (dependiendo de los lineamientos curriculares en la institución), el desarrollo de varios elementos de competencia integrados permiten desarrollar en ultimas, una competencia global.
- c. Unidades de Competencia: Son las requeridas en un proyecto formativo o en un espacio académico, las cuales son las más visibles en la praxis docente, la conjunción de varias unidades de competencia desarrollan un elemento de competencia.
4. Análisis y replanteamiento de la malla curricular
Una vez identificadas las competencias se determinan los espacios académicos (o los proyectos formativos) necesarios para el desarrollo de las mismas. Es importante en la identificación de las competencias, analizar la inclusión de varias políticas a nivel nacional e institucional, en el caso de la Escuela de Suboficiales las emitidas por el Proyecto Tuning para Latinoamérica, las generadas por el Ministerio de Educación, el Bilingüismo, Derechos Humanos, el desarrollo del bosquejo de la malla permite ubicar la secuencia y la interrelación de las temáticas (principios de secuencialidad e interdisciplinariedad) y simultáneamente se identifican los diferentes niveles de exigencia a través del desarrollo del proceso académico, teniendo como base la propuesta de modelo planteada en la figura No. 3 y 4.

5. Técnica para la construcción de los espacios académicos interrelacionando las competencias del desempeño (ver Tabla 2)

Para la construcción de los espacios académicos se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La similitud de unidades de competencia que se puedan desarrollar en el mismo espacio académico.
- Los niveles de complejidad de las unidades de competencia que requieran más de un espacio académico.
- La secuencialidad necesaria en el desarrollo de las unidades de competencia, para desarrollar eficientemente el elemento de competencia.

A partir de las unidades de competencia asociadas en el espacio académico, se determina la tabla de saberes (saber conocer, saber hacer, saber ser y el convivir), así como los criterios de valoración y las evidencias de aprendizaje, políticas usadas por los docentes para desarrollar las estrategias pedagógicas y de evaluación afines a desarrollar las unidades de competencia del espacio académico.

De la misma manera, se debe tener en cuenta la interrelación que existe entre los espacios académicos con respecto a otros, teniendo en cuenta las unidades de competencias que desarrollan una competencia global, a partir de allí existe un mecanismo para aplicar el principio de interdisciplinariedad contenido en el Proyecto Educativo Institucional.

Para la descripción de las competencias, Tobón (2005) las determina en primera medida por una acción mediante un verbo en infinitivo, la cual realizará la persona, posteriormente un objeto al cual recae la acción y una condición de calidad con la cual la acción va a ser ejecutada, sirve como un referente para evaluar la competencia.

En el caso de la aplicación de los verbos en la construcción de las competencias se puede atender a la taxonomía de Bloom, quien hace una clasificación de las acciones con respecto al nivel de complejidad de lo esperado por el estudiante.

El diseño curricular entra en un ciclo entre los ítems 4 y 5 hasta lograr el producto esperado.

La articulación de todos estos elementos permiten generar el "Proyecto Educativo del Programa", documento rector en el desarrollo de los procesos inherentes al Programa Tecnológico que desarrolle esta metodología.

TÓPICOS DE LA EVALUACIÓN PARA EL REDISEÑO CURRICULAR

Los elementos para realizar una evaluación curricular se pueden tomar de las condiciones mínimas de calidad y de los lineamientos para la acreditación en alta calidad enunciados por el Consejo Nacional de Acreditación, en este anexo se describen algunas de las más importantes.

Cabe notar que en estos documentos muestran los indicadores posibles a utilizar con el fin de hacer los análisis correspondientes en cada uno de los factores, se deben crear los documentos que tengan los indicadores necesarios para analizar cada uno de los tópicos que a continuación se relacionan.

Estudiantes:

- a. Valoración docente desde lo aptitudinal, actitudinal y cognoscitivo
- b. Valoración de los comandantes desde lo disciplinario
- c. Valoración docente al cumplimiento de objetivos propuestos

Docentes

- a. Valoración estudiantil a la praxis docente, cumplimiento de horarios
- b. Valoración de los directivos del programa sobre el desarrollo de investigación de los docentes.
- c. Valoración sobre el cumplimiento y calidad de la praxis docente por parte de directivos de programa.
- d. Desarrollo de aportes al programa en cuanto a actualización de contenidos y de estrategias pedagógicas.

Egresados

- a. Valoración de la pertinencia del programa con base en la experiencia del egresado.
- b. Valoración de los comandantes de los egresados en cuanto a su desempeño.

Directivos

- a. Desarrollo de planes de mejoramiento según necesidades institucionales, adscritos al CNA, SGC, entre otros.
- b. Análisis de programas académicos similares ofrecidos a nivel nacional o internacional.
- c. Valoración de los requerimientos institucionales frente a los procesos académicos proyectados Al Proceso Académico
- a. Pertinencia de las actividades extracurriculares afines al proceso académico.
- b. Valoración de estudiantes de la pertinencia de los espacios académicos.
- c. Valoración de los docentes sobre la pertinencia de los espacios académicos.

CRITERIOS PARA EL DESARROLLO DE CUESTIONARIOS DE VALORACIÓN DEL PROGRAMA

Para desarrollar los cuestionarios, talleres y demás mecanismos para recolectar la información necesaria

para realizar los análisis pertinentes se deben ubicar estos criterios como mínimo en los formularios.

1. Descripción de lo que se evalúa por medio del instrumento
2. Quiénes realizarán la evaluación
3. Motivo por el cual se realiza la evaluación.
4. Realizar una justificación sobre la importancia que tienen los actores de la evaluación en los procesos académicos del programa tecnológico.
5. Dar las indicaciones necesarias para el diligenciamiento del formato.

Posiblemente no se encontrarán en este documento todos los instrumentos necesarios para realizar una reforma curricular en la cual involucre una transformación de un proceso netamente basado en contenidos a un enfoque por competencias, pero a partir de los elementos propuestos darán a los directivos de los programas tecnológicos una ruta para poderlo lograr.

ANEXOS: TABLAS PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS

TABLA 1. Identificación y normalización de las competencias

ÁREAS DE FORMACIÓN	LOGÍSTICA
IDENTIFICACIÓN DE LA COMPETENCIA	Responder por la comisión o almacén asignado manteniendo actualizado de acuerdo a la normatividad los bienes del estado y los requerimientos de la Unidad
COMPETENCIA GLOBAL	Administrar los recursos del Estado como responsable de la comisiones o almacenes de una manera ética y eficiente
ELEMENTOS DE COMPETENCIA	UNIDADES DE COMPETENCIA
1.1. Desarrollar un proceso contractual, teniendo en cuenta la normatividad vigente	1.1.1. Identificar la normatividad actual que influye en un proceso de contratación estatal
	1.1.2. Diferenciar los procesos contractuales que se pueden desarrollar de acuerdo al marco normativo
	1.2.3. Ejecutar la etapas de un proceso contractual acorde a la normatividad vigente
1.2. Manejar de bienes de las comisiones de acuerdo a la normatividad vigente	1.2.1. Clasificar los bienes para su buen uso u almacenamiento acorde a la normatividad vigente
	1.2.2. Mantener actualizado el inventario a su cargo con base en los procesos contables
	1.2.3. Asesorar a los comandantes en la compra y destrucción de material de acuerdo a sus características.
	1.2.4. Comprender la responsabilidad administrativa y fiscal de manejo de los bienes del Estado

PROGRAMA TECNOLÓGICO:		TECNOLOGÍA EN SEGURIDAD AEROPORTUARIA	
ESPACIO ACADÉMICO: Proceso Contractual	Norma de Competencia Laboral (NCL):	Semestre: V Núcleo: Específico Área: Logística	No. Créditos: 2 Relación Créditos: 1:2
ELEMENTO(S) DE COMPETENCIA(S): 1.1. Desarrollar un proceso contractual, teniendo en cuenta la normatividad vigente			
UNIDADES DE COMPETENCIA: 1.1.1. Identificar la normatividad actual que influye en un proceso de contratación estatal 1.1.2. Diferenciar los clases de contratación y modelos de selección existente acorde a los bienes o servicios a adquirir 1.1.3. Ejecutar las etapas de un proceso contractual, con base en los bienes o servicios a adquirir			
TABLA DE SABERES			
SABER CONOCER	SABER HACER	SABER SER	
<p>ELEMENTOS DE LA CONTRATACIÓN ESTATAL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fines y principios de la contratación estatal • Derechos y deberes de las entidades estatales • Derechos y deberes de los contratistas • Inhabilidades e incompatibilidades para contratar • Delegación para contratar • Consorcios y uniones temporales <p>CONTRATOS ESTATALES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clases de contrato • Requisitos de perfeccionamiento, legalización y ejecución del contrato – cláusula de indemnidad • Garantías contractuales <p>MODALIDADES DE SELECCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Licitación pública • Selección abreviada • Concurso de méritos • Contratación directa <p>MANUAL DE CONTRATACIÓN FAC (funciones delegadas y desconcentradas)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gerente de proyecto • Comité estructurador • Comité evaluador • Comité de adquisiciones • Supervisores <p>PROCEDIMIENTO DE CONTRATACION ESTATAL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Necesidades de adquisición de bienes, servicios y obras públicas • Eco: estudio de conveniencia y oportunidad de mercado • Realización del proceso contractual • Seguimiento y control de la ejecución contractual • Incumplimiento del contrato • Recibo a satisfacción de bienes y servicios • Liquidación del contrato • Informes a antes de control 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los bienes y servicios a contratar con base en las necesidades actuales. • Desarrollar los estudios de mercado correspondientes según la necesidad expuesta • Diligenciar eficientemente los documentos correspondientes en el desarrollo del proceso contractual • Organizar la documentación del proceso contractual, con base en la normatividad. • Desarrollar las funciones según el cargo asignado en el proceso contractual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable con la entrega oportuna de las tareas asignadas. • Reconocimiento de los valores institucionales en el desarrollo de un proceso contractual • Comprensión de las consecuencias administrativas y penal al desarrollar un mal proceso contractual. 	

CRITERIOS DE EVALUACIÓN		
CRITERIOS DE DESEMPEÑO	INDICADORES DE DESEMPEÑO	
<ul style="list-style-type: none"> • Genera informes de manejo de inventarios aplicando técnicas estadísticas • Utiliza eficientemente sistemas informáticos para el desarrollo de documentos • Administra un almacén menor con base en la normatividad vigente • Realiza un estudio de mercado pertinente acorde a las necesidades expuestas. • Asocia los documentos con base en las etapas del proceso contractual • Lleva de manera organizada los documentos de un proceso contractual 	<ul style="list-style-type: none"> • Diferencia las funciones de cada uno de los actores de un proceso contractual. • Diligencia eficazmente los documentos del proceso contractual • Identifica las modalidades de selección y su aplicación en un proceso contractual • Lleva una secuencia cronológica de los documentos de un proceso contractual. • Distingue las garantías básicas que debe soportar un proceso contractual • Identifica los deberes y derechos de las entidades estatales en el desarrollo de la contratación estatal. • Entrega oportunamente los documentos 	
RELACIÓN CON OTROS ESPACIOS ACADÉMICOS		
ANTERIORES	SIMULTÁNEOS	POSTERIORES
<ul style="list-style-type: none"> • Contabilidad • Estadística • Técnicas de la Comunicación 		

BIBLIOGRAFÍA

- MEN (2007). *Sistema de aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior*. Bogotá. MEN
- MEN (2011). *Competencias ciudadanas*. Disponible en <http://www.mineduacion.gov.co/1621/w3-article-235147.html> (consultado el 23 de noviembre de 2011)
- PEI FAC (2011). *Plan Estratégico Institucional 2011 – 2030*. Fuerza Aérea Colombiana. Bogotá.
- Tobón, S. (2005) *Formación basada en competencias. Pensamiento Complejo, diseño curricular y didáctica*. Bogotá. ECOE Ediciones.
- PEI ESUFA (2009). *Proyecto Educativo Institucional 2009 – 2012*. Escuela de Suboficiales “CT. Andrés M. Díaz”. Madrid, Cundinamarca.



EVALUANDO “EL CAMINO A LA EXCELENCIA EDUCATIVA”¹

LECCIONES APRENDIDAS

“Reconozco en el Supremo Hacedor, su presencia en la construcción del camino a la excelencia educativa”

PD.4 F. ESPERANZA H. DE SANTOS
JEFE AUTOEVALUACION ESUFA

e-mail: esufa.investigacion@fac.mil.co

Fecha de recepción: 21 de febrero de 2012

Fecha de aprobación: 7 de junio de 2012

ABSTRACT

Reflexive paper which pretends to do a background about lived experiences through 10 years of school process implementation.

In the searching of High Educative quality, this process achieved the paradigms related to evaluation practices regards to academy refers and therefore, it implied in a meaningful manner the organizational culture.

Clue words:

Scope, evaluate, educate, educative actors, sensitization, reflection, interdisciplinary, consensus.

RESUMEN

Artículo reflexivo, que pretende hacer un recorrido sobre las experiencias vividas a través de diez años implementación del proceso de Auto-evaluación de la Escuela.

En la búsqueda de la alta calidad educativa, dicho proceso logró cambiar paradigmas en cuanto a la prácticas evaluativas en lo que a academia se refiere y que por lo tanto, ha permeado de manera significativa la cultura organizacional.

Palabras claves:

Ámbito, evaluar, educar, actores educativos, sensibilización, reflexión, interdisciplinario, consensuar

1 Modelo de autoevaluación institucional ESUFA

EVALUATING: “THE PATH TOWARDS THE EDUCATIVE EXCELLENCE LEARNED LESSONS



El tema de la evaluación ha sido constante preocupación en todos los ámbitos de las organizaciones y por supuesto la nuestra no ha sido ajena a ella. Hemos venido trabajando por la excelencia desde los diferentes ámbitos organizacionales. Pero al hablar de evaluar para lograr la excelencia educativa se constituye en un tema difícil de abordar ya que se podría asociar con: controles, señalamientos, búsqueda de culpables, como una amenaza, una fiscalización un juicio una intromisión una descalificación una imposición, etc.

Por ello esta reflexión quiero desarrollarla bajo una mirada muy personal, desde la experiencia de algunos años no solo en la tarea de evaluar, sino también de educar, pues construir camino a la excelencia educativa ha requerido de muchas y largas jornadas de ejercicio pedagógico y planteamiento de muchas estrategias y herramientas que permitieran la comprensión y apertura hacia este proceso, por parte de una comunidad educativa sui generis* cuya comprensión de auto-evaluarse en los procesos educativos resultaba un cambio paradigmático en su cultura.

Es así como la primera experiencia auto-evaluativa¹ en ESUFA se convirtió en todo un desafío ya que ante la nueva visión de la calidad en la Educación Superior

en Colombia, se exigía cambios sustanciales y rigurosos en el sistema evaluativo de los procesos relacionados con la educación tecnológica, impartida por la Escuela y ante la convocatoria a la participación masiva se generó algún tipo de resistencia por parte de los actores educativos.

Comienzan entonces a gestarse una serie de movimientos, tendencias y posturas, algunas de forma particular y otras colectivas, en torno al ser del proceso de autoevaluación en lo educativo y para lo educativo. Hablar de estándares de calidad, lineamientos para la acreditación, factores, características e indicadores de evaluación, resultaban términos complejos y ajenos a nuestros actores educativos**, y como producto de ello algún tipo de escapismo frente al proceso.

Resultaba difícil concebir un espacio académico en donde los sujetos de evaluación se sentaran a reflexionar sobre el objeto evaluado, es decir, la manera como la Escuela estaba cumpliendo con las funciones sustantivas de la educación superior y por supuesto menos admitir debilidades originadas o producto de la misma falta de comprensión sobre el rol que cada actor educativo debía de asumir en relación con la misión formativa de la Escuela.

No obstante lo anterior, surgen pensamientos visionarios en las directivas de la escuela, que vieron en las

1 *Cultura organizacional FAC, no es la educativa
Autoevaluación con parámetros de excelencia educativa
**Comandantes, jefes de programa, docentes

jornadas de autoevaluación una oportunidad para conocer más de cerca cómo el cumplimiento o incumplimiento de los factores en alta calidad educativa incidían de forma importante en el desarrollo de la actividad formativa no solo en lo militar sino también en lo académico, de los futuros suboficiales que la escuela entregaría a la Fuerza Aérea y a la sociedad.

Es entonces cuando se observa la necesidad de establecer políticas educativas en torno al tema de la autoevaluación y paralelamente diseñar la estrategia metodológica que motivara a los estamentos a participar en las diferentes actividades que implicaba un proceso de auto-evaluativo.

Es así que la política en alta calidad encuentra su articulación en la *autoevaluación la cual se convierte pues en ese camino* para alcanzar la excelencia educativa.

Habiéndose sensibilizado, capacitado e involucrado a los actores educativos fueron desarrollándose una a una las fases a partir de la conformación de equipos de trabajo interdisciplinario, los cuales facilitaron interiorizar la esencia de la cultura auto-evaluativa.

En este contexto se fue construyendo y consolidando, *el camino a la excelencia educativa* a través de una década de trabajo sistemático y constante, venciendo así la apatía, el desinterés, el escapismo, la descalificación y resistencia ante la realidad de algunos resultados.

Cada uno de los espacios auto-evaluativos se ha constituido en el pretexto para: consensuar a través de la reflexión de lo que se hace en el proceso de formación, impulsar el diálogo y la participación permanente de estudiantes, docentes y administrativos para llegar finalmente a encaminar esfuerzos en lo esencial para ayudar al perfeccionamiento de las funciones de la Educación Superior.

Hoy la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana a través de su informe de autoevaluación institucional y posterior evaluación de los pares académicos, (ver página web: www.esufa.edu.co), orgullosamente rinde cuentas a la sociedad colombiana con unos excelentes resultados evaluativos en cuanto a su gestión administrativa, académica, financiera de recursos y el impacto de sus egresados en el cumplimiento de la misión como institución de educación superior en la modalidad tecnológica y en apoyo a la misión constitucional de la Fuerza Aérea.

Para culminar esta reflexión considero como una gran lección aprendida en *este "camino a la excelencia educativa"* el lograr *madurez* por parte de la comunidad educativa, traducida esta en: la capacidad de mirarse así misma en su *deber ser*, abordar los resultados de la auto-evaluación con una conciencia auto-crítica y auto-reflexiva, reconociendo no solo sus fortalezas sino viendo en sus debilidades, oportunidades de mejoramiento continuo y crecimiento institucional.



