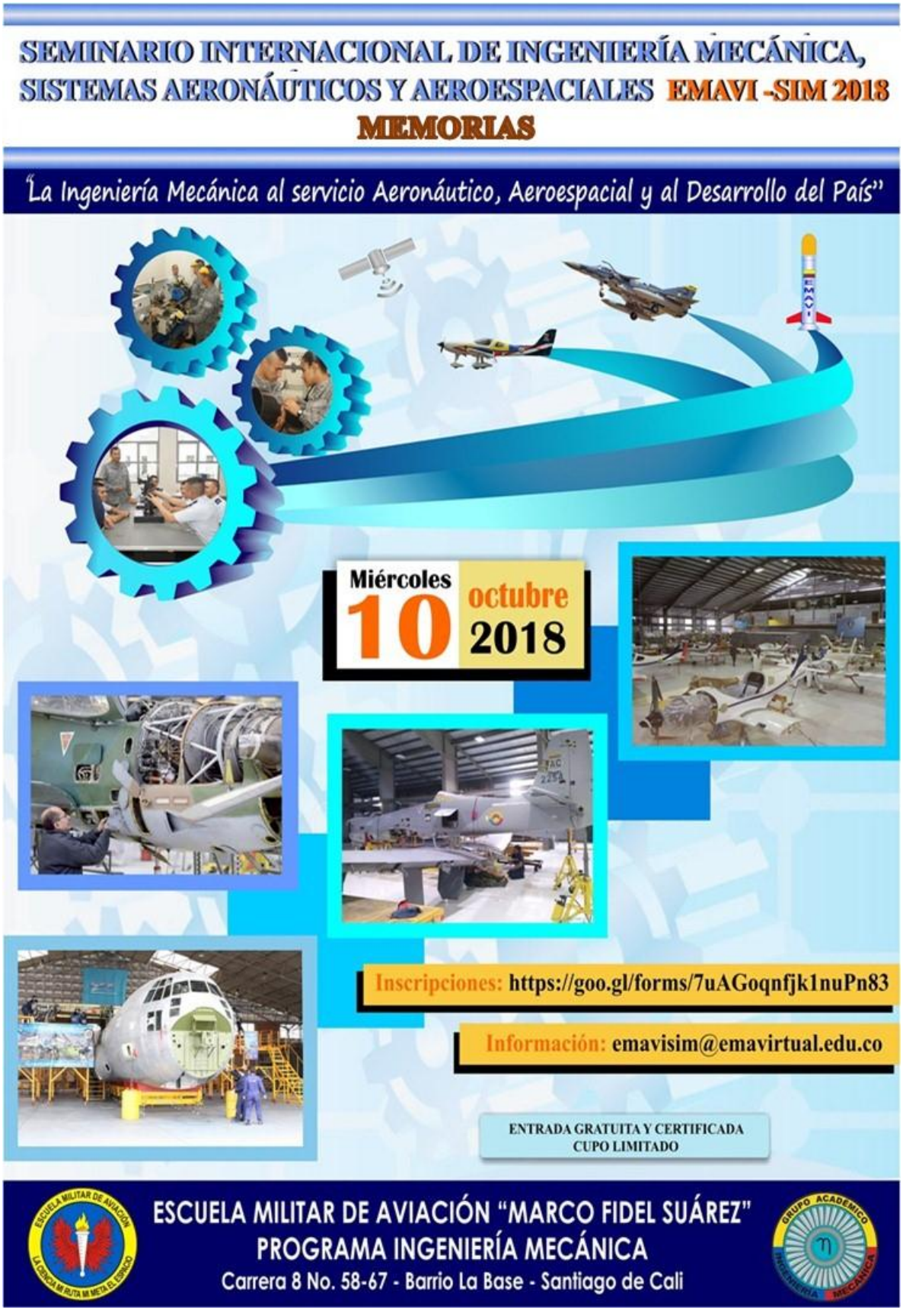
Memorias del Seminario Internacional de Ingeniería Mecánica, Sistemas Aeronáuticos y Aeroespaciales EMAVI-SIM 2018

"La Ingeniería Mecánica al Servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"



SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018

CONFERENCISTAS EMAVI SIM-2018

Nombre	Título Conferencia	Hora
1. Capitán GERMÁN WEDGE RODRÍGUEZ PIRATEQUE Doctorado en Ingeniería Mecánica y Mecatrónica Ph.D (C), Universidad Nacional de Colombia, Magister en Ingeniería Mecatrónica, Especialista en Gerencia Educativa, Ingeniero Electrónico y Licenciado en Diseño Tecnológico Centro Tecnológico de Innovación Aeronáutica - CETIA-Bogotá 	Estudio del problema de consenso en sistemas satelitales multiagente	7:30 a.m.
2. M.Sc. GUILLERMO ANDRES RAMOS CORTES Magister en Ingeniería Ingeniero Mecatrónico Universidad Autónoma de Occidente Instructor de Formación Profesional y Complementaria SENA- Regional Valle. Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria ASTIN- Cali 	La Robótica en la Ingeniería	8:30 a.m.
3. Técnico Jefe (RA) JOSÉ MIGUEL ATEHORTÚA ARENAS Tecnólogo en Mantenimiento Aeronáutico, Especialista en Estructuras Aeronáuticas Asesor Estructuras Aeronáuticas asignado al Comando de Apoyo a la Fuerza en el Área de Ingeniería - Bogotá 	Generalidad acerca del uso de las prácticas estándar en el mantenimiento aeronáutico	9:30 a.m.
DESCANSO		de 10:30 a 11:00 a.m.
4. Dr. Ing. FELIX GONZÁLEZ PÉREZ, Ph.D Profesor Visitante Universidad Autónoma de Occidente Doctorado en Ciencias Técnicas de la Universidad de Cienfuegos de Cuba Msc. En Eficiencia Energética de la Universidad de Cienfuegos de Cuba 	Eficiencia energética en sistemas termomecánicos	11.00 a.m.
5. Mayor SONIA RINCÓN MPhil Manufactura Aeroespacial Universidad de Cranfield-UK Especialista Logística Aeronáutica Ingeniera Metalúrgica Jefe Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales CITAE Jefatura de Educación Aeronáutica- JEA-Cali  Dr. CESAR AUGUSTO RODRÍGUEZ ADAIME, Ph.D Doctor en Ingeniería Ingeniero Materiales CEO Structural Synergy SAS Director I+D+i Grupo GISS categoría "C" Docente HC Pontificia Universidad Javeriana-Cali 	Desempeño estático del plano alar Calima T90	12.00 a.m.

Transmisión en vivo Link: https://bit.ly/2N65wCO

República de Colombia
Fuerzas Militares de Colombia
Fuerza Aérea de Colombia

Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"

Grupo Académico
Programa de Ingeniería Mecánica

Grupo de Investigación en Estudios Aeroespaciales "GIEA"

Memorias del Seminario Internacional de Ingeniería Mecánica, Sistemas Aeronáuticos y Aeroespaciales EMAVI-SIM 2018

"La Ingeniería Mecánica al Servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"



SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018

CONFERENCISTAS EMAVI SIM-2018

Nombre	Título Conferencia	Hora
1. Capitán GERMÁN WEDGE RODRÍGUEZ PIRATEQUE Doctorado en Ingeniería Mecánica y Mecatrónica Ph.D (C), Universidad Nacional de Colombia, Magister en Ingeniería Mecatrónica, Especialista en Gerencia Educativa, Ingeniero Electrónico y Licenciado en Diseño Tecnológico Centro Tecnológico de Innovación Aeronáutica - CETIA-Bogotá 	Estudio del problema de consenso en sistemas satelitales multiagente	7:30 a.m.
2. M.Sc. GUILLERMO ANDRES RAMOS CORTES Magister en Ingeniería Ingeniero Mecatrónico Universidad Autónoma de Occidente Instructor de Formación Profesional y Complementaria SENA- Regional Valle. Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria ASTIN- Cali 	La Robótica en la Ingeniería	8:30 a.m.
3. Técnico Jefe (RA) JOSÉ MIGUEL ATEHORTÚA ARENAS Tecnólogo en Mantenimiento Aeronáutico, Especialista en Estructuras Aeronáuticas Asesor Estructuras Aeronáuticas asignado al Comando de Apoyo a la Fuerza en el Área de Ingeniería - Bogotá 	Generalidad acerca del uso de las prácticas estándar en el mantenimiento aeronáutico	9:30 a.m.
DESCANSO		de 10:30 a 11:00 a.m.
4. Dr. Ing. FELIX GONZÁLEZ PÉREZ, Ph.D Profesor Visitante Universidad Autónoma de Occidente Doctorado en Ciencias Técnicas de la Universidad de Cienfuegos de Cuba Msc. En Eficiencia Energética de la Universidad de Cienfuegos de Cuba 	Eficiencia energética en sistemas termomecánicos	11.00 a.m.
5. Mayor SONIA RINCÓN MPhil Manufactura Aeroespacial Universidad de Cranfield-UK Especialista Logística Aeronáutica Ingeniera Metalúrgica Jefe Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespacial CITAE Jefatura de Educación Aeronáutica- JEA-Cali  Dr. CESAR AUGUSTO RODRÍGUEZ ADAIME, Ph.D Doctor en Ingeniería Ingeniero Materiales CEO Structural Synergy SAS Director I+D+i Grupo GISS categoría "C" Docente HC Pontificia Universidad Javeriana-Cali 	Desempeño estático del plano alar Calima T90	12.00 a.m.

Transmisión en vivo Link: https://bit.ly/2N65wCO

Memorias del Seminario Internacional de Ingeniería Mecánica, Sistemas Aeronáuticos y Aeroespaciales EMAVI-SIM 2018

"La Ingeniería Mecánica al Servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"

Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"
Grupo Académico
Programa de Ingeniería Mecánica
Carrera 8 # 58-67
Santiago de Cali D.E.

10 de octubre de 2018

ISBN:

Compilador de Memorias:
Ing. Julián Portocarrero Hermann
Docente-Investigador
Programa de Ingeniería Mecánica
Grupo de Investigación en Estudios Aeroespaciales "GIEA"

Memorias del Seminario Internacional de Ingeniería Mecánica, Sistemas Aeronáuticos y Aeroespaciales EMAVI-SIM 2018

"La Ingeniería Mecánica al Servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"

COMITÉ ORGANIZADOR

MY Henry Fabián Quintero Oviedo
Jefe
Programa de Ingeniería Mecánica
Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez

Ing. Julián Portocarrero Hermann
Docente-Investigador
Programa de Ingeniería Mecánica
Grupo de Investigación en Estudios Aeroespaciales "GIEA

Ing. Fernando Delgado Gómez
Docente-Investigador
Programa de Ingeniería Mecánica
Grupo de Investigación en Estudios Aeroespaciales "GIEA

Adriana Gómez Valencia
Coordinadora
Programa de Ingeniería Mecánica

Jonathan Díaz
Laboratorista
Programa de Ingeniería Mecánica

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

PREFACIO SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES EMAVI-SIM 2018 8

1.RESEÑA DE LA ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN “MARCO FIDEL SUÁREZ” 9

1.1. NACIMIENTO DE LA ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN 9

1.2. SUSPENSIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN Y REAPERTURA EN MADRID CUNDINAMARCA 12

1.3. TRASLADO DE LA ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN A SANTIAGO DE CALI 12

1.4. LA ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN A SANTIAGO DE CALI CONSIDERADA PATRIMONIO PAISAJÍSTICO Y AMBIENTAL, ALGUNOS DE SUS EDIFICACIONES CONSIDERADAS PATRIMONIO HISTÓRICO DE SANTIAGO DE CALI 14

1.5. INSTITUCIONALIZACIÓN DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA 15

2.RESEÑA DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA 18

SECCIÓN DE ARTÍCULOS PRESENTADOS EN EL EVENTO 21

ESTUDIO DEL PROBLEMA DE CONSENSO EN SISTEMAS SATELITALES MULTIAGENTE 22

PREFACIO SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES EMAVI-SIM 2018

"La Ingeniería Mecánica al Servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"

La carrera de Ingeniería Mecánica se caracteriza por su versatilidad e importancia en diversas áreas de la tecnología moderna y su desarrollo, por lo cual su formación está fundamentada en desarrollo de un profesional multidisciplinario, altamente capacitado, con fuertes conocimientos técnicos y científicos en el campo del diseño, comportamiento y manejo de materiales, procesos de manufactura, mecánica de fluidos, ciencias térmicas, mecatrónica, ingeniería de control y automatización, entre otros, aplicando su conocimiento en diferentes sectores industriales, y en particular en el campo aeronáutico y aeroespacial.

Acordes con el perfil de desarrollo de un ingeniero Mecánico y su proyección dentro de los diferentes campos y en especial en los sectores aeronáutico y aeroespacial, el Programa de Ingeniería Mecánica y el Grupo de Investigación en estudios Aeroespaciales "GIEA" de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez" de la Fuerza Aérea Colombiana, organizan el Seminario Internacional de Ingeniería Mecánica, Sistemas Aeronáuticos y Aeroespaciales EMAVI-SIM – 2018. El Seminario tiene por objetivo reunir a los profesionales colombianos y de otras partes del mundo que laboran en los campos de Ingeniería Mecánica, Aeronáutica, Aeroespacial y Afines; para socializar, intercambiar, promover, y compartir experiencias e investigaciones en estos campos; con el propósito de reconocer elementos conceptuales que permitan realizar acuerdos, intercambios y coordinar tareas, que propicien el desarrollo de proyectos en conjunto para el desarrollo de la Fuerza Aérea Colombiana y el País. Por lo que se hizo una cordial y extensa invitación a la Comunidad Académica Nacional e Internacional, a la Comunidad de Investigativa y Desarrollo Tecnológico, a las Instituciones Afines y a la Industria en general para que participen en este evento.

1. RESEÑA DE LA ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"

Julián Portocarrero Hermann
Docente del Programa de Ingeniería Mecánica Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"

1.1. NACIMIENTO DE LA ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN

En el año de 1916 el Presidente (José Vicente Concha) y el Congreso de ese entonces promulgan la Ley 15 (septiembre 07) "Por la cual se dispone el envío al Exterior de dos Comisiones de Estudios", en el Artículo 7°, menciona que *"el Gobierno enviará un grupo de jóvenes colombianos al Exterior, donde harán un curso completo de Aviación"* [1], y cuando *"regresen al país estarán obligados a prestar en el Ejército servicio de aviadores y el de Directores o Profesores de una Escuela de Aviación"*; los Oficiales son formados por instructores Chilenos, formando la Quinta Arma del Ejercito al lado de la Caballería, Infantería, Artillería e Ingenieros[2]

Por exitos alcanzados por los pilotos durante la Primera Guerra Mundial (1914-1918) el Presidente Marco Fidel Suárez con el Ministro de Guerra Jorge Roa promueven el desarrollo de una escuela militar en el campo de la aviación y es asi como el apoyo del Congreso de Colombia se sanciona la Ley 126 de 1919 (diciembre 31), *"Por la cual se crea una Escuela Militar y se dictan medidas sobre aviación"*[3]; en el Artículo 4º. *"Créase la Escuela Militar de Aviación con el objeto de formar los pilotos que deban integrar la quinta arma del Ejército Nacional. A juicio del Poder ejecutivo esta Escuela podrá funcionar, provisionalmente, como anexa a la Escuela Militar de Cadetes"*; el cual se reglamento mediante el Decreto 2172 de 1920 (diciembre 10) *"Por el cual se establece una Sección de Aviación"*[4] y con el Decreto 2247 de 1920 (diciembre 23) *"Por el cual se organiza la Escuela Militar de Aviación en desarrollo de la Ley 126 de 1919"*[5]. La Escuela Militar de Aviación (sin un nombre particular) empesó operaciones en 1920 en terrenos de la hacienda "San Luís" en Flandes, Tolima, acondicionando como aeródromo un terreno a orillas del Río Magdalena y próximo a la ciudad de Girardot (ver); estableciendo la Primera Escuela Militar de Aviación bajo la asesoría de la Segunda Misión Militar Fracensa,

[1] Gobierno de Colombia. Ley 15 de 1916. Diario Oficial. Año LII. N. 15891. 11, septiembre, 1916. Pág. 1.
[2] Ospina Peña, Mariano. Historia de Colombia Escuela Militar de Aviación. Mayo 13 de 2017. Disponible en línea en: http://www.asisucedio.co/la-escuela-militar-de-aviacion-marco-fidel-suarez/
[3] Gobierno de Colombia. Ley 126 de 1919. Diario Oficial. Año LVI. N. 17016. 8, enero, 1920. Pág. 1.
[4] Gobierno de Colombia. Decreto 2172 de 1920. Diario Oficial. Año LVI. N. 17460. 16 diciembre, 1920. Pág. 3.
[5] Gobierno de Colombia. Decreto 2247 de 1920 Diario Oficial. Año LVI. N. 17482. 30, diciembre, 1920. Pág. 3.

dirigida por el Señor Capitán René Guichard[2] (jefe piloto, condecorado y miembro de la Legión de Honor Francesa), en compañía de los señores Jean Jonnard y José Island como pilotos instructores; Paul Poillot y Lucien Sloscher como mecánicos instructores[6]. Con el Decreto 2182 de 1920 (diciembre 11) se estableció el uniforme de las tropas de aviación, los grados en la blusa de campaña y las insignias especiales para el arma de aviación (ver Figura 1)[7]. El 5 de febrero del año 1921 bajo la dirección del Coronel Efraín Rojas, se iniciaron las clases en aerodinámica y mecánica[8] (ver Figura 3), en ese mismo mes llegaron varios aviones procedentes de Francia, el 30 de marzo del mismo año se efectuaba el primer vuelo en el biplano G-III, del cual se tenían tres, también se contaba con cuatro aviones "Caudron G IV" y cuatro aviones Nieuport Delage (ver Figura 4).

Figura 1. Foto de la Escuela Militar de Aviación en Flandes Tolima, 1920.



Fuente: http://www.asisucedio.co/la-escuela-militar-de-aviacion-marco-fidel-suarez/

Figura 2. Insignia Piloto, Escudo Nacional de metal dorado con dos alas, una a cada lado, para colocar en el pecho y a la derecha.



Fuente: http://www.asisucedio.co/la-escuela-militar-de-aviacion-marco-fidel-suarez/

[6] Ortega Ch., Pablo Andrés. Historia de la Fuerza Aérea Colombiana FAC. AVIACOL. 23 de febrero 2006. Disponible en línea: https://www.aviacol.net/historia-militar/historia-de-la-fuerza-aerea-colombiana-fac.html

[7] Gobierno de Colombia. Decreto 2182 de 1920 (diciembre 11). Diario Oficial. Año LVI. N. 17460. 16, diciembre, 1920. Pág. 3

[8] Rincón, Alexis. Historia de la Aviación. "Flandes, Cuna de la Aviación Militar de Colombia". Cp. Felipe Cárdenas Díaz; Cp Ernesto Recamán; Archivo histórico de la Fuerza Aérea Colombiana; Casa de la cultura Municipio de Flandes. Enero 1949. Disponible en Línea http://flandes-tolima.blogspot.com/2009/09/historia-de-la-aviacion-flandes-cuna-de.html

Figura 3. Foto tomada a la misión francesa al mando del Coronel René Guichard (al centro) con los alumnos de la naciente Escuela Militar de Aviación en las Instalaciones de la Base Aérea ubicada en Flandes Tolima en febrero de 1921.



Fuente: http://flandes-tolima.blogspot.com/2009/09/historia-de-la-aviacion-flandes-cuna-de.html

Mayor Félix Castillo Mariño, quien solo tenía cuatro lecciones de vuelo doble comando, el 18 de Junio de 1921, le ordenó al Técnico Justino Mariño que le alistara un avión para hacer prácticas de carreteo en la pista (movimiento controlado en tierra del avión), pero el Mayor Castillo tras unos cuantos desplazamientos inició la carrera de despegue y elevó la aeronave, se enfiló hacia Girardot tomando altura; el personal de la misión francesa, en esos momentos se encontraba en su mayoría en la ciudad, y conocedores de que en la Escuela no poseía a nadie capacitado para dictar instrucción, salieron despavoridos en dirección en dirección a la Escuela en Flandes, al escuchar el sonido del avión, después de unos sobre vuelos el avión se aproximó a la pista con movimientos erráticos, las personas presentes presentían lo peor, pero el Mayor castillo controló su avión en el último momento y logró aterrizar sin el menor daño para él y la aeronave[8]. Aquel acto heroico y de indisciplina, genero un revuelo en el País, donde la opinión publica decía *"los colombianos si eran capaces de volar por sus propios medios y sin ningún instructor extranjero abordo"*; pero este acto implicó el inicio de la clausura de la Escuela. El primer vuelo solo oficial fue realizado por el entonces Cadete José Ignacio Forero (quien llego al grado de Coronel de la FAC) el 22 de enero de 1922, después de ese vuelo el Coronel Efraín Rojas le dirigió estas palabras al Ministro de Guerra Aristóbulo Archila Reyes *"Que ojala este primer vuelo oficial que su señoría ha presenciado confirme el sólido interés que el gobierno pondrá en el futuro para el buen éxito de la Aviación Aérea Colombiana"*.

Figura 4. Primeros aviones de la Escuela Militar de Aviación, de izquierda a derecha Caudron G-III, Caudron G IV y Nieuport Delage.



Fuente: http://flandes-tolima.blogspot.com/2009/09/historia-de-la-aviacion-flandes-cuna-de.html

1.2. SUSPENSIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN Y REAPERTURA EN MADRID CUNDINAMARCA

El 1 de mayo de 1922, el presidente Marco Fidel Suárez expidió el Decreto 580 (abril 28) *"por el cual se suspende el funcionamiento de la Escuela Militar de Aviación"*[9] cancelando el contrato celebrado con el Aviador francés René Guichard, para que organizaran la Escuela Militar de Aviación y sirvieran como Pilotos Instructores y Mecánicos, por diferentes motivos entre los que se encontraba la falta de presupuesto.

El presidente Pedro Nel Ignacio Tomás de Villanueva Ospina Vásquez (Militar, Político e Ingeniero), quien primer presidente del mundo que empleó un avión para misiones oficiales, al viajar, poco después de electo, entre Puerto Berrío y Girardot[10], permitió que las clases se reiniciaran el 15 de febrero de 1925, esta vez orientada por una misión suiza que estaba presidida por el Mayor Henri Pillichody (instructor de aviación) acompañado por un mecánico, Demaurex, y cuatro aviones biplano Wild de doble comando y dos motores hispano-suiza[11], en las instalaciones de la Escuela Oficial de Agronomía en la población de Cundinamarca Serrezuela, más conocida como el Municipio de Madrid, este centro de instrucción militar fue acondicionado para tener las condiciones técnicas, para lo cual se utilizó parte del material de vuelo del periodo de Flandes, se dio comienzo a la instrucción del curso 1-A complementado más tarde con otro grupo de alumnos integrantes del curso 1-B, el 15 de septiembre de 1927 egresa la primera promoción de pilotos militares del cuerpo de tropas de aviación militar[12]. En diciembre de 1928 la escuela nuevamente fue cerrada, pero cuatro meses después, el 20 de marzo de 1929, fue reabierta con una misión francesa.

1.3. TRASLADO DE LA ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN A SANTIAGO DE CALI

La aviación militar le toco el Conflicto del Sur, 1932-1934, originado con la invasión por parte del Perú de extensas zonas del sur de Colombia (conteniendo a Leticia), en este conflicto la Fuerza Aérea Colombiana fue determinante para la recuperación

[9] Gobierno de Colombia. Decreto 580 de 1922 (abril 28) "por el cual se suspende el funcionamiento de la Escuela Militar de Aviación". Diario Oficial. Año LVIII. N. 18252. 3, mayo, 1922. Pág. 3.
[10] COLOMBIA.COM. Pedro Nel Ospina Vásquez. Tomado de www.presidencia.gov.co. Consultado 5 octubre 2018. Disponible en línea en: https://www.colombia.com/colombia-info/historia-de-colombia/presidentes-de-colombia/pedro-nel-ospina-vasquez/
[11] Helg, Aline. El Desarrollo de la Instrucción Militar en Colombia en los Años 20: Estudio del impacto de una Misión Militar Suiza. Universidad Pedagógica Nacional. No. 17 I Semestre 1986. Digitalizado por RED ACADEMICA.
[12] Rincón, Alexis. Op. cit.

de esta zona del País[13]. Después del conflicto con el Perú el gobierno nacional bajo la presidencia de Enrique Olaya Herrera sintió la necesidad de establecer una base aérea al occidente del país, encargando al Coronel Herbert Boy de encontrar una ubicación idónea para la base y es así como el 23 de agosto de 1933 se traslada a Santiago de Cali (Valle del Cauca) la Escuela Militar de Aviación, a los terrenos de la hacienda "El Guabito" propiedad de Abraham Domínguez , estos terrenos fueron adquiridos por el entonces Ministerio de Guerra, que también ordenó el traslado de todo el material de la Escuela de Aviación ubicada en Madrid a las nuevas instalaciones de Cali. Benny Glauser (ingeniero metalúrgico suizo) dirigió la construcción de las primeras instalaciones de la Escuela Militar de Aviación como la oficina de comando, los alojamientos, guardias, las dependencias menores y el hangar número uno, llamado "El Barranquillero", para la casa del comandante de la base, se tomó la antigua casa de la Hacienda el Guabito (casa con estilo español californiano, hoy denominada Casa Museo). Esta nueva Escuela comenzó a operar el 21 de septiembre de 1933[14], bajo la orientación de una misión alemana y luego una misión norteamericana, con aviones para entrenamiento primario Curtiss Fledgling, Trainer, Fairchild y un poco después la aeronave PT-11C. El 22 de diciembre de 1934 tuvo lugar la graduación del curso número 3, con el que se inauguró oficialmente la base. Se desarrolló una revista aérea de 48 aviones, con exhibiciones acrobáticas y de paracaidismo, presenciada por cerca de 15.000 personas[13].