ESUFA : “QUIJOTES DE LA EDUCACIÓN EN LA FAC”

Quijotes of education in the FAC

PD4. OLGA ESPERANZA TERREROS CARRILLO

Jefe Acreditación en ESUFA

e-mail: esufa.investigacion@fac.mil.co

Fecha de recepción: 17 de febrero de 2012

Fecha de aprobación: 7 de junio de 2012



RESUMEN:

El artículo realiza un resumen del recorrido de la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea en la búsqueda de la excelencia educativa como Institución de Educación Superior acreditada en Alta Calidad. Es así como para atrapar al lector realiza un símil entre las características de los personajes de la obra: “El Quijote de la Mancha”; con los aspectos y vivencias inherentes a los procesos de acreditación y sus personajes dentro del contexto de la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana, en su camino de los últimos diez años hacia la calidad.

Palabras Claves:

Acreditación, Excelencia, Educación, Quijote, Autoevaluación, Calidad, Planes de Mejoramiento, Proyectos Visor, Rotor, homólogo, Escuela de Suboficiales Fuerza Aérea, Institución Acreditada

ABSTRACT:

The article presents a summary of the path of THE AIR FORCE NON COMMISSIONED OFFICERS SCHOOL in searching of educative excellence as a Higher Education institution certified in High quality. Therefore, to trap the reader it is made a simile between the characteristics of the characters of “Don Quijote de la Mancha” opera with the aspects and experiences inherent to certification processes and its characters inside the context of the COLOMBIAN AIR FORCE NCO SCHOOL, in its path in the last ten years towards quality.

Clue Words:

Certification, excellence, education, Quijote, Self- assessment, quality, improvement plans, display, rotor homologue projects, Air Force Nco School, Certified Institution

Son numerosos quienes conocen de “Don Quijote” y por supuesto de su escritor Don Miguel de Cervantes, menos son quienes poseen el libro en su biblioteca y aún más escasos sus verdaderos lectores y contados aquellos que sumergidos en la historia la hayan disfrutado.

Sucede de igual forma con la interpretación que de esta obra se da, dependiendo de los niveles sociales, educativos y hasta económicos, lo único que es certero y única el sentimiento de los encuestados es que el tener el quijote o lograr hacer un llamado de este en las charlas de pasillo, otorga un toque de estilo literario, que adereza sin lugar a dudas, al dueño del relato en el momento.

Segura estoy de la búsqueda de conexión que los lectores están realizando de esta introducción con el tema de la calidad educativa, eje de la edición que tienen en sus manos. Pues bien; el haberme detenido en el noble hidalgo como elemento introductorio se debe a la evocación del año 1998 cuando la Escuela de Suboficiales realizó sus primeros contactos con el Consejo Nacional del Acreditación, en una forma por demás tímida deseando ingresar en la noble aventura de la alta calidad para la Educación Superior. Fue así como el primer grupo de asesores que gentilmente nos indicaban el camino, bautizaron en forma muy afable a las representantes de la ESUFA para este proceso como: “Las quijotescas”; denominación que solo con el transcurrir de los años y el arduo trabajo, hemos logrado comprender en su verdadera dimensión.

Hoy, al ostentar el título de Institución Acreditada, siento en efecto, la necesidad de ahondar en la visión paralela que se pueda tener de lo que fue el camino hacia la alta calidad educativa de ESUFA y la aventura recreada por don Miguel de Cervantes, para así ratificar que nuestros asesores sabían en sus inicios, muy bien a lo que nos estábamos enfrentando.

Comencemos por citar las características del personaje de Don Quijote que a manera de símil, deben adornar a aquellos que quieren dirigir la aventura de la acreditación: Don Quijote es ante todo un caballero, hombre con los años que aseguran su madurez, hombre que creía, que su armadura era la mejor. Vivía su constante aventura de ficción y a pesar de su falta aparente de cordura velaba por mantener a su lado su polo a tierra representado en su

amigo Sancho Panza representante de todo aquello que en sus fantasías el noble hidalgo reuía. No se centraba en la pobreza que lo rodeaba sino en su ideal de caballería, la ficción era su propia vida, vivía con felicidad la aventura que cualquier caballero habría podido añorar, veía donde no había nada, escuchaba lo que otros no lograban escuchar. Desgarbado, alto, seco, famélico taciturno...

Contrástese ahora, el perfil del personaje con las exigencias que deben adornar a los directivos de los procesos de acreditación, aclarando claro está, que antes de iniciar la aventura deben tener un claro concepto de lo que es la acreditación, concepto muy lejano de simple obtención de certificados o resoluciones para adornar anaqueles y menos aún diligenciamiento de infinidad de formas diseñadas por entes ajenos a nuestra cultura educativa, que evalúan lo que no conocen y califican de acuerdo al número de documentos diligenciados. Hablamos del perfil de quien ve en la acreditación la médula de la educación, la visión de la calidad de lo “superior para lo superior”, (haciendo un plagio al SJ. Alfonso Borrero, pilar de la pontificia Universidad Javeriana,) a quienes sienten la construcción de la autonomía como sinónimo de responsabilidad social.

Ubicado así nuestro caballero directivo, pasemos a hablar de la armadura. En primer término se debe creer en ella (su institución), considerar que es la mejor, convertirla en su escudo y defenderla de todo aquel que ose atacarla o burlarla. El compromiso institucional, la construcción de comunidad como defensora de los ideales, el trabajo bien hecho, el respeto por lo que se hace, la ética de



vida académica, todo ello representa la verdadera armadura que diferencia y hace brillar a la institución entre el sinúmero de homólogos en el globalizado mundo de la educación.

Pero así como Don Quijote goza de su noble escudero Sancho Panza, el proceso de acreditación es inseparable de la autoevaluación y autorregulación, elemento que al igual que Sancho representa el despertar de lo idealizado en la realidad, en la racionalidad, en el estado actual de la educación y de la Institución, pero al mismo tiempo como buenos y fieles amigos comparten la aventura trazando los caminos desde el ideal y la realidad para luchar contra aquellos "molinos de viento" que representan todos los obstáculos que gracias a las espadas de los planes de mejoramiento se convierten en aliados para la noble batalla.

De manera semejante, me atrevo a citar el aspecto de mayor importancia que debe perfilar a las instituciones que quieran emprender el camino, de la alta calidad, aspecto que citaba anteriormente en el perfil de Don Quijote, y es: "vivir con felicidad la aventura"... Si no se quiere el proceso, si no se comprende en su aspecto medular, si este se ve como una tarea, como un castigo o como un simple medio para obtener prebendas personales ... no hay nada que hacer; se ha perdido la batalla desde antes de iniciarla y así se obtenga una certificación no se habrá logrado el objetivo de la aventura que es: "ser feliz en ella".

En este punto de las meditaciones acudo a las características que Miguel de Cervantes otorgó a su noble escudero como exigencias de un Caballero. Evocando el comienzo del proceso para la ESUFA, surge un nuevo símil para esta historia enmarcado ya no en el título de noble escudero (acreditación), sino un nombre que lo identificara en el mundo de los idealistas y así como surgió "Don Quijote de la Mancha", para ESUFA nacieron los proyectos denominados Visor y Rotor, nombres que durante varios años fueron estandarte de la excelencia educativa soñada. De igual forma era necesario bautizar el famélico caballo que aunque débil en su estructura, nunca abandonaría a su amo. Fue así como en honor a Rocinante naciera la dependencia de acreditación, que al igual que Rocinante poseían nombre rimbombante no coherente con su debilidad física pero si compenetrados con la lealtad y el deseo

de llegar al final del camino visionado. Y como último indicador para convertirse en caballero la historia exigía de una mujer a quien dedicarle sus glorias. Esta mujer fue la Dulcinea, que en nuestro homólogo corresponde a la noble educación, educación que al ser despojada de sus objetivos altruistas, ya sea por razones económicas, políticas o sociales sacrifica la calidad por la cobertura, o ya sea por la falta de ética del educador que sin serlo ostenta los cargos por horas en diferentes universidades como vendedores del conocimiento alimentando los niveles de cumplimiento estadístico de horas programadas sin importar el estudiante sino la nómina, logrando en ocasiones hundir a la educación en el enajenado mar de la administración y tramitología. Esta visión de la educación es la que dibuja el rostro de la meretriz que observaban aquellos denominados "cuerdos" en las aventuras de Don Quijote, pero, la educación debe poseer en un proceso de acreditación el rostro de la Dulcinea del hidalgo de la historia y merecer el respeto descrito en su travesía. Ha llegado el momento de finalizar el ensayo, no por falta de material para el discurso, si de espacio para exponerlo; es así como baste dejar una pregunta al lector: ¿cual es su idea de la acreditación?. Puede ser que como los lectores del quijote se dividan en su sentimiento y puedan verla como el proceso de calidad largo, complicado, tedioso e irreal?, otros acaso que han gozado de sus glorias en pro de la educación comprenderán la historia y desearan ser compañeros de viaje de los atrevidos Quijotes.

Finalmente para ESUFA se ha logrado un final feliz donde los sueños se hicieron realidad, donde hubo variados representantes del Quijote, otros de Sancho Panza, muchos Rocinantes, muchas Dulcineas que construyeron el camino hacia la calidad de la Educación Superior para la Fuerza Aérea y han dejado las señales en la ruta para las nuevas generaciones. Ahora comienza el segundo tomo de la historia con los proyectos Visor II y Rotor III, escudos para los nobles hidalgos de la Escuela de Suboficiales con los cuales se batirán con los nuevos molinos de viento.

**Así demostramos en la Escuela
de Suboficiales que :
"Somos la Fuerza"**



OBTENCIÓN DE LAS VARIABLES DE POSICIÓN ANGULAR PITCH, ROLL, YAW DE UNA AERONAVE POR MEDIO DE UNA UNIDAD DE MEDICIÓN INERCIAL IMU (Inertial Measurement Unit) A TRAVÉS DEL FILTRO DE KALMAN

NELSON JAVIER RODRÍGUEZ

Docente Escuela Suboficiales Fuerza Aérea Colombiana ESUFA

Investigador Grupo de Investigación TESLA.

nelson.rodriguez.docente@gmail.com

Fecha de recepción: 8 de mayo de 2012

Fecha de aprobación: 7 de junio de 2012

ABSTRACT

This article pretends to demonstrate how to obtain, measure, condition, and process using analogue and digital way, micro electromechanical sensors variables (MEMS) like as gyroscopes and accelerometers found in an inertial measurement unit (IMU) to gauge in real time the position angle variables PITCH, ROLL, YAW employed for flight control and trajectory in an aircraft, UAV or missile.

Key words

IMU, Sistema MEMS, Giróscopo, Acelerómetro, Grados de libertad (DOF), Pitch, Roll, Yaw, Sensor MEMS, microcontrolador, DSPIC, estimador de estado, filtro de Kalman, ángulo de posición, velocidad angular, UAV, ART.

RESUMEN

En este artículo se pretende mostrar cómo obtener, medir, acondicionar y procesar de manera análoga y digital las variables de sensores micro electromecánicos MEMS como giróscopos y acelerómetros encontrados en una unidad de medición inercial (IMU) para medir en tiempo real las variables angulares de posición PITCH, ROLL, YAW utilizadas para el control de vuelo y trayectoria en una aeronave, UAV o misil.

Palabras claves

IMU, Sistema MEMS, Giróscopo, Acelerómetro, Grados de libertad (DOF), Pitch, Roll, Yaw, Sensor MEMS, microcontrolador, DSPIC, estimador de estado, filtro de Kalman, ángulo de posición, velocidad angular, UAV, ART.

VARIABLES OBTAINING OF PITCH, ROLL, YAW ANGLE POSITION OF AN AIRCRAFT THROUGH AN INERTIAL MEASUREMENT UNIT IMU THROUGH KALMAN FILTER

INTRODUCCIÓN

La medición y el control de las variables de posición angular de una aeronave PITCH, ROLL, YAW son las que determinan en última medida la forma en que este móvil se desplaza en el aire, el agua o el espacio; en la figura 1 se muestran gráficamente estas variables dinámicas.

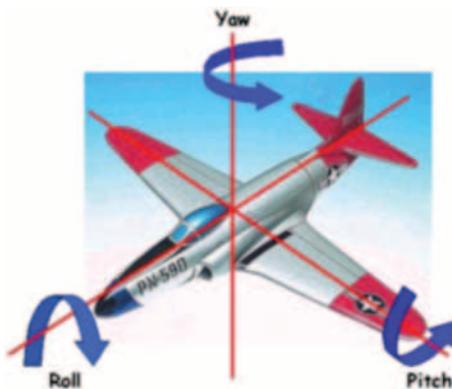


Figura 1. [1] Variables angulares de posición de una aeronave.

La unidad de medición de estas variables angulares (Pitch, Roll, Yaw) son los grados [°]. El cambio de estas variables angulares en el tiempo se denomina velocidad angular y Ω su unidad son los grados por unidad de tiempo o segundo $\Omega[\frac{°}{s}]$ o grados por segundo.

La obtención física de estas variables angulares en una aeronave se realiza a través de sistemas conocidos como giróscopos, estos dispositivos usualmente basan su funcionamiento en fenómenos ópticos (giróscopos laser), mecánicos (giróscopos electromecánicos), entre otros.



Figura 2. Giroscopio Laser [9].

El avance en la electrónica de estado sólido, en particular con la tecnología de los sensores MEMS permite que en la actualidad existan sensores como giróscopos y acelerómetros electrónicos, los cuales tienen la ventaja que son mucho más pequeños que sus contrapartes mecánicas, ahorran espacio físico en la aeronave y

consumen muy poca potencia eléctrica, permitiendo que se puedan implementar en aeronaves como los UAV o ART donde el tamaño físico y el consumo de potencia eléctrica son muy limitados Figura 3..



Figura 3. En una aeronave UAV hay restricción de espacio en los componentes así como el consumo de energía de los sistemas.

SENSORES MEMS

“Hay mucho espacio en lo pequeño” citaba el físico estadounidense Richard Feynman en la época de los años sesenta y describe en alguna medida lo que son este tipo de sensores MEMS (Microelectromechanical Systems) o sistemas micro electromecánicos.



Figura 4. Comparación del tamaño de un acaro de polvo con la estructura de un sistema micro electromecánico MEMS.

Este tipo de sistemas utiliza micro y nanotecnología de estado sólido para crear complejos sistemas electro-mecánicos. Recordemos que un micrómetro es metros y un nanómetro $1nm = 0.000000001$ es metros. Las aplicaciones civiles, industriales y militares de este tipo de sistemas MEMS es muy amplia y numerosa, algunas aplicaciones aeroespaciales de estos sistemas son [2]:

- Acelerómetros.
- Giróscopos de medición de velocidad angular.
- Sistemas de posicionamiento GPS.
- Sensores de Presión de aire y gases.
- Sistemas de comunicaciones en filtros y osciladores.
- Atomización de combustibles.
- Micro relevos en actuadores electrostáticos.
- Escáneres ópticos.
- Etc.

La continua innovación en las técnicas de fabricación de sistemas MEMS permitirá que el tipo y número de aplicaciones que tienen estos sensores aumente significativamente en el transcurso del tiempo.

UNIDAD DE MEDICIÓN INERCIAL IMU (INERTIAL MEASUREMENT UNIT)

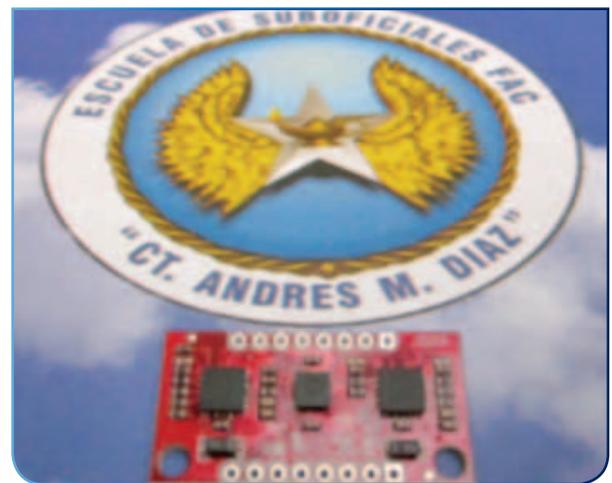


Figura 5. Unidad de medición inercial utilizada en este artículo.

Una Unidad de Medición inercial (IMU) es un sistema electromecánico el cual suele ser utilizado para medir la actitud (PITCH, ROLL, YAW) de un vehículo móvil en el espacio (misil, UAV, submarino, aeronave, satélites, etc). Este sistema es utilizado por los sistemas de control automático para maniobrar adecuadamente el móvil, por ejemplo para controlar el rumbo y trayectoria de una aeronave aérea no tripulada UAV.

Básicamente una IMU contiene giróscopos y acelerómetros para medir las posiciones angulares en uno o varios ejes.

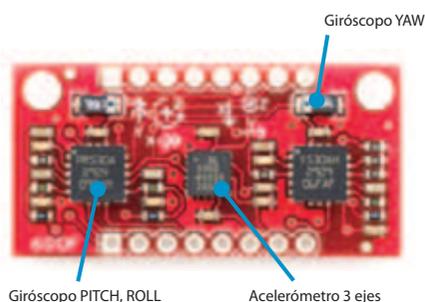


Figura 6. IMU donde se aprecian los diferentes sensores MEMS.

Los grados de libertad (Degrees of Freedom (DOF)) de una IMU son el número de aceleraciones y velocidades angulares que se pueden medir en un eje, así una IMU de seis grados de libertad (6 DOF) puede medir:

1. Aceleración en PITCH (eje x).
2. Aceleración en ROLL (eje y).
3. Aceleración en YAW (eje z).
4. Velocidad angular en PITCH.
5. Velocidad angular en ROLL.
6. Velocidad angular en YAW.

Algunas unidades de medición inercial más sofisticadas pueden incluir magnetómetros, GPS, brújulas electrónicas, etc.

Esta unidad IMU facilita la conexión de los sensores MEMS ya que estos ya vienen pre soldados y facilita las conexiones eléctricas a las variables de medida, las medidas de esta unidad son 1.8 cm x 3.3 cm lo cual permite su implementación en sistemas donde el espacio es crítico

como en aeronaves UAV y aeronaves remotamente controladas ART.



Figura 7. Patas de conexión de la unidad inercial.

Esta Unidad de Medición inercial se alimenta con un voltaje de alimentación en el rango de 2.7Vdc-3.6Vdc máximo.

Los giróscopos tienen salidas normales 1x y amplificadas 4x como veremos más adelante.

GIROSCOPO EN YAW LY530ALH

Este es un giróscopo fabricado por la empresa ST microelectronics que puede medir velocidades angulares de máximo $\pm 300^\circ/s$.