Durante el gobierno Alberto Lleras Camargo se le da el nombre a la de Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez".

En 1954 llegaron los aviones entrenadores Beechcraft T-34 Mentor, en 1968 se adquirieron los aviones de entrenamiento primario Cessna T-41 Mescalero, en 1983 los dos primeros planeadores, en 2013 llegaron las aeronaves T-90 Calima (avión de entrenamiento básico) producido por compañía estatal colombiana Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana S.A. (CIAC).

La primera promoción de cadetes femeninas ingreso en enero 1997, para desempeñarse en todas las especialidades, exceptuando la de Seguridad y Defensa de Bases.

El 26 de septiembre de 1977 el ICFES mediante el Acuerdo 162, le otorga a la EMAVI la licencia de funcionamiento por un año al Programa de Administración Aeronáutica. En 1979, mediante el acuerdo 90, concede por cinco años la licencia de funcionamiento. En 1985, el Ministerio de Educación Nacional mediante la Resolución 1168 del 05 de julio, aprueba el funcionamiento del Programa, hasta el 30 de junio de 1987. Ese mismo año, con la Resolución 001460 del 13 de julio, se otorga la renovación de licencia de funcionamiento hasta el 30 de junio de 1988. En

[13] Ortega Ch., Pablo Andrés. Op. cit.
[14] Franco Topper, Javier. Escuela Militar de Aviación, salvaguarda de historia aeronáutica. AVIACOL. 28 de junio 2015. Disponible en línea: https://www.aviacol.net/historia-aviacion/escuela-militar-de-aviacion-salvaguarda-de-historia-aeronautica.html

1988, mediante la Resolución 00234, del 20 de septiembre, se renueva por tiempo indefinido el funcionamiento del Programa de Administración Aeronáutica.

Con la aprobación que el ICFES le otorgó a EMAVI como Institución de Educación Superior, en 1996 se graduó la primera promoción de Administradores Aeronáuticos.

El día 13 de diciembre del 2000, el ICFES, notificó la aprobación del Programa de Ingeniería Mecánica, en enero de 2001 comenzó el primer curso de ingenieros Mecánicos. A estas dos carreras, se le sumaría más tarde, en el 2003, el primer curso de Ingenieros Informáticos.

El 2 de octubre de 2006 la EMAVI recibió la certificación de calidad ISO 9000, siendo la primera institución militar en acreditarse en recibir esta certificación.

En el 2008 se la Acreditación Programa de Administración Aeronáutica por cuatro años

En julio del 2013 sale la aprobación del programa de Ciencias Militares Aeronáuticas, contando de este instante la EMAVI con cuatro programas de formación profesional. En el 2013 se renueva la acreditación del programa de Administración Aeronáutica. En el 2018 los programas de Ingeniería Informática e Ingeniería Mecánica obtuvieron la Acreditación, en ese mismo año la EMAVI recibió la Acreditación Institucional Alta Calidad

1.4. LA ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN A SANTIAGO DE CALI CONSIDERADA PATRIMONIO PAISAJÍSTICO Y AMBIENTAL, ALGUNOS DE SUS EDIFICACIONES CONSIDERADAS PATRIMONIO HISTÓRICO DE SANTIAGO DE CALI

Según el Acuerdo 069 de 2000 POT de Santiago de Cali, los arboles Ficus Microcarpa y Algarrobos, Artículo 172: *“Especies Arbóreas. Hacen parte del patrimonio paisajístico y ambiental las especies arbóreas que se describen a continuación:” ……. “Los Ficus Microcarpa y Algarrobos de la Base Aérea”.*[15]

Según el Acuerdo 069 de 2000 POT de Santiago de Cali, en su Artículo 539, los terrenos de la Escuela Militar de Aviación y CACOM 7 son considerados suelo de protección paisajística y ambiental *“La Administración Municipal realizará un estudio de viabilidad paisajística y ambiental para el Cantón Nápoles y la Base Aérea Marco Fidel Suárez. Declárense como suelo de protección paisajística y ambiental, los terrenos donde funcionarán la Escuela Militar de Aviación y Base Aérea Marco Fidel Suárez, dado que por su dimensión y la baja ocupación debida a su uso es una*

[15] Departamento Administrativo de Planeación Municipal Santiago de Cali. Artículo 172 del Acuerdo 069 de 2000 POT de Santiago de Cali. Colombia.

importante área verde que se constituye en un descanso visual dentro del paisaje urbano y en un gran pulmón de la ciudad en una zona densamente poblada donde conviven usos industriales y residenciales"[16] (POT año 2000, artículo 539).

Seis edificaciones antiguas de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez", fueron declaradas por el Concejo Municipal de Santiago de Cali como Patrimonio Arquitectónico y Urbanístico de Cali:

- Casa Museo (Antigua Hacienda El Guabito). Data de 1953 esta casa se destaca por su arquitectura con influencia del estilo español californiano.
- Edificio Académico (Nivel 1 Conservación Integral), construido en los alrededores del año 1933 edificio que se destaca por la influencia de formas la Arquitectura Moderna Art-Decó.
- En 1972 fue inaugurado el Planetario, siendo el primero de su tipo en Colombia, con una cúpula de ocho metros de diámetro y capacidad para albergar hasta 50 espectadores, en el momento presta sus servicios al personal de la EMAVI y está abierto al público como espacio educativo para grupos estudiantiles y grupos de personas que quieran capacitarse en la cúpula celeste en diferentes niveles (dependiendo de la la edad) de la ciudad y la región.
- Hangares 1, 2, 3, 4 y 5 que son exponentes de la Arquitectura Industrial.
- Capilla exponente de la Arquitectura Neocolonial.
- Los Guabitos I y II Edificios construidos alrededor de los años 40´s como dormitorios de los cadetes, los cuales poseen unas bóvedas rebajadas en sus cubiertas.

1.5. INSTITUCIONALIZACIÓN DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA

El nacimiento formal de la Fuerza Aérea se dio con la creación de la Aviación Militar mediante la Ley 126 del 31 de diciembre de 1919 *"Por la cual se crea una Escuela Militar y se dictan medidas sobre aviación"*, en el Artículo 1, *"Introdúcese en el Ejército la aviación, que constituirá la quinta arma"*[17].

Decreto 2172 del 10 de Diciembre de 1920 (*"Por el cual se establece una Sección de Aviación"*), mediante el cual se creó con el Artículo 1 la Sección de Aviación Militar *"dependiente directamente del Ministerio de Guerra, tanto para las operaciones tácticas y técnicas como para la administración general de la aviación"*[18].

[16] Departamento Administrativo de Planeación Municipal Santiago de Cali. Artículo 539 del Acuerdo 069 de 2000 POT de Santiago de Cali. Colombia.
[17] Gobierno de Colombia. Ley 126 de 1919. Op. cit.
[18] Gobierno de Colombia. Decreto 2172 de 1920. Op. cit.

En 1932 se presentó un momento histórico para la Fuerza Aérea, cuando su empleo fue decisivo para neutralizar el intento invasor del Perú[19]. El presidente Enrique Olaya Herrera sancionó el Decreto No. 2065 de 1932 a raíz del conflicto con el Perú, y la Sección de Aviación Militar se convirtió en el Departamento 8 del Ministerio de Guerra, denominándose División General de Aviación Militar Nacional[20].

La primera época dorada Aviación Militar fue entre 1 septiembre de 1932 al 25 de mayo de 1933, después del conflicto con el Perú donde pasó de tener 16 aeronaves a tener 60, durante la cual tuvo el prestigio de ser una de las fuerzas aéreas más importantes de Suramérica[21].

Durante la Presidencia de Alfonso López Pumarejo, teniendo como Ministro de Guerra Alberto Mario Pumarejo Vengoechea, se sancionó el Decreto 1683 de 1934 (agosto 28) *"Por el cual se reorganiza el Departamento de Aviación",* estableció que el Departamento No. 8 del Ministerio de Guerra dejaría de llamarse *"Dirección General de Aviación Militar"* por *"Dirección General de Aviación"*, y que sus dependencias serían el Departamento de Aviación Militar, el Departamento de Aviación civil dependerán del Ministro de Guerra[22].

Durante la presidencia de Eduardo Santos Montejo con su Ministro de Guerra Gonzalo Restrepo se expidió el decreto 1680 de 1942 (julio 15), Por el cual se modifica el marcado con el número 991 de mayo 29 de 1941, orgánico de la Fuerza Aérea, donde queda institucionalizada la Fuerza Aérea como organismo de las Fuerzas Militares del Estado, en el Capítulo I, Artículo 7 menciona que las. Escuelas de formación y preparación militar y técnica que se dediquen a la enseñanza de las distintas ramas de la aviación militar son dependencias de la Fuerza Aérea[23]. Este decreto estableció la separación de la aviación militar y de la civil, las cuales estaban unidas en un solo ente jurídico denominado Dirección General de Aviación; de aquí nació la Fuerza Aérea Nacional, y quedo totalmente independiente de la Aeronáutica Civil[24].

Ley 102 de 1944 (diciembre 31) *"Por la cual se dictan algunas disposiciones sobre organización y mando de las Fuerzas Militares"*, cambió su nombre para convertirse en Fuerza Aérea Colombiana[25], tercer integrante del componente militar

[19] Fuerza Aérea Colombiana. Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial. Cuarta Edición. 10 de enero de 2013

[20] Fuerza Aérea Colombiana. Historia FAC. Consultada 8 de octubre de 2016. Disponible en línea en: https://www.disanfac.mil.co/historia-fac

[21] Fuerza Aérea Colombiana. Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial. Op. cit.

[22] Gobierno de Colombia. Decreto 1683 de agosto 28 de 1934. Diario Oficial. Año LXX. N. 22681. 10, septiembre, 1934. Pág. 2.

[23] Gobierno de Colombia. Decreto 1680 de 1942 (julio 15). Por el cual se modifica el marcado con el número 991 de mayo 29 de 1941, orgánico de la Fuerza Aérea. Diario Oficial. Año LXXIX. N. 25321. 14, agosto, 1943. Pág. 2.

[24] Ortega Chávez, Pablo Andrés. Historia de la Fuerza Aérea Colombiana. Breve Reseña Histórica. FAC. 23 de febrero de 2006. Disponible en línea en: http://www.aviacol.net/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=66

[25] Fuerza Aérea Colombiana. Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial. Op. cit.

Colombiano con autonomía y doctrina propias, dependiendo definitiva y directamente de la Jefatura del Estado Mayor General de las FF.MM.. Esta ley 102 que dictaba disposiciones sobre la organización y el mando se produjo durante el Gobierno de Alfonso López Pumarejo siendo Ministro de Guerra el General Domingo Espinel[26].

[26] Gobierno de Colombia. Ley 102 de 1944 de diciembre 31. Diario Oficial. Año LXXX. N. 25759. 6, febrero, 1945. Pág. 7.

2. RESEÑA DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Julián Portocarrero Hermann
Docente del Programa de Ingeniería Mecánica Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"

En la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez", se planteó la posibilidad de crear la carrera universitaria de Ingeniería Mecánica con Énfasis en Aeronáutica desde enero de 1996, bajo la dirección del señor Brigadier General Alfonso Ordóñez Quintana (QEPD) (EMAVI-GRUAC, 2000)[27]. El primer grupo de trabajo se constituyó el 14 de abril de 1997 con la dirección del señor Brigadier General Edgar Alfonso Lésmez Abad (EMAVI- GRUAC, 2000)[27]. El resultado del estudio preliminar se expuso por parte del Brigadier General Gonzalo Morales Forero al Consejo Superior Académico, presidido por el señor General Fabio Zapata Vargas (FAC, 24 junio de 1998)[28].

Este Consejo, presidido por el señor General Héctor Fabio Velasco Chávez, con la asesoría del Instituto Militar Aeronáutico y la antigua Jefatura de Instrucción y Entrenamiento, el 28 de junio de 1999, manifestó su interés en el desarrollo del Programa de Ingeniería Mecánica. El documento ejecutivo del proyecto de creación del programa, fue revisado durante dos reuniones en la Escuela Militar de Aviación, los días 27 y 28 de Julio de 1999 (EMAVI- GRUAC, 2000)[27]; siendo aprobado por el Consejo Superior Académico presidido por el General Héctor Fabio Velasco Chávez el 9 de febrero de 2000, en el que se autorizó la apertura del Programa de Ingeniería Mecánica en la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez" a partir del año 2001 (FAC, 9 febrero 2000)[29].

Las Fuerza Aérea Colombia, a través de la Resolución número 055 (Fuerzas Militares de Colombia, 2000)[30], autoriza la creación, desarrollo y expedición de títulos correspondientes al Programa de Ingeniería Mecánica de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez". Así mismo, autoriza al Brigadier general Jorge Ballesteros Rodríguez para notificar e informar al ICFES, la creación, desarrollo y expedición.

[27] EMAVI-GRUAC. (2000). Programa Académico Ingeniería Mecánica. Grupo Académico. Cali: EMAVI.
[28] FAC. (24 junio de 1998). Reunión del Consejo Superior Académico Acta No. 12. Reunión del Consejo Superior Académico FAC (pág. 3). Bogotá D.C.: Fuerza Aérea.
[29] FAC. (9 febrero 2000). Concejo Superior Académico Acta No.1. Acta Consejo Superior Académico (pág. 4). Bogotá D.C.: Fuerza Aérea Colombiana.
[30] Fuerzas Militares de Colombia. (2000). Resolución Número 055. Bogotá D.C.: Fuerza Aérea Colombiana.

El primer documento con el que se solicitó la aprobación de la creación de este nuevo Programa se presentó al ICFES en marzo del 2000. Este organismo solicitó efectuar algunos cambios en la formulación del programa de acuerdo con la normatividad académica vigente. En agosto de 2000 se presentaron las modificaciones ante el ICFES, las cuales fueron aceptadas y el 7 de diciembre de 2000, la Comisión de Inspección y Vigilancia del ICFES, realizó una visita a la Escuela Militar de Aviación con el fin de verificar la infraestructura académico - administrativa y el soporte tecnológico ofrecido.

El día 13 de diciembre del 2000, el ICFES, notificó la incorporación del Programa de Ingeniería Mecánica al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) con el código 91034621000760011110O y la autorización para la iniciación de las actividades académicas, con las siguientes características: Titulo: Ingeniero Mecánico; Metodología: Presencial; Jornada: Diurna; Duración: 10 Semestres[31].

El 16 de enero de 2001 en reunión del Consejo Superior Académico presidido por el General Héctor Fabio Velasco Chávez se decidió el inicio de la carrera de Ingeniería Mecánica, mediante Acta No. 001 (FAC, 16 enero 2001)[32]. El programa de Ingeniería Mecánica inició formalmente con los estudiantes del Curso 77 de Oficiales, el 12 de febrero de 2001.

Atendiendo a lineamientos del Ministerio de Educación Nacional en el Decreto 808 de 2002 "*Por el cual se establece el crédito académico como mecanismo de evaluación de calidad, transferencia estudiantil y cooperación interinstitucional*" (MEN, 25 abril 2002)[33] y comunicado No. 055834 de mayo de 2002 del ICFES, se realizó en ese mismo año, la reestructuración del currículo, organizando el programa con un total de 160 créditos; esta modificación fue presentada al ICFES en julio de 2002, recibiendo autorización para dar continuidad del programa de Ingeniería Mecánica bajo la metodología presencial, mediante la resolución No.2295 emitida por el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 26 septiembre 2003)[34], con vigencia de 7 años y una duración de la carrera de diez semestres, siguiendo las recomendaciones del Consejo Nacional de Acreditación (CNA) del 17 de septiembre de 2003 (comunicado No. 2051). Ese mismo año en el mes de septiembre, se derogó el Decreto 808 de 2002 y entró en vigencia el Decreto 2566 de Septiembre 10 de 2003 "*Por el cual se establecen las condiciones mínimas de calidad y demás requisitos para el ofrecimiento y desarrollo de programas académicos de educación superior y se dictan otras disposiciones*" (MEN, 10 septiembre 2003)[35].

[31] ICFES. Comunicado No. 023313. Notificación de incorporación al SNIES del Programa de Ingeniería Mecánica, firmado por Lilia Eugenia Ortiz García (subdirectora de Monitoreo y Vigilancia). 13-12-2000. P. 1.
[32] FAC. (16 enero 2001). Reunión Concejo Superior Académico Acta No. 001. Consejo Superior Académico (pág. 4). Santiago de Cali: FAC.
[33] MEN. (25 abril 2002). Decreto 808. (pág. 3). Bogotá D.C.: Ministerio de Educación Nacional.
[34] MEN. (26 septiembre 2003). Resolución No. 2295. Bogotá D.C.: Ministerio de Educación Nacional.
[35] MEN. (10 septiembre 2003). Decreto No. 2566. Bogotá D.C., Colombia, Ministerio de Educación Nacional.

Las dos primeras cohortes (cursos 77 y 78 de formación de Oficiales), fueron desarrolladas con el esquema anteriormente basado en intensidades horarias; a partir de la tercera cohorte (curso 79 de oficiales) se implementa el currículo por créditos académicos.

La renovación del Registro Calificado del programa fue otorgada mediante Resolución Ministerial No. 5111 del 24 de junio de 2010 por siete años, bajo la metodología presencial y con 160 créditos académicos.

En el año 2012, se adelantó un proceso de restructuración del programa obedeciendo a las disposiciones institucionales, que delinearon un nuevo derrotero que comprendía la reducción de créditos académicos de 160 a 140, así como la duración en el tiempo de la carrera de 10 a 8 semestres (cinco a cuatro años), lo anterior surgió envista que existía un desfase entre la formación como Oficiales la cual tiene una duración de cuatro años y la duración del programa complementario era de cinco años, por lo cual se retenían los Oficiales con grado Subteniente en calidad de Oficiales Alumnos, lo cual retrasaba la vinculación laboral real de los Oficiales a sus unidades operativas, esta situación también afectaba la evaluación del desempeño laboral de acuerdo al régimen de carrera[36] y genera situaciones disciplinarias adversas a la formación Militar en vista de la iteración de Oficiales y Cadetes en calidad de alumnos del programa complementario[37].El cambio cinco a cuatro años (de 160 a 140, así como la duración en el tiempo de la carrera de 10 a 8 semestres) fue aprobado en Acta del Consejo Superior Académico en reunión de diciembre de 2011[38]. Este nuevo plan de estudios fue presentado ante el Ministerio de Educación Nacional, siendo aprobado mediante la Resolución 7948 de 18 de junio de 2013, curso 89 a la fecha de formación de Oficiales; quedando el programa bajo la metodología presencial y con 140 créditos académicos, esta resolución en su artículo cuarto "*no modifica el termino de vigencia del registro calificado renovado mediante Resolución No. 5111 del 24 de junio de 2010*".

El registro calificado del programa fue renovado mediante Resolución 11350 del 6 junio de 2017 y se obtuvo la Acreditación del programa mediante la Resolución 11569 del 17 julio de 2018 por 4 años del Con

[36] Decreto 1790 de 2000. Por el cual se modifica se modifica y regula las normas de carrera del personal de Oficiales y Suboficiales de las Fuerzas Militares.
[37] MY Paredes, M.; R. J. Nuevo Plan de Estudios Programa de Ingeniería Mecánica 140 Créditos, Curso 88 en adelante. Programa de Ingeniería Mecánica. Grupo Académico. Escuela Militar de Aviación. Santiago de Cali. 2012.
[38] Consejo Superior Académico. Acta de diciembre de 2011 del Consejo Superior Académico. Bogotá D.C.

SECCIÓN DE ARTÍCULOS PRESENTADOS EN EL EMAVI-SIM 2018

ESTUDIO DEL PROBLEMA DE CONSENSO EN SISTEMAS SATELITALES MULTIAGENTE

German Wedge Rodríguez Pirateque, MsEng
gwrodriguezp@unal.edu.co;german.rodriguez@fac.mil.co
Fuerza Aérea Colombiana - Universidad Nacional de Colombia
Jorge Sofrony Esmeral, Ph. D
jsofronye@unal.edu.co - Universidad Nacional de Colombia

Resumen

El presente artículo toma como referencia las diferentes relaciones e interacciones de sistemas bioinspirados así como los enfoques de sistemas en red, para la formulación del problema de consenso en distintas plataformas tecnológicas, en especial una configuración básica de sistemas satelitales, que puedan operar como sistemas multiagente mediante la generación de enlaces y coordinación de tareas en red. En este sentido, se realiza un estudio descriptivo para recopilar diferentes conceptos y parámetros de operación de la teoría de grafos, como base para la interpretación de los sistemas en red y como herramienta para la formulación de la propuesta presentada, respecto a la alineación de satélites y búsqueda de consenso en formación de vuelo, como muestra de la teoría y sus aplicaciones, de tal forma que se supervisen las distancias de operación en el sostenimiento de la órbita, la formación y la minimización de eventos de propulsión. Lo anterior, teniendo en cuenta la configuración topología deseada, con un ejemplo de seis agentes satelitales que luego de su lanzamiento lineal a la órbita, generan los enlaces para su interconexión en red y diseños multi-misión.

Palabras clave: Consenso, Clúster, NanoSatélite, teoría grafos, agentes.

Abstract

The present article takes as reference the different relationships and interactions of bioinspired systems, as well as the systems approaches in red, for the formulation of the consensus problem in different technological platforms, especially a series of satellite systems, which can be operated as multiagent systems through the generation of links and coordination of tasks in red. In this sense, a descriptive study is carried out to collect different concepts and operation parameters of the graph theory, as a basis for the interpretation of the systems in red and as a tool for the formulation of the presented proposal, with respect to the alignment of satellites and search for consensus in flight training, such as theory and applications, in such a way that operating distances in the maintenance of the orbit, formation and minimization of propulsion events are monitored. The above, taking into account the desired topology, with an example of six satellite agents that after their linear launch into orbit, generate the links for their interconnection in red and multi-mission designs

Keywords: Consensus, Cluster, NanoSatélite, theory graphs, agents.

I. INTRODUCCIÓN

El problema de consenso en sistemas satelitales puede ser correlacionado como el comportamiento de sistemas multiagente, respecto a la posibilidad de identificar agentes en red, así como la

relación de vincular los grupos de satélites como el concepto de cluster o constelaciones, útiles para reformular las funciones de un sistema unitario vs grupos de equipos de gran escala como los clásicos satélites monolíticos o de pequeña escala como los recientes desarrollos del estándar tipo cubesat, como lo ilustra la figura 1, en el uso de capacidades modulares para ser dispuestas en red.

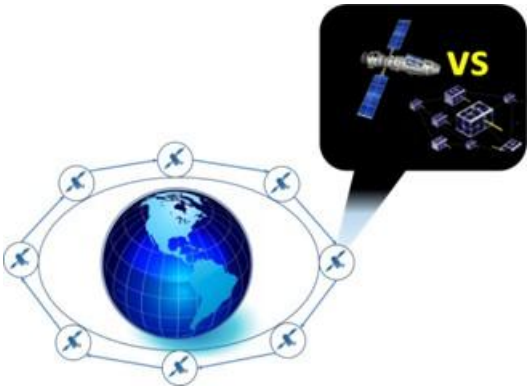


Fig. 1. Comparativo sistema clásico monolítico vs sistema de CubeSat[2]

En este sentido se toma como referencia de estudio el sistema Satellite Mission for Swarming and Geolocation (SAMSON)[3] de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, el cual se basa en la posibilidad de controlar el vuelo en configuración tipo clúster de tres Nano-satélites, [4] con la unidad básica modular como lo ilustra la figura 2.

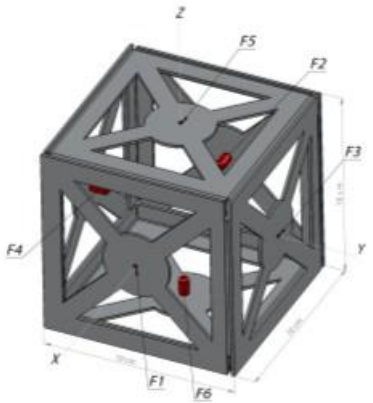


Fig. 2. Estructura modular [5]

Se consideran los efectos del empuje y la minimización del consumo de energía en el movimiento del sistema de propulsión de cada una de las unidades en configuración de 6U con dimensiones de 244x117x340[mm], y de 8 kg aproximadamente de peso efectivo, con sensor solar, receptor de GPS, antena, ruedas de reacción, sistema de comunicación con computador de soporte para UHF, VHF y banda S, así como el sistema de baterías junto con la carga útil efectiva del Nanosatélite [6].

Además, el desarrollo planteado en el trabajo del control ON-OFF, se enlaza con el estudio de grafos, en el momento de alcanzar el consenso en la geometría requerida, como lo ilustra la figura 3.

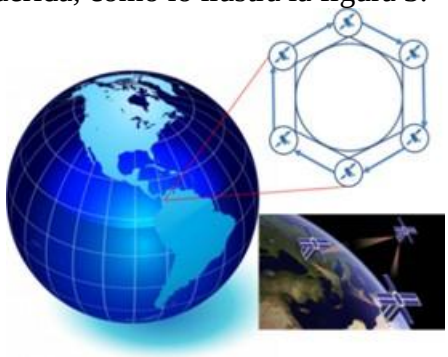


Fig. 3. Clúster de Nanosatélites SAMSON [3]

Con la geometría de referencia se requiere la activación de los sistemas de propulsión de cada satélite, para avanzar hacia el consenso en posición, aprovechando así la aplicación de la teoría de grafos [7], como lo muestra la figura 4, para ilustrar la topología de comunicaciones mediante un grafo con referencia geométrica del ciclo donde se presentan los enlaces correspondientes.

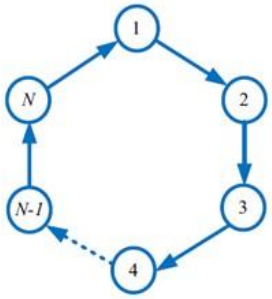


Fig. 4. Topología de red en órbita [3]

Para el análisis se toma en consideración el modulo unitario satelital, ilustrado en la figura 5, donde se presenta el modelo de líder seguidor [8], en los diferentes marcos de referencia.

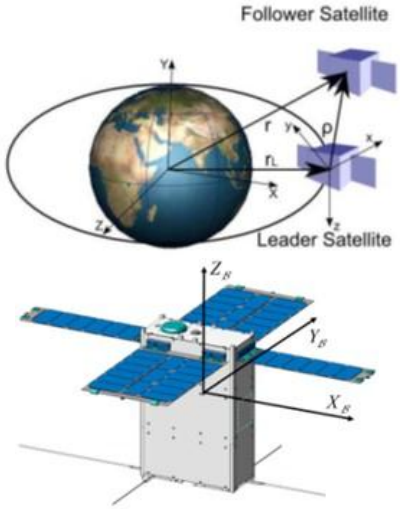


Fig. 5. Geometría de movimiento orbital [5]

Adicional a los agentes descritos dentro de la topología [9], en la figura 6, se pueden observar otros elementos importantes que en análisis complementarios son incluidos, como lo son las estaciones en tierra y los propios objetivos en tierra hacia donde estarían focalizadas las misiones de los agentes satelitales. [10]

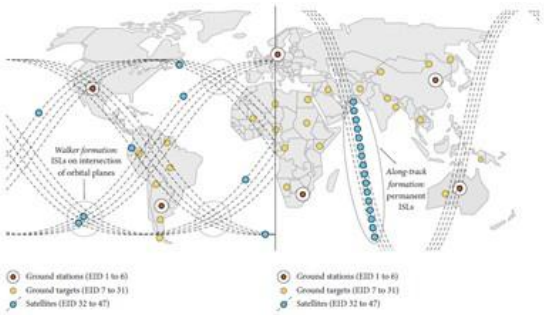


Fig. 6. Ejemplos de trayectoria orbital y demás agentes. [10]

Las demostraciones necesarias de las condiciones iniciales del sistema [11], parten del modelo basado en grafos, además de los movimientos relativos y variaciones de posición entre cada uno de los satélites respecto a las leyes de control planteadas en el modelo matemático [12].

En este sentido, la teoría de grafos aplicada a la interpretación de comportamientos en red, es una de las herramientas disponibles para el análisis de interconexión y de protocolos de acuerdo requeridos en la conformación de sistemas en tipos de redes estáticas, dinámicas e incluso aleatorias. Como es el caso de las analogías con las redes bioinspiradas consistentes en el movimiento de animales en grupos donde se parte de tres reglas fundamentales como sigue:

Reglas de los Boids de Reynold:

1. Evitar colisiones: evitar colisiones con los vecinos.
2. Coincidencia de velocidad: velocidad de coincidencia y dirección del movimiento con los vecinos.
3. Centrado de rebaños: quédese cerca de los vecinos.

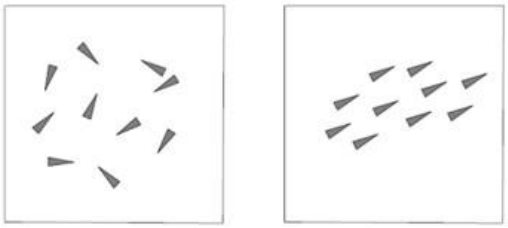


Fig. 7. Modelo de Reynolds [1]

Los modelos de consenso han sido también trasferidos a modelos de robótica móvil e incluso formaciones de sistemas de aeronaves no tripuladas con patrones de referencia en trayectorias y control de distancias entre cada uno de ellos, como se muestra en la figura 8, hasta incluso su proyección a sistemas satelitales o proyectos de agentes en múltiples campos de acción.

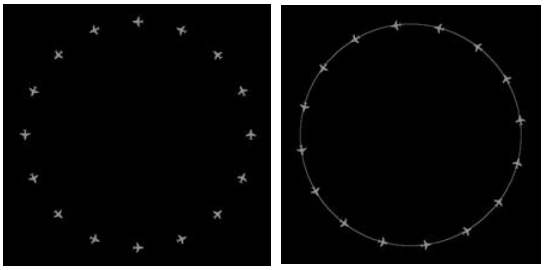
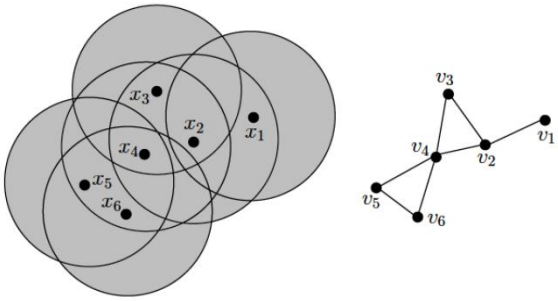


Fig. 8. Modelo de seguimiento de trayectoria de agentes UAV

El modelo de interacción basado en grafos parte de la premisa de identificar los actores del grafo *G*, como lo son los nodos $\mathcal{N}_i$ o vértices, junto con los respectivos enlaces *Ei*, con los que se compone la noción de red.

$$\mathcal{G} = \{V, E\}$$

A partir de esta relación se describe la composición de un grafo básico y se interpretan las relaciones de conectividad entre los nodos de una red, como se ejemplifica en la figura 9.



$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6\}$$

$$E = \{v_1v_2, v_2v_3, v_3v_4, v_4v_5, v_4v_6, v_5v_6\}$$

$$\mathcal{N}_3 = \{v_4, v_2\}$$

Fig. 9. Red de agentes con rango de sensores omnidireccionales. [1]

Posteriormente se definen tanto la matriz de grado donde se especifican los nodos del sistema.

$$\Delta(\mathcal{G}) = \begin{pmatrix} d(v_1) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & d(v_2) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & d(v_n) \end{pmatrix}$$

Y la matriz de adyacencia, correlacionando los enlaces de la red.

$$[A(\mathcal{G})]_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } v_iv_j \in E, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

Consecuentemente se requiere la determinación del Laplaciano del grafo, como resultado de la diferencia entre la matriz de grado y la de adyacencia.

$$L(\mathcal{G}) = \Delta(\mathcal{G}) - A(\mathcal{G}),$$

En razón a los comportamientos destacados en la red y a la necesidad de conectividad se constituye el protocolo de acuerdo, partiendo de las posiciones de lanzamiento de las condiciones iniciales.

$$\dot{x}_i(t) = \sum_{j \in N(i)} (x_j(t) - x_i(t)), \quad i = 1, \ldots, n,$$

Para llegar a la ecuacion de consenso del sistema, con las especificaciones de la topologia y la red final [20].

$$\dot{x}(t) = -L(\mathcal{G})\, x(t),$$

Con base en la ecuación de consenso se definen la rede multiagente con las distancias relativas entre los seis agentes o incluso más número de satélites como nodos del grafo requerido, en cada configuración de misión.

$$D = \{d_{ij} \in \mathbf{R} \mid d_{ij} > 0,\ i, j = 1, \ldots, n,\ i \neq j\},$$

$$\|\xi_i - \xi_j\| = d_{ij} \quad \text{for all } i, j = 1, \ldots, n,\ i \neq j.$$

Pasando de un punto de encuentro a un control de formacion por consenso, como lo ilustra la figura 10, con la diferencia de posiciones geometricas de la formación deseada.

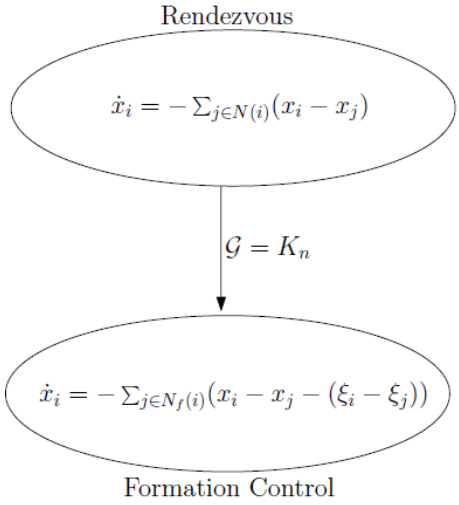


Fig. 10. Transición de consenso

II. METODO

Como parte del método planteado se recopila el trabajo desarrollado en el control on-off para mantener los satélites

dentro del límite superior, determinando la distancia máxima en el acceso a las comunicaciones de los satélites y en el límite inferior para evitar colisiones entre estos [2], mediante la activación y desactivación de los propulsores, con el control cíclico On-Off, minimizando su operación para la reducción del consumo de propelente [13].

Se toma el caso de controlar las distancias entre los satélites de la figura 11, referidos a la integración del sistema SAMSON, buscando el control de formaciones por arrastres diferenciales de cada satélite [14]. En este sentido para ejemplificar el sistema se parte de unas condiciones iniciales de seis satélites, que en el momento de su lanzamiento a la órbita, se posicionan en línea como lo ilustra la figura 12, con el brazo de la estación espacial internacional, eyectando uno a uno los satélites en la órbita calculada.

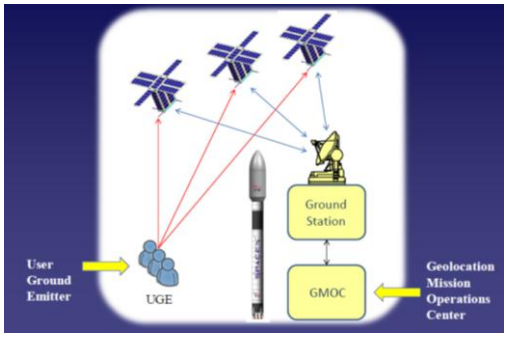


Fig. 11. Integración del sistema SAMSON[3]

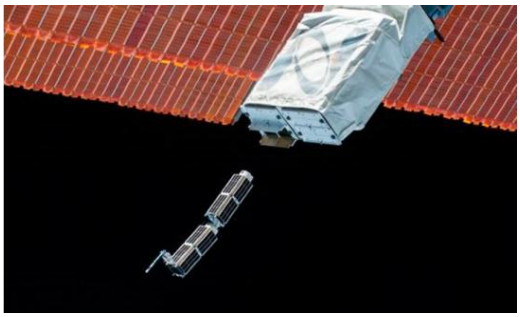


Fig 12. Lanzamiento de nanosatélites desde la Estación Espacial Internacional
Fuente: http://mapgroup.com.ua/images/Satelite/USA/MicroSatelite/Flock/12468114213.jpg

En segundo lugar se plantea la teoría de sistemas multiagente para las mediciones locales y las referencias a los sistemas vecinos u otros agentes del sistema distribuido [14], de tal manera que se busque el consenso entre agentes para la operación de sistemas [15], según una geometría de referencia como apoyo al control basado en potenciales [16].
En términos generales el método pretende realizar el análisis y demostración operativa del sistema para controlar el vuelo tipo clúster de seis Nano-satélites, para la minimización del consumo energético [17], analizando la configuración y topología de red del sistema multiagente.
Realizar el análisis y modelamiento del sistema no lineal, con sus respectivas representaciones de red [18], emular la configuración del sistema mediante el modelo basado en grafos y representar la operación del sistema mediante la simulación del modelo basado en grafos.

III. RESULTADOS

Los resultados del proceso de control parten de la descripción puntual del sistema de referencia de cada satélite, con las ecuaciones del movimiento para cada satélite se representan a continuación:

$$\dot{\mathbf{r}} = \mathbf{v}$$

$$\dot{\mathbf{v}} = -\frac{\mu}{r^3}\mathbf{r} + \mathbf{a}_p + \frac{T_0}{m}\mathbf{u}_{ECI}$$

De este modelo se puede extraer la interacción entre las variaciones de posición y velocidad, identificadas en cada satélite, como se representa con las variaciones del sistema, como lo muestra la figura 13.

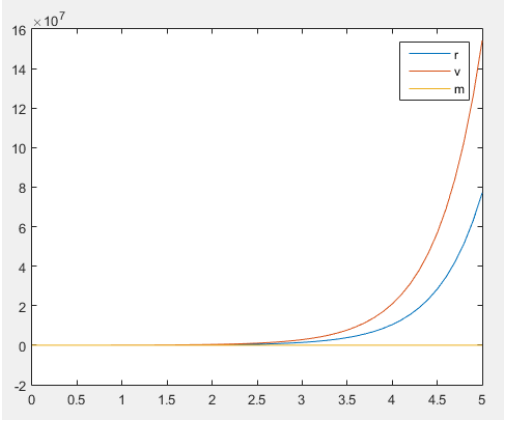


Fig. 13. Resultados del modelo generalizado simulado

De donde se puede observar la no linealidad del sistema y las variables de estado, las cuales incrementan su valor demostrando que se puede alejar de la posición de referencia dentro de los límites máximo y mínimo del clúster satelital.

Posterior a la definición del sistema por medio del análisis de estabilidad, se procede a la formulación de las condiciones iniciales del sistema, con lo cual se define la matriz de grado, con el número de enlaces por cada nodo en posición líneal y posteriormente con posición hexagonal hacia el borde de una circunferencia.

D =

1	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0
0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	2	0
0	0	0	0	0	1

De igual modo, se formula la matriz de adyacencia de los seis agentes en línea, y al término del consenso se conducen en una nueva configuración geométrica patrón.

A =

0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	1	0

Con estas matrices se define el Laplaciano del grado para condiciones iniciales y condiciones finales[1].

L =

1	-1	0	0	0	0
-1	2	-1	0	0	0
0	-1	2	-1	0	0
0	0	-1	2	-1	0
0	0	0	-1	2	-1
0	0	0	0	-1	1

Por otra parte la reconfiguración del grafo en su matriz de grado Dc, permite la conexión de cada agente con dos nodos, uno en cada extremo de la referencia final.

Dc =

2	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0
0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	2	0
0	0	0	0	0	2

Para el caso particular, la referencia de formación adiciona a la ecuación de consenso, la diferencia de posiciones del sistema de encuentro y geometría de la formación a la cual se desplazan cada uno de los agentes como consenso final, referidos en la matriz Ac de adyacencia final con los respectivos movimientos de cada satélite, desde la posición lineal a la geometría de consenso.

Ac =

0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	0

En terminos practicos los resultados se presentan a continuacion mediante la simulacion de las posiciones iniciales de los satelites, como lo muestra la figura 14, en alineacion de los agentes, posterior al lanzamiento de cada uno de los satelites en la orbita establecida, con los puntos iniciales

x(1) = 0; y(1) = 1;
x(2) = 1; y(2) = 1;
x(3) = 2; y(3) = 1;
x(4) = 3; y(4) = 1;
x(5) = 4; y(5) = 1;
x(6) = 5; y(6) = 1;

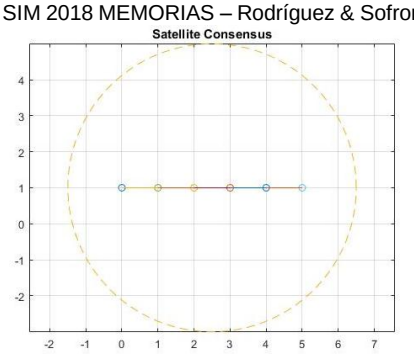


Fig. 14. Posiciones de llegada en el lanzamiento sobre la orbita

A continuación se inician las activaciones de los propulsores para cada satélite, buscando la generación de enlaces para mantener la conectividad, como se ilustra en la figura 15.

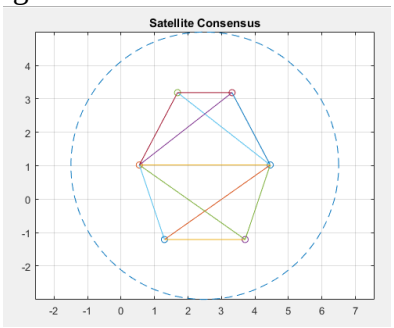


Fig. 15. Desplazamiento y generación de enlaces entre agentes

Posterior a la generacion de enlaces se desplazan los nodos hacia el posicionamiento de consenso como lo ilustra la figura 16, manteniendo la conexión del grafo definido.

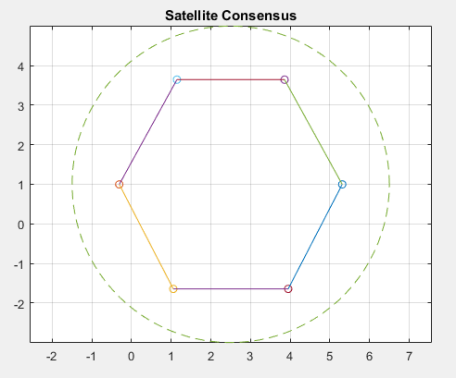


Figura 16. Geometría de referencia para el encuentro

Finalmente se alcanza el consenso de formación en la posición deseada, como lo muestra la figura 17, con la geometría descrita para los agentes satelitales en la órbita designada dentro del lanzamiento.

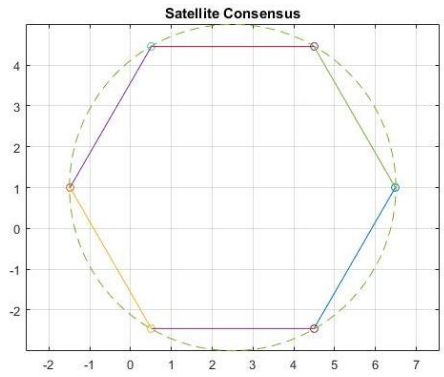


Fig. 17. Control de formación satelital

Al término del seguimiento de consenso se alcanzan las condiciones finales, referidas en el laplaciano del grafo Lc,

C =

-2.0000	0	0	4.0000	4.0000	6.0000
3.4641	0	6.9282	6.9282	0	3.4641

Lc =

2	-1	-1	0	0	0
-1	2	0	0	-1	0
-1	-1	2	-1	0	0
0	0	-1	2	0	-1
0	0	0	0	2	-1
0	0	0	-1	-1	2

Por último, en la figura 18, se presenta el estado final del consenso con la relación de errores por cada uno de los agentes para llegar a las condiciones finales del consenso.

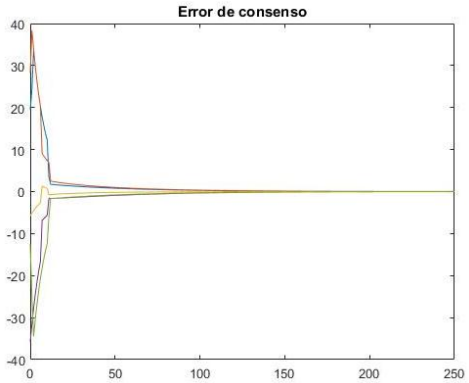


Fig. 18. Error de consenso

Con base en estas simulaciones se proyectan las configuraciones de no solo tres satélites como el sistema de referencia, sino más unidades satelitales como la

configuración de seis y más nodos interconectados para la red de comunicaciones requerida en diferentes tipos de misión.

IV. CONCLUSIONES

A través del análisis y modelamiento del sistema multiagente, se logró determinar el modelo de representación de la dinámica de cada satélite, demostrando el consenso hacia la formación de control de seis satélites, como referencia al sistema SAMSON de tres unidades satelitales, respecto a una geometría de misión con enlace de comunicaciones.

De igual modo se refirieron las condiciones no lineales de los sistemas satelitales de donde la ley de control cíclico On-Off, para la minimización de consumo, actúa en el momento de búsqueda de posición de los agentes, desde la ubicación de lanzamiento hasta el consenso geométrico del cluster satelital.

Se constató la generación de enlaces a partir del lanzamiento de los satélites en la órbita de permanencia, dentro de la cual se inician las activaciones conmutadas de los sistemas de propulsión de cada satélite, para avanzar en la interconectividad de los nodos, logrando así completar el marco de referencia deseado.

Finalmente se determinó el error de consenso al cual llega cada uno de los agentes, pasando desde las condiciones iniciales a la ecuación de consenso adicionada con la referencia geométrica final.

REFERENCIAS

[1] M. Mesbahi and M. Egerstedt, *Graph theoretic methods in multiagent networks*. 2010.

[2] H. Zhang and P. Gurfil, "Acta Astronautica Satellite cluster flight using on-off cyclic control $," *Acta Astronaut.*, vol. 106, pp. 1–12, 2015.

[3] P. Gurfil, J. Herscovitz, and M. Pariente, "SSC12-VII-2 The SAMSON Project – Cluster Flight and Geolocation with Three Autonomous Nano-satellites," 2014.

[4] T. June, "Attitude Control of Satellites in Clusters," no. June, 2005.

[5] J. Li, Y. Pan, and K. D. Kumar, "Formation Flying Control of Small Satellites," no. August, pp. 1–25, 2010.

[6] Y. Xincheng, Y. Ying, D. Zhisheng, and G. Zhiyong, "Parameter-Dependent Lyapunov Function Method Applied to Satellite Formation Keeping Control *," pp. 761–765, 2008.

[7] S. Han, Q. Gui, and J. Li, "Analysis of the connectivity and robustness of inter-satellite links in a constellation," *Sci. China Physics, Mech. Astron.*, vol. 54, no. 6, pp. 991–995, 2011.

[8] H. E. Espitia C., J. Varón V., and O. A. Romero V., "La teoria evolutiva como solucion al control de formacion," *Vis. Electron.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–5, 2015.

[9] E. Blasch *et al.*, "DISTRIBUTED QOS AWARENESS IN SATELLITE COMMUNICATION NETWORK WITH OPTIMAL ROUTING (Q u ASOR)," pp. 1–11, 2014.

[10] L. Mazal and P. Gurfil, "Acta Astronautica Closed-loop distance-keeping for long-term satellite cluster flight," *Acta Astronaut.*, vol. 94, no. 1, pp. 73–82, 2014.

[11] F. L. Lewis, H. Zhang, K. Hengster-Movric, and A. Das, *Cooperative Control of Multi-Agent Systems: Optimal and Adaptive Design Approaches*. 2014.

[12] L. Mazal and P. Gurfil, "Cluster Flight Algorithms for Disaggregated

Satellites," vol. 36, no. 1, 2013.
[13] D. Mishne, "Formation Control of Satellites Subject to Drag Variations and J 2 Perturbations," vol. 27, no. 4, 2004.
[14] S. F. Unit, S. T. Kit, and I. Introduction, "Differential Drag as a Means of Spacecraft Formation Control," vol. 47, no. 2, 2011.
[15] P. Gurfil, "Relative Motion Between Elliptic Orbits : Generalized Boundedness Conditions and Optimal Formationkeeping," vol. 28, no. 4, 2005.
[16] F. L. Janssens and J. C. Van Der Ha, "Acta Astronautica On the stability of spinning satellites $," *Acta Astronaut.*, vol. 68, no. 7–8, pp. 778–789, 2011.
[17] E. Edlerman and I. Kronhaus, "ANALYSIS OF ELECTRIC PROPULSION CAPABILITIES IN ESTABLISHMENT AND," 2016.
[18] F. Alvenes, "Satellite Attitude Control System," 2012.
[19] B. Zhangl, Y. Yunl, N. Poly, and H. Kong, "Cluster Flight Algorithms for Distributed Satellite based on Cyclic Pursuit," pp. 2–6, 2014.
[20] a Bemporad, W. P. M. H. Heemels, and M. Johansson, *Networked Control Systems*, vol. 406. 2010.