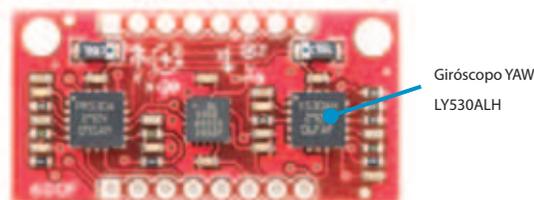


Figura 8. Ubicación del giróscopo LY530ALH.



Figura 9. Este giróscopo mide el Angulo YAW.

La forma en que un sensor MEMS entrega la información de la velocidad angular es en forma de voltaje, esto se conoce como sensibilidad (SoA) del sensor:

Salida 1x: SoA= 0.83mV°/s

Salida 4x: SoA 3.33mV°/s

Con este valor podemos calcular la velocidad angular de giro en YAW, por ejemplo si está girando a la máxima velocidad angular que se lo puede girar (+-300°/s), entregara un voltaje de 2.23V (salida 4x).

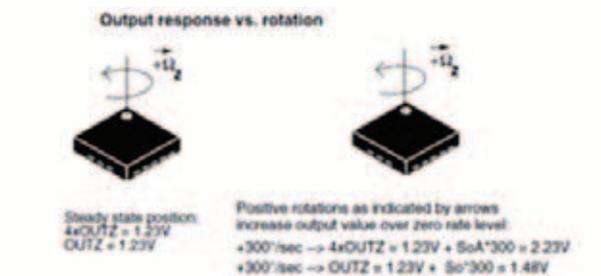


Figura 10. Voltaje de salida vs. Giro en YAW

Si el sensor no está girando en YAW (quieto), el voltaje de salida es de 1.23Vdc, este es un voltaje de referencia cero.

GIROSCOPO EN PITCH Y ROLL LPR530AL

Al igual que el giroscopio anterior este mide máximo velocidades de giro en PITCH Y ROLL de +-300°/s.

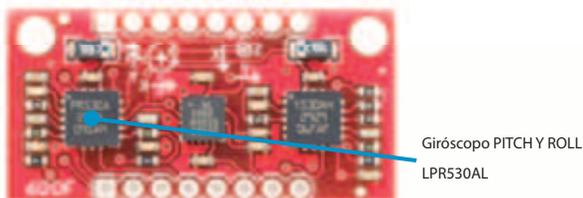


Figura 11. Ubicación del giroscopio LPR530AL.

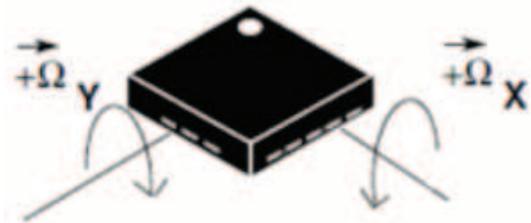


Figura. Este giróscopo mide las velocidades angulares en PITCH Y ROLL.

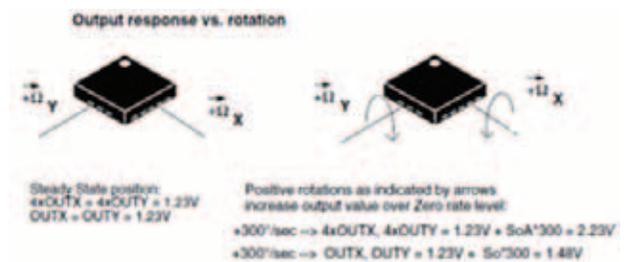


Figura. Voltaje de salida vs. En PITCH Y ROLL

Este giroscopio funciona de manera análoga al anterior, la diferencia es que maneja dos velocidades angulares PITCH Y ROLL.

ACELEROMETRO ADXL335

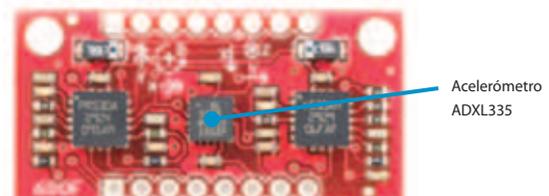


Figura 12. Ubicación del acelerómetro ADXL335.

Este sensor es fabricado por la empresa Analog Devices; puede medir aceleraciones en los tres ejes mencionados PITCH, ROLL, YAW, máximo de +-3g, donde es el valor de 1 gravedad.

AXES OF ACCELERATION SENSITIVITY

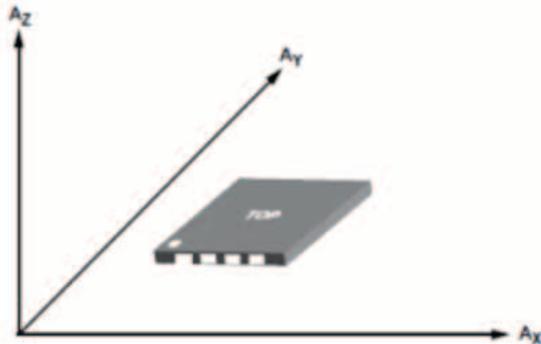


Figura 13. Sensibilidad del sensor de acuerdo a su posición espacial.

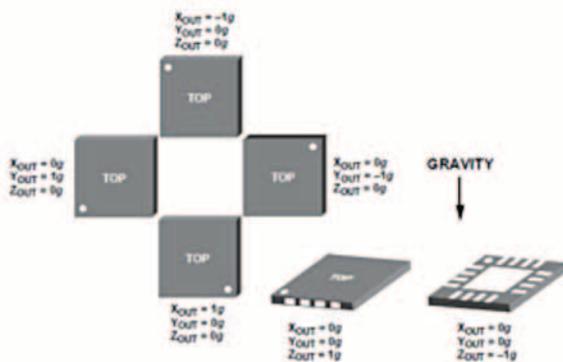


Figura 14. Valores de aceleración entregados de acuerdo a la posición espacial del sensor.

La sensibilidad de este sensor típica es de 300mV/g, por lo tanto si el sensor se está acelerando en un eje a 1g (caída libre), entregara un voltaje de 300mV, si se acelera a su máxima valor de medición +3g, entregara 900mV.

$$Velocidad_angular = \frac{d}{dt} (Angulo)$$

OBTENCIÓN DE LA POSICIÓN ANGULAR PITCH ROLL YAW DE LA IMU POR MEDIO DE LA INTEGRACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR

Como vimos la IMU por sí sola no entrega los valores angulares PITCH, ROLL, YAW, en lugar de ello entrega por

medio de los giróscopos un valor de voltaje proporcional a la velocidad angular en cada eje, se podría pensar entonces que al integrar esta velocidad angular tendríamos el ángulo de posición recordando que:

La velocidad es la razón de cambio (derivada) del ángulo en el tiempo, si integramos en el tiempo esta velocidad angular, obtendríamos el ángulo por ejemplo en PITCH:

$$Angulo = \int Velocidad_angular \cdot dt + C$$

C es una constante de integración que aparece naturalmente al realizar la integral de una función, desafortunadamente esta constante C ocasiona un error de medida que se acumula o crece en el tiempo, más adelante hablaremos como se utiliza el acelerómetro con los giróscopos de la IMU y como a través de estimadores de estado específicamente el filtro de Kalman se pueden obtener las variables angulares PITCH, ROLL, YAW.

OBTENCIÓN DE LA POSICIÓN ANGULAR PITCH ROLL YAW DE LA IMU POR MEDIO DEL ACCELERÓMETRO DE TRES EJES

Por medio de leyes trigonométricas es posible determinar unos ángulos que pueden ayudarnos a determinar la actitud de la aeronave:

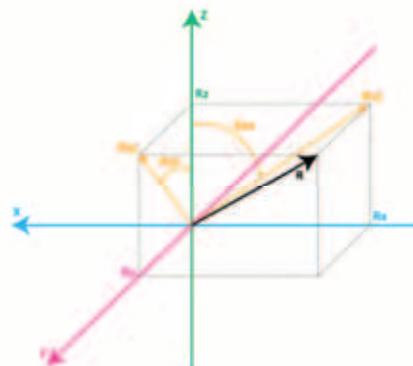


Figura 15. Vector de Fuerza R con sus componentes en los 3 ejes x,y,z

Podemos definir los ángulos que nos interesan determinar como A_{xr} , A_{yr} , A_{zr} , observando la grafica podemos determinar:

$$\text{Cos}(A_{xr}) = \frac{Rx}{R}$$

$$\text{Cos}(A_{yr}) = \frac{Ry}{R}$$

$$\text{Cos}(A_{zr}) = \frac{Rz}{R}$$

Y podemos también aplicar el teorema de Pitágoras en 3D:

$$R = \sqrt{Rx^2 + Ry^2 + Rz^2}$$

Como nos interesan son los ángulos de posición:

$$A_{xr} = \arccos\left(\frac{Rx}{R}\right)$$

$$A_{yr} = \arccos\left(\frac{Ry}{R}\right)$$

$$A_{zr} = \arccos\left(\frac{Rz}{R}\right)$$

Sin embargo, la lectura de estos ángulos con el acelerómetro no es viable debido a su naturaleza inherentemente ruidosa y no permite realizar directamente la medida, en cambio la lectura de ángulo que entrega el giróscopo es estable pero con el tiempo tiende a volverse inestable.

FILTRO DE KALMAN

Las perturbaciones a que está sujeto un sistema de control automático o de medición provocan que su salida se aleje del comportamiento ideal, en nuestro caso la salida angular del giróscopo tiende a volverse inestable con el paso del tiempo. En marzo de 1960 el Dr.

Rudolph Kalman publica su artículo "A new approach to linear filtering and prediction problems"[8], con lo que realiza un aporte monumental al diseño de filtros óptimos, utilizando la técnica de espacio de estado. Kalman consideraba la recursividad, así como casos de múltiples entradas y múltiples salidas (sistemas MIMO), además que permitía el uso de métodos digitales modernos para su implementación.

El filtro de Kalman es un algoritmo para procesar datos de manera iterativa [3]. El filtro sirve para estimar y predecir el movimiento de una variable que no observamos pero cuyo efecto medimos, contaminado por ruido, a través de otras variables.

La descripción de un sistema de control con una entrada y una salida (SISO) en su descripción de espacio de estado es [7]:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu + Fv \\ y &= Cx + w \end{aligned}$$

Donde x es el vector de estado, u es la entrada conocida, y es la salida, v , w son procesos aleatorios gaussianos, ruido blanco, o ruido o perturbaciones, cuyas densidades espectrales de potencia son V y W respectivamente.

Para diseñar un observador u estimador óptimo de Kalman para el vector de estado, se recurre a la estructura básica del observador. La ecuación que describe el observador es:

$$\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu + K_k(y - C\hat{x})$$

Siendo el vector de estado estimado y K_k la matriz de diseño del estimador. Si las señales v y w no están correlacionadas, el valor de K_k se determina mediante:

$$K_k = P_{opt} C^T W^{-1}$$

Siendo P_{opt} la matriz de covarianza óptima del estimador de estado obtenido a partir de la ecuación de Riccati:

$$0 = AP_{opt} + P_{opt}A^T - P_{opt}C^TW^{-1}CP_{opt} + FVF^T$$

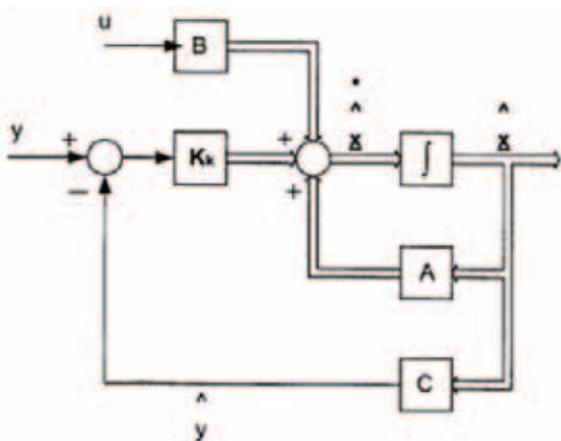


Figura 16. Configuración en diagrama de bloques del filtro de Kalman.

En la figura se muestra la configuración típica en espacio de estados del filtro de Kalman, se observa que sus entradas son las señales $y(t)$ u $u(t)$ y su salida el vector de estado optimo X

LECTURA Y PROCESAMIENTO DIGITAL DE LOS VOLTAJES DE LA IMU

Para obtener los ángulos de posición del móvil en el espacio a través de una IMU, es necesario realizar operaciones matemáticas como multiplicaciones, integraciones, sumas, restas, funciones trigonométricas, etc. Para llevar a cabo estas tareas se podría pensar en utilizar una computadora pero esta no es una solución viable ya que el espacio físico en un UAV es restringido, por lo tanto utilizaremos un microcontrolador el cual es un componente electrónico programable pequeño más específicamente un procesador digital de señales DSP para realizar estas tareas.

En este artículo se utilizó el DSP de 16 bits DSPIC30F4011 de la empresa Microchip el cual además de realizar tareas matemáticas rápida y eficientemente tiene un conversor análogo digital (ADC) de 10 bits, este

módulo es el que convierte el voltaje análogo de los sensores de la IMU en datos digitales para ser procesados y así obtener los ángulos PITCH, ROLL, YAW.

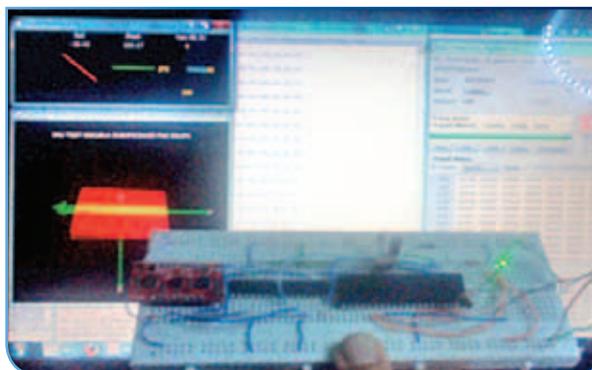


Figura 17. Implementación del hardware para validar los resultados.

En la figura podemos ver las conexiones de la unidad de medición inercial IMU al microcontrolador, este procesa las variables análogas de los giróscopos y acelerómetros de la IMU, por medio del conversor análogo digital ADC para entregar los ángulos tridimensionales que nos interesan: PITCH, ROLL, YAW, además el microcontrolador dsPIC envía esta información por medio de conexión USB (CDC RS-232) a un computador para poder visualizar las variables, el software de visualización gráfica se realizó en *Python*.

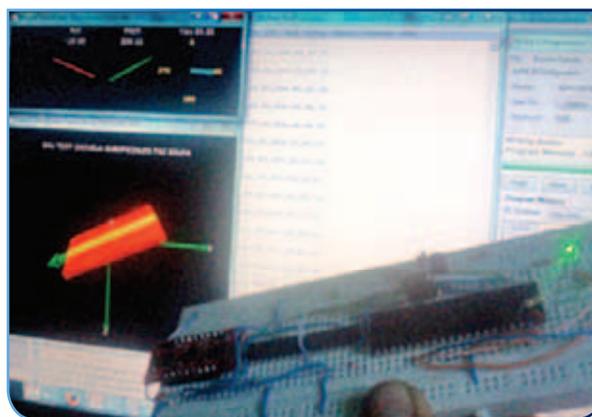


Figura 18. Validación de la medición de las variables PITCH, ROLL, YAW.

CONCLUSIONES

En este artículo se muestra cómo se pueden obtener por medio de sensores electrónicos MEMS las variables espaciales PITCH, ROLL y YAW, las cuales son esenciales para el control de la trayectoria y vuelo de un móvil en el espacio. El pequeño tamaño de estos dispositivos también permite que puedan ser implementados en sistemas de control de aeronaves autónomas UAV o aeronaves remotamente tripuladas ART. Gracias al filtro de Kalman fusionamos la información sensorica de los giróscopos y los acelerómetros para eliminar el ruido del ángulo medido con los acelerómetros y la inestabilidad en el tiempo que tiene la medición de las variables angulares con los giróscopos. Este tipo de algoritmos se pueden implementar en procesadores digitales DSP (dsPIC) para que puedan ser empleados en sistemas de control en aeronaves no tripuladas UAV, entre otras aplicaciones.

REFERENCIAS

- [1], http://fifthpostulate.net/roll_pitch_and_yaw.htm
 [2], <http://www.aero.org/publications/helvajian/helvajian-3.html>

- [3], http://www.javeriana.edu.co/fcea/area_economia/inv/documents/Introduccionalfiltrokalman.pdf
 [7], *BASES DEL FILTRO DE KALMAN*, Molina Soriano Rafael, Departamento de ciencias de la computación, Universidad de Granada.
 [8], *APLICACION DE LOS FILTROS DE KALMAN A LOS SISTEMAS DE CONTROL*, José Gregorio Díaz, Ana María Mejías, Francisco Arteaga, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia Venezuela.
 [9], http://www.stanford.edu/~siegmman/ring_laser_gyros/www.python.org
www.microchip.com

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a los integrantes del grupo de investigación TESLA de la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana por el apoyo y colaboración, en especial al Técnico Primero Omar Morales Cueto, e igualmente a las a las personas que lideran los procesos de investigación en la Escuela por el apoyo que brindan a los investigadores de esta.



DISEÑO DE LOS MOTORES COHETES DE PROPELENTE SOLIDO PARA EL DESPEGUE ASISTIDO DE UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (VANT).

SOLID PROPELLANT ROCKET ENGINES DESIGN TO ASSISTED TAKE OFF OF A NON CREWED VEHICLE.

JHONATHAN O. MURCIA PIÑEROS.

Ingeniero Aeronáutico.

Cand. Msc. En Ciencias-Astronomía.

Docente Fundación Universitaria los Libertadores.

Co-investigador Grupo de Investigaciones en Ciencias Aeroespaciales GICA.

Email: jomurciap@libertadores.edu.co

SAULO A. GÓMEZ SALCEDO

Ingeniero Mecánico Universidad Nacional de Colombia.

Co-investigador Grupo de Investigaciones en Ciencias Aeroespaciales GICA.

Email: sagomez@unal.edu.co

Fecha de recepción: 14 de abril de 2012

Fecha de aprobación: 7 de junio de 2012

Imagen tomada de http://es.123rf.com/photo_2801592_un-disparodel-saturno-5-transbordador-espacial-motor-de-cohete.html



ABSTRACT

This paper presents the design of a system of solid propellant rocket motors to reduce the takeoff distance and speed during take-off of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) developed in the Research Group on Aerospace Sciences (GICA) in the program of aeronautical engineering at the Los Libertadores University. According to the parameters of conceptual and preliminary design of the aircraft, choose the type of propellant to drive the rocket motors, nozzle sizing and generate propulsive thrust needed for takeoff, taking into account the low accelerations must support the vehicle, available to its structural components, systems and subsystems.