GENERALIDAD ACERCA DEL USO DE LAS PRÁCTICAS ESTÁNDAR EN EL MANTENIMIENTO AERONÁUTICO

Técnico Jefe (RA) José Miguel Atehortúa Arenas*
**Técnico Jefe (RA) Tecnólogo en Mantenimiento Aeronáutico, Especialista en Estructuras Aeronáuticas Asesor Estructuras Aeronáuticas asignado al Comando de Apoyo a la Fuerza en el Área de Ingeniería. Bogotá*
champyjm@gmail.com; jose.atehortua@fac.mil.co

Resumen

El propósito de este artículo es ayudar al personal de mantenimiento principalmente, para que obtengan una guía de como las Practicas Estándar producen resultados que benefician el mantenimiento aeronáutico en comparación con su desconocimiento y falta de aplicación. La manera de cumplir con el propósito formulado se plantea a partir de la información obtenida en diferentes actividades de mantenimiento no condicionado y de mantenimiento programado, con énfasis en trabajos del sistema estructural a un grupo amplio de aeronaves en un espectro por arriba y debajo de 5700 kilogramos, es decir, se tuvo en cuenta aeronaves de diferentes tamaños. En esos mantenimientos se identificaron un número de tareas deficientes "malas prácticas" y otro número de tareas acertadas "buenas practicas" que son ejemplos que se muestran en el artículo. Con el objeto de mejorar en la calidad del trabajo y garantizar la seguridad para operación de las aeronaves se ha desarrollado una estrategia de adiestramiento técnico en el contexto de varios escenarios que tengan como afines la aeronáutica y la aviación; conocimiento que se brinda por medio de visualizar errores de mantenimiento y compararlos con buenas prácticas permitiendo la reflexión, mostrando al interesado la necesidad de que conozca y aplique las prácticas de mantenimiento como un estándar que redunde en la mejora continua de su trabajo y en la diferenciación de su labor.

Palabras clave: Adiestramiento Técnico; Estrategia; Práctica; Estándar.

I. INTRODUCCIÓN

Partiendo del hecho de que los Ingenieros y Técnicos Aeronáuticos, reciben información técnica constante de las autoridades reguladoras, de los fabricantes, de los mantenedores y de otros operadores permitiendo al tenedor de una aeronave desarrollar sus actividades de mantenimiento a partir información técnica confiable. Esta información que sirve de consulta para hacer de las aeronaves equipos confiables es una guía dinámica cuya responsabilidad de actualización es del operador, una información que está en constante actualización y por consiguiente requiere de la verificación de última versión al momento de realizar una tarea determinada. La información es consignada en textos escritos y/o digitales y viene estructurada por secciones o capítulos para facilitar su consulta.

La información técnica para realizar el mantenimiento aeronáutico consigna un sinnúmero de prácticas estándar que son procedimientos, normas y modelos básicos que se han unificado y acogido por las autoridades reguladoras, fabricantes, mantenedores y operadores para la realización de cualquier trabajo de mantenimiento en aeronaves, otros

sistemas y productos aeronáuticos. Con el objeto de mejorar en la calidad del trabajo y garantizar la seguridad para operación de las aeronaves. Las Practicas Estándar cubren procedimientos para todos los sistemas de la aeronave y están dispuestos para tareas de desarme, inspección, reparación, ensamble, pintura, conexión de líneas, etc. que el personal certificado utiliza al realizar una labor de mantenimiento.[1]

¿Qué es Estándar? Conjunto de definiciones y pautas técnicas, o simplemente como instrucciones de "cómo hacerlo" para diseñadores, fabricantes y usuarios. El estándar sirve como modelo, norma, patrón o referencia en un lenguaje común para definir la calidad y establecer criterios de seguridad para un producto determinado, en este caso el mantenimiento aeronáutico. [2]

Las prácticas estándar están consignadas en una variedad de documentos técnicos del fabricante como secciones especificas definidas, como por ejemplo en: Standard Overhaul Practices Manual (SOPM), Overhaul Manual (OHM), Standard Wiring Practices Manual (SWPM), Engine Maintenance Manual (EMM), Aircraft Maintenance Manual (AMM), Component Maintenance Manual (CMM); también están disponibles en libros y especificaciones de las autoridades reguladoras como procedimientos recomendados y aprobados que son publicados en un solo manual para evitar duplicar información, por ejemplo en Circulares de Asesoramiento de la Administración Federal de Aviación (FAA por sus siglas en ingles) de los Estados Unidos, como métodos, técnicas y prácticas aceptables para inspección y reparación de aeronaves civiles, aplicables bajo ciertas condiciones del marco regulatorio FAR 43 parte 43.13 (a). [3,4]

Muchas otras son definidas por el fabricante, los operadores y/o los mantenedores a partir de sus procesos internos, basados en experiencias reales bajo condiciones exactas y variadas de mantenimiento y operación.

De otro lado, tenemos el recurso humano que es quien consulta los datos técnicos consignados, un recurso que debe estar altamente capacitado, calificado y certificado para realizar las labores de mantenimiento; este recurso a mi parecer, es el eslabón más importante de la cadena del mantenimiento, es el quien identifica, valora, clasifica y con su criterio basado en una normatividad, determina cual es la acción correcta o de qué manera abordar un trabajo.

En contexto, podemos observar que existe y está disponible una gran cantidad de información técnica para consulta, es decir el *"qué hacer"* y el *"cómo hacer"*, que ingenieros y técnicos involucrados en el mantenimiento aeronáutico tienen la obligatoriedad de seguir; luego, las preguntas que se plantean son: *¿cómo se realiza una misma tarea de mantenimiento a diferentes aeronaves una con "malas prácticas y en otras con "buenas prácticas"?, ¿es acaso que el recurso humano desconoce lo esencial del cumplimiento de las prácticas estándar?, ¿es que la formación o el adiestramiento del recurso humano debe profundizar en prácticas estándar de mantenimiento?...*

Mediante un análisis simple de información recolectada durante varios años, intentamos obtener respuestas para los interrogantes planteados, de tal manera que sirva de modelo crítico constructivo en nuestras labores aeronáuticas.

II. METODOS Y RESULTADOS

La recolección de datos para su análisis consistió en el manejo de una muestra de

los reportes de mantenimiento cualitativos y cuantitativos obtenidos a partir de la valoración en campo de algo más de 2900 reportes. Se revisaron registros de mantenimiento en 20 aeronaves con la observación de los registros consignados en los reportes de daño exigidos para cada aeronave, logrando seleccionar un total de 301 reportes con registro fotográfico de malas prácticas; estos registros se agruparon de tal manera que la selección cumpliera con la ejecución de una misma tarea en diferentes aeronaves, es decir estableciendo un parámetro de selección que cumpliera, por ejemplo, con tareas de aplicación de sellantes, limpieza de aeronave, corrosión, etc., el conteo se realizó de manera simple mediante el filtro en formato Excel de la totalidad de los reportes objeto del estudio.

El registro fotográfico que permite visualizar las deficiencias, es posible debido al banco fílmico de reportes de mantenimiento estructural, específicamente, obtenido por más de 5 años iniciados desde el año 2014. El manejo de los datos tiene como propósito la comprobación en una porción de la realidad, de una o algunas consecuencias verificables deducidas de las preguntas planteadas en el artículo en lo que respecta al cumplimiento o no de las prácticas estándar.

En la tabla 1 se relacionan las *"malas prácticas"* que se identificaron como las más recurrentes en la ejecución del mantenimiento estructural; en esta tabla, se citan los aspectos específicos más relevantes tenidos en cuenta como comunes en las deficiencias halladas para cada trabajo de mantenimiento.

Tabla 1. Resumen de "malas prácticas" identificadas en el mantenimiento estructural

Orden	Descripcion	# De Reportes	Visualizacion
1	Control y Prevención de la Corrosión	48	Figura 1
	▪ No hacer la prevención a tiempo, dejar que el daño progrese a estados críticos de deterioro. ▪ Realizar procedimiento de remoción de la corrosión desconociendo el estándar o límites permitidos.		
2	Selección y uso de productos químicos	45	Figura 2
	▪ Utilización de productos no permitidos por los fabricantes o no regulados por la organización. ▪ Mala utilización del producto, empleo para fines diferentes.		
3	Reparaciones estructura metálica	42	Figura 3
	▪ Reparaciones sin cumplimiento de condiciones técnicas. ▪ No categorizar las reparaciones.		
4	Limpieza de las aeronaves	40	Figura 4
	▪ Dedicación exclusiva al exterior de la aeronave, descuidando el interior de la estructura. ▪ No observar las precauciones como revisar drenajes por obstrucción. ▪ No realizar el lavado con los productos establecidos.		
5	Aplicación de recubrimientos orgánicos	25	Figura 5
	▪ No realizar una preparación adecuada de la superficie ▪ No conservar los espesores de pintura requeridos y de manera uniforme según la norma seleccionada. ▪ Combinar productos de diferentes fabricantes. ▪ Defectos de pintura como piel de naranja, chorreado y falta de adherencia.		
6	Aplicación de sellantes	22	Figura 6
	▪ Utilización del mismo sellante para todas las aplicaciones. ▪ Emplear productos no recomendados en reemplazo de los sellantes. ▪ Usar el sellante para ocultar daños estructurales ocasionados ▪ Aplicación inapropiada de producto. ▪ Preparación inapropiada del producto		
7	Lubricación y engrase de componentes	20	Figura7
	▪ No utilizar el equipo de engrase apropiado ▪ No reemplazar puntos de engrase defectuosos ▪ No lubricar las partes expuestas según lo establecido por el fabricante. ▪ No proteger la estructura con componentes desplazadores de humedad en la recurrencia establecida por el fabricante.		
8	Balance de superficies de control de vuelo	20	Figura 8
	▪ No realizar el rebalanceo de superficies de control de vuelo, que es requerido cuando se realizan trabajos de repintado o reparaciones estructurales.		
9	Selección e instalación de hardware	10	Figura 9
	▪ Instalación de hardware intercambiable o alterno desconociendo propiedades físicas y mecánicas que son requeridas. ▪ Reutilización de quincallería que debe ser desechada.		
10	Reparaciones estructura compuesta	13	Figura 10
	▪ No observar las condiciones de limpieza y aislamientos necesarios para trabajar el material compuesto. ▪ Utilizar productos no recomendados por los fabricantes. ▪ No contar con la información suficiente para realizar la reparación.		
11	Mantenimiento de botas deshieladoras	8	Figura 11
	▪ Utilizar los pegados de botas deshieladoras sin la preparación de la zona de adherencia. ▪ Utilizar productos de sellado no recomendados ▪ Realizar reparaciones con productos y procedimientos no regulados		
12	Remoción de componentes estructurales	8	Figura 12
	▪ Utilizar procedimientos no establecidos ▪ No observar el cuidado de no dañar la estructura adyacente o que no se tiene a la vista. ▪ Empleo de herramienta inapropiada.		

2.1 Registro fotográfico



Figura 1. Deficiencias en el Control y Prevención de la Corrosión, estados de corrosión severa.



Figura 2. Mala selección y uso de productos químicos no autorizados o no regulados.

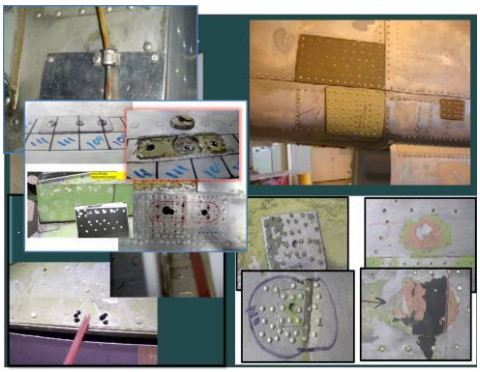


Figura 3. Malas reparaciones estructurales, daño por perforación de agujeros.



Figura 4. Deficiencias en la limpieza de las aeronaves. Acumulación de suciedad, obstrucción.



Figura 5. Deficiencias en la aplicación de recubrimientos orgánicos. Preparación de superficie.

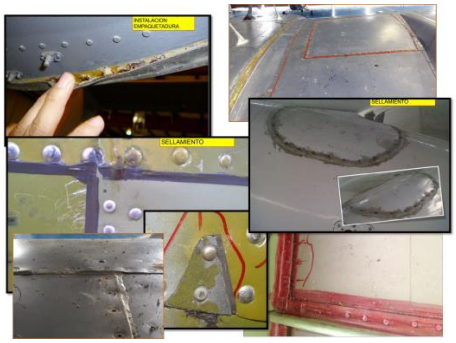


Figura 6. Deficiencias en uso y aplicación de sellantes aeronáuticos. Mala aplicación o selección.

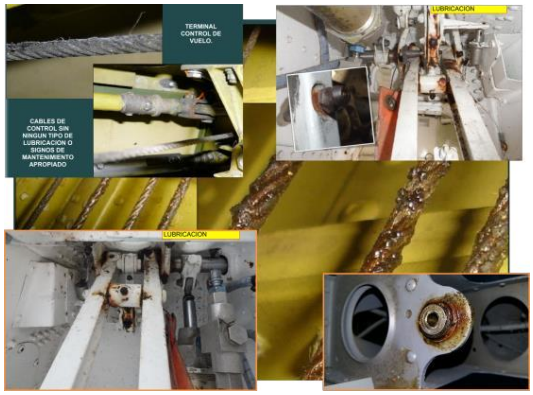


Figura 7. Deficiencias en la lubricación estructura. No aplicación desplazadores de humedad.

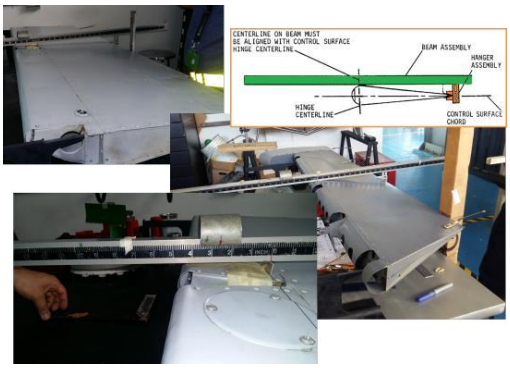


Figura 8. Deficiencias el balanceo de superficies de control de vuelo.



Figura 9. Mala selección y utilización de la quincallería para asegurar componentes estructurales.



Figura 10. Deficiencias en el mantenimiento y reparación de estructura compuesta.



Figura 11. Deficiencias en el mantenimiento de botas deshieladoras, utilización de productos y métodos de reparación no autorizados.



Figura 12. Remoción inapropiada de componentes estructurales, utilización de procedimientos no establecidos.

2.2 Resultados

De los reportes se encontró como "malas prácticas" identificados en el mantenimiento estructural, se evidenció que de los 301 reportes, el 83% de ellos se concentran en actividades que impactan la conservación de las aeronaves debido al deterioro estructural que conllevan las deficiencias en el control y prevención de la corrosión (16%), la inapropiada selección y uso de productos químicos (15%), las reparaciones estructurales sin cumplimento de requisitos técnicos (14%), el mal lavado y la limpieza de las aeronaves (13%), la falta de lubricación, engrase y aplicación de desplazadores de humedad (7%), las deficiencias en la preparación de superficies y aplicación de recubrimientos orgánicos (8%), las deficiencias en la aplicación de sellantes (7%) y las deficiencias en el mantenimiento de las botas deshieladoras (3%).

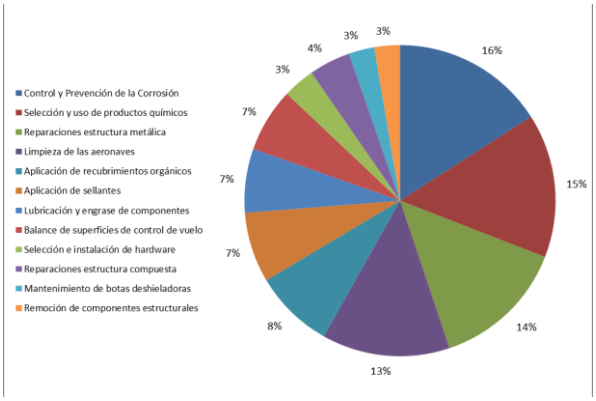


Grafico 1. Representación por peso de los reportes con deficiencia en su ejecución.

Con estos resultados mostrados, muy seguramente la economía de las compañías se ve afectada por el cumplimiento de reparaciones mayores no planeadas, generando el reemplazo de componentes estructurales para la corrección de las discrepancias estructurales en el mantenimiento y por el incremento de los tiempos de parada de las aeronaves. Queda

expuesto, que todas esas deficiencias señaladas obedecen a "malas prácticas" de mantenimiento que pudieron ser evitadas si el personal que realizó cada uno de los trabajos, hubiese seguido correctamente las instrucciones descritas en el "modo de hacer" de las practicas estándar correspondientes.

III. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El recurso humano como responsable de hacer uso de las instrucciones de mantenimiento el *"modo de hacer"*, manifestó en la mayoría de los casos falta de preparación en su formación sobre prácticas estándar de mantenimiento, muchos técnicos con experiencia concluyeron en afirmar que las capacitaciones recurrentes se han limitado a repetir la misma información desde años atrás como si no hubiese, o no fuera necesario, una actualización real del conocimiento; dentro de esas capacitaciones no se abordan muchas de las practicas necesarias en su trabajo, también coincide la mayoría en que las instrucciones del *"qué hacer"* son entregadas para realizar el trabajo, pero poca veces "el cómo" no es interpretado quedando a criterio de quien cumple la labor.

Lo dicho, en cuanto a capacitación recibida, que pretende no ser completa para muchos técnicos, puede resultar en una contradicción cuestionable, si observamos que tareas similares fueron conducidas por otros técnicos con *"buenas prácticas"* siguiendo los lineamientos establecidos y no a criterio de quien cumple la labor. Ahora bien en esa paradoja cual es la respuesta para que no se hagan bien los trabajos, *¿Existen buenos y malos técnicos de mantenimiento?*...una reflexión que vale la pena hacer.

En conclusión, lo que está claro es que existe abundante información y que está disponible para realizar un trabajo correcto, que la capacitación debe ser dinámica y entregarse de forma recurrente al personal de mantenimiento, pero haciendo énfasis en el *"cómo hacer"* y en el *"modo de hacer"* más que en el *"qué hacer"*, que los trabajos siempre deben hacerse fundados en los lineamientos establecidos técnicamente y no por capricho o con un mal criterio, recordemos la premisa de que *"se hace lo que está escrito y se escribe lo que se hace"*.

Queda también abierta la posibilidad de mejorar las practicas con base en la experiencia, todos podemos crear prácticas estándar basadas en la forma de realizar una tarea de mantenimiento, soportados en la experiencia del "modo de hacer", la cuestión aquí es la normalización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] https://www.josemiguelatehortua.com/practicas-estandar/, página web de libre acceso.
[2] http://dle.rae.es/, Real Academia Española, definición de estándar.
[3] https://www.faa.gov/, AC43.13-2B, AFS-300, Acceptable Methods, Techniques, and Practices - Aircraft Alterations (03-03-2008).
[4] https://www.faa.gov/, AC43-12A, AFS-340, Preventive Maintenance, (10-28-1983)

DESEMPEÑO ESTÁTICO DEL PLANO ALAR CALIMA T90C

Sonia Ruth Rincón Urbina [1], Cesar Augusto Rodríguez Adaime[2]*
[1] MPhil Manufactura Aeroespacial, Universidad de Cranfield-UK; Especialista Logística Aeronáutica; Ingeniera Metalúrgica; Jefe Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales CITAE; Jefatura de Educación Aeronáutica JEA – Colombia
[2] Doctor en Ingeniería; Ingeniero de Materiales; CEO Structural Synergy SAS; Director I+D+i Grupo GISS categoría "C"; Docente HC de la Pontificia Universidad Javeriana-Cali – Colombia
* sonitorincon@hotmail.com

Resumen

Se presentan los resultados obtenidos en el estudio de cargas estáticas positivas que puede resistir la aeronave Calima T90D, verificando su desempeño, de acuerdo con la normativa FAR 23 categoría "normal", y según las especificaciones de operación. Para ello, se diseñó y construyó un módulo de ensayos estático de tipo modular (≤20Tn), de tres pórticos que, mediante un sistema de cuerdas y un actuador hidráulico, llevan la carga a un Whiffletree que la distribuye a seis (6) cunas sobre la aeronave. Las cargas aplicadas determinan con éxito: la carga ´límite", a un factor de 3,91; la carga "última", a 1,5 veces la carga "límite"; y la carga de falla a un factor de 1,0286 de la carga última. Se alcanzó una carga equivalente a 4,05 gravedades, con el funcionamiento de las superficies de control; la carga última alcanzada fue de 6,075 G, sin daños visibles aparentes (inspectores del SECAD y del CAMAN); finalmente, la rotura se presentó a 6,3 gravedades en una zona de la viga central. La rotura se concentró en una zona previsible sin fallas adicionales en el resto del plano. Primer paso para muchos estudios que se podrán adelantar con el análisis de la información recolectada.

Palabras clave: Sustentación; Distribución de sustentación, Resistencia estructural, Full-Scale Testing; Whiffletree.

I. INTRODUCCIÓN

En el proyecto de I+D+i *"Diseño e implementación de la prueba estática del plano alar del Calima T90"*, se diseñó y construyó un módulo de ensayos estáticos a escala completa para la aeronave Calima T90D, con capacidad de pruebas de aeronaves de 1,7m de raíz de plano y 20 toneladas de carga. Se determinó el comportamiento del plano alar en tres etapas de ensayo ante diferentes variaciones de rampas de carga que permitieron recopilar de un alto número de datos implementando un solo espécimen de prueba para carga límite, última y de falla. Esta recopilación de datos se puede usar como insumo para diseñar una rampa específica con las restricciones que se desean para un análisis requerido del componente estructural. La prueba empleó un sistema de control que utilizaba las rutinas del protocolo de ensayo pre-establecidas, lo que permitía retirar los equipos para evitar datos falsos. Mediante un sistema de control y sistemas de adquisición, se registraron la carga, la deflexión máxima absoluta en la punta del plano alar y deformaciones de las vigas principales con strain gages. Las inspecciones no destructivas empleadas por el personal de inspectores del SECAD y el CAMAN fueron inspección visual remota con videoscopos, tap testing, entre otros equipos, con el objeto de monitorear en tiempo real la integridad del componente durante la prueba.

Ícaro se vuela en tierra, fue la frase icónica después de demostrar con éxito los resultados de la prueba estática del Calima T90C. Este proyecto de I+D+i constituye un paso en la garantía de la aeronavegabilidad del T90, consiste en

analizar y prever las posibles fallas que se pueden presentar durante su utilización. El banco de pruebas del plano Calima T-90 fue desarrollado para ayudar a identificar las fallas estructurales y funcionales que pueda llegar a presentar el plano alar de la aeronave frente a las cargas directamente asociadas a las condiciones de la evolvente de vuelo, de acuerdo con acuerdo con la normativa Title 14 CFR Part 23 – Estándares de aeronavegabilidad: Aeroplanos de categoría Normal, Utilitario, Acrobático y Conmutado; §23.301.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El módulo de ensayos se puede desensamblar y ensamblar rápidamente mediante la identificación de sus partes o módulos. Posee una base corrediza para fácil adaptación a las características de longitud del elemento de prueba. Esta estructura está compuesta de una estructura base (soporte de los pórticos); un pórtico posterior (soporte del plano alar, con capacidades para ensayos dinámicos); un pórtico intermedio (con un sistema de adquisición de carga); un pórtico de carga (con un actuador hidráulico y un sistema de distribución de cargas o Whiffletree). El montaje del sistema se muestra en la Figura 1.

El ensayo empleó el plano derecho de la aeronave, al cual se le realizó doble apoyo del fuselaje para hallar las reacciones que por estática permiten analizar el plano completo de la aeronave por superposición.





Figura 1. Módulo de ensayos estructurales

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1 Cargas

Existen estudios para la identificación del coeficiente de sustentación que incluyen las teorías de elevación, capa límite, líneas de presión, etc., en donde se incluyen consideraciones de la superficie alar (S), densidad del medio (p), velocidad del fluido (V) y sustentación (L), así como longitud de cuerda (C), ángulo de ataque (Θ), momento (M), entre otros [1], [2], [3] y [4]. Algunos de estos, son: la teoría de alas largas de Prandtl [1], métodos analíticos aproximados [2], métodos analíticos considerados exactos [3], entre otros, que difieren en la línea media de presión por su circulación de aire, ya que no se puede tener un fluido constante de aire a través de la superficie alar (perfíl), por la variación de presiones a su alrededor que cambian en función de la velocidad; la turbulencia resultante también tiene influencia en los resultados, y las corrientes parásitas o Arrastre de perfil se crean por la

fricción del objeto moviéndose por el aire [4].

La sustentación es resultado de la diferencia de presiones generadas en una aeronave en vuelo que ejerce el aire sobre el intradós con fuerzas hacia arriba y el extradós hacia abajo [4], [5].

Las distribuciones de presiones se presentan sobre perfiles con el fin de generar fuerzas que superen el equilibrio de magnitudes entre el extradós y el intradós, siendo definidas por el ángulo de ataque y la velocidad de incidencia del aire; favoreciendo la sustentación el incremento de presiones sobre el intradós frente al extradós. Sin embargo, el centro de presión como punto donde se puede aplicar la fuerza varía en función de la simetría del perfil y del ángulo de ataque.

En este estudio fueron comparados dos métodos para el cálculo de la sustentación distribuida sobre media envergadura del plano alar y dos métodos para evaluar el Coeficiente de Sustentación Global CL, los cuales se realizaron para la misma aeronave objeto. Los resultados permiten validar el proceso de ingeniería y de ingeniería inversa.

Proceso de ingeniería: mediante un método para el cálculo de la carga en la que una zona determinada del plano alar es sometida y según un criterio preestablecido, se escoge el método para el diseño de los componentes del mismo.

Ingeniería inversa: se selecciona el método más conservativo, de rápida y fácil implementación, a partir de los datos de entrada (geométricos, velocidades). Dicho método, avalado por la FAA, es el empleado para el cálculo las cargas de componentes para conocer los materiales y factores de seguridad asociados al diseño desconocido.

Se emplearon los datos relevantes de la aeronave en el cálculo de la distribución de sustentación sobre media envergadura. El cálculo de CL se realizó mediante un método analítico (cálculo mediante la teoría de alas largas de Prandtl) para el cual se requería conocer la pendiente de la curva polar del coeficiente de sustentación con respecto al ángulo de ataque para el perfil aerodinámico NASA/LANGLEY NLF (1)-0215F.

Seguidamente, se empleó el CL hallado por medio del método analítico para evaluar la diferencia de la carga de sustentación distribuida al emplear los métodos Schrenk's NACA TM 948 y NACA TR585, para el caso de carga límite n = 4,05. Cada método presenta desarrollos por medio de tablas donde sus datos se computan con operaciones aritméticas entre factores y los datos geométricos del plano alar. Finalmente, se realiza la comparación entre la sustentación total que se obtiene al sumar la distribución calculada con estos métodos y la sustentación calculada analíticamente de diseño para conocer el más conservativo para diseño de cargas, y la diferencia porcentual entre la sustentación total hallada con el método Schrenk's NACA TM 948 y el método NACA TR585.

La fuerza de sustentación L se calculó implementando la Ec. 1 en términos de la densidad del fluido ρ_∞, la velocidad de la aeronave υ_∞, la superficie alar S y el coeficiente aerodinámico CL [1].

$$L = \frac{1}{2}\rho_\infty v_\infty^2 S C_L \qquad (Ec.\,1)$$

Las aeronaves generan la sustentación requerida para mantenerse en vuelo y contrarrestar así su propio peso. En vuelo uniforme nivelado, la magnitud de la sustentación es igual al peso de la aeronave. La relación entre el peso y la sustentación se muestra en la Ec. 2, donde

el factor de carga n varía entre dos valores máximos, negativo y positivo, dependiendo de la maniobra realizada, donde la aeronave deja de generar sustentación.

$$n = \frac{L}{W} \qquad (Ec. 2)$$

Estos valores máximos son regulados principalmente por la Administración Federal de Aviación de Estados Unidos - FAA, específicamente en la norma FAR 23.337 de acuerdo con la categoría de cada aeronave.

En la Tabla 1 se muestran los datos de la aeronave Calima T90, a la cual se le calculó la distribución de sustentación sobre media envergadura.

Tabla 1. Valores relevantes de la aeronave

Categoría de la aeronave:	Normal
Factor de carga limite, n (positivo)	4,05
Velocidad crítica de la aeronave, V_D	388,92 km/h
Densidad del aire, ρ_∞ @3000m@293k 0	,909 Kg/m^3
Superficie alar, S	8,83 m
Alargamiento	8,53
Envergadura, b	8,68 m
Cuerda media aerodinámica, $\bar{C}$	1,06 m
Peso de la aeronave, W	10153 N

Fuente: Adaptado de [8].

En la Tabla 2 se muestran las mediciones de la cuerda a diferentes estaciones desde la raíz del plano alar.

Tabla 2. Longitud de cuerda estaciones dadas

Estación	Y (mm)	Cuerda (mm)
1	0	1260
2	610	1250
3	631	1220
4	646	1215
5	2770	1010
6	2780	1016
7	3980	681
8	3990	651
9	4090	601
10	4150	556
11	4210	502
12	4260	446
13	4310	367
14	4340	265

2.2 Alas largas de Prandtl - Método analítico

Con base en los criterios de [1], el plano alar se compone de un único perfíl aerodinámico con geometría elíptica sin torsión geométrica, el cual tiene una curva de sustentación en función del ángulo de ataque de la cuerda en la raíz, donde el coeficiente de sustentación del plano se halla con la Ec. 4, -donde CL0 es el coeficiente de sustentación del plano para un ángulo de ataque cero y C_(L∝) se expresa en términos de la pendiente de sustentación del perfil aerodinámico, según [6]-.

$$C_L = C_{L\propto} + C_{L0} \qquad (Ec. 4)$$

Donde:

$$C_{L\propto} = \frac{dC_L}{d\propto} = \frac{C_{l\propto}}{1 + \frac{C_{l\propto}}{\pi \Lambda}} \qquad (Ec. 4A)$$

En una sección del plano, la sustentación se halla con la Ec. 5, donde C es la longitud de la cuerda correspondiente.

$$l = \tfrac{1}{2}\rho_\infty v_\infty^2 C C_l \qquad (Ec. 5)$$

2.3 Curvas de distribución CL

La carga de sustentación distribuida se encuentra en función del coeficiente de sustentación local cl que actúa en cada sección del plano de la aeronave. Esta distribución se calculó implementando dos métodos de manera comparativa:

- Método I: Schrenk's NACA TM 948 (Aproximación), [2]
- Método II: NACA TR585 (Exacto), [3]

Los dos métodos emplean la Ec. 5 con coeficientes propios y de manera diferente para distribuir el Coeficiente de

Sustentación global CL, obteniendo el Coeficiente de Sustentación distribuida cl sobre la envergadura del plano alar para implementar en la Ec. 6 con la cual se determina la sustentación distribuida l. Combinando Ec. 1 y 2, se despeja el CL obteniendo la Ec. 6.

$$CL_{Wing\ Global} = \left(\frac{2*n*W}{\rho*V_D^2*S}\right)\ (Adimensional)\ (Ec.6)$$

El **Método I** toma la sustentación real como un promedio entre una distribución determinada por la forma del plano, de acuerdo con el ángulo de ataque de cada sección; y una distribución independiente de la forma del plano en función de una distribución elíptica en un monoplano, con velocidad inducida constante a corriente descendente y mínimo drag inducido. Este método emplea sumatorias de Fourier sobre los datos geométricos del ala.

Con el **Método II** se determina la distribución para alas taperadas cuyo flap se encuentra en una zona parcial de la envergadura (ya sea en el centro o en la punta) empleando tablas con valores establecidos. Esta se compone de dos partes: una distribución adicional de sustentación, debido a un ángulo de ataque del plano como conjunto; y otra de cero distribuciones de sustentación, debido a los flaps.

Los valores empleados para los Métodos I y II se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores empleados

CONSTANTES								
N	m (kg)	W (N)	ρ (Kg/ m^3)	V (Km/ h)	S m^2	λ	b_W (m)	b_f (m)
4,05	1043,26	10234,38	0,909	388,92	8,8337	0,54	8,639	4,312

VARIABLES				
L (N)	q (N/mm^2)	C_L	A	b_f/b_W
41449,24	0,00530456	0,88	8,44	0,49

El Método I toma la sustentación real como un promedio entre: la distribución determinada por la forma del plano, de acuerdo con el ángulo de ataque de cada sección; y una distribución independiente de la forma del plano en función de una distribución elíptica en un monoplano, con velocidad inducida constante a corriente descendente y mínimo *drag* inducido. Este método emplea sumatorias de *Fourier* sobre los datos geométricos del ala.

Con el Método II se determina la distribución para alas taperadas, cuyo *flap* se encuentra en una zona parcial de la envergadura, ya sea en el centro o en la punta, empleando tablas con valores establecidos. Esta se compone de dos partes: una distribución adicional de sustentación, debido a un ángulo de ataque del plano como conjunto; y otra de cero distribuciones de sustentación debido a los *flaps*.

Se realizó el cálculo de la sustentación distribuida l para 11 estaciones (secciones definidas sobre la envergadura del plano alar) y se compararon los resultados obtenidos con cada Método. Se empleó la Ec. 2 para calcular la carga de sustentación de diseño del plano alar L para un caso de vuelo nivelado (n = 1), un factor de carga límite (n = 4,05) y se calculó el porcentaje en que cada método se encuentra con respecto a ella y en cuánto porcentaje está el Método I con respecto al Método II para los coeficientes hallados. Finalmente, en la Figura 2 se muestra la distribución de sustentación hallada con ambos métodos para medio plano alar (media sustentación total de la aeronave), donde se evidencia que los valores calculados con el Método I son mayores a los calculados con el Método II.

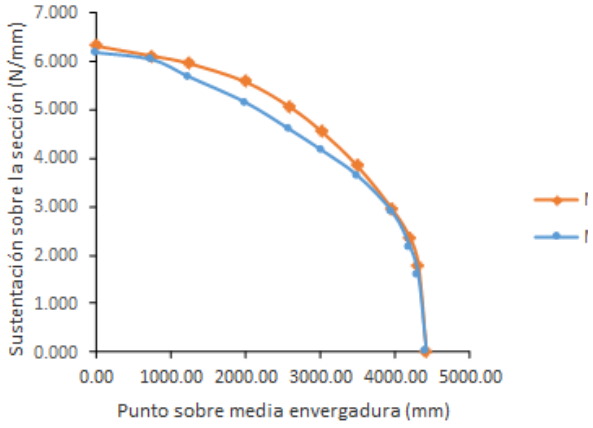


Figura 2. Sustentación distribuida en medio plano alar

Como se pudo observar en la Figura 2, la aproximación de *Schrenk* (Método I) es más conservativa que el método NACA TR585 (Método II) para efectos de diseño, ya que el plano se supone a una carga de sustentación distribuida mayor. La aproximación de *Schrenk* resulta exacta para planos alares cuya forma en planta sea aproximada a una elipse, tengan una relación de aspecto (A) entre 5 - 12. Este método se encuentra explicado en la referencia [7] para su realización a través de tablas cuyas columnas se computan con operaciones aritméticas entre los datos de entrada de la aeronave, para medio plano alar.

2.4 Curvas de distribución CL

Una vez realizada la prueba se obtendrán datos de cargas, deflexiones y deformaciones, para las condiciones de categoría de "normal" acorde a la FAR 23 como límite, última y de falla; con la intención de establecer la validez del diseño de los componentes estructurales en el plano alar tales como las vigas, costillas, uniones y el plano alar, y de esa manera poder garantizar la confiabilidad de la aeronave acorde a [9].

La prueba estática del Plano Alar se realiza por etapas registrando la información en cada una de ellas, lo que permitirá concluir en el mismo sentido. Las etapas de la prueba son:

a) Ensayo a carga límite, N = 4.05
b) Ensayo a carga última, N = 6.075
c) Ensayo a carga de falla, N = 7.89
d) Ensayo a carga máxima del actuador, N = 10

Para analizar la carga límite se realizó el ensayo seis (6), se tiene que la carga sostenida fue de 2491 kg que, restando el peso del Whiffletree y cunas, equivale a 2041 kg. Una carga de 2041 kg equivale a un factor de carga de 3,91. Con este valor de factor de carga sostenido por 208 s - exigido es tres (3) s según FAR 23-, en el cual se encendieron las luces del plano alar y se demostró que las superficies de control funcionaban sin inconvenientes, se demuestra que se trabajó entre el rango requerido por normatividad FAR 23 el cual está entre 3,8 y 4,05.

La rampa de ensayo nueve (9) se elevó hasta 3715 kg que, restando el peso del Whiffletree y cunas, equivale a 3265 kg. Una carga de 3265 kg equivale a un factor de carga de 6,25, el cual fue mayor al requerido según FAR 23 el cual es de 6,075. Se esperaba que la falla estuviera al 1,3 veces por encima del 6,075, es decir, 7,9, sin embargo, experimentalmente resultó 1,03 veces.

IV. CONCLUSIONES

El estudio comparativo del cálculo de sustentación distribuida del semiplano, mostró que para el cálculo por la aproximación de Schrenk NACA TM 948 el resultado en 5,78% mayor que mediante NACA TR585, evidenciando un comportamiento más conservativo para efectos de diseño, ya que el plano de la aeronave es supuesto para una carga de sustentación distribuida mayor, lo que

permite subsanar aquellas cargas producidas por causas no modeladas.

Los métodos numérico y analítico aplicados para el cálculo del Coeficiente de Sustentación Global "CL", presentan diferencias del 5,0 % y el 8,9 % respectivamente; específicamente para el empleo del método analítico, fueron empleados como factores de carga en condiciones de vuelo recto y nivelado en régimen subsónico de n = 1 y bajo condiciones de vuelo nivelado a máxima velocidad de operación y carga límite n=4,05.

Durante la prueba, el plano es sometido a cargas equivalente a aquellas que se esperan en condiciones normales de vuelo. Específicamente, el Calima T-90 fue sometido a una primera etapa de carga equivalente a 4,05 gravedades, con el funcionamiento adecuado de las superficies de control. Luego, se llevó hasta alcanzar la carga última del plano alar, correspondiente a 6,075 G. Finalmente, el plano se sometió a cargas cada vez mayores hasta alcanzar su rotura que, para el caso de la prueba a una condición muy crítica, ocurrió a 6,3 gravedades.

Se encontró un error entre el 96 % – 100 % de las deformaciones teóricas con respecto a las experimentales. Por ello, se recomienda realizar ajustes al modelo de elementos finitos del plano alar, ya que los materiales se comportaron diferente a lo predicho

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fuerza Aérea Colombiana y a Colciencias, por financiar este proyecto mediante la convocatoria 666 de 2014, a la Dirección de Ciencia y Tecnología por el continuo soporte en el desarrollo de este estudio a de gran envergadura donde se demuestran tangibles nuestros conocimientos. Así mismo están agradecidos con los Investigadores del Grupo de Investigación de Structural Synergy –GISS con Categoría "C", por la dedicación a los desarrollos e investigaciones, tecnología e innovación en los nuevos materiales, y al grupo de investigación GCIAC, de la Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana -CIAC, inscrita al Ministerio de Defensa por proporcionar el soporte y ayuda necesaria en la realización de esta prueba. Finalmente, se confiere un especial agradecimiento a las empresas: Structural Synergy SAS, Sistema de monitoreo; COHA, Sistema hidráulico; y Proingemet, Estructura metálica.

REFERENCIAS

[1] S. Franchini y O. Garcia Lopez, Introducción a la Ingeniería Aerospacial, Mexico D.F: Alfaomega, 2012.

[2] O. Schrenk, «A simple approximation method for obtaining the spanwise lift distribution», NASA, Washington, DC, United States, 1940.

[3] H. A. Pearson, «Span load distribution for tapered wings with partial-span flaps,» NACA, Langley Field, VA, United States, 1937.

[4] M. Mobassher Tofa, A. Maimun, Y. M. Ahmed, S. Jamei, A. Priyanto y Rahimuddin, «Experimental Investigation of a Wing-in-Ground Effect Craft,» The ScientificWorld Journal: Hindawi Publishing Corporation, vol. 2014, pp. 1-7, 16 February 2014.

[5] N. R. Alley, W. F. Phillips y R. E. Spall, «Predicting Maximum Lift Coefficient for Twisted Wings Using Computational Fluid Dynamics,» Journal of Aircraft, vol. 44, nº 3, pp. 911-917, May-June 2007.

[6] J. D. Anderson, Aircraft performance and Designe, McGraw Hill, 1999.
[7] Civil Aeronautics Administration, Civil Aeronautics Manual 04: Airplane Airworthiness, Washington, DC: Government Printing Office, 1944, p. 194.
[8] Y. A. Cengel y M. A. Boles, Termodinámica, México DF: Mc Graw-Hill, 2006.
[9] Támara Urzola, S., & Bolaños Romero, C. (2010). Diseño y construcción de una estructura alar de aeronaves no tripuladas de alcance medio para la simulación de condiciones de vuelo en un banco de pruebas estructurales. Bogotá D.C., Colombia. Universidad San Buenaventura.

LA ROBÓTICA EN LA INGENIERÍA

Guillermo Ramos[1]*
[1] Ingeniero Mecatrónico, Magister en ingeniera, SENA-ASTIN, Cali, Colombia
*garamos2@misena.edu.co

Resumen

La robótica combina diversas disciplinas como son: la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial, la ingeniería de control y la física Otras áreas importantes en robótica son el álgebra, los autómatas programables, la animatrónica y las máquinas de estados, este articulo muestra la importancia que ha tenido la robótica en el desarrollo de estrategias de control y diseño mecánico, y como las nuevas tecnologías de impresión en 3D han optimizado la construcción de robots en corto tiempo y de muy alta precisión.

Keywords: Robótica, Inteligencia artificial, big data, control inteligente, mecánica.

I. INTRODUCCIÓN

La robótica es la ciencia multidisciplinaria encargada del diseño y creación de las maquinas llamadas robots, Karel Capek utilizo el término checo robota "trabajo forzado", labor que en su traducción se le conoce como robot. La inteligencia artificial se ve aplicada en la acción de poder comandar y controlar a las diferentes maquinas haciéndolas capases de recibir y procesar la información exterior mediante su programación y sensores especializados, naciendo así los llamados robots, son diseñados para que realicen trabajos con la finalidad reducir el esfuerzo del hombre, den confort en base a esto los divide a los robots teniendo en cuenta la aplicación que se le dé en un campo especifico por ejemplo la enseñanza, la medicina, construcción, el hogar, etc.

También combina diversas disciplinas como son: la mecánica, electrónica, informática, inteligencia artificial, ingeniería de control y la física. Otras áreas importantes en robótica son el álgebra, los autómatas programables y las máquinas de estados.

Hoy en día ha crecido notablemente el estudio de la robótica en diferentes ramas de la ingeniera, lo cual ha permitido que diferentes disciplinas puedan aportar en su desarrollo a nivel mundial, con la creación de nuevos materiales los cuales permiten tener facilidad para ser moldeados "Impresoras 3D", es posible crear prototipos en corto tiempo, también se han estudiado el control de datos denominado Big Data, el cual analizando patrones de comportamiento de datos permite identificar relaciones en los mecanismos de un robot y posteriormente toma de decisiones que puedan optimizar los procesos.
La ingeniera mecánica ha sido una de las que más aporte le ha generado a la robótica, esto es mostrado en la gran variedad de artículos donde se realiza el análisis cinemático y dinámico del robot para de esta manera lograr un control con mayor precisión en sus movimientos, también en el desarrollo de manipuladores especializados para las actividades que son creados.

El desarrollo acelerado de las computadoras personales, la guerra de los sistemas operativos, la nanotecnología que permitió la disminución de los chips y las tarjetas madre para crear nuevos dispositivos; la aparición, cada día, de nuevas tecnologías (cimentadas en los

descubrimientos de aquellos precursores); la competencia de las grandes empresas de tecnología, nos han llevado a ser testigos de lujo de lo que conocemos hoy día como Revolución Digital [1].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Los equipos utilizados para este desarrollo se basan en material VEX EDR, en la siguiente figura 1 se puede evidenciar los materiales.



Figura1. V5 Competition Super Kit [2].

La metodología de trabajo para el desarrollo de los robots que se utilizó para este robot fue STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática).

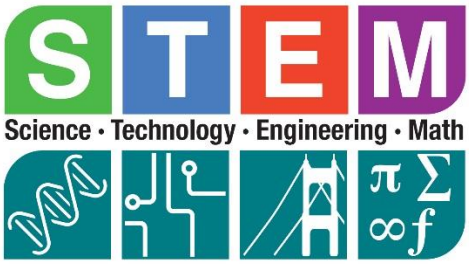


Figura 2. V5 Competition Super Kit [2].

STEM es el acrónimo en inglés de los nombres de cuatro materias o disciplinas académicas: *Science, Technology, Engineering y Mathematics*, que en nuestro sistema educativo corresponderían a Ciencias Naturales, Tecnología y Matemáticas. Las iniciativas o proyectos educativos englobados bajo esta denominación pretenden aprovechar las similitudes y puntos en común de estas cuatro materias para desarrollar un enfoque interdisciplinario del proceso de enseñanza y aprendizaje, incorporando contextos y situaciones de la vida cotidiana, y utilizando todas las herramientas tecnológicas necesarias. El siguiente vídeo (en inglés) de *The National Academies*, de Estados Unidos, presenta las principales características del modelo STEM

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados del análisis motriz

Este es el tipo más común de competición robótica. Este estilo a veces se denomina "unidad de tanque" ya que se usa comúnmente en tanques. Realizando las pruebas con este modelo, se encontró que los grados de libertar para el desplazamiento están restringidos por el tipo de llanta, lo cual impide el desplazamiento verticalmente, pero a su vez tiene muy buen aprovechamiento de la fricción, permitiéndole al robot tener buen agarre del piso e impidiendo en gran parte el derrape.

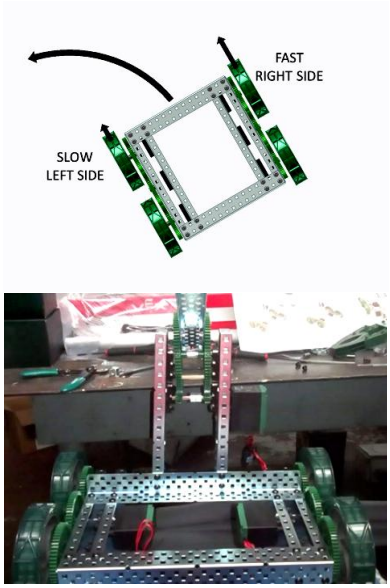


Figura 3. Base motriz tipo Tanque.

En la figura 4 se pueden ver sus variaciones.

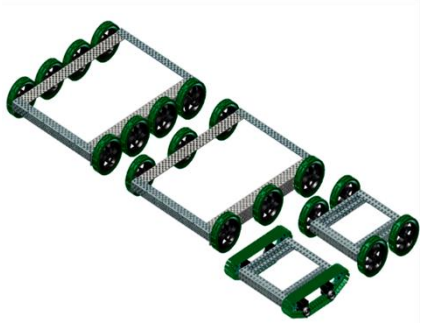


Figura 4. Variaciones del tipo tanque.

En la Figura 5 se muestra un modo tanque con llantas Omni-direccionales.

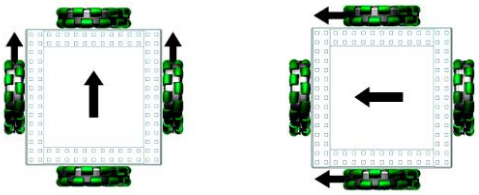


Figura 5. Base motriz con llantas omni-direccionales.

Los resultados obtenidos con este tipo de llantas permitieron evidenciar que en movilidad del carro no tenía restricciones en sus grados de libertad, lo cual permite un desplazamiento en todas las direcciones.

Partiendo del análisis dinámico del robot móvil, la selección del tipo de base motriz dependerá del ejercicio al que sea sometido, desde el análisis mecánico, es importante evaluar si el robot necesita tener mucha precisión en sus desplazamientos, y del entorno en el que se desempeñara, pues de tener terrenos con desniveles no es aconsejable hacer uso de llantas, en este caso se harían uso de las orugas.

3.2 Resultados de la alineación de las llantas del robot.

Dentro de los análisis mecánicos que se le debe realizar al robot móvil es evaluar la alineación de sus llantas, esto se hace midiendo la alineación de las llantas una con respecto a la otra, para ello VEX le provisiona bujes de alineación los cuales garantizan el montaje (ver Figura 6), los resultados que nos brindó este proceso fue lograr realizar los giros con una mayor exactitud, y garantizando el desplazamiento recto del robot, lo cual permite que en los procesos autónomos el robot se desplace linealmente.

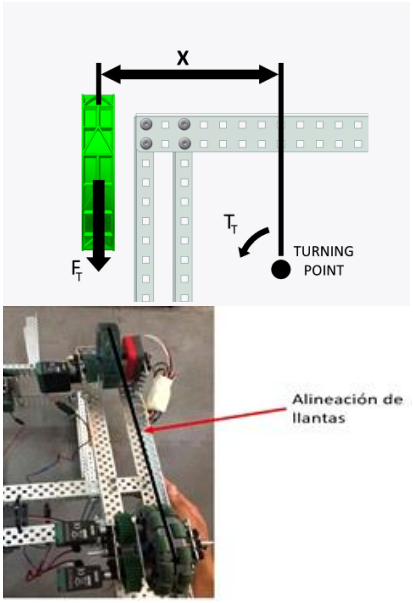


Figura 6. Alineación de llantas para robot móvil.