Key words:

Design, Nozzle, Rocket Assisted Take-Off (RATO), rocket motor, solid propellant, thrust, Unmanned Aerial Vehicle (UAV).

RESUMEN

El presente artículo plantea el diseño de un sistema de motores cohetes de propelentes sólidos para disminuir la distancia de despegue y aumentar la velocidad durante el descolaje, de un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT) desarrollado en el Grupo de Investigaciones en Ciencias Aeroespaciales (GICA) del programa de ingeniería aeronáutica en la Fundación Universitaria los Libertadores. De acuerdo a los parámetros de diseño conceptual y preliminar de la aeronave, se elige el tipo de propelente para impulsar los motores cohetes, dimensionar el ducto propulsivo y generar la fuerza de empuje necesaria para el despegue, teniendo en cuenta las bajas aceleraciones que debe soportar el vehículo, por disposición de sus componentes estructurales, sistemas y subsistemas.

Palabras clave

Despegue asistido por cohetes, diseño, fuerza de empuje, motor cohete, propelentes sólidos, tobera vehículo aéreo no tripulado (VANT).

INTRODUCCIÓN

El grupo GICA actualmente desarrolla una investigación sobre el diseño conceptual y preliminar de un vehículo aéreo no tripulado VANT, para implementarse en misiones de reconocimiento. Esta aeronave lleva consigo un motor eléctrico que genera la fuerza de empuje necesaria para las maniobras básicas de vuelo, pero durante el despegue la longitud de pista requerida a una altitud de Bogotá es de 30m producto del empuje generado por la hélice. Para disminuir la distancia al despegue y que la aeronave pueda efectuar operaciones en pistas cortas, se propone la implementación de motores cohete químicos que generen la fuerza de empuje y aceleraciones necesarias durante la fase del descolaje para disminuir la longitud de pista requerida a una distancia inferior de 4m.

ANTECEDENTES

La aplicación del motor cohete en maniobras de despegue, proporciona al vehículo la posibilidad de realizar operaciones en pistas cortas o en aéreas despejadas donde el espacio es limitado, ideal para operaciones militares. En el caso del VANT del Grupo de Investigaciones sería la primera aplicación civil del sistema RATO (Rocket Assisted Take Off) en Colombia, ya que es utilizado a nivel mundial en UAV militares como el Hunter (Cazador) o el Searcher (Buscador) de Industrias aeroespaciales de Israel (IAI) o el Pioneer de los Marines de EEUU (DOD, 2005).

El termino RATO (En español despegue asistido por cohete) se deriva del JATO (Jet Assisted Take Off), implementado en aeronaves durante la segunda Guerra Mundial. En bombarderos militares que despegaban en pistas muy cortas se utilizaban motores cohete con peróxido de Hidrógeno y una vez consumidos, los motores se desprendían del fuselaje de la aeronave, descendiendo en paracaídas para su recuperación y reutilización. Este sistema era utilizado en aeronaves muy pesadas y con motores poco potentes. Durante la guerra Fría, por parte de la ex Unión Soviética y los Estados Unidos se realizaron experimentos para despegues de aeronaves en portaviones con la asistencia de los motores cohete. Actualmente en demostraciones aéreas el grupo Blue Angels se utilizan motores cohetes de propelentes sólidos para asistir el despegue de su C-130 (Angelo, 2006).

En el VANT la implementación del sistema RATO se debe a que cuenta con un motor eléctrico que suministra el empuje requerido para diversas maniobras, este motor se alimenta de baterías eléctricas. Durante las maniobras de despegue y ascenso, se requiere la mayor potencia del motor, lo que genera mayor consumo de energía en las baterías y acorta el tiempo de la misión, es allí donde los motores cohete asisten al motor eléctrico aumentando la fuerza de empuje sobre la aeronave durante el despegue e impulsándolo a la velocidad necesaria para adquirir la fuerza de sustentación, de esta manera

se restringe el uso del motor eléctrico y baterías durante el despegue, además que la aeronave disminuye su peso por el consumo de combustible de los motores cohete. Se espera que la energía ahorrada por el motor eléctrico durante la fase de despegue pueda ser suministrada a la aeronave con el aumento de su autonomía de vuelo.

A nivel institucional se cuenta con tesis el área de diseño conceptual y preliminar de un cohete portador de dos etapas para el transporte de carga útil desde la superficie de la Tierra a orbitas bajas, avances de diseños de motores cohetes sólidos y estudios del comportamiento dinámico y diseño de motores cohete iónicos para aplicaciones espaciales en maniobras de control y guía de satélites (Calderon & Murcia 2009; Escorcía, 2011; Robledo 2011).

PARÁMETROS DE DISEÑO

Los motores cohete para la aeronave VANT son diseñados de acuerdo con los siguientes requerimientos y restricciones:

- Debe ser fabricado en materiales livianos (aeroespaciales) para no aumentar el peso de la aeronave significativamente.
- Capacidad para resistir más de 30 ciclos de operación sin necesidad de reemplazar sus componentes.

Aislar los gases de escape de cualquier componente estructural de la aeronave.

Presentar una ignición y combustión ininterrumpida, con detonadores inalámbricos.

Establecidos los criterios de la misión, se procede a diseñar y seleccionar los componentes del motor cohete.

PRINCIPIOS DE MOTORES COHETES QUÍMICOS

El motor cohete es un conjunto de dispositivos que conforman un sistema de propulsión. Su mayor característica es que la masa propulsada como fuente de energía cinética se encuentra auto contenida en forma de

energía química, siendo capaz de proporcionar la fuerza de empuje necesaria para generar un movimiento opuesto a la dirección de salida de los gases de escape. Los motores cohete se clasifican de acuerdo al tipo de energía que suministra el impulso, pueden ser: químicos, nucleares o eléctricos (Humble, Henry & Larson 1995). Debido a su modo de fabricación y costos, los motores cohete químicos son los más utilizados en la industria aeroespacial desde hace más de 60 años. La clasificación de cohetes químicos se divide en tres de acuerdo al estado del propelente: líquido, sólido e híbrido. En la rama de motores químicos, los sólidos tienen la ventaja frente a los híbridos y líquidos de ser más sencillos, utilizar menor cantidad de partes, ser más efectivos y ocupar el menor espacio en el vehículo (Sutton, 2001).

El motor cohete de propelente sólido, cuenta con un ducto de geometría convergente-divergente denominado tobera, el cual se encarga de expulsar, direccionar y expandir los gases de escape producto de la combustión del propelente. En la parte superior cuenta con una tapa que sella la cámara de combustión, se ancla a la estructura de la aeronave y es el elemento estructural que transmite la fuerza de empuje. Todos estos componentes se encuentran contenidos en la cámara de combustión, la cual es un ducto que cumple la función de almacenar el propelente sólido (mezcla de combustible y oxidante) para realizar la ignición y combustión del mismo, soportando las presiones liberadas por la explosión controlada. En la figura 1 se observa la distribución y partes de un sistema motor cohete de propelentes sólidos (Duque, Garzon & Roa, 2004).

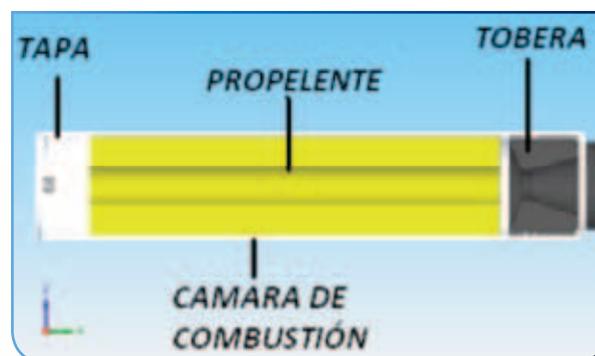


Figura 1. Partes del motor cohete de propelente sólido.

El factor de selección para los motores cohete es el impulso específico que depende de las propiedades termoquímicas del propelente como la temperatura, la masa molecular, relación de calores específicos y la constante del gas. Entre mayor sea el impulso específico del propelente, más energía química se transforma en energía cinética, que a su vez se relaciona con la fuerza de empuje como se observa en la ecuación (1), donde el impulso específico está dado en función de la fuerza de empuje, constante de gravedad y flujo másico, o en función de la velocidad de los gases.

$$I_{sp} = \frac{F}{g_0 \dot{m}} = \frac{V_e}{g_0} \quad (1)$$

Los propelentes sólidos desarrollan impulsos específicos inferiores a los 320s, siendo los más bajos en el área de la propulsión química, pero para este caso es ideal, debido a que no se pretende generar grandes aceleraciones en el VANT que puedan llevar a un daño estructural (Humble, Henry & Larson 1995).

Otro factor importante del motor cohete es la velocidad que transmite el cuerpo, según la ecuación (2) del movimiento del cohete de Tsiolkovski, se determina el cambio de velocidades del vehículo en función de la velocidad de salida de los gases y la relación de masas iniciales y finales (Sutton, 2001).

$$\Delta V = -V_e \cdot \ln \left(\frac{M_f}{M_i} \right) \quad (2)$$

Debido a que las velocidades de salida del gas pueden tener valores supersónicos, reduce la relación de masas, es decir el peso del motor cohete y el propelente, presentando un sistema liviano para transportar en un VANT.

DISEÑO DEL MOTOR COHETE

El sistema motor cohete seleccionado para el VANT, hace parte de la rama de propulsión química porque utiliza propelentes sólidos para su combustión. El propelente

seleccionado a base de nitrato de potasio (bajo costos, fácil de fabricar), genera un impulso específico de 160s el cual permite que los gases de escape sean expulsados en la tobera con una velocidad cercana a 1600m/s (1). Se determina la fuerza de empuje necesaria para que la aeronave despegue en la longitud de pista determinada, y con esta se determina el flujo másico que debe tener el motor cohete. La componente de fuerza de empuje depende de una componente de cantidad de movimiento lineal que se explica en la ecuación (1) y otra componente de empuje aerodinámica que depende las presiones de salida de los gases, la presión atmosférica y el área de la tobera, como se observa en la ecuación (3) (Humble, Henry & Larson 1995).

$$F = \dot{m}V_e + A_e(P_e - P_a) \quad (3)$$

Con los datos obtenidos de velocidad en los gases de escape, se procede a dejar esta velocidad en función del número Mach y la relación de calores específicos para determinar la relación de expansión de la ecuación (4) y así hallar las dimensiones del ducto propulsivo en el área de salida y área de tobera donde (Humble, Henry & Larson 1995).

$$\varepsilon = \frac{A_e}{A_t} = \frac{1}{M_e} \left[\left(\frac{2}{\gamma+1} \right) \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M_e^2 \right) \right]^{\frac{\gamma+1}{2\gamma-2}} \quad (4)$$

Se obtiene así los valores de relaciones de áreas a lo largo de la zona de expansión de la tobera, como se observa en la figura 2.

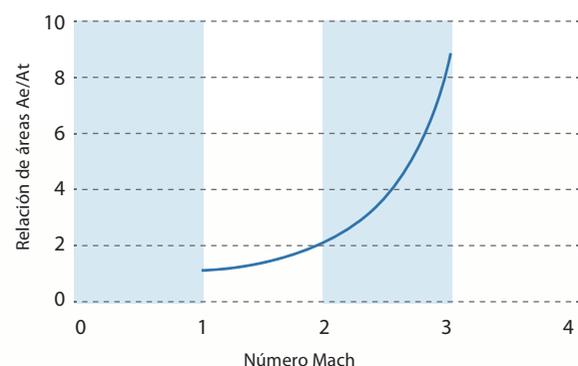


Figura 2. Relación de expansión vs número Mach.

Para el dimensionamiento del ducto, se limita el diámetro máximo de 1 ½" por la tubería comercial que será implementada en la cámara de combustión. De esta manera se dimensiona el ducto propulsivo, se hallan los valores de longitud en función del diámetro de la tobera como lo muestra en la figura 3.

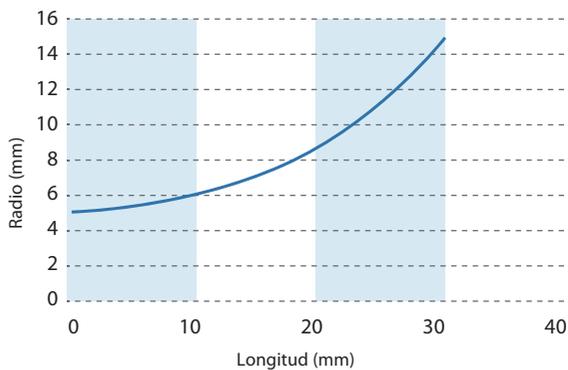


Figura 3. Longitud vs radio de la tobera.

Conociendo las dimensiones de la tobera en la zona de expansión, se halla el ángulo de divergencia que para el caso es de 15° y con él se determina la eficiencia del empuje por rendimiento aerodinámico como se observa en la ecuación (5) (Sutton, 2001).

$$\lambda = \frac{1}{2}(1 + \cos \theta) \quad (5)$$

Se encuentra que la relación de eficiencia es de 0.983, lo que quiere decir es que el empuje real será el 98.3% del empuje teórico calculado. Con los valores y las ecuaciones (4) y (5) se puede terminar la geometría de la tobera convergente-divergente tipo Laval, de manera cónica porque facilita los procesos de manufactura y con la aplicación de un programa CAD se obtienen las dimensiones de la figura 4. Se observa que la tobera tiene una longitud máxima cercana a los 39mm y un diámetro máximo cercano a los 35mm.

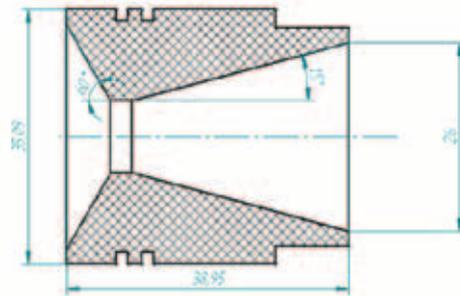


Figura 4. Dimensiones de la tobera.

Las presiones y temperaturas del gas en la tobera se comportan idealmente de manera isoentropica, suponiendo que no hay transferencia de calor y que el 100% de la energía térmica se convierte en energía cinética, sin pérdidas por fricción de los gases con las paredes o generación de turbulencias, se aplican las ecuaciones (6) y (7) para analizar la disminución de presión y temperaturas con el aumento de velocidad del gas desde la cámara de combustión hasta la zona de expansión (Sutton, 2001). Las relaciones de presiones y temperaturas son:

$$\frac{P_c}{P_e} = \left[1 + \frac{\gamma-1}{2} M_e^2 \right]^{1-\gamma} \quad (6)$$

$$\frac{T_c}{T_e} = 1 + \frac{\gamma-1}{2} M_e^2 \quad (7)$$

Aplicando las ecuaciones se producen las gráficas de comportamiento de presiones y temperaturas entre las zonas de cámara y expansión, figuras 5 y 6.

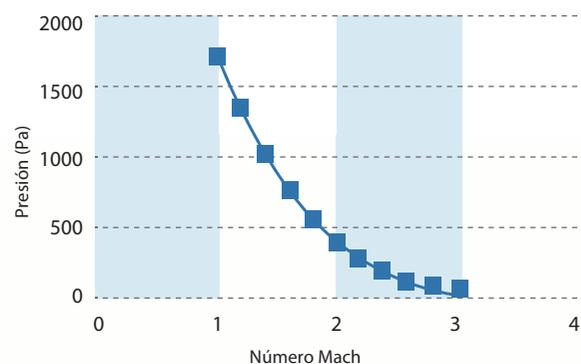


Figura 5. Relación de presiones en función del número Mach.

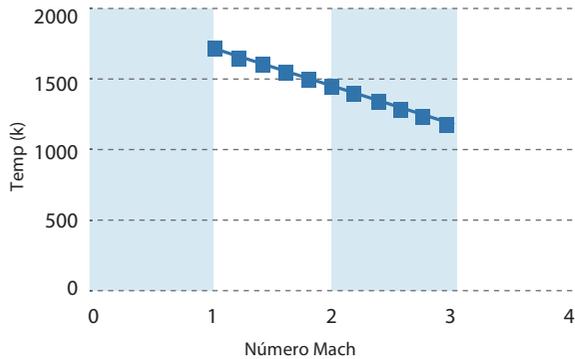


Figura 6. Relación de temperaturas en función del número Mach.

Se observa en las figura 5 el descenso de las presiones desde una zona de 2Mpa en la cámara de combustión, expandiéndose al ambiente con una presión igual a la atmosférica. En la figura 6 el flujo de gas ingresa a la tobera con una temperatura de 1600K (temperatura adiabática de llama) y desciende a la salida hasta temperaturas de 1100K, transformando esa la energía en velocidades cercanas a los 3.5M.

Aplicando las ecuaciones (1), (3), (4), (6) y (7) en un código computacional donde se tiene en cuenta las propiedades del propelente como la velocidad de combustión, la geometría, área de quemado y los cambios de presiones en función de las propiedades químicas del gas, se obtiene el comportamiento de presiones al interior de la cámara de combustión en función del tiempo de quemado, dando como resultado la figura 7, en la cual se observa un máximo de presiones de 2.5 MPa en 1.5s de combustión, es decir el máximo de presiones de la cámara de combustión es cercano a 25 veces la presión atmosférica al nivel del mar. Con esta simulación se encuentra el tiempo máximo de quemado del propelente, que es de 1.5s. El incremento de presiones se debe al incremento del área de quemado debido al aumento radial desde el centro de la barra del propelente hasta las paredes de la cámara de combustión y a la geometría cilíndrica del grano.

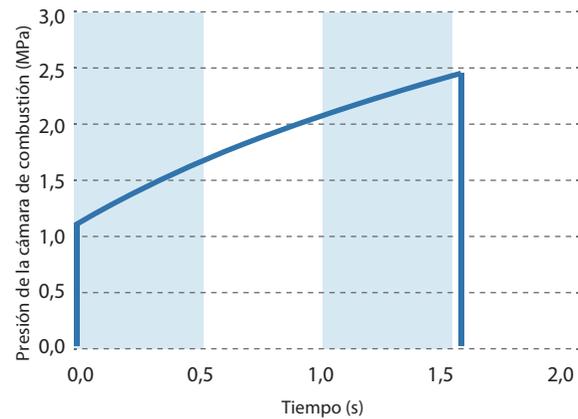


Figura 7. Presiones en la cámara de combustión en función del tiempo.

Reemplazando la toma de datos de presiones con la simulación, se procede a reemplazar los valores en las ecuaciones (1) y (3) para determinar el comportamiento de la fuerza de empuje, arrojando los resultados de la figura 8.