IV. INGENIERÍA MECÁNICA EN LA ROBÓTICA

Teniendo presente que la robótica es una ciencia que integra diferentes disciplinas, la ingeniería mecánica es un eje fundamental en el desarrollo de mecanismo necesarios para el correcto funcionamiento de los robots.

4.1. Cinemática inversa

Inicialmente es necesario para el desarrollo de un robot fijo o móvil, el análisis cinemático y dinámico según sea la función a realizar para ello podes evidenciar varios estudios [3], [4], [5].

En los artículos estudiados, se evidencia la necesidad de realizar un análisis de

movimiento del robot mediante el proceso de cinemática inversa y directa, con la cual es posible definir los ángulos necesarios en cada grado de libertada para posicionar el robot en un punto del espacio [6], en la figura 7 se puede evidenciar el estudio de la cinemática inversa en robótica.

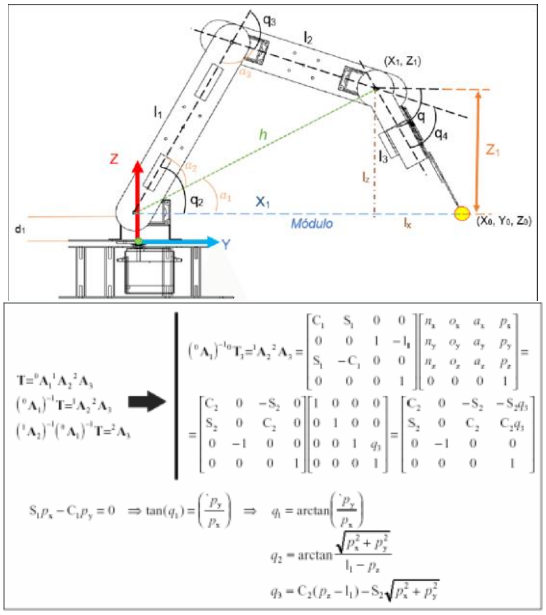


Figura 7. Análisis de cinemática inversa.

4.2 Diseño Estructural del robot.

El diseño estructural del robot dependerá de las funciones que deba realizar el robot, para ello ya existen varios tipos de robots genéricos los cuales pueden ser consultados en [7], ver figura 8.

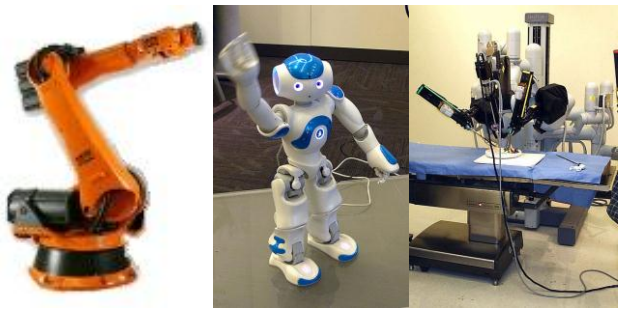


Figura 8. Tipos de robots.

Independiente del robot que se selecciona según sea la aplicación, el manipulador o también llamado gripper, debe ser diseñado según el objeto a desplazar por el robot en el caso del robot fijo, y en el caso de los robots móviles, la base motriz dependerá del tipo de terreno donde este realice su trabajo [8].

4.3 Análisis de estabilidad

En los robots móviles y fijos es necesario analizar el diseño estructural y evaluar la estabilidad del robot, esto se debe tener en cuenta pues la morfología del robot puede variar según la acción que él esté realizando, es importante evaluar la altura del robot con respecto a la base de soporte, en caso de que el centro de gravedad del robot quede por fuera de su zona de estabilidad, el robot se puede voltear impidiendo su función Ver figura 9.

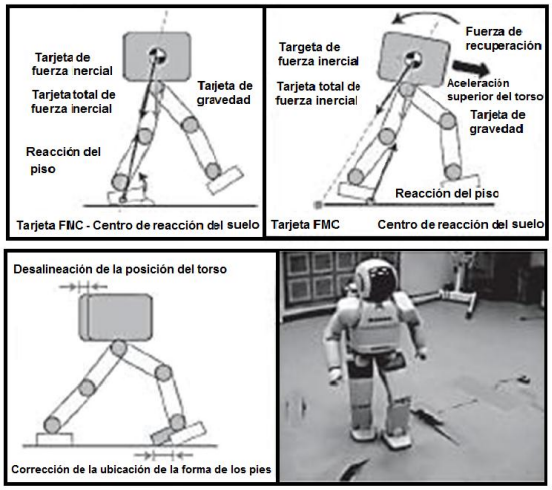


Figura 9. Área de estabilidad

En el diseño estructural del robot se debe evaluar constantemente que en ningún momento el centro de gravedad del robot siempre se encuentre dentro de su zona de estabilidad, aun cuando este cambie su estructura para cumplir una acción determinada [9].

V. CONCLUSIONES

La robótica tiene una línea directa con la ingeniería mecánica, pues es el eje fundamental para el desarrollo de sus

componentes que generan los movimientos del robot.

El análisis de la cinemática y dinámica del robot es relevante y todo esto se hace mediante la cinemática inversa y directa, con la cual es posible encontrar los ángulos necesarios para moverse en el espacio.

Existen una gran variedad de tipos de robots según su morfología y el servicio para el cual son desarrollados, en cada uno de estos, es importante evaluar el diseño estructural y el terreno en el cual se desempeñara si es para tener un punto fijo o si es para desarrollar en un ambiente móvil.

El desarrollo de robots permite realizar gripper o manipuladores que dependerán en gran parte del elemento a movilizar, por lo cual es importante evaluar la forma, el peso y resistencia del objeto, de esta manera lograremos tener los requerimientos para el diseño del manipulador.

REFERENCIAS

[1] Scribd. 2018. ROBÓTICA APLICADA A LA INGENIERIA MECÁNICA. [ONLINE] Available at: https://es.scribd.com/document/122660396/ROBOTICA-APLICADA-A-LA-INGENIERIA-MECANICA. [Accessed 03 October 2018].

[2] VEX Robotics. 2018. V5 - VEX EDR - VEX Robotics. [ONLINE] Available at: https://www.vexrobotics.com/vexedr/v5#brain [Accessed 03 October 2018].

[3] CASANELLES, RAMon, et al. Diseño de robots. review, vol. 3, p. 61.

[4] GORROSTIETA, Efren; VARGAS, E. Diseñando un robot caminante de seis patas. En Segundo Congreso Nacional de Robótica. Asociación Mexicana de Robótica e Instituto Tecnológico de Toluca. 2002. p. 181-186.

[5] MUÑOZ, Nelson David; ANDRADE, Carlos Andrés; LONDOÑO OSPINA, Nelson. Diseño y construcción de un robot móvil orientado a la enseñanza e investigación. Revista Científica Ingeniería y Desarrollo, 2011, vol. 19, no 19, p. 114-127.

[6] DÁVILA, Víctor Martín Hernández; READ, PhD Jorge Samuel Benítez. Cinemática inversa de un manipulador robótico con redes neuronales. Encuentro de Investigación en Ingeniería Eléctrica, 2004, p. 5.

[7] Clasificación de robots | Wiki de Robótica. 2018. Clasificación de robots | Wiki de Robótica. [ONLINE] Available at: http://wiki.robotica.webs.upv.es/wiki-de-robotica/introduccion/clasificacion-de-robots/. [Accessed 04 October 2018].

[8] AVILES, Óscar F.; SIMANCA, Pedro L.; NIÑO, Paola. Diseño y construcción de un dedo para grippers robótico. Revista Colombiana de Rehabilitación, 2017, vol. 6, no 1, p. 49-58.

[9] KELLY, Rafael, et al. Control de una pandilla de robots móviles para el seguimiento de una constelación de puntos objetivo. En VI Congreso Mexicano de Robótica. 2004. p. 83-89.

PRESENTACIONES DEL EMAVI-SIM 2018

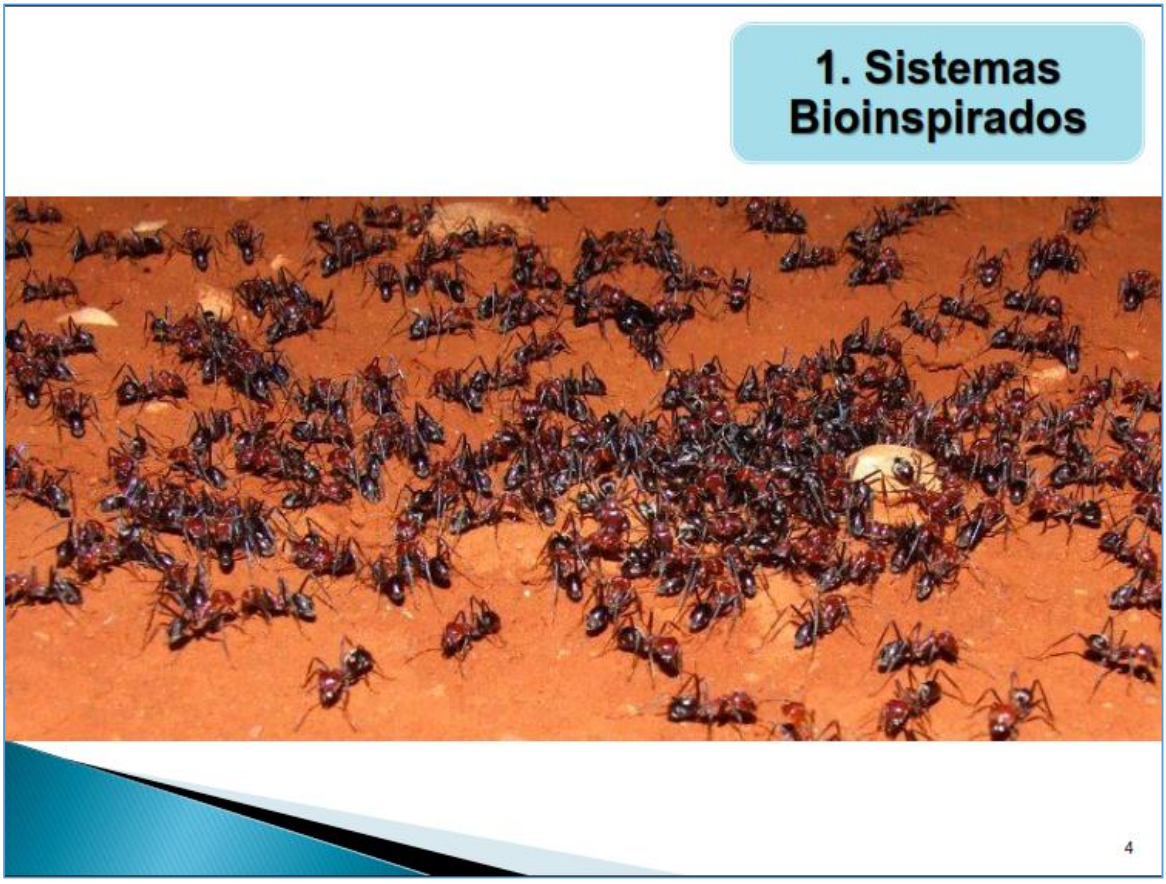
PRESENTACIÓN: ESTUDIO DEL PROBLEMA DE CONSENSO EN SISTEMAS SATELITALES MULTIAGENTE

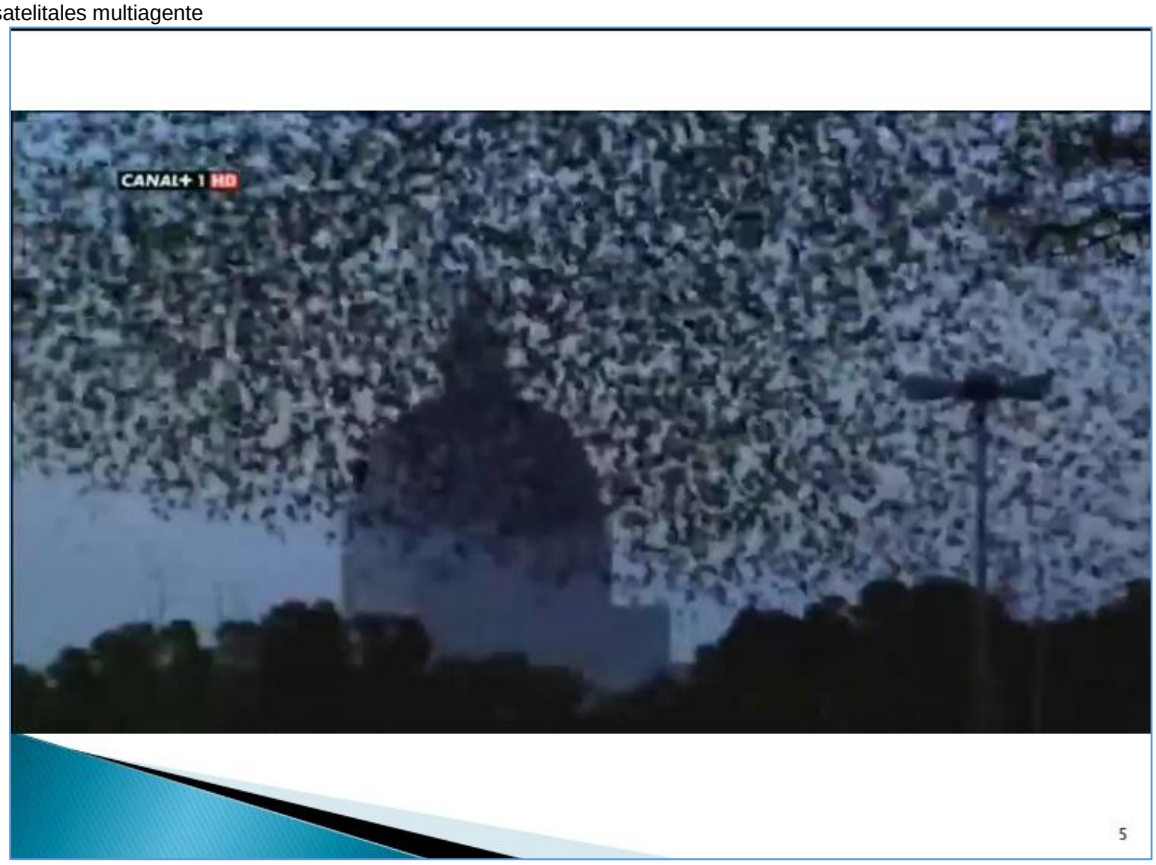
German Wedge Rodríguez Pirateque, MsEng
gwrodriguezp@unal.edu.co;german.rodriguez@fac.mil.co
Fuerza Aérea Colombiana - Universidad Nacional de Colombia
Jorge Sofrony Esmeral, Ph. D
jsofronye@unal.edu.co - Universidad Nacional de Colombia

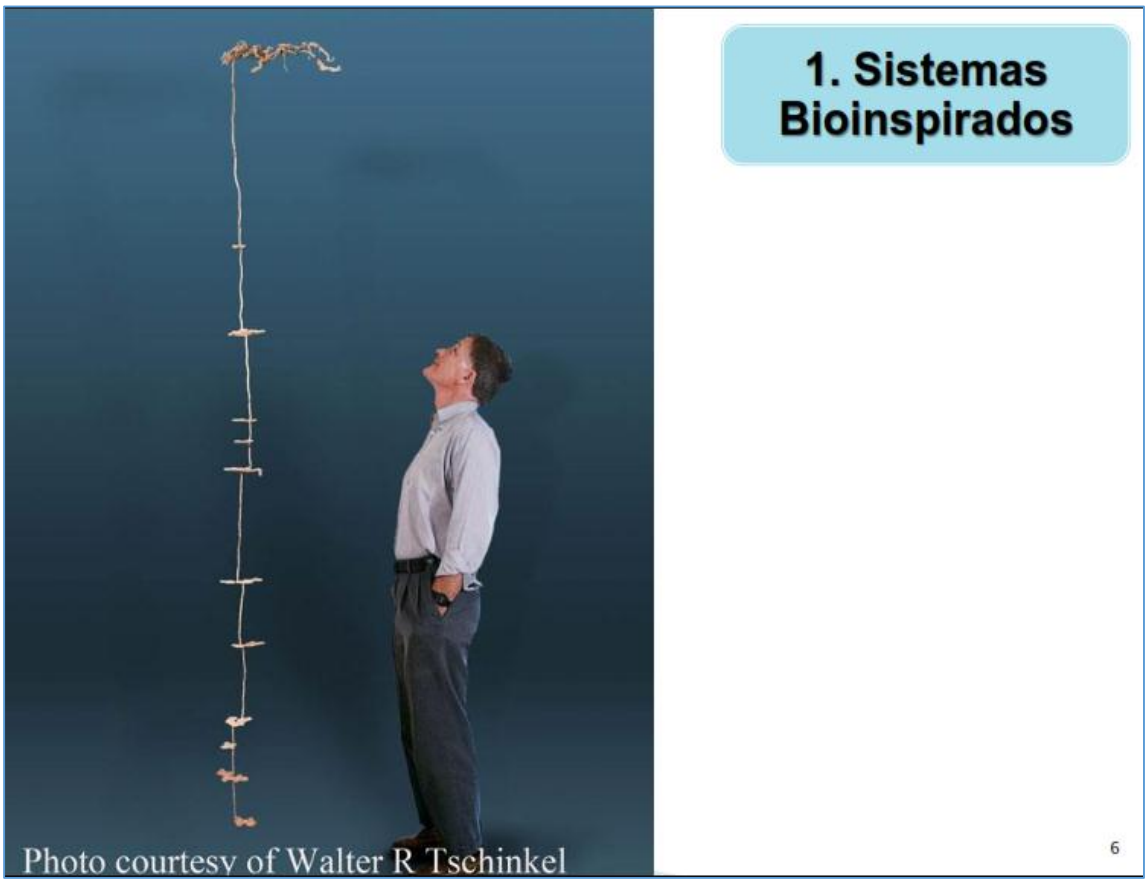





Estudio del problema de consenso en sistemas satelitales multiagente
1. Sistemas bioinspirados
2. Inteligencia artificial distribuida
3. Sistemas multiagente
4. Teoría de grafos
5. Problema de consenso
6. Aplicaciones
Agenda:
3


1. Sistemas Bioinspirados
4


CANAL+ 1 HD
5

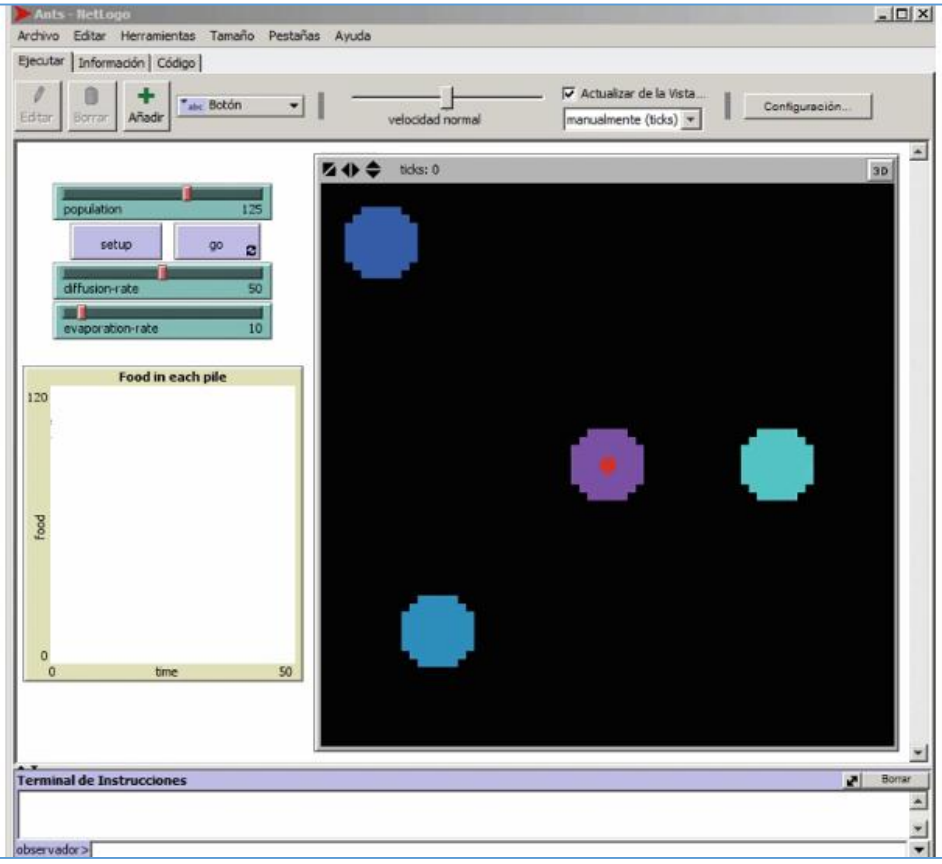

1. Sistemas Bioinspirados
Photo courtesy of Walter R Tschinkel
6

Modelado Ecuacional vs MBA

1. Sistemas Bioinspirados

- El modelado ecuacional modela relaciones entre los observables del sistema (es decir, las características medibles de interés).
- Modelo Basado en Agentes (MBA): representa individuos que evolucionan mediante la interacción con el resto de individuos y con el medio ambiente.

7



8

Dinámicas más complejas

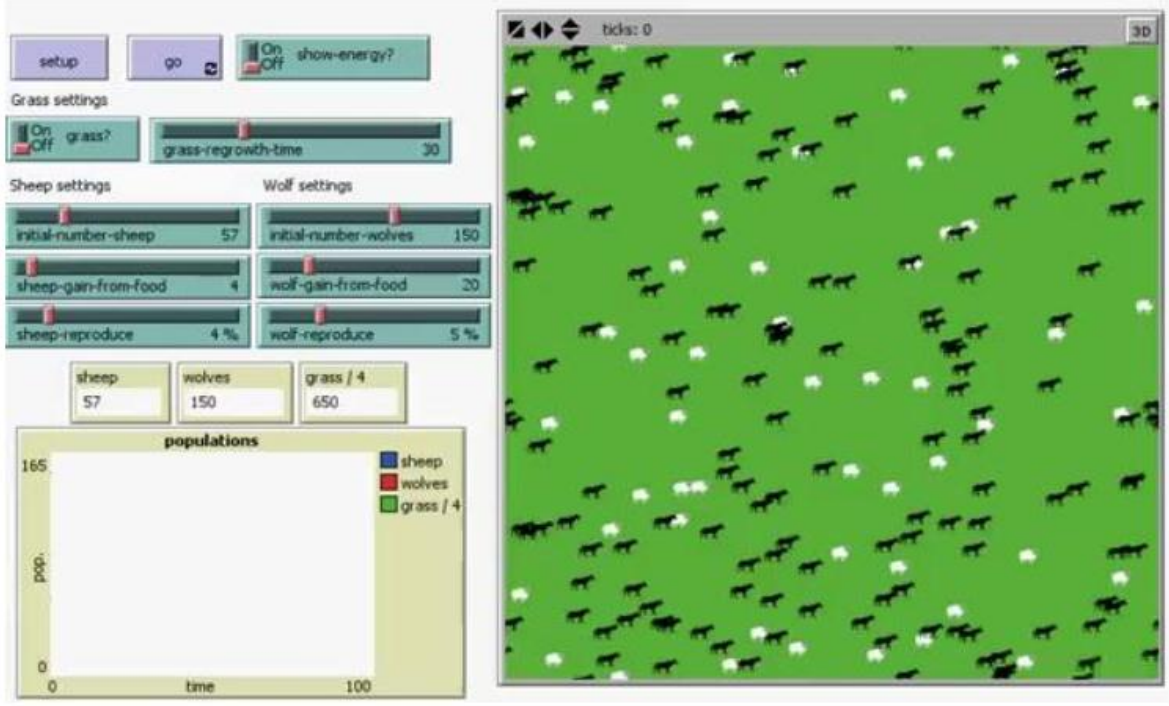
1. Sistemas Bioinspirados

Variación de la voracidad del depredador en el tiempo, nuevas restricciones (por ejemplo, un número máximo de animales en el medio ambiente), y/o nuevos parámetros (por ejemplo, tiempo de gestación de presa y depredador) al sistema.