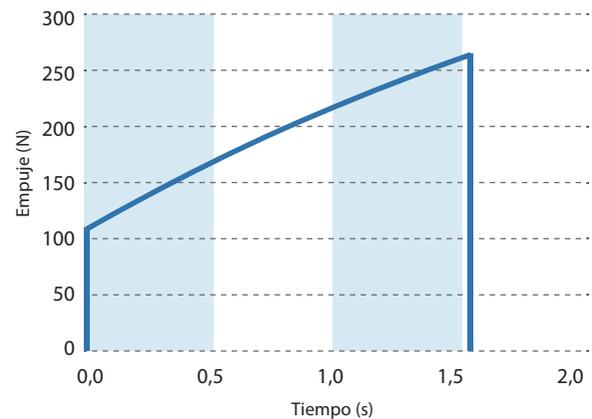


Figura 8. Fuerza de empuje en función del tiempo de combustión.

La gráfica de empuje se comporta de manera proporcional con la grafica de presiones, debido a la dependencia que existe entre el empuje aerodinámico por diferencias de presiones con el empuje total del sistema. Los resultados arrojan que el motor cohete tiene una fuerza de empuje máxima de 264N, con una fuerza promedio de 191N y un tiempo de empuje de 1.553s.

Teniendo los datos de rendimiento del motor, se aplican las ecuaciones (8) y (9) para hallar la distancia al despegue y las velocidades con el sistema RATO y solo propulsado con la hélice. Se toman valores promedio del comportamiento de los sistemas para resolver las ecuaciones al primer orden, estos datos luego serán corroborados con un algoritmo computacional para la trayectoria de vuelo de la aeronave teniendo los datos del diseño detallado de la aeronave. El VANT presenta un peso máximo al despegue de 5kg, una superficie alar de 1.9m², un coeficiente de sustentación máximo del perfil de 1.3 y la fuerza de empuje promedio del motor eléctrico acoplado a la hélice de 500 gr, se evalúan estas condiciones para una densidad de aire a la altitud de Bogotá (Anderson, 2005).

$$V_{lo} = 1.2 \sqrt{\frac{2W}{\rho S C_{L,max}}} \quad (8)$$

$$S_{lo} = \frac{1.44W^2}{\rho g_0 S C_{L,max} F} \quad (9)$$

Se comparan los resultados obtenidos en la tabla 1, para el despegue asistido por el sistema de motores cohete contra el despegue en pista por el motor eléctrico acoplado a una hélice. Para el caso del sistema RATO la aeronave cuenta con dos motores cohete acoplados a su estructura de manera simétrica sobre los ejes vertical y longitudinal.

Tabla 1 Datos de los sistemas implementados para el despegue.

SISTEMA	EMPUJE PROMEDIO (N)	DISTANCIA (m)	TIEMPO (s)
PISTA	5	31.5	4.9
RATOx 1	191	0.82	1.1
RATOx 2	382	0.42	0.5

En la tabla 1 se comparan los valores de la implementación del sistema RATO con uno o dos motores cohetes, contra el sistema de despegue convencional en pista. Se observa que cuando se implementa el sistema

RATO con un motor cohete se reduce la distancia de longitud de pista a solo el 2% de la distancia ofrecida por el método de despegue convencional. Se observa que el sistema RATO no necesita amplias zonas para el despegue de la aeronave, posteriormente puede vectorizar el empuje con la posición de la tobera no solo para que genere la fuerza y velocidad necesaria para la sustentación, si no que una componente de la fuerza de empuje del motor pueda ser utilizada para tener un ascenso de mayor verticalidad. Aparte de la ecuación (2) se determina que las velocidades alcanzadas por el vehículo una vez finalizada la combustión del motor cohete son de 50 m/s sin contar fuerzas resistivas al avance. Estos datos solo se confirmarían una vez se hagan las pruebas respectivas con el motor y el VANT.

CONSTRUCCIÓN

Finalizada la fase de diseño, se procede a seleccionar los materiales y la forma del cohete para su construcción, ensamble y posteriores pruebas de funcionamiento. Debido a que el sistema estará montado en el VANT se requiere que los materiales sean livianos como la estructura del avión. Los materiales seleccionados son los siguientes:

Tabla 2. Materiales y partes.

PARTE	MATERIAL
Tobera	Grafito
Cámara de combustión	Aluminio 6061
Tapa	Aluminio 6061

Los materiales son seleccionados debido a sus bajas densidades y resistencias mecánicas. El grafito en la tobera resiste la erosión producto de las velocidades de los gases de escape y los cambios de temperaturas desde los 1600K sin fundirse. La cámara de combustión en Aluminio se encarga de soportar las presiones de 2.5MPa, aislando térmicamente del propelente para que las temperaturas sobre las paredes no superen los 50°C,

la cámara de combustión cuenta con un factor de seguridad de 10. La tapa sella herméticamente el recipiente y se acopla a la estructura del fuselaje de la aeronave para transmitir la fuerza de empuje de los motores y en vuelo evitar que estos se desprendan de la aeronave. La tobera y la tapa tienen un sistema de anillos toroidales que ayudan al sellado hermético y evitan la fuga de gases de escape por las paredes de estos con la cámara. Se elige un sistema de sujeción por medio de anillos retenedores para cambiar rápidamente el componente y recargar el sistema de combustible. Finalmente se disponen los componentes de manera interna en la cámara de combustión dejando la superficie exterior del motor libre de cualquier protuberancia para reducir la resistencia parasitaria que pueda ocasionar sobre la aeronave.

En la figura 9 se observa la vista de corte en 3D del motor cohete en un programa CAD, donde se ensamblan previamente las partes antes de su construcción.



Figura 9. Motor cohete CAD-3D.

Una vez creados los planos de diseño en el software CAD y los parámetros de rendimiento de la tobera, se procede a construir el motor cohete con los materiales seleccionados. En la figura 10 se observan los componentes del motor construidos, listos para las primeras pruebas de funcionamiento.

El peso total del motor es de 207gr, la densidad del propelente en estado sólido es de 1.804 gr/cm³, el volumen que ocupa al interior de la cámara de combustión de 139816 mm³, la masa del propelente cargado es de

252 gr, el peso total de cada motor cohete para el despegue es de 459 gr.



Figura 10. Motor cohete ensamblado y sus partes.

SIMULACIÓN CFD

Mediante software especializado en dinámica de fluidos o CFD, Computational Fluid Dynamics, es posible obtener una descripción detallada del comportamiento de los gases al interior de la tobera y verificar parámetros del funcionamiento del motor como flujo másico, velocidad de los gases a la salida, entre otras.

Las Figuras 11 a 14 presentan los resultados obtenidos de la simulación CFD aplicada sobre la geometría que se obtiene empleando la teoría unidimensional, bajo unas presiones correspondientes a 2.5 MPa, la máxima calculada en la cámara y 101.3 KPa, es decir, la atmosférica:

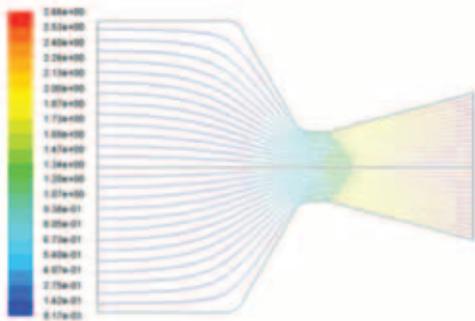


Figura 11. Velocidad mach ilustrada como líneas de flujo

Como es de esperar el Mach máximo, indicado en la Figura 11, se da a la salida de la tobera, esta cantidad se usara para evaluar la similitud con la teoría unidimensional.

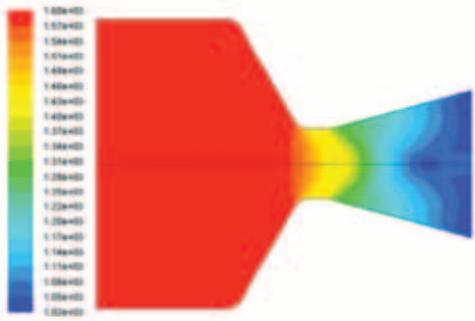


Figura 12. Distribución de temperatura en la tobera

La temperatura a la salida, Figura 12, es mínima cuando el flujo alcanza la salida, también se usara en la comparación. Junto con la presión, Figura 13, que se da en este mismo punto.

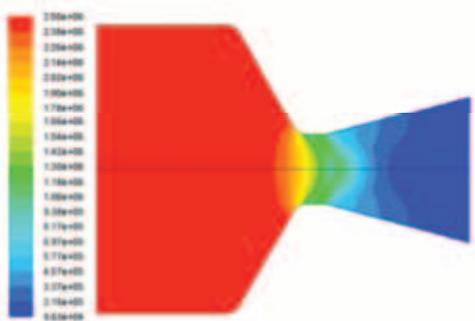


Figura 13. Distribución de presión en la tobera

Una de las utilidades mas importantes del CFD es su capacidad para mostrar el efecto de las características que tienen los fluidos reales, por ejemplo, la viscosidad que ocasiona la formación de la denominada capa limite, esta se observa en el detalle de la distribución de le velocidad en la sección divergente, Figura 14.

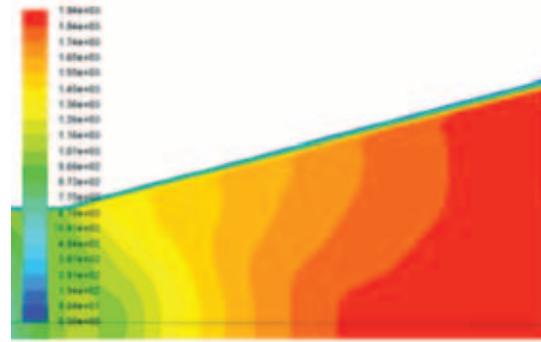


Figura 14. Distribución de la velocidad en la parte divergente y capa limite en la pared

La teoría unidimensional proporciona una descripción analítica del comportamiento del flujo que se acelera en una tobera, formulada a partir de del comportamiento del fluido de trabajo como un gas ideal. Otras de las simplificaciones a las que recurre son:

- Pared adiabática
- Proceso iso-entrópico
- Propiedades como presión, temperatura y velocidad son constantes en cualquier sección transversal
- Los efectos de la viscosidad son despreciables.

La Tabla 4 compara los resultados obtenidos de la teoría unidimensional y de la simulación CFD implementada. La diferencia porcentual es evaluada respecto a los resultados analíticos.

Tabla 4. Resultados analíticos y numéricos para el flujo en la tobera

	CFD	Teoría Unidimensional	Diferencia %
Mach Máximo	2.66	2.64	0.76%
Velocidad máxima [m/s]	1.94E+3	1.92E+3	0.88%
Temperatura mínima [K]	1.02E+3	1.03E+3	-1.16%
Presión salida [Pa]	96.30E+3	101.32E+3	-4.96%
Flujo másico [kg/s]	146.0E-3	149.00E-3	-2.01%

Para las variables seleccionadas, la diferencia no supera el 5 %, lo que valida la aproximación analítica como herramienta para obtener el diseño preliminar del motor cohete. Así mismo, se demuestra que el CFD puede ser de gran utilidad cuando se contemplen condiciones más complejas y cercanas al régimen real de funcionamiento.

RESULTADOS ESPERADOS

Antes de ser implementado en la aeronave, el rendimiento de los motores cohete será verificado con pruebas estáticas para obtener datos de la temperatura en la superficie del conjunto motriz, la distancia y ángulo de los gases de escape que no afecte ningún elemento de la aeronave, el tiempo de quemado, fuerza de empuje tiempo de ignición simultánea a distancia. Una vez culminadas estas pruebas, el semillero de investigaciones ICARO de la Universidad Libre en colaboración con el semillero AERODES&I en su sección cohetería de la Fundación Universitaria los Libertadores, implementaran los motores cohete para observar el rendimiento de los mismos en vuelo atmosférico a bordo de un cohete sonda con computadoras y sensores que permiten tomar datos de aceleraciones, velocidades y rendimiento.

Se espera el desarrollo de las primeras pruebas estáticas para el próximo mes y el lanzamiento de los cohetes

sonda en dos meses, permitiendo la futura optimización de los componentes.

CONCLUSIONES

El sistema RATO presenta múltiples ventajas al momento de asistir el despegue como la reducción de tiempo y longitud de pista, el aumento de las velocidades en la aeronave y de la fuerza de sustentación, permitiendo operaciones en áreas donde no se cuente con el espacio suficiente.

Se debe probar la interacción con la estructura de la aeronave, para mejorar el rendimiento de los motores y la resistencia estructural, debido a que puede acelerar el cuerpo del VANT a 7 veces la gravedad.

Una vez obtenidos los resultados de las pruebas, se deben corroborar los datos reales con los teóricos para simular nuevamente las ecuaciones y predecir el comportamiento real de la aeronave.

La simulación CFD es coherente con los resultados predichos por la teoría unidimensional, por tanto, constituye una valiosa herramienta en la evaluación y optimización de un diseño de motor cohete bajo cualquier régimen de trabajo planteado, donde se tengan aspectos no contemplados en la formulación analítica.

Implementado el sistema en el avión, se realizaran toma de datos para tener valores cuantitativos del ahorro de baterías en el motor eléctrico y cuanto es el aumento del tiempo de autonomía de vuelo por la no utilización del motor en maniobra de despegue.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a los integrantes del grupo GICA, el Ing. Julio Parra, Ing. Eduardo Fadul, Ing. Maycol Escorcia y al Ing. Aurelio Mendez, así como a los estudiantes del semillero de investigaciones en propulsión de la Universidad Libre Diego Galindo, John Silva, Andrés Córdoba por sus valiosos aportes al diseño y

construcción de dicho motor. A los estudiantes del semillero AERODESI & I quienes tendrán la misión de ponerlo a prueba en el cohete que construyan.

REFERENCIAS

- [1] Anderson, John, "Introduction to Flight". MGc Hill, 5Ed, 2001.
- [2] Angelo, Joseph, "Rockets". Facts on File, 2006.
- [3] Calderón, Murcia, "Diseño conceptual y preliminar de un vehículo que transporta carga útil de una tonelada a orbitas bajas de la tierra". **Tesis de grado en ingeniería aeronáutica. Universidad Los Libertadores. Bogotá 2008.**
- [4] Calderón O., Murcia J., "Diseño conceptual y preliminar de un cohete portador para orbitas bajas", *Revista tecnoesufa*, 11:36-41, 2009.
- [5] DOD Deparment Of Depense EEUU, "Unmanned Aircraft Systems Roadmap". 2005
- [6] Duque, Garzon & Roa., *Introducción general a la tecnología de la propulsión. Bogotá: Universidad nacional de Colombia, 2004. 917 p.*
- [7] Escorcía M., "Estudio dinámico de los parámetros generales de rendimiento en un motor cohete de propulsión iónica mediante el lenguaje computacional de tipo M", *Tesis de grado Libertadores, 2011.*
- [8] Galindo D., Murcia J., "Diseño de cohetes atmosféricos", *CICTA 2009, Congreso Colombiano de ciencia y tecnología aeroespacial, Cali – Colombia, Octubre 2009.*
- [9] Gravenhorst, A., 2007, "**Manuscrito de Cátedra Sistemas de Transporte Espacial y Propulsión Espacial**", Bogotá.
- [10] Gómez S., "Aspectos de Dinámica de Fluidos Aplicados a Micromotor Cohete" **Tesis de grado en ingeniería mecánica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá 2005.**
- [11] Humble, R. Hery, G. & Larson W. "Space Propulsion Analysis and Design", MGc Hill, 3Ed, 1996.
- [12] Murcia J., "Motores cohete químicos", *Revista coningenio*, 2:80-85, 2009.
- [13] Murcia J., "Diseño conceptual de los motores cohete sólidos de primera etapa para un vehículo portador de satélites", *Revista coningenio*, 3:198-207, 2010.
- [14] Murcia J., Portilla G., "Estudio de la trayectoria de vuelo para un cohete de tres etapas", *CICTA 2010, Congreso Colombiano de ciencia y tecnología aeroespacial, Bogotá – Colombia, Octubre 2010.*
- [15] Portilla, J., 2001, "**Elementos de Astronomía de Posición**", Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- [17] Robledo J., "Diseño conceptual de un motor cohete iónico para misiones espaciales", **Tesis de grado Libertadores, 2011.**
- [17] Sutton G., "Rocket Propulsion Elements". 7Ed, Wiley & Sons, 2001.



DISEÑO CONCEPTUAL DE UN COHETE SONDA PARA TOMA DE DATOS ATMOSFÉRICOS

DESIGN OF A SYSTEM OF SOLID PROPELLANT ROCKET MOTOR SYSTEM TO TAKE ATMOSPHERICAL DATA

JHONATHAN O. MURCIA PIÑEROS.

Ingeniero Aeronáutico.

Ms(c). Ciencias-Astronomía.

Docente Fundación Universitaria los
Libertadores.

Co-investigador Grupo de Investigacio-
nes en Ciencias Aeroespaciales GICA.

Email: jomurciap@libertadores.edu.co

SERGIO N. PACHÓN LAITON

Ingeniero Aeronáutico.

Fundación Universitaria los Libertado-
res.

Joven investigador Grupo de Investi-
gaciones en Ciencias Aeroespaciales
GICA.

Email: snpachonl@libertadores.edu.co

Fecha de recepción: 14 de abril de 2012

Fecha de aprobación: 7 de junio de 2012

ABSTRACT

This paper presents the design of a system of solid propellant rocket motors to reduce the takeoff distance and speed during take-off of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) developed in the Research Group on Aerospace Sciences (GICA) in the program of aeronautical engineering at the Los Libertadores University. According to the parameters of conceptual and preliminary design of the aircraft, choose the type of propellant to drive the rocket motors, nozzle sizing and generate propulsive thrust needed for takeoff, taking into account the low accelerations must support the vehicle, available to its structural components, systems and subsystems.

Key words

Sounding rocket, nozzle, rocket motor, solid propellant, flight path.



Imagen tomada de <http://nuestrocoledelcastillo.blogspot.com/2011/09/la-capa-de-ozono.html>

RESUMEN

El presente artículo plantea el diseño conceptual de un vehículo tipo cohete sonda para la toma de datos de la atmosfera Colombiana a nivel estratosférico y realización de experimentos en áreas de estructuras aeroespaciales, biológicas, entre otras. disminuir la distancia de despegue y aumentar la velocidad durante el descolaje, de un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT) desarrollado en el Grupo de Investigaciones en Ciencias Aeroespaciales (GICA) del programa de ingeniería aeronáutica en la Fundación Universitaria los Libertadores. De acuerdo a los parámetros de diseño conceptual y preliminar de la aeronave, se elige el tipo de propelente para impulsar los motores cohetes, dimensionar el ducto propulsivo y generar la fuerza de empuje necesaria para el despegue, teniendo en cuenta las bajas aceleraciones que debe soportar el vehículo, por disposición de sus componentes estructurales, sistemas y subsistemas.