- Sólo es posible una perspectiva global
- Los parámetros de la ecuación apenas tienen en cuenta la complejidad de las interacciones a nivel micro
- El modelado de las acciones individuales no es posible
- La integración de los aspectos cualitativos es difícil

Enfoques ecuacionales
(ya sean deterministas o estocásticos)

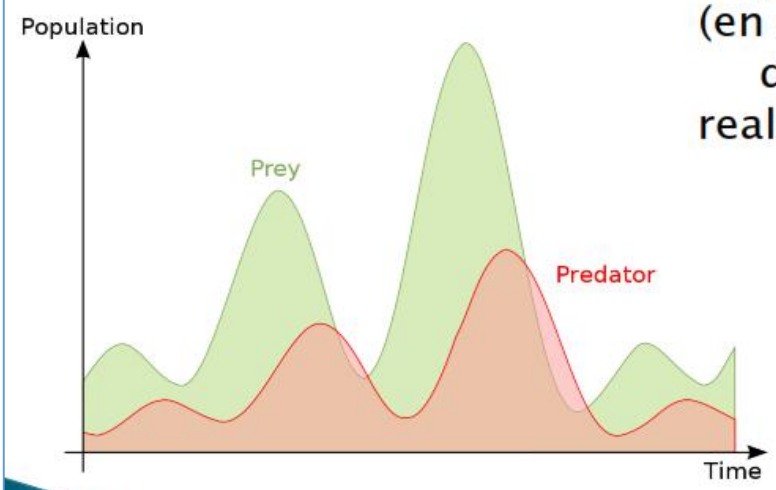
9



10

1. Sistemas Bioinspirados

Depredador y la presa (en el estudio original de Volterra eran realmente tiburones y sardinas)



11

1. Sistemas Bioinspirados

- La Microsimulación: precursor de modelado basado en el individuo





12

1. Sistemas Bioinspirados

Reglas de los Boids de Reynold:

1. Evitar colisiones: evitar colisiones con los vecinos.
2. Coincidencia de velocidad: velocidad de coincidencia y dirección del movimiento con los vecinos.
3. Centrado de rebaños: quédese cerca de los vecinos.

13

HARVARD
UNIVERSITY

VE RI TAS

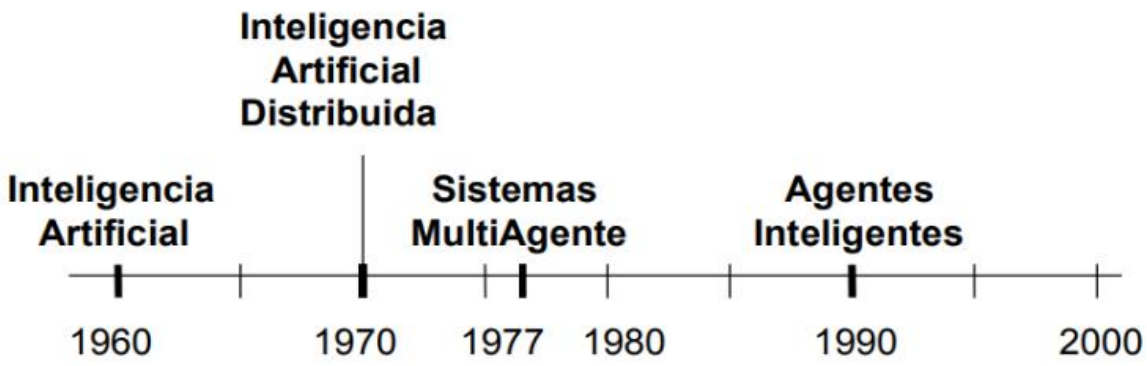
14

2. Inteligencia Artificial Distribuida (IAD)

- Definición: IAD es el estudio, diseño y desarrollo de sistemas en que varias entidades interactúan para alcanzar un conjunto de objetos o realizar un conjunto de tareas

15

2. Inteligencia Artificial Distribuida (IAD)



16

2. Inteligencia Artificial Distribuida (IAD)

Perspectiva de Grupo
- Organización
- Comunicación
  - Sin comunicación / comunicación primitiva
  - Paso de mensajes / planes
  - Pizarra
  - Comunicación de alto nivel
  - Interacción hombre-máquina
- Coordinación y planificación

Perspectiva del agente
- Arquitectura
- Lenguajes
- Teorías
- Tipología

Perspectiva particulares
- Ecosistemas
- Ciencia de sistemas abiertos
- Ingeniería Software basada en agentes

Perspectiva del diseñador

17

2. Inteligencia Artificial Distribuida (IAD)

- Tradicionalmente se distinguen dos tipos de sistemas IAD:
  - **Sistemas multiagente (SMA)**: Varios agentes se coordinan para razonar sobre el proceso de resolución de problemas
  - **Resolución Distribuida de problemas**: Un problema es descompuesto en tareas de forma centralizada que son asignadas al resto de agentes

Los sistemas multiagente actuales se refieren a ambos tipos

18

3. Sistemas multiagente (SMA)

- Sistemas que están compuestos a **nivel micro por entidades (agentes)** que tienen un comportamiento autónomo y proactivo e interactúan con el medio ambiente, resultando en su funcionamiento en un comportamiento del **sistema global que se observa a nivel macro.**
- El comportamiento global del sistema se obtiene como resultado de dinámicas a nivel micro.

19

¿Qué es un agente?

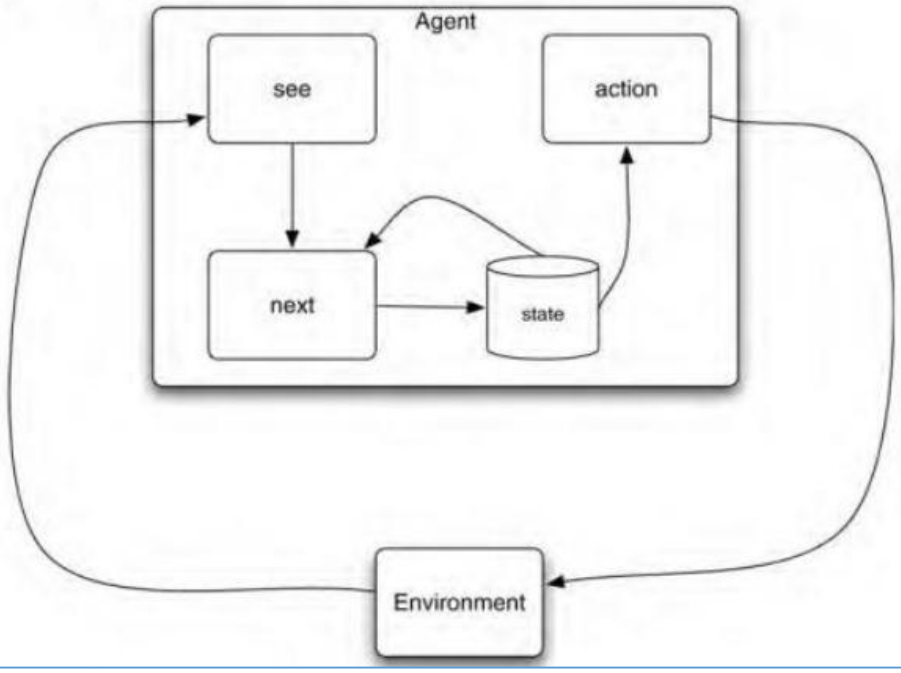
3. Sistemas multiagente (SMA)

- Una entidad que trabaja para beneficiar a otra
- Una entidad autónoma capaz de almacenar conocimiento sobre sí misma y sobre el entorno, con unos objetivos y capacidad para planificar y razonar las acciones para cumplirlos
- Tipos de agentes:
  - Estáticos / móviles
  - Proactivos / reactivos / híbridos
- Según su autonomía:
  - Agentes "gopher": servicios fijos a petición de usuario
  - Agentes de servicio: servicios de alto nivel a petición de usuario
  - Agentes proactivos: tareas para cumplir objetivos

20

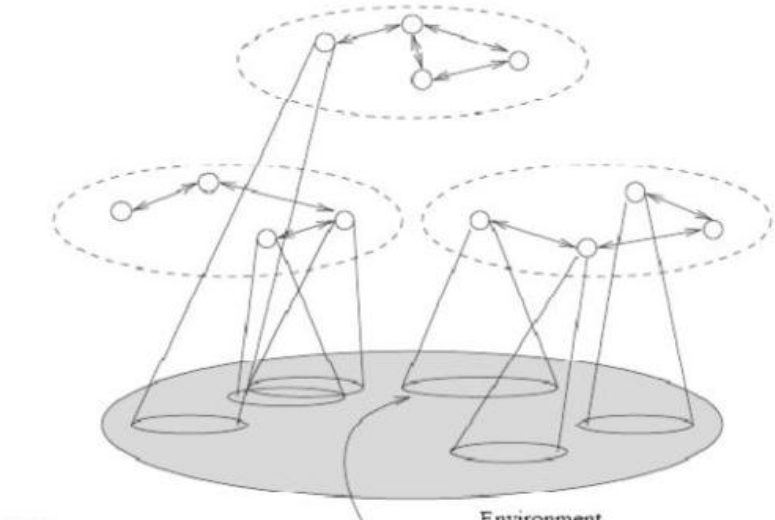
¿Qué es un agente?

3. Sistemas multiagente (SMA)



21

3. Sistemas multiagente (SMA)



22

3. Sistemas multiagente (SMA)

Características SMA

- Cada agente tiene información incompleta
- El control es descentralizado
- Los datos están descentralizados
- La comunicación es asíncrona
- El entorno es dinámico
- No es predecible

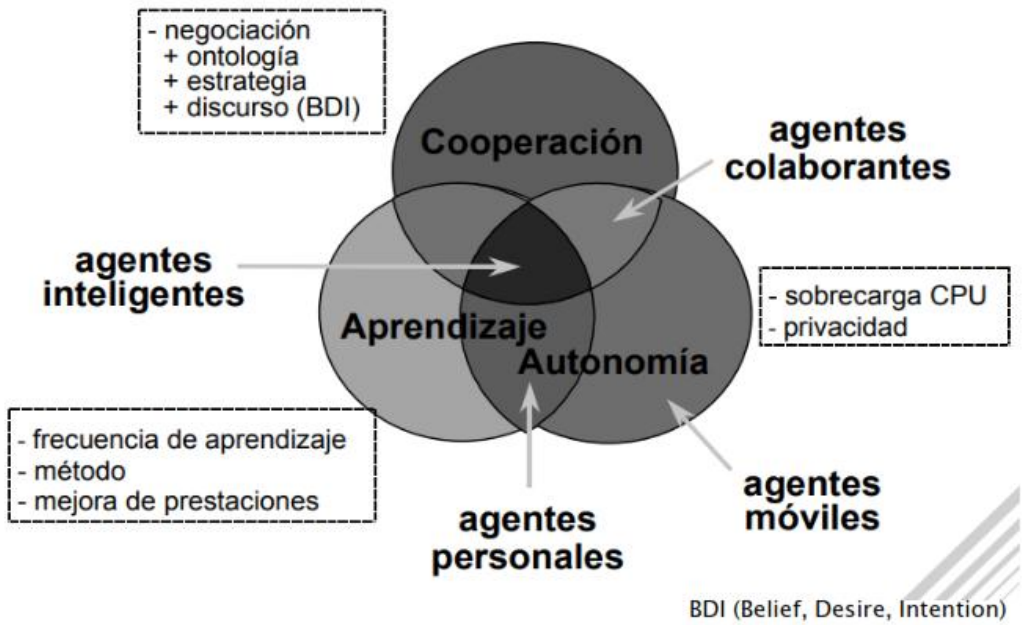
Propiedades SMA

- Velocidad y eficiencia
- Robustez y fiabilidad
- Escalabilidad y flexibilidad
- Adaptación al entorno
- Desarrollo distribuido
- Reutilización

23

3. Sistemas multiagente (SMA)

Componentes



BDI (Belief, Desire, Intention)

24

Aplicaciones

3. Sistemas multiagente (SMA)

- **Comercio** electrónico
- Control de **redes** y supervisión en tiempo real
- Modelado y control de sistemas de **transporte**
- Gestión de **información**
- Planificación automática de **reuniones**
- Fabricación y **producción industrial**
- Juegos
- Reingeniería de flujos de información en grandes organizaciones
- Investigación de fenómenos sociales tales como la evolución de roles, normas y **estructuras organizativas**

25

Aplicaciones

3. Sistemas multiagente (SMA)

Launched from Cape Canaveral on 24 October 1998, NASA's DS1 was the first space probe to have an autonomous, agent-based control system.
[Muscettola et al.,1998].The autonomous control system in DS1 was capable of making many important decisions itself.

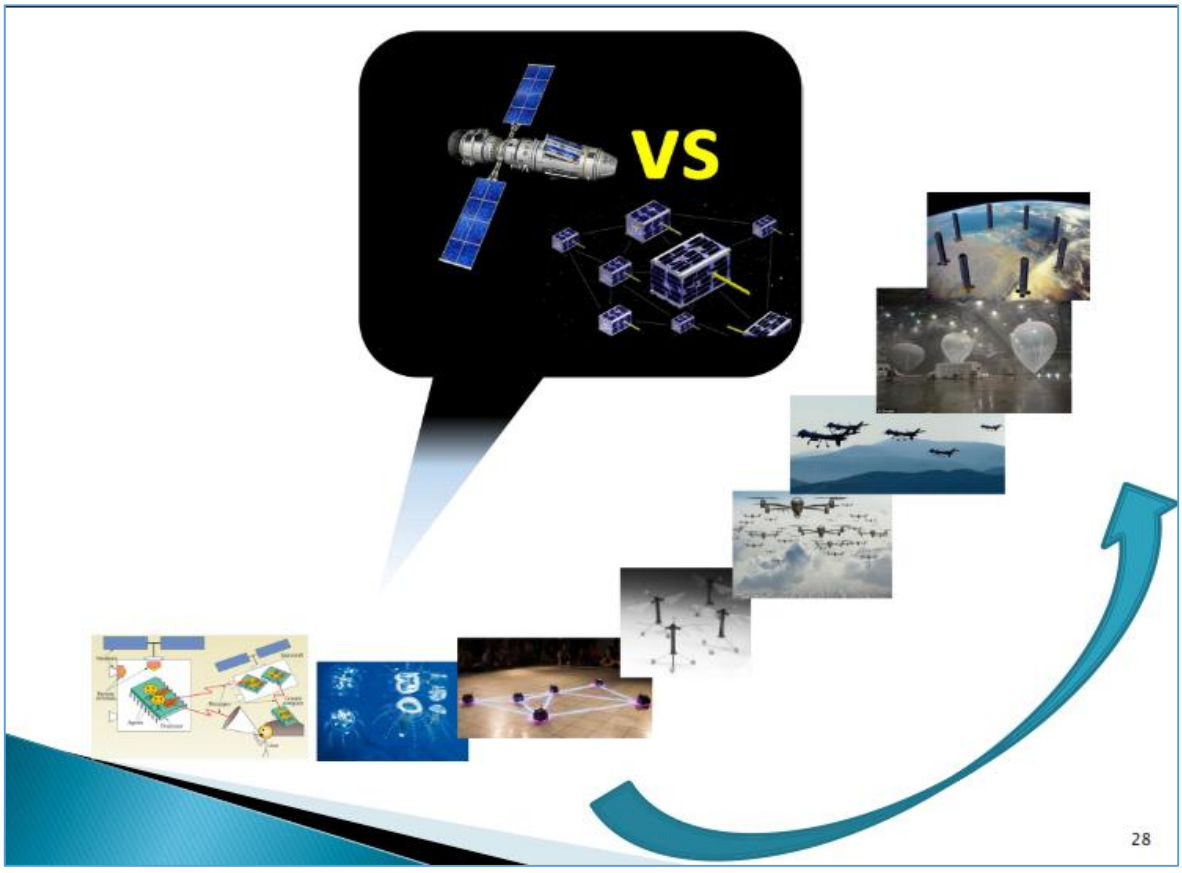
- Miniature Integrated Camera Spectrometer (MICAS)
- Plasma Experiment for Planetary Exploration (PEPE)
- Ion Propulsion System (IPS) Diagnostic Subsystem (IDS)

Michael Wooldridge-An Introduction to MultiAgent Systems (2009)



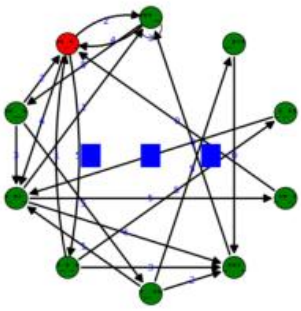
26


3. Sistemas multiagente (SMA)
ESA
27

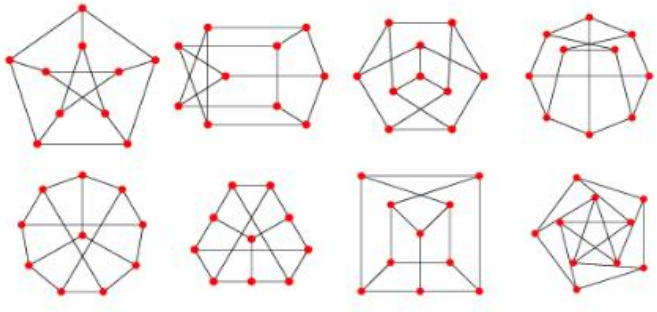

VS
28

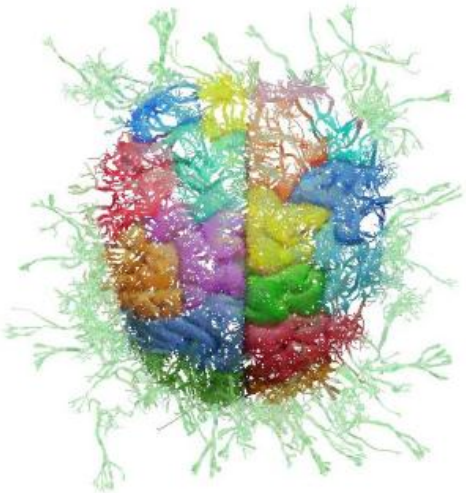


29



4. Teoría de grafos





30

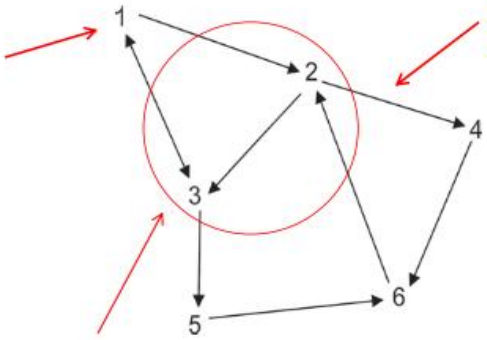
4. Teoría de grafos

Modelo de interacción – grafos

Nodes (or vertices)

Graph:

$\mathcal{G} = \{V, E\}$



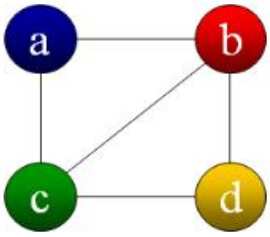
Edges (or links)

$\mathcal{N}_i$ Neighborhood (of node 1)

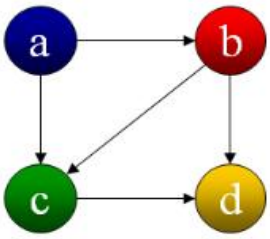
Mojica, E. 2017 Distributed Control In Complex Networks

31

4. Teoría de grafos



V={a, b, c, d}
E={(a,c),(c,a),(a,b),(b,a)
(b,c),(c,b),(b,d),(d,b), (c,d),(d,c)}

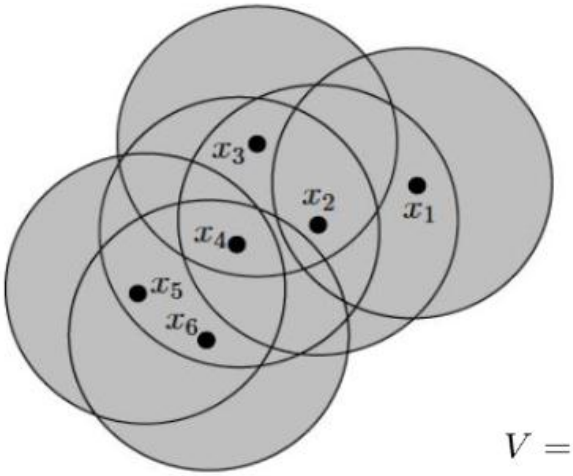


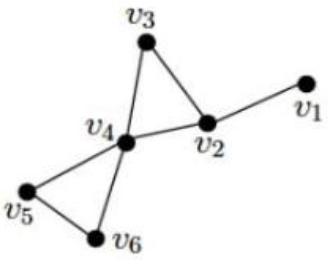
V={a, b, c, d}
E={(a,c), (a,b), (b,c), (b,d), (c,d)}



32

4. Teoría de grafos





$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6\}$$

$$E = \{v_1v_2, v_2v_3, v_3v_4, v_4v_5, v_4v_6, v_5v_6\}$$

$$\mathcal{N}_3 = \{v_4, v_2\}$$

Mojica, E. 2017 Distributed Control In Complex Networks

33

4. Teoría de grafos

Grado y Adyacencia

$d(v_i)$ Degree of a node: cardinality of neighborhood

The degree matrix

$$\Delta(\mathcal{G}) = \begin{pmatrix} d(v_1) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & d(v_2) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & d(v_n) \end{pmatrix}$$

The Adjancency Matrix $A(\mathcal{G})$

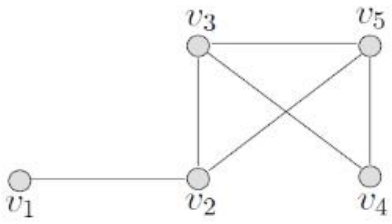
$$[A(\mathcal{G})]_{ij} = \begin{cases} 1 \text{ if } v_iv_j \in E, \\ 0 \text{ otherwise.} \end{cases}$$

Mojica, E. 2017 Distributed Control In Complex Networks

34

Grafos y matrices

4. Teoría de grafos



$$d(v_1) = 1, d(v_2) = 3, d(v_3) = 3, d(v_4) = 2, d(v_5) = 3$$

$$\Delta(\mathcal{G}) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 \end{pmatrix} \quad \text{and} \quad A(\mathcal{G}) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Mojica, E. 2017 Distributed Control In Complex Networks

35

Laplaciano del grafo

4. Teoría de grafos

$$L(\mathcal{G}) = \Delta(\mathcal{G}) - A(\mathcal{G})$$

$$L(\mathcal{G}) = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 3 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 3 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & -1 & -1 & -1 & 3 \end{pmatrix}$$

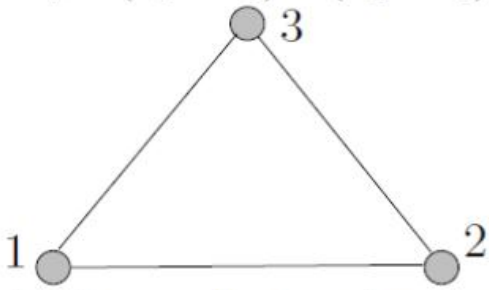
Mojica, E. 2017 Distributed Control In Complex Networks

36

5. Problema de consenso

Definition 2.2 Consensus Problem *Find a distributed control protocol that drives all states to the same values* $x_i = x_j, \forall i, j$. *This value is known as a consensus value.*

$$\dot{x}_3 = (x_1 - x_3) + (x_2 - x_3)$$



$$\dot{x}_1 = (x_2 - x_1) + (x_3 - x_1) \quad \dot{x}_2 = (x_1 - x_2) + (x_3 - x_2)$$

Mojica, E. 2017 Distributed Control In Complex Networks

37

Ecuación de consenso

5. Problema de consenso

The scalar state $x_i \in \mathbf{R}$ of agent i,

$$\dot{x}_i(t) = \sum_{j \in \mathcal{N}_i} (x_j(t) - x_i(t))$$

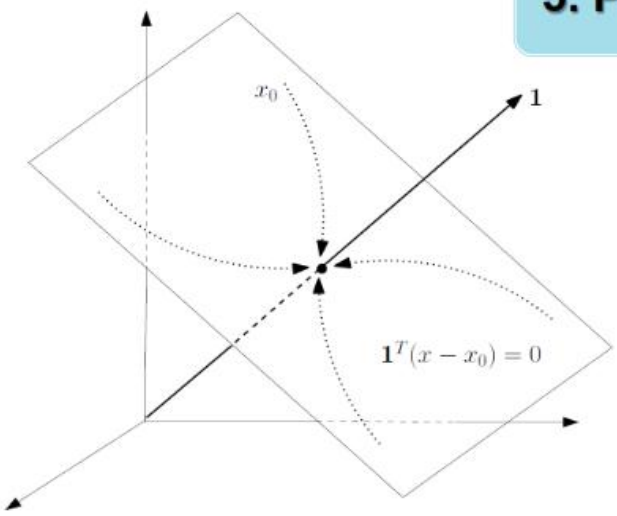
the overall system can be represented by

$$\dot{x}(t) = -L(\mathcal{G})\, x(t)$$

Mojica, E. 2017 Distributed Control In Complex Networks

38

5. Problema de consenso



$$x(t) \to \frac{\mathbf{1}^\top x_0}{n}\mathbf{1} \text{ as } t \to \infty$$

Finally, consensus is reached with a time constant given by

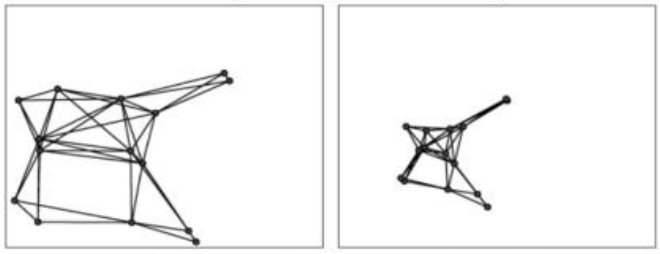
$$\tau = 1/\lambda_2$$

Mojica, E. 2017 Distributed Control In Complex Networks 39

Ejemplo de encuentro (Rendevouz)