Palabras clave

Cohete sonda, motor cohete, tobera, propelente sólido, trayectoria de vuelo.

INTRODUCCIÓN

Uno de los proyectos actuales del Grupo de Investigación en Ciencias Aeroespaciales GICA de la Fundación Universitaria Los Libertadores es el diseño conceptual, preliminar y lanzamiento de un cohete sonda para toma de datos en la atmosfera Colombiana. implementarse en misiones de reconocimiento. Esta aeronave lleva consigo un motor eléctrico que genera la fuerza de empuje necesaria para las maniobras básicas de vuelo, pero durante el despegue la longitud de pista requerida a una altitud de Bogotá es de 30m producto del empuje generado por la hélice. Para disminuir la distancia al despegue y que la aeronave pueda efectuar operaciones en pistas cortas, se propone la implementación de motores

cohetes químicos que generen la fuerza de empuje y aceleraciones necesarias durante la fase del descolaje para disminuir la longitud de pista requerida a una distancia inferior de 4m.

ANTECEDENTES

Desde hace más de 60 años la historia de la humanidad dio un giro trascendental al dar comienzo a la denominada carrera espacial. Durante el periodo comprendido entre los años 1957 y 1975 grandes potencias como Estados Unidos y la ex Unión Soviética desarrollaron vehículos capaces de atravesar la atmósfera y llevar al hombre más allá de la frontera de la misma; los cohetes espaciales. La tecnología utilizada durante esta época deja un aporte fundamental en el desarrollo científico y social a nivel mundial, generando una integración entre países desarrollados para el fortalecimiento de la investigación y exploración del espacio exterior (Mattos, 2009).

Colombia, debido a sus problemas sociales y económicos, no le ha dado la importancia necesaria a la exploración espacial. Son pocas las personas e instituciones que se atreven a incursionar en este campo, por falta de recursos destinados a este tipo de investigaciones, la escasez de personal idóneo y a la difícil situación de orden público.

Un primer paso en el desarrollo espacial del país en el área de vehículos lanzadores de satélite es el cohete sonda, el cual es un pequeño cohete que lleva en su carga útil instrumentos para la toma de datos de la atmosfera terrestre, experimentación aerodinámica, estructural. Su vuelo es descrito mediante una trayectoria parabólica de manera suborbital, es decir no tiene la suficiente energía para entrar en órbita alrededor de la Tierra. Representan una forma económica de realizar investigaciones en el campo aeroespacial, recuperando el vehículo y la carga útil para posteriores lanzamientos.

La Fundación Universitaria Los Libertadores cuenta con trabajos de grado el área de diseño conceptual y

preliminar de un cohete portador de dos etapas para el transporte de carga útil desde la superficie de la Tierra a orbitas bajas, avances de diseños de motores cohetes sólidos y estudios del comportamiento dinámico y diseño de motores cohete iónicos para aplicaciones espaciales en maniobras de control y guía de satélites (Calderón & Murcia 2009; Escorcia, 2011; Robledo 2011).

MISIÓN

El parámetro fundamental de diseño del cohete es la misión que va a realizar en vuelo. Para el análisis de la misión se recurre a las líneas bases (cohetes históricos que cumplen misiones similares y tienen similitudes en sus sistemas y subsistemas) determinando como parámetro discriminatorio el hecho de que el cohete debe ser de una etapa, de propelentes sólidos y sin control, debido a que tecnológicamente son asequibles al desarrollo de la academia e industria nacional. Se recopila información de más de 91 cohetes a nivel mundial desde los años 50s hasta la fecha que cumplen con estos requerimientos. Entre estos cohetes se destacan los cohetes sonda de Estados Unidos *Arcas*, *Astrobee* y *Loki*. Estos cohetes tienen diámetros inferiores a las 4.5" y longitudes que no superan los 3 m, alcanzando apogeos (máxima distancia vertical recorrida) del orden de los 100km como en el caso del *Loki* (Humble, Henry & Larson 1995).

Entre otros requerimientos de la misión se determina:

- El cohete debe ser recuperable y reutilizable.
- Su máxima capacidad de carga útil es de 2 kg.
- Transportar computadoras para la toma de datos de vuelo del cohete.
- Transportar una computadora que toma datos de la presión, temperatura y humedad de la atmosfera.

Establecidos los criterios de la misión y las líneas bases, se procede a diseñar y seleccionar los componentes del cohete.

MASAS Y EMPUJE

Tsiolkovski definió que los cohetes adquieren la energía necesaria para su movimiento a partir de un sistema de motores cohete, los cuales permiten el desarrollo de grandes velocidades con la transformación de la energía química de sus propelentes en energía cinética de gases de escape mediante el direccionamiento en un ducto propulsivo (tobera). La expulsión de una cantidad significativa de masa en poco tiempo (flujo másico) es lo que hace posible que los cohetes generen altas velocidades, acompañadas de fuerzas de empuje, pero limitados a causa del poco tiempo que dura la combustión (Humble, Henry & Larson 1995). La ecuación que relaciona la masa y velocidad del sistema con su cantidad de movimiento lineal es:

$$P = mV \quad (1)$$

De acuerdo con lo anterior, la fuerza de empuje en motor cohete depende de la velocidad con la cual son expulsados los gases de escape y la cantidad de masa expulsada, que se obtiene con la integración de la ecuación (1). Integrando la fuerza de empuje en función del tiempo se encuentra que el cambio de velocidad (ΔV) del cohete depende de la velocidad de salida de los gases en la tobera (Ve) y la relación de masa final con la inicial (M_f):

$$\Delta V = -Ve \cdot \ln \left(\frac{M_f}{M_i} \right) \quad (2)$$

Implementado la ecuación (2) y analizando estadísticamente el comportamiento de las líneas bases como el cohete sonda Estado Unidense *Loki* se observa que la relación de masas $R = \left(\frac{M_i}{M_f} \right)$ es del orden de 2.8 (Sutton & Biblarz 2010). Este parámetro es implementado en el cohete Sonda de los Libertadores teniendo en cuenta la distribución de masas de los sistemas y subsistemas del mismo, donde la masa inicial del cohete depende de la masa final más la masa del propelente (M_{prop}):

$$(\Delta V) \quad (3)$$

La masa final del cohete es igual a la suma de la masa de la carga paga, en este caso del experimento de 2 kg, mas la masa de la estructura del cohete. Nuevamente en este ítem se recurre a las líneas Bases, donde se obtiene que la masa final del cohete sea de 7 kg. Aplicando la relación de masas se obtiene que la masa inicial sea de 20 kg, donde de la ecuación (3) se encuentra que la masa total de propelente es de 13 kg.

El sistema encargado de generar la propulsión y la fuerza de empuje necesaria para el vuelo del cohete sonda es el sistema motor cohete, que para este caso es de propelentes químicos en estado sólido, debido a la experiencia de los integrantes del grupo durante más de seis años con este tipo de propelentes. A partir de la masa inicial se determina la fuerza de empuje necesaria para el vuelo del cohete, la cual como mínimo debe ser de 1.2 veces la masa del cohete en ascenso vertical desde la superficie de la Tierra (Humble, Henry & Larson 1995), pero en el caso de los cohetes sonda este valor oscila entre 10 a 100 veces la masa inicial. Debido a que el vehículo transporta computadoras de vuelo, instrumentos electrónicos para la toma de datos y muy posiblemente cargas biológicas, se estima este valor máximo del orden de 30.

$$\frac{T}{W} \approx 30 \quad (4)$$

La relación empuje (T) peso (W) es proporcional a la relación de aceleración (a) versus gravedad local (g_0), nos indica el número de gravedades o fuerzas G 's que debe soportar el cohete durante el ascenso, dato fundamental para la estructura la cual debe soportar dichas aceleraciones sin sufrir daño alguno. Para este caso la fuerza de empuje al momento del despegue es del orden de 5800 N.

De la derivada de la ecuación (1) se encuentra que la fuerza de empuje por cantidad de movimiento lineal es determinada por el flujo másico (m) del sistema motor y la velocidad de los gases en la tobera.

$$T = \dot{m}V_e \quad (5)$$

El flujo másico es la cantidad de propelente que consume el sistema en función del tiempo de combustión (T_b) o en otras palabras el tiempo que dura el motor encendido $\dot{m} = M_{prop}/t_b$. La velocidad de los gases de escape es proporcional a un parámetro de rendimiento termoquímico del propelente sólido, que se conoce como el impulso específico (I_{sp}) y viene en unidades de segundos. Este parámetro depende de la temperatura de combustión y otras propiedades termodinámicas de los gases de combustión (Sutton & Biblarz 2010).

$$I_{sp} = \frac{F}{g_0 \dot{m}} = \frac{V_e}{g_0} \quad (6)$$

El propelente sólido es a base de caña de azúcar, este propelente presenta una ventaja frente a otro tipo de propelentes sólidos y es que los gases de combustión son menos contaminantes, pero esto se ve perjudicado en los valores del impulso específico, obteniendo como máximo valor de 136.5 s, de esta manera de la ecuación (6) se halla que la velocidad máxima de los gases de escape es de 1340 m/s, teniendo un tiempo de quemado del propelente sólido de 3 s, con un flujo másico constante de 4.3 kg/s. Reemplazando estos valores en la ecuación (2) se encuentra que la máxima velocidad ideal que puede alcanzar el cohete es del orden de 1400 m/s.

El propelente sólido tiene una densidad de 1.9 gr/cm³, si este se encontrará contenido en una estructura cilíndrica con diámetro de 3" y con una masa de 13 kg, se determina que la longitud que debe tener el motor cohete esta del orden de los 2 m, a partir del motor se empiezan a dimensionar los demás componentes del cohete.

AERODINÁMICA DEL COHETE

El objetivo principal del diseño y análisis aerodinámico del vehículo es reducir las fuerzas de arrastre que este genera en su desplazamiento a través de la atmósfera, así como también producir la estabilidad durante el vuelo y garantizar la trayectoria seleccionada para la misión.

Los principales puntos de análisis de los componentes del vehículo son la punta, cuerpo, superficies de control y base de la estructura como se observan en la Figura 1.

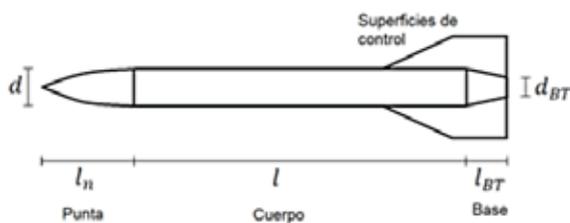


Figura 1. Componentes aerodinámicos y dimensiones de un cohete sonda.

En la determinación de la geometría de la punta del vehículo se tiene en cuenta las presiones de onda de choque (cuando el vehículo supera la velocidad del sonido) y la capacidad volumétrica. Se selecciona la geometría de ojiva la cual tiene un menor valor en los coeficientes de arrastre a velocidades supersónicas y permite un mayor volumen de carga.

Una razón de afinamiento $l_n/d = 5$ (longitud de punta/diámetro) es utilizada para mejorar su desempeño. Así mismo el desempeño en vuelo aumenta cuando el área de exposición es menor, para esto el valor máximo de afinamiento del cuerpo del vehículo debe ser del orden de $l/d = 25$ (Fleeman, 2006). Con el diámetro de 3" como valor constante, el dimensionamiento de la estructura resulta $l_n = 15"$ y $l = 75"$.

Aerodinámicamente la base del cohete presenta el mayor valor de fuerzas de arrastre por el desprendimiento

del flujo laminar y aparición de zonas turbulentas de baja presión estática, para reducir este valor se implementa en su base una reducción de área cónicamente denominada *boattail* representada en la relación d_{BT}/d , considerando que para velocidades supersónicas (en este caso del orden 3), se recomienda usar un ángulo $>10^\circ$ y una relación para lograr el mejor desempeño aerodinámico, es decir el menor arrastre. Siguiendo las consideraciones anteriores y realizando los cálculos respectivos se obtiene que y para un ángulo de 10° , como dimensiones del boattail.

Una vez el dimensionamiento se ha determinado, el coeficiente de arrastre del vehículo es calculado de la ecuación (7) denominado coeficiente de arrastre total, el cual considera el valor de los coeficientes para cada componente exterior del vehículo como lo son punta, cuerpo, base y superficies de control, además de combinar los coeficiente de arrastre que se presentan por fricción de la superficie y por la onda de choque cuando la velocidad es superior a la velocidad local del sonido.

$$(C_{D_0})_{\text{cuerpo}} = (C_{D_0})_{\text{friccion cuerpo}} + (C_{D_0})_{\text{base}} + (C_{D_0})_{\text{onda del cuerpo}} + (C_{D_0})_{\text{superficies}} \quad (7)$$

El resultado del coeficiente de arrastre total es usado para determinar la fuerza de arrastre que genera el vehículo en su desplazamiento y es calculada por medio de la ecuación (8).

$$D = C_D q S_{ref} \quad (8)$$

Donde (q) es la presión dinámica y (S_{ref}) es el área transversal del cuerpo del vehículo, que en este caso es de 0.0045 m^2 .

Implementado un código computacional desarrollado por el grupo que determina los coeficientes de arrastre totales del cuerpo de acuerdo a su geometría se obtiene la figura 2. Donde el mayor coeficiente de arrastre se presenta a numeros Mach inferiores a 0.03 y en la zona sónica donde el numer Mach es igual a 1.

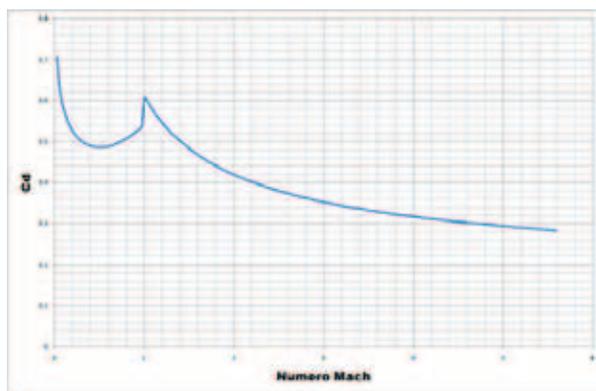


Figura 2. Coeficiente de arrastre en función del número Mach de vuelo.

RESULTADOS ESPERADOS

Hasta el momento se obtiene una configuración parcial del cuerpo del cohete, la cual debe ser corroborada mediante un diseño preliminar y detallado del mismo, con la ayuda de simulaciones computacionales y pruebas de modelos a escala en túneles de viento.

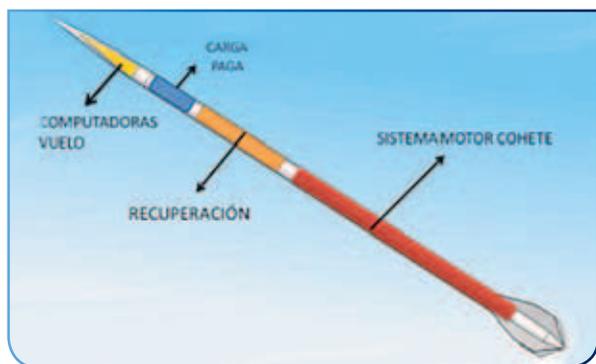


Figura 3. Distribución del cohete sonda.

La distribución interna de los sistemas del cohete sonda se observa en la figura 3, donde la estructura alberga al sistema motor cohete que genera el empuje, el sistema de recuperación accionado por paracaídas, la carga paga que en este caso es la sonda de toma de datos de la atmósfera y las computadoras de vuelo que

recopilan información de las velocidades, aceleraciones y posición del cohete en las tres dimensiones.

Integrando la ecuación (2) en un código computacional, donde se ingresan los datos de arrastres, fuerza de empuje, modelo atmosférico y gravitacional, se encuentra que la altitud máxima de vuelo que puede alcanzar este cohete es del orden de los 52.5 km, llegando a zonas mesosféricas donde ningún globo sonda meteorológico o avión consiguen llegar.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a los integrantes del grupo GICA, al Dr. Hernán Cerón por sus aportes a la investigación en el programa de ingeniería aeronáutica, a los semilleros de investigaciones del programa quienes apoyan los procesos investigativos.

REFERENCIAS

- [1] Angelo, Joseph, "Rockets". Facts on File, 2006.
- [2] Calderón, Murcia, "Diseño conceptual y preliminar de un vehículo que transporta carga útil de una tonelada a orbitas bajas de la tierra". Tesis de grado en ingeniería aeronáutica. Universidad Los Libertadores. Bogotá 2008.
- [3] Calderón O., Murcia J., "Diseño conceptual y preliminar de un cohete portador para orbitas bajas", *Revista tecnoesufa*, 11:36-41, 2009.
- [4] Duque, Garzón & Roa., *Introducción general a la tecnología de la propulsión*. Bogotá: Universidad nacional de Colombia, 2004. 917 p.
- [5] Escorcia M., "Estudio dinámico de los parámetros generales de rendimiento en un motor cohete de propulsión iónica mediante el lenguaje computacional de tipo M", *Tesis de grado Libertadores*, 2011.
- [6] Fleeman E., "Tactical Missile Design", AIAA 2Ed, Virginia 2006.
- [7] Galindo D., Murcia J., "Diseño de cohetes atmosféricos", CICTA 2009, *Congreso Colombiano de ciencia y*

- tecnología aeroespacial, Cali – Colombia, Octubre 2009.*
- [8] Gravenhorst, A., 2007, “*Manuscrito de Cátedra Sistemas de Transporte Espacial y Propulsión Espacial*”, Bogotá.
- [8] Humble, R. Hery, G. & Larson W. “*Space Propulsion Analysis and Design*”, McG Hill, 3Ed, 1996.
- [9] Murcia J., “*Motores cohete químicos*”, *Revista coningenio*, 2:80-85, 2009.
- [10] Murcia J., “*Diseño conceptual de los motores cohete sólidos de primera etapa para un vehículo portador de satélites*”, *Revista coningenio*, 3:198-207, 2010.
- [11] Murcia J., Portilla G., “*Estudio de la trayectoria de vuelo para un cohete de tres etapas*”, CICTA 2010, *Congreso Colombiano de ciencia y tecnología aeroespacial*, Bogotá – Colombia, Octubre 2010.
- [12] Portilla, J., 2001, “*Elementos de Astronomía de Posición*”, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- [13] Robledo J., “*Diseño conceptual de un motor cohete iónico para misiones espaciales*”, *Tesis de grado Libertadores*, 2011.
- [14] Sutton G., Biblarz O. “*Rocket Propulsion Elements*.” 8Ed, Wiley & Sons, 2010.



Imagen tomada de <http://observatorio.info/1997/10/la-cassini-hacia-venus/>



CELP

CONTROL DE ENCENDIDO DE LUCES DE PISTA

CELP RUNWAY LIGHTS LIGHTING CONTROL

**AT. BARRIOS AMAYA MARTÍN
ORLANDO
AT. CARO RINCÓN JHONATTAN
AT. GONZÁLEZ ARBELÁEZ JOHN
ALEXANDER**

CURSO 83

TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA AERO-
NÁUTICA

e-mail: esufa.investigacion@fac.mil.co

Fecha de recepción: 8 de mayo de 2012

Fecha de aprobación: 7 de junio de 2012

ABSTRACT

This article summarizes the design and construction of a system that provides turn on and turns off control of runway lights developed to solve the present problem of GAORI as for lights control system through VHF range. Its enunciate shortly structural design, the execution and the system design, and the building.

Clue words

Fuerza Aérea Colombiana, GAORI, Runway lights

RESUMEN

Este artículo resume el diseño y modelamiento de un sistema que pueda controlar el encendido y apagado de luces de pista desarrollado para solucionar el problema actual de GAORI en cuanto al sistema de control de luces por medio de radio VHF. Se enuncia brevemente el diseño estructural, la implementación y diseño de sistemas, y el de la construcción.

Palabras claves

Fuerza Aérea Colombiana, GAORI, luces de pista.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), más exactamente en el Grupo Aéreo del Oriente (GAORI), ubicado en Marandua, Vichada; la pista de aterrizaje cuenta con un sistema que no cuenta con un apropiado sistema para el encendido y apagado de las luces de pista. El sistema actual funciona por medio de radio frecuencia y presenta fallas en la comunicación debido a condiciones naturales y/o meteorológicas causando interferencia en la señal existente entre el sistema de radio transmisión en la aeronave y la estación receptora en tierra, lo que produce deficiencias e impedimentos para un óptimo desempeño como es el caso del Grupo Aéreo del Oriente (GAORI), ubicado en Marandua, Vichada.

Para evitar este problema se ve la necesidad de rediseñar el sistema de comunicación por radio por uno de comunicación satelital.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Fuerza Aérea Colombiana existen pistas de aterrizaje que no cuentan con un apropiado sistema para el encendido y apagado de las luces de pista. El sistema actual funciona por medio de radio frecuencia y presenta fallas en la comunicación debido a condiciones naturales y/o meteorológicas causando interferencia en la señal existente entre el sistema de radio transmisión en la aeronave y la estación receptora en tierra, lo que produce deficiencias e impedimentos para un óptimo desempeño como es el caso del Grupo Aéreo del Oriente (GAORI), ubicado en Marandua, Vichada.

Para evitar este problema se ve la necesidad de rediseñar el sistema por uno de comunicación satelital.

JUSTIFICACIÓN

La necesidad de proporcionar un sistema integral y eficiente para el uso y control de las luces de

aproximación para la pista de aterrizaje en GAORI, genera la iniciativa de diseño de un sistema que no presente fallas a causa de interferencia electromagnética, que garantice un nivel de confiabilidad y respaldo en su empleo y uso como tal a un bajo costo para la fuerza.

Dado que el aeropuerto es un intercambiador de modo de transporte, deberá disponer de las instalaciones necesarias para llevar a cabo ese cometido, es decir, las actividades de embarque y desembarque de tropas, carga y descarga de mercancías y servicios a la aeronave, todo ello de forma segura, rápida y eficiente.

Cuanto mayor sea el movimiento en número de aeronaves mayor y más complejo será realizar todas estas actividades con cada una de las aeronaves que lo requieran.

Básicamente se trata de un sistema que permita encender las luces de pista en GAORI mediante una llamada celular realizada desde la aeronave.

Este sistema supera al de marcación por pulsos proporcionada por el sistema VHF convencional por cuanto disminuye la posibilidad de errores de marcación, al no depender de un dispositivo mecánico. Por otra parte es mucho más rápido ya que no hay que esperar tanto tiempo para que la central detecte las interrupciones, según el número marcado.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar, construir e implementar un sistema de radio transmisión que proporcione la mayor eficiencia a cualquier nivel de interferencia electromagnética. Mediante un sistema de comunicación celular de interfaz GSM que garantiza una mayor confiabilidad respecto al sistema VHF actual.

Objetivos específicos

Diseñar y construir un sistema de radio-interruptor para el sistema de luces de pista en GAORI.

Mediante los conocimientos adquiridos en nuestro proceso de capacitación académica, desarrollar un sistema, eficaz, confiable y económico para uso en beneficio de la fuerza aérea.

Un estudio técnico detallado del sistema actual de control de luces de pista en GAORI, presentar una propuesta de modernización del sistema de encendido que garantice su óptimo funcionamiento con respecto al sistema actual.

Establecer nuestro proyecto como principal sistema de encendido de luces de pista desde cualquier aeronave en aproximación final a la pista.

DISEÑO METODOLÓGICO

Para el proceso de la selección de un posible proyecto se llevó a cabo una investigación con sus respectivos pasos, como fueron la recolección de información indagando al personal involucrado. Teniendo la información recolectada, se organiza en un mapa donde se extrajo la propuesta de proyecto que se expone.

Métodos de Investigación

Para el diseño de este banco nos hemos apoyado en los siguientes métodos de investigación:

Método Exploratorio

Por medio de este encontramos la orientación brindada de las diferentes fuentes tales como las del personal que se desempeña laboralmente en el taller de componentes dinámicos de GAORI, así mismo las diferentes consultas de luces de pista de la FAC y la revisión de las diferentes órdenes técnicas que a estas le sean competentes.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo satisfactorio del mencionado proyecto se tuvo en cuenta la información de las siguientes fuentes:

Imagen tomada de www.aa2000.com.ar/boletin/boletin200812.htm



Fuentes Primarias

Para la realización del diseño de encendido de luces de pista apoyo básicamente del encontrado actualmente en la base aérea de GAORI en donde cuenta con un sistema que permite controlar el encendido de las luces de pista desde un radio de transmisión de VHF.

Fuentes Secundarias

Las fuentes secundarias que permitieron adquirir y complementar la información para el desarrollo del trabajo fueron:

- Consulta por medios electrónicos
- Manuales y ordenes técnicas
- Diccionarios técnicos de aviación

ESTUDIO TECNOLÓGICO

El diseño y Modelamiento de este sistema de control de luces fue pensado principalmente para apoyar los procesos de encendido por medio de un radio VHF que se realizan en las transmisiones hacia la luces de pista de la base de GAORI de la Fuerza Aérea Colombiana para obtener así un mejor desempeño y poder dar cumplimiento a las especificaciones de calidad y seguridad en los procesos exigidos por la Institución.

Este proyecto se diseñó pensando en el actual proceso de control de encendido de luces, respondiendo así a las necesidades que se observaban en el sistema y posible mejoramiento para una mejor respuesta.

El sistema está conformado por un decodificador de DTMF que básicamente es un integrado receptor de tonos especial para centrales telefónicas que con solo 5v lo que hace es “escuchar” permanentemente a la espera de un tono y cuando lo recibe decodifica el mismo, lo coloca en binario y acciona la salida Std que permanece activa tanto tiempo como dure el tono.

Es sistema estará montado sobre una baquela de unos 12cm por 8cm donde se aplicaran todos los sistemas electrónicos óptimos para el correcto funcionamiento de el decodificador de tonos.

CONCLUSIONES

Se realizó el diseño y modelamiento de un sistema de control de luces que al momento de su construcción cumplirá con todos los requerimientos establecidos para el correcto mantenimiento funcionamiento del encendido de luces de pista.

Solucionar un problema actual para una de las bases de la fuerza aérea colombiana a un bajo costo

Solucionar los problemas operacionales del actual sistema controlado por VHF y modernizarlo usando una red celular GSM.

Nuestros conocimientos adquiridos durante los tres años se reflejan aquí, ya que pusimos en práctica lo aprendido en las diferentes áreas como son física, electrónica, proyecto, estadística entre otras.



MODELAMIENTO DE UN SISTEMA PREVENTIVO DE ALERTA TEMPRANA QUE PERMITA DETECTAR LA ELEVACIÓN DE CANSANCIO EN EL PILOTO EN VUELO

MODELING OF AN EARLY WARNING DEVICE TO DETECT THE INCREASEMENT OF FATIGUE IN THE PILOT IN FLIGHT

ING. PEDRO LUIS OCHOA
DS. ACOSTA PUERTA SEBASTIÁN
DS. RAMÍREZ GÓMEZ BRIAN
DS. RINCÓN OCHOA OSCAR
ESCUELA DE SUBOFICIALES "ANDRÉS M. DÍAZ"
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA
AERONÁUTICA
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN GRUPO
TESLA:

Investigacion.academico@gmail.com

Fecha de Recepción: 8 de mayo de 2012

Fecha de Aprobación: 7 de junio de 2012

ABSTRACT

Modeling of an early warning device to detect fatigue in the pilot to alert the crew when is not in a position to drive the aircraft, certainly are opening the doors to the vision adapted to the avionics.

Clue words

Fuerza Aérea Colombiana, early warning, fatigue, image analysis, pilot.

RESUMEN

El modelamiento de un dispositivo de alerta temprana que permita detectar el cansancio en el piloto para alertar a la tripulación cuando este no se encuentre en condiciones de conducir la aeronave, indudablemente se están abriendo las puertas a la visión artificial adaptada a la aviónica.

Palabras claves

Fuerza Aérea Colombiana, Alerta temprana, cansancio, análisis de imágenes, piloto

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo contiene un análisis en torno al sistema preventivo de alerta, el cual se planteo en la propuesta del proyecto que tiene como fin esbozar con claridad hechos consecutivos y argumentos que permitan un estudio amplio en cuanto al mejoramiento del desempeño de las tripulaciones que hacen parte de la FUERZA AÉREA COLOMBIANA, la cual está enmarcada en principios y normas generales de derecho que se sustentan en la eficacia de

sus integrantes, los cuales buscan la protección de cada uno de los habitantes de Colombia.

La idea es investigar acerca de un sistema de advertencia de alerta temprana el cual permita detectar la elevación de cansancio en el piloto con el objetivo de brindar a la labor del piloto una herramienta que ofrezca una alerta temprana e inmediata respecto a la presencia del cansancio que se ve reflejado en el sueño del piloto y evite cualquier clase de accidente que permita que hayan pérdidas para la FUERZA AÉREA.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el mundo casi el 25% de los accidentes de aeronaves son producidos por errores humanos que generalmente son problemas de fatiga en el personal que labora en estas máquinas, teniendo en cuenta es de vital importancia la optimización de nuestras acciones como institución, implementar este sistema sería algo que notablemente nos ayudaría en cuanto a la seguridad de nuestras tripulaciones debido a que es algo muy interesante que nos puede llegar a prevenir accidentes en nuestras aeronaves FAC.

OBJETIVO GENERAL

Realizar un modelo de un sistema electrónico de alerta temprana que permita detectar el cansancio en el piloto, por medio del programa labview, y así brindarle una herramienta al piloto que lo ayude y lo alerte en una circunstancia de adormecimiento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Modelar un sistema que alerte a la tripulación cuando el piloto no se encuentre en condiciones de continuar al mando de la aeronave permitiendo así su rápida reacción.

Realizar la programación en el programa labview del sistema preventivo de alerta temprana que permita detectar la elevación de cansancio en el piloto.

Realizar un estudio detallado para tener un conocimiento más amplio de la problemática respecto a los accidentes de la Fuerza Aérea y determinar las causas más comunes.

DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación consiste en la modelación de un sistema preventivo de alerta temprana que permita detectar la elevación de fatiga en el piloto, realizando una herramienta en el programa labview que compara dos imágenes tomadas al rostro del piloto, analizando si las imágenes son similares o contienen diferencias las cuales demuestren cansancio en esta persona, creando así una alarma dirigida a la tripulación para que estas personas tomen acción de ir a despertarlo. El programa se basa principalmente en los ojos en el momento de comparar las imágenes debido a que en esta parte del cuerpo se puede conocer si está dormido o en condiciones de seguir conduciendo la aeronave.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

- El programa que permite comparar dos imágenes y alarmar a la tripulación está diseñado en la herramienta labview.
- Se utiliza una cámara para tomar las dos imágenes y así mismo compararlas por medio del programa diseñado.
- La cámara está conectada al computador portátil mediante puertos USB.

FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO

El dispositivo funciona mediante un reconocimiento facial por parte de la cámara que envía las imágenes de video a la tarjeta IMAQ visión donde en conjunto con labview procesa la información para analizar las diferencias de las imágenes y alarmar a la tripulación si es el caso que el piloto está dormido.

La cámara link i/o extensión board PCIe crea aproximadamente 24 imágenes por segundo del piloto, estas

son enviadas a la tarjeta IMAQvision que en conjunto con el programa establecido en labview, las separa en fotogramas y las analiza los signos de adormecimiento del piloto, verificando las siguientes situaciones:

- si son similares = led apagado y alarma en silencio
- si son diferentes = led prendido y alarma encendido

El proceso en este programa fue utilizando las diferentes herramientas de visión que ofrece labview. El programa compara dos imágenes mediante las rutas dadas, verifica exactamente los signos de cansancio y mediante datos ya establecidos en la programación se verifica que tan similares son los rostros para alarmar a la tripulación.



Es necesaria una tarjeta llamada IMAQ visión que por costo en este momento no se puede adquirir, esta tarjeta permite tomar aproximadamente 24 fotos por segundo lo que constituye un video para tener control en tiempo real del piloto y esta acoplada con labview, para alarmar si es el caso que el piloto se quede dormido.

CONCLUSIONES

Se cumplió con el objetivo general establecido por el grupo de investigación, un modelo de un dispositivo de alerta temprana que permita evitar accidentes por motivo que el piloto esté dormido, dirigido principalmente a las aeronaves que perduran mucho tiempo en vuelo.

El moldeamiento de este dispositivo permite dejar las puertas abiertas a la visión artificial adaptada a la aviónica, debido a que es el primer paso para llegar a lo que sería un verdadero proyecto de alerta temprana por cansancio del piloto en vuelo, evitando gran cantidad de accidentes o incidentes por causa de errores humanos.

Se aplica lo aprendido en la tecnología de electrónica aeronáutica y se evidencia el compromiso que existe con los semilleros de investigación de encontrar un verdadero proyecto que beneficie la operación de las aeronaves en la Fuerza Aérea Colombiana.

RECONOCIMIENTOS

En primer lugar los autores le agradecemos a la ESCUELA DE SUBOFICIALES DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA, que nos ha brindado la oportunidad de hacer parte de ella, por haber contribuido con este trabajo de investigación, a nuestra directora de proyecto "Alicia Martínez", a nuestros padres, porque son ellos los que nos orientaron para ser buenas personas, por sus consejos que siempre nos han ayudado. Y por supuesto a todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible la realización de nuestra meta.

REFERENCIAS

- [1] LABVIEW, Entorno grafico de programación, José Rafael Lajara Vizcaíno
- [2] www.ni.com/pdf/products/us
- [3] www.sine.ni.com



OTRA FORMA DE LUCHA

ANOTHER FORM OF FIGHT

TÉCNICO SUBJEFE CARLOS ARTURO FORERO FARFÁN

Integrante de la Banda Sinfónica Militar de la FAC, Profesor Militar, Escritor e

Historiador.

cafofa5@yahoo.es

Fecha de Recepción: 9 de abril de 2012

Fecha de Aprobación: 7 de junio de 2012

**La música compone los
ánimos descompuestos
y alivia los trabajos que
nacen del espíritu.**

*Miguel de Cervantes Saavedra
(1547-1616) Escritor español.*

ABSTRACT:

Since civilization creation, the man has done different kind of weapons for his defense and conquest of new territories, this figure and state hasn't changed nowadays, however there are ways to try avoiding or diminished this millennial flagelo, the way is presented through music either interpreting or listening so that penetrates the spirit and minimize negative emotions or feelings, The Colombian Air Force has an excellent group called Symphony Military Band with concentration in Madrid (Cundinamarca) Population, created since 25 years determined to increase the moral to all the personal of the force as sisters forces in country defense, in turn projects Colombian image to its same exterior and creates strong ties of collaboration and friendship with civilian population.

Clue words

Armed elements, conflicts, wars, pincipals, values, music, silver weddings, Military Symphony band, musical operas, didactical concerts, instrument players, conservatory.

RESUMEN

Desde la creación de la civilización, el hombre ha elaborado diferentes formas de armas para su defensa y conquista de nuevos territorios, esta figura y estado no ha cambiado en la actualidad, pero aun existen formas para tratar de evitar o minorar este flagelo milenario, la forma que se plantea es por intermedio de la música, ya sea interpretándola o escuchándola de forma que penetre el espíritu y minimice las emociones o sentimientos negativos, la Fuerza Aérea Colombiana posee una excelente agrupación musical denominada Banda Sinfónica Militar FAC con sede en la población de Madrid (Cundinamarca), creada hace veinticinco años con el firme propósito de aumentar la moral a todo el personal de la fuerza como a la fuerzas hermanas en la defensa del país, a su vez proyecta imagen de Colombia al exterior de la misma y crea lasos fuertes de colaboración y amistad con la población civil.



Banda Sinfónica Militar de la Fuerza Aérea Colombiana.

Palabras claves

Elementos bélicos, conflictos, guerras, principios, valores, música, bodas de plata, Banda Sinfónica Militar, obras musicales, conciertos didácticos, instrumentistas, conservatorio.

Desde su concepción, el hombre ha sido un ser competitivo y ambicioso, debido a estas razones siempre ha buscado su bienestar y el de su clan o grupo familiar, es por ello que ha venido implementando métodos para la defensa de sus ideales, de su territorio, de la estabilidad y aseguramiento de la perpetración de su raza y ¿por qué no? la acumulación de riqueza y poder de alguna u otra forma.

Si nos remontamos al nacimiento de la civilización, observamos la creación, diseño y avance de elementos bélicos, partiendo de armas elaboradas en roca, hueso y más adelante con el descubrimiento del fuego se continuaron combinando estos mismos con minerales como el oro, bronce y diversas aleaciones ejecutadas por los herreros, todo aquello para cumplir su deseo de dirigir, conquistar y asegurar su permanencia en su grupo social.

La inclusión de estos elementos con fines de protección y supervivencia irían cambiando paulatinamente de acuerdo a su entorno y conquista de nuevos mundos en busca de productos, animales y terrenos donde cultivar y vivir de otra forma más holgada, esto desencadenó y causó conflictos, batallas y guerras donde perecieron muchos congéneres con un solo objetivo, la búsqueda del poder.

Hoy por hoy la situación ancestral bélica no ha cambiado y el firme deseo de figurar y destruir estados mentales, económicos y sociales aun persiste y se arraiga fuertemente debido a milenios de luchas y múltiples conflictos mundiales que personas con fuerte convicción de hostilidad nos han inculcado, incluso desde nuestro nicho, nuestro barrio, pueblo y nuestro entorno estudiantil.

La mal llamada guerra que vivimos actualmente en Colombia es fruto de intereses particulares donde el que pierde es el mismo país en su parte económica, social y en la parte más álgida como lo es la pérdida de valores, principios y hasta la vida misma.

Debido a este paneo u observancia de esta causalidad mundial, se podría deducir que la guerra solo causa dolor y muerte, donde solo pocos ganan; actualmente existen otros métodos y medios donde podemos desarrollar estas confrontaciones, partiendo del conocimiento y puesta en práctica del mismo, podemos evitar destruir con tan solo un dialogo o un interactuar con aquella persona o grupo con el cual tengamos alguna incompatibilidad.

Después de esta breve introducción únicamente quiero mostrar desde mi área, la cual es la música, que aun el ser racional puede evitar todo lo anterior, con tan sólo remitirnos a nuestro interior y tocar las fibras sensibles de nuestro corazón y nuestra mente con elementos cotidianos elaborados por artesanos, para armonizar y transmitir estados solemnes evitando caer en estados mentales de odio u agresividad que sólo nos perjudican.

Desde las mismas notas musicales y sus respectivas combinaciones puestas de una forma sistémica y emitidas por artistas con sus instrumentos, podemos evidenciar y sentir que la vida va más allá de los conflictos y altercados cotidianos, ello lo podemos confrontar y corroborar en múltiples culturas.

La música es tan importante que hasta el mismo Arquitecto del universo tuvo su orquesta celestial para

regocijo y apacibilidad en su reino, muestra de ello el hombre también toma este arte para incluirlo en su cultura y exteriorizar sus sentimientos y así contagiar al mundo.

Este año al conmemorar las bodas de plata de la Banda Sinfónica Militar de la Fuerza Aérea Colombiana, se quiere rescatar y homenajear su tarea incansable de hombres y mujeres profesionales y dedicados al ejercicio de la transmisión de valores culturales y sensibles, proyectando imagen al país y del mismo, como a cada una de sus instituciones que lo conforman.



Integrante de la Banda Sinfónica efectuando interacción con la niñez.

La imagen y soporte que proporciona la banda, no solo lo hace con la ejecución de sus obras musicales, sino con la calidad de cada uno de sus integrantes al servicio de todos los colombianos, sin distinción de raza, región o clase social.

La Banda Sinfónica de la Fuerza Aérea Colombiana a lo largo de su existencia, ha estado en la tarea de contrarrestar con su actuar, sentimientos dañinos en nuestra

región, comunidad y el país, de una manera pedagógica, llevando cultura y mensaje de cordialidad a la población adolescente y adulta con conciertos de música folclórica colombiana, música del repertorio mundial, música incidental y todo tipo de música universal, a la niñez proveemos conciertos didácticos e interactivos vinculando a la comunidad estudiantil de zonas marginadas en colegios rurales y urbanos, a la comunidad universitaria y público en general también se brinda conciertos y actividades tendientes a un mejor desempeño y cambio de su estado anímico.

Al interior de la Institución, es la que emite y conserva valores tradicionales e intrincados en nuestra cultura aérea, la banda ejecuta ceremonias tales como recepción del personal, graduaciones, licenciamientos, imposición de estímulos y reconocimientos al personal que labora allí, también es garante del folclor nacional por medio de presentaciones en auditorios a todo el personal militar y civil.

Nuestra banda, no solo está en los momentos de regocijo y de cotidianidad, sino también está presente en aquellos momentos donde nadie quisiera estar, en aquellos momentos donde por causa de la irracionalidad de nosotros mismos, cercenamos la vida de otro ser con ilusiones, metas y objetivos. La banda está allí para despedir a todo ser que por estas desafortunadas causas o por causas divinas deja su existencia en la tierra.

Bajo el comando del Brigadier General Gilberto Franco Vásquez y el Coronel Adelmo Herrera Bermeo Director de la Escuela de Formación de Suboficiales de la Fuerza Aérea "CT. Andrés M. Díaz", el 21 de julio de 1987 se inicia la recepción y formación del primer curso de Suboficiales del Cuerpo Administrativo con 31 alumnos de especialidad en música, la cual a finales de este año, mediante la *Resolución FAC-No. 170 del mes de noviembre de 1987*, dio origen a la Banda Sinfónica Militar de la Fuerza Aérea Colombiana con 30 suboficiales de grado Cabo Segundo y bajo la Dirección Musical del maestro Miguel Romero Pachón.



Fotografía del Primer Curso Administrativo Especialidad en Música 1987.

En el año de 1989 el Coronel Allen de Jesús Forero F. Director de la Escuela, incorpora el curso número dos con 12 jóvenes músicos de diversas Escuelas y Conservatorios Musicales del país, ellos a su vez engrosarían las filas y atriles de la Banda Sinfónica.

Posterior a estos dos cursos, el Comando de la Fuerza Aérea Colombiana siendo consciente de la importancia y la necesidad de explorar nuevos horizontes en su visionario deseo de incrementar la imagen de la Institución, el 06 de marzo de 1990 selecciona e incorpora 14 muchachos con la única e importante misión de fortalecer la naciente Banda Sinfónica. El 05 de Julio de 1990 mediante *Resolución FAC-098 del 04 de Julio de 1990* se graduarían solo 12 alumnos cuando la Escuela de Suboficiales cumplía su 58 aniversario estando como Director de la misma el señor Coronel Guillermo León Bastidas Ordoñez, al igual que los dos anteriores cursos se les otorgó el grado de Cabo Segundo.

A principios de la década de los 90 ya se gozaba de prestigio y reconocimiento de la Fuerza Aérea Colombiana como de su Banda Sinfónica, tras una serie de aciertos en la escogencia y selección de su personal, se contaba con una agrupación musical nutrida y profesional; el año de 1991 se transformaría esta organización con el cambio de Director Musical, tomaría esta vez la

Batuta el Maestro Carlos Julio Rodríguez pero este cambio intempestivo no duraría mucho tiempo pues por normas y leyes estatales la Banda Sinfónica es privada de un gran maestro, inmediatamente se convoca una vacante de Dirección Musical de Banda y es nombrado el Maestro Alfredo Alarcón.



Fotografía del Tercer Curso Administrativo Especialidad en Música 1990.

A la par con el Maestro Alfredo Alarcón el 01 Septiembre de 1992 ingresa el profesor Fidel Ángel Chavarro Peñaloza a dirigir la Banda, puesto que el Maestro Alarcón fuere destinado a otros menesteres, este encargo solo sería hasta finales del mismo año debido a la clausura de su contrato, es allí donde se inicia otro ciclo de la Organización Musical, pues el Profesor Fidel Chavarro quedaría como único Director de la Banda Sinfónica, adicional a ello este mismo año ingresaría otro integrante a la Banda proveniente del curso número cinco.

Debido a Políticas de Profesionalización de la Fuerza Aérea Colombiana, el Profesor Fidel Ángel Chavarro P. se capacita en la Universidad Juan N. Corpas en la Capital de la República de Colombia en Dirección de Bandas y Grupos Instrumentales y Corales, con maestros reconocidos y talentosos como Jorge Zorro Sánchez, Jorge Pinzón, Jorge Salazar y Carlos Arcila entre otros.



Fotografía Concierto de la Banda Sinfónica Militar de la Fuerza Aérea Colombiana.

Otro hito importante y decisivo después de años de firmarse la Carta Magna, el año 1997 se efectúa la incorporación de la mujer a las filas de la Banda Sinfónica, la parte femenina y delicada, ese mismo año se unirían las primeras dos mujeres pertenecientes al curso 08 del Cuerpo Administrativo, provenientes de la Escuela Musical del Municipio Madrid, población que acogió y vio crecer a la Escuela de Formación de Suboficiales de la Fuerza Aérea “CT. Andrés M. Díaz” y a la Banda Sinfónica.

En el año 2005 se integrarían dos Instrumentistas egresados del Conservatorio Nacional de Música del Tolima, esta vez en calidad de no uniformados debido a la incesante necesidad de dichas plazas y por su excelencia personal al igual que a la ejecución de sus instrumentos musicales.

Con el transcurrir de los años los jóvenes pioneros musicales llegan a su retiro voluntario y nuevamente se efectúa una serie de incorporaciones a la Banda, ingresando de conservatorios como el de la Universidad Nacional, Conservatorio de Música del Tolima y otros de este tipo, estos recién incorporados se les otorga el

grado de Aerotécnico debido a las vigentes reglamentaciones de la Fuerza y con el firme propósito de mantener la imagen institucional y refrescar la excelente Organización Musical.



Banda Sinfónica Militar de la Fuerza Aérea Colombiana.

Cabe resaltar que la Banda Sinfónica Militar de la Fuerza Aérea Colombiana, es la pionera en ser una entidad conformada desde su génesis con personal netamente militar.

A la fecha contamos con un grupo homogéneo de 30 integrantes con alto sentido de compromiso en todas sus actuaciones dentro y fuera de la Institución basados en principios y valores. Los miembros de la Banda Sinfónica son egresados de los diferentes Conservatorios y Escuelas Nacionales de Música, es una embajadora del folclor nacional al divulgar bellas y maravillosas melodías entre el público infantil como a la audiencia adulta; es además imagen de la Fuerza Aérea Colombiana, la Escuela de Suboficiales FAC “Capitán. Andrés M. Díaz” y el país, su sede esta ubicada en la población de Madrid Cundinamarca y funciona dentro de la Escuela de Suboficiales.

“Para ganar la guerra, primero debemos ganar nuestra batalla interior y ella es producto de los valores”

Carlos A. Forero F.



Modelo presentación artículos para la revista TECNOESUFA

TE. ERWIN ALFONSO SIERRA SALAZAR

Magíster en Ingeniería Industrial y Electrónica
Pontificia Universidad Javeriana
Escuela de Suboficiales
"CT. Andrés M. Díaz"
Escuadrón Investigación
Madrid, Colombia

investigacion.academico@gmail.com

Fecha de Recepción.

Fecha de Aprobación.

RESUMEN

(Debe ir en Inglés y español) El formato actual proporciona algunas pautas para preparar los artículos que se publican en la revista TECNOESUFA: sobre resultados de investigación, y/o Experiencias en Desarrollo e Innovación Tecnológica. Este resumen no debe exceder de 200 palabras y debe indicar los objetivos principales de la investigación, describir la metodología empleada, resumir los resultados e indicar las conclusiones principales.

Incluya por favor las palabras claves apropiadas en su resumen orden alfabético, separado por comas.

Palabras claves

Congreso, plantilla.

I. INTRODUCCIÓN

Este documento de ejemplo está intencionado para servir como referente en la realización del artículo e informe científico de los avances o resultados de una investigación.

El artículo debe tener como mínimo 1.500 palabras en longitud y un máximo de 8 páginas en formato de doble columna. Para los contenidos no tratados en estas instrucciones, por favor referirse a los procedimientos de aplicaciones pasadas o a su editor de publicaciones.

Todos los artículos deben ser enviados electrónicamente en formato .Doc. Realice su informe usando el tamaño de página carta.

Justifique sus columnas izquierdas y derechas. Utilice uno o dos espacios entre las secciones, el texto, las tablas o figuras, para ajustar la longitud de la columna.

En la última página de su artículo, trate de ajustar la longitud de las dos columnas para que sean del mismo tamaño. Utilice la separación por sílabas con guión automático y corrección de ortografía.

A. Título de la sub-sección aquí: Tablas y Figuras

Los **gráficos** deben ir en archivo eps, 600 dpi (1 bit/muestra) para artes en línea (gráficos, tablas, dibujos o tablas) y a 300 dpi para las fotos e imágenes en escalas de grises.

Coloque las figuras y las tablas en la parte superior o inferior de las columnas. Evite colocarlas en el medio de

columnas. Las figuras y las tablas grandes pueden atravesar ambas columnas.

Las leyendas de las figuras deben ir debajo de las estas; los nombres y leyendas de las tablas deben ir sobre las mismas. Evite colocar figuras y tablas antes de nombrarlas en el texto. Use la abreviatura "Fig." incluso al principio de la frase.

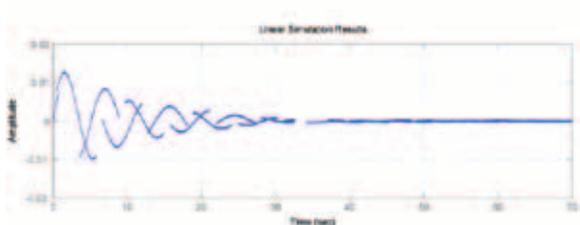


Fig. 1. Resultados de Simulación

1) **Citas:** enumere las citas consecutivamente en paréntesis cuadrados [1]. La puntuación de la frase va seguida a los paréntesis cuadrados [2]. Refiérase simplemente al número de referencia, ej [3]. No utilice: "Ref. [3]" o "referencia [3]".

ÍTEM	TAMAÑO	ESTILO
Título	24	Negrilla
Autor	11	Regular
Información de los autores	10	Regular
Resumen	9	Negrilla
Palabras claves	9	Negrilla
Cuerpo del texto	10	Regular
Primera letra del encabezado de las secciones	12	Regular
Otras letras del encabezado de las secciones	8	Regular
Encabezado de sub-secciones	10	Itálico
Primera letra, título de las tablas	10	Regular
Leyenda de las tablas	8	Regular

Tabla 1. Tamaño y estilos de las fuentes

Con excepción en el inicio de una frase: "La referencia [3] muestra..."

2) **Ecuaciones:** enumere las ecuaciones consecutivamente con el número de la ecuación en paréntesis alineado a la derecha, ejemplo (1). Para hacer sus ecuaciones más compactas, puede utilizar el símbolo de división (/), la función exponencial o exponentes apropiados.

Utilice guión grande en lugar del signo menos.

Use los paréntesis para evitar ambigüedades en los denominadores. Maneje la puntuación para las ecuaciones con comas, y puntos cuando sean parte de una frase, como en

$$A=B (1)$$

Asegúrese que los símbolos en su ecuación hayan sido definidos antes que la ecuación aparezca o inmediatamente después de ella. Refiérase a "(1)," no "Eq. (1)" o "ecuación (1)," excepto al inicio de una frase: "La ecuación (1) es ..."

RECONOCIMIENTOS

Los Autores agradecen acá.

REFERENCIAS

- [1] http://fifthpostulate.net/roll_pitch_and_yaw.htm
- [2], <http://www.aero.org/publications/helvajian/helvajian-3.html>

INFORMACIÓN DE AUTORES

- Nombre Completo
- Afiliación
- Dirección Completa
- Números telefónicos o Fax
- Correo electrónico

CONTENIDO EDICIÓN ANTERIOR

TECNO ESUFA

volúmen 16 • diciembre 2011

EDITORIAL

Coronel GILBERTO LUIS CANO LAVERDE

Director de la Escuela de Suboficiales FAC

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AERONÁUTICA

METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE UN UAV DE RECONOCIMIENTO, PARA ANÁLISIS DINÁMICO, ESTÁTICO, AERODINÁMICO Y APLICACIÓN CONTROL AUTOMÁTICO DE VUELO

Julio Enoc Parra Villamarín

MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DEL INSTRUMENTO ADI (Attitude Director Indicator) POR MEDIO DEL PROGRAMA LABVIEW A TRAVÉS DE PUERTOS SERIALES O USB

Ds. Ruíz Ospina Darwin José

Ds. Tovar Ramírez Carlos M.

Ds. Vera Muñoz Sebastián

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE ALISTAMIENTO Y EMBALAJE PARA EL MATERIAL A EXPORTAR EN LA SECCIÓN DE REPARABLES DE LA DIRECCIÓN DE COMERCIO EXTERIOR

T4. Jesús B. Prada Martínez

Ds. Rubén E. Godoy Rodríguez

Ds. Javier Gómez Serna

Ds. Daniel F. Sánchez Álvarez

MONTANTE DE CÁMARA AL MICROSCOPIO PARA LA AMPLIACIÓN DE IMAGEN

Ds. Álvarez Montaña Andrés F.

Ds. Bolívar Vera Brahan Alexander

MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE UNA PLATAFORMA HIDRÁULICA PARA MONTAJE DE BOMBAS VENTRALES PARA AERONAVES A-29B (SUPERTUCANO) POR MEDIO DEL PROGRAMA SOLIDWORKS

Marín Guzmán Jhonatan Andrey

Moreno Moreno Freddy Armando

Ramírez Rodas Jeffrey

EL TIEMPO NECESARIO PARA SALVAR UNA AERONAVE

Diego Gerardo Roldán Jiménez

MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS COMO FUENTE DE BIOCOMBUSTIBLES Y PRODUCTOS QUÍMICOS.

William Giovanni Cortés Ortiz

EDUCACIÓN AERONÁUTICA

REFORMA A LA LEY 30 DE 1992 ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS EN LA CALIDAD, COBERTURA Y FINANCIACIÓN DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR

TCO. Richard Fajardo Vergara

ES EL TIEMPO DE LA MÚSICA

Técnico Subjefe Carlos Arturo Forero Farfán

HISTORIA Y PERSONAJES

BIOGRAFÍA DEL TÉCNICO JEFE FAC. LUIS ERNESTO ÁNGEL RUIZ



ESCUELA MILITAR DE SUBOFICIALES FUERZA AÉREA COLOMBIANA "CT. ANDRÉS MARÍA DÍAZ"



INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR - IES ACREDITADA EN ALTA CALIDAD

Según Resolución 3328 del 25 de abril de 2011

PROGRAMAS TECNOLÓGICOS



INTELIGENCIA AÉREA



**ELECTRÓNICA
AERONÁUTICA**



**ABASTECIMIENTOS
AERONÁUTICOS**



**SEGURIDAD
AEROPORTUARIA**



DEFENSA AÉREA



**COMUNICACIONES
AERONÁUTICAS**



**MANTENIMIENTO
AERONÁUTICO**

PRIMERA FUERZA MILITAR CERTIFICADA EN TODOS SUS PROCESOS



www.esufa.edu.co

Cra 5 N° 2-92 Sur, Madrid Cundinamarca.

Teléfonos: (1) 820 9080 | 820 9667 | 820 2071 | 820 9278

571 0350 3350778