5. Problema de consenso

A collection of mobile agents are to meet at a single location. The location is not given in advance and the agents do not hace access to their global positions (only relative measure of their displacement with respect to their neighbors)



(a) $t = 0$ (b) $t = 0.4$



(c) $t = 0.8$ (d) $t = 1.8$

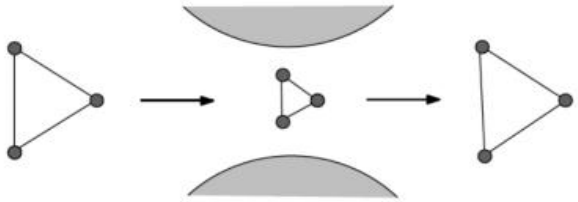
Mojica, E. 2017 Distributed Control In Complex Networks

40

5. Problema de consenso

Interagent distances
$D = \{d_{ij} = d_{ji} \geq 0,\ i, j = 1, \ldots, n,\ i \neq j\}$

formation	specification	interpretation
scale invariant	D	$\|x_i - x_j\| = \alpha d_{ij}$ for some $\alpha > 0$
rigid	D	$\|x_i - x_j\| = d_{ij}$
translational invariant	Ξ	$x_i = \xi_i + \tau$ for some $\tau \in \mathbf{R}^p$



Mojica, E. 2017 Distributed Control In Complex Networks

41

5. Problema de consenso

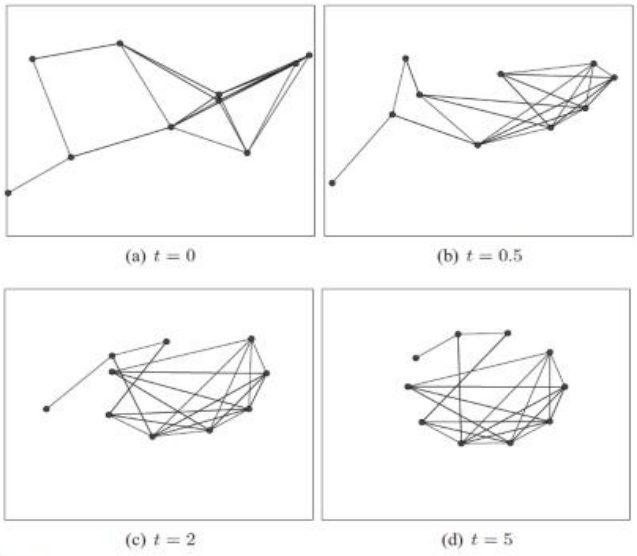
Towards a Swarm of Nano Quadrotors

Alex Kushleyev, Daniel Mellinger, and Vijay Kumar
GRASP Lab, University of Pennsylvania

42

5. Problema de consenso

$$\dot{x}_i(t) = - \sum_{j \in N_f(i)} (x_i(t) - x_j(t)) - (\xi_i - \xi_j).$$



(a) $t = 0$ (b) $t = 0.5$

(c) $t = 2$ (d) $t = 5$

Mojica, E. 2017 Distributed Control In Complex Networks 43

5. Problema de consenso

The agent start out executing the agreement protocol, once a complete graph has been obtained, they **switch** to a formation control

Rendezvous

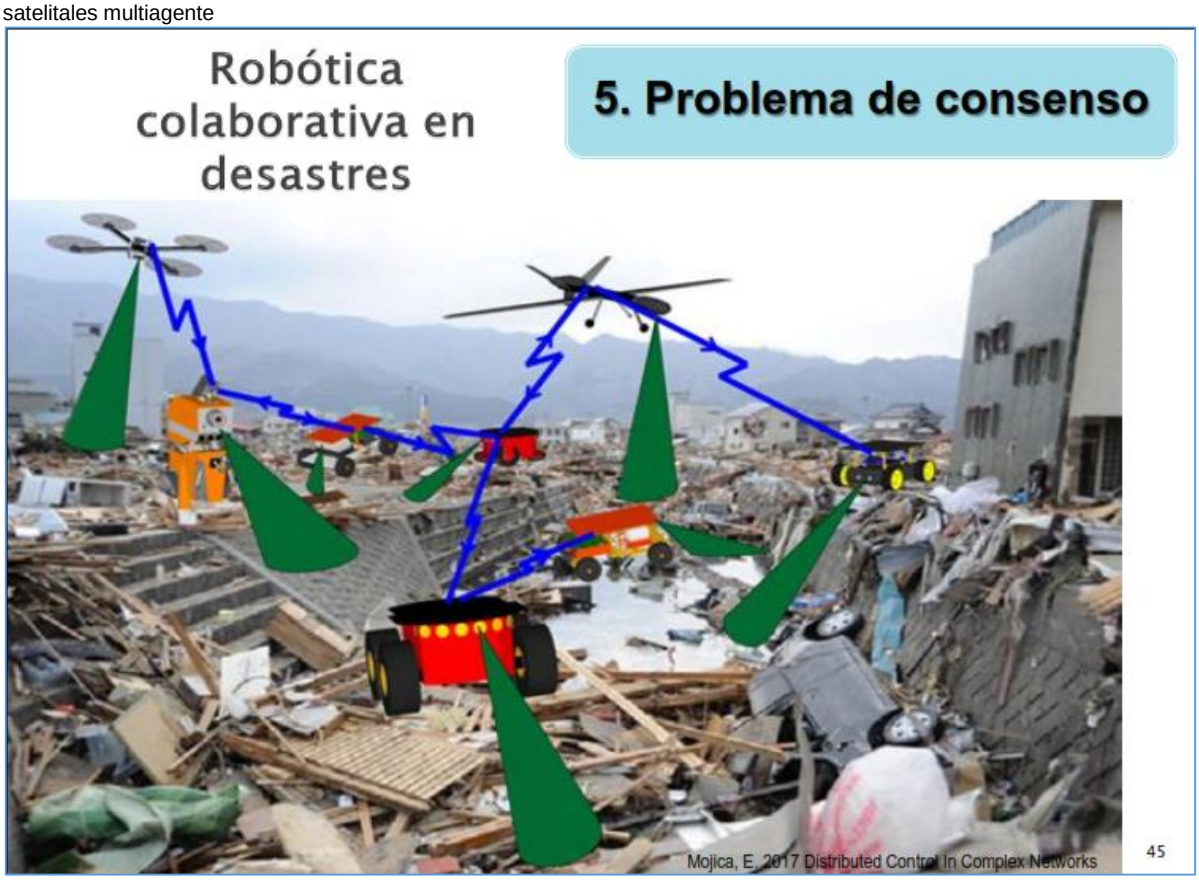
$$\dot{x}_i = -\Sigma_{j \in N(i)}(x_i - x_j)$$

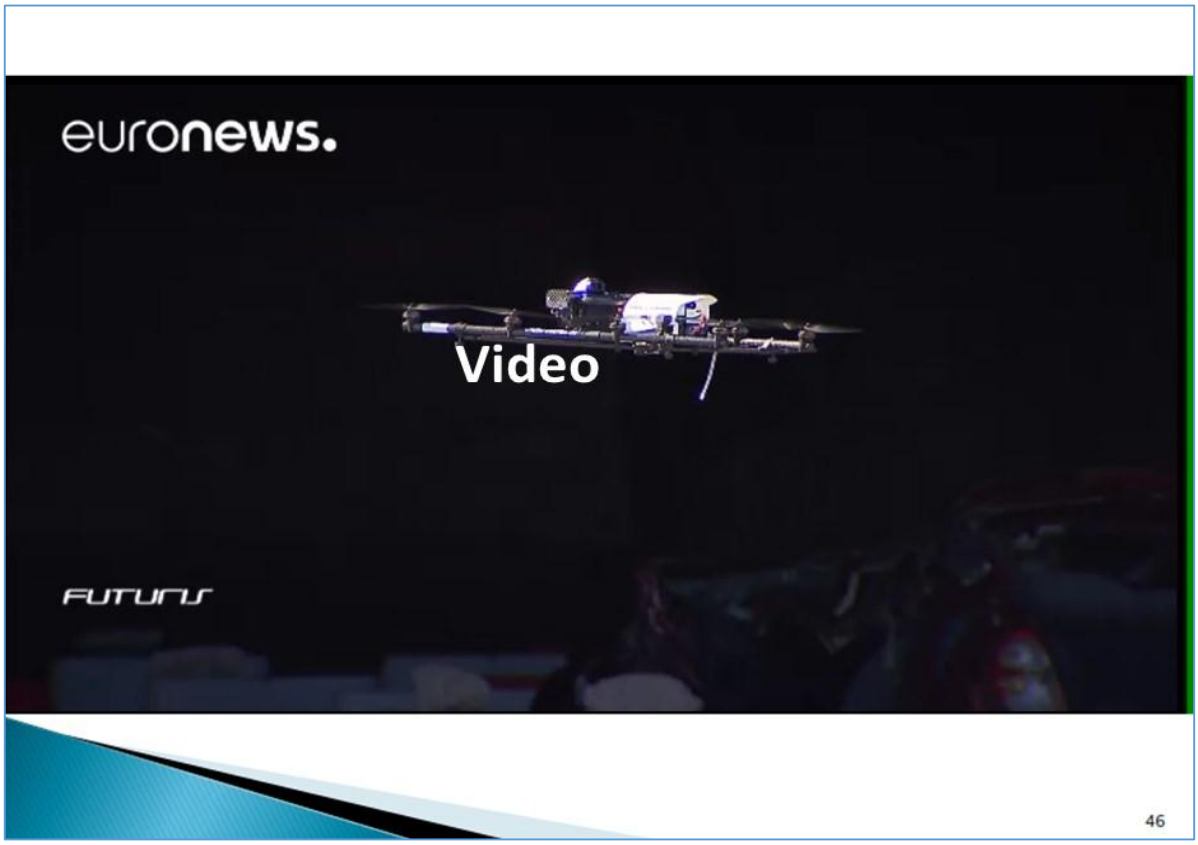
$$\mathcal{G} = K_n$$

$$\dot{x}_i = -\Sigma_{j \in N_f(i)}(x_i - x_j - (\xi_i - \xi_j))$$

Formation Control

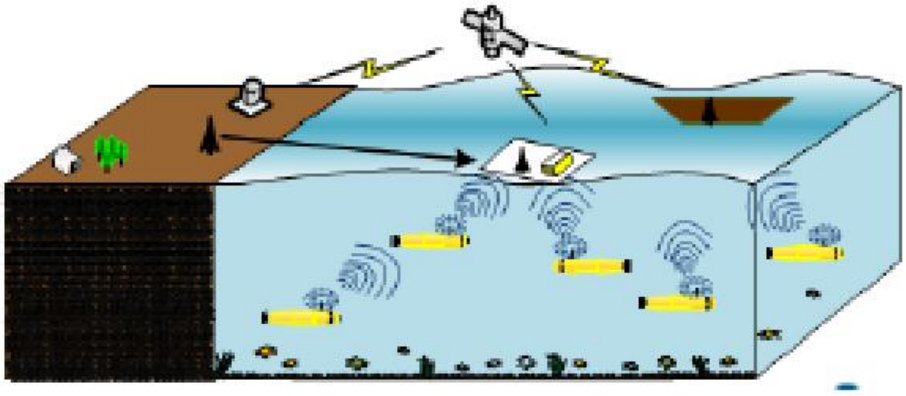
Mojica, E. 2017 Distributed Control In Complex Networks 44


Robótica colaborativa en desastres
5. Problema de consenso
Mojica, E. 2017 Distributed Control In Complex Networks
45


euronews.
Video
futuris
46

5. Problema de consenso

Control de la formación con agentes heterogéneos

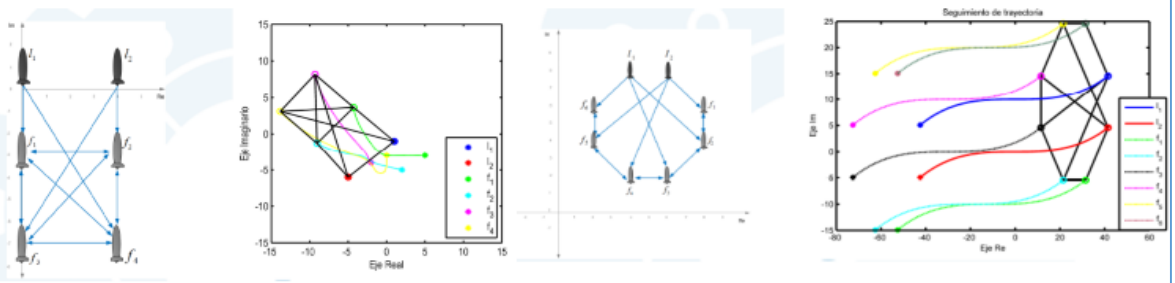


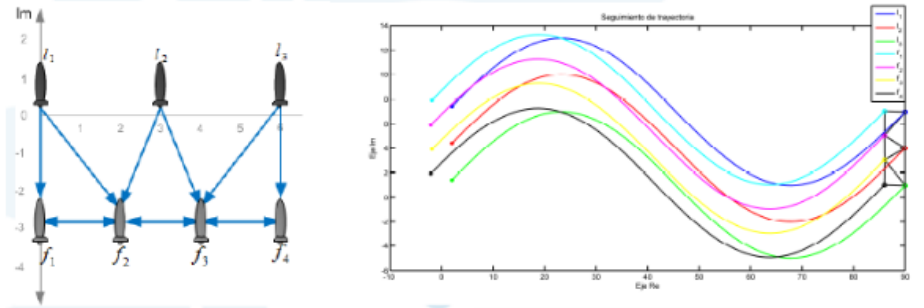
Mojica, E. 2017 Distributed Control In Complex Networks

47

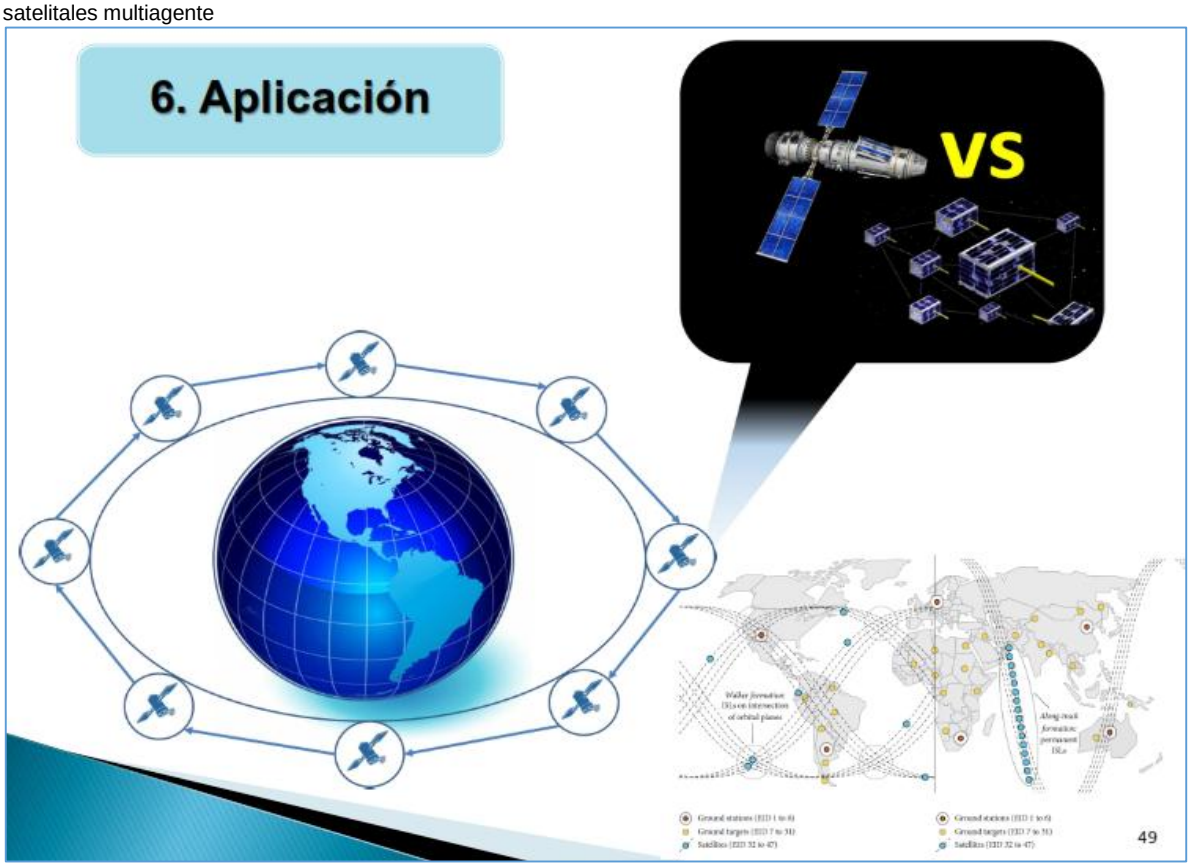
5. Problema de consenso

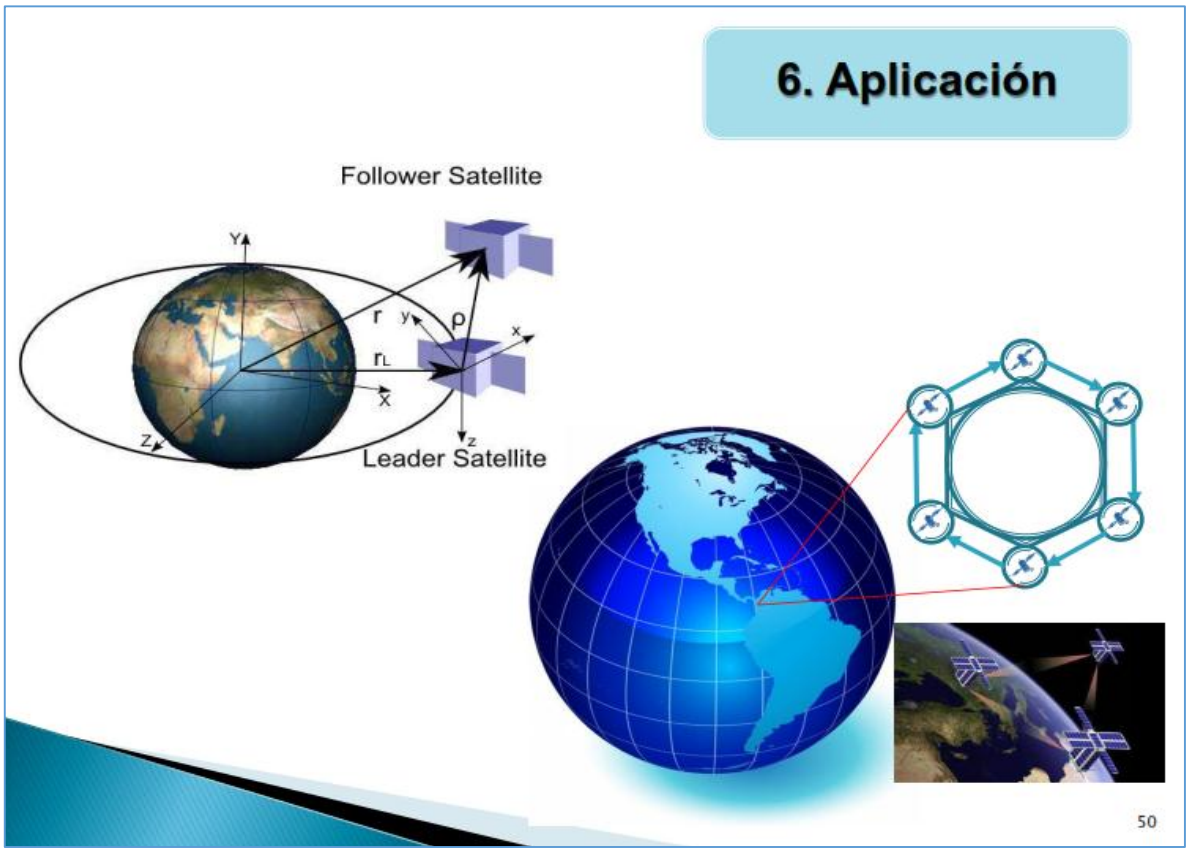
Control de formación con dinámica replicadora-mutadora



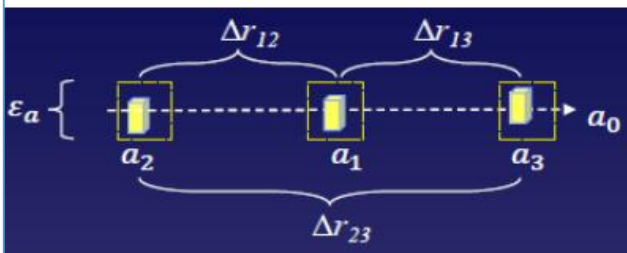


Mojica, E. 2017 Distributed Control In Complex Networks 48


6. Aplicación
VS
49


6. Aplicación
Follower Satellite
Leader Satellite
50

6. Aplicación



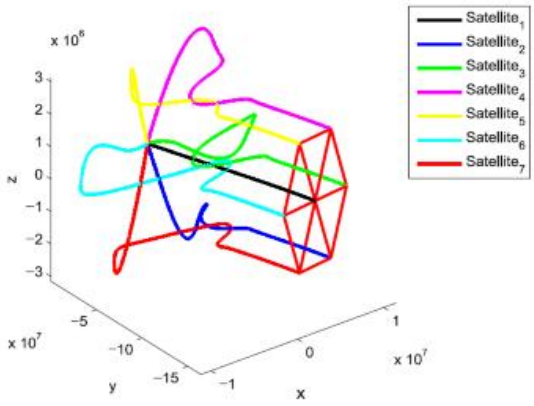
Cluster control requirement:
$100\ \text{m} \leq \Delta r \leq 250\ \text{Km}$

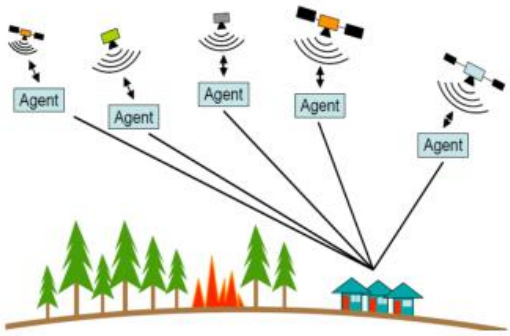
Goal: Minimize fuel consumption for whole cluster

$$\Delta V \propto |a_1 - a_0| + |a_2 - a_0| + |a_3 - a_0| \quad \Rightarrow \quad a_0 = \frac{\min(a_i) + \max(a_i)}{2}$$



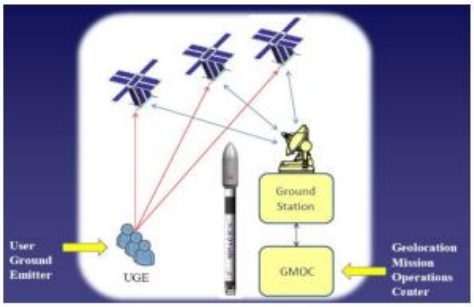
6. Aplicación





52

6. Aplicación



$$\begin{cases} \dot{\mathbf{w}}_i = -u_0 \mathbf{G}_r(\mathbf{e}_i - \mathbf{e}_{i+1}) \\ \dot{\mathbf{x}}_1 = -u_0 \mathbf{G}_r \mathbf{e}_1 \end{cases}$$

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} 0 & \dfrac{2}{n\eta\chi} & 0 \\ -\dfrac{\eta^2\chi}{na} s_E & \dfrac{2\eta\chi}{na}(e + c_f) & 0 \\ 0 & 0 & \dfrac{rc_\theta}{na^2\eta} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{u}_i = \begin{cases} -\dfrac{\mathbf{G}_i^T \mathbf{P}_i \mathbf{w}_i}{\| \mathbf{G}_i^T \mathbf{P}_i \mathbf{w}_i \|}, & \| \mathbf{G}_i^T \mathbf{P}_i \mathbf{w}_i \| \neq 0 \\ \mathbf{0}, & \| \mathbf{G}_i^T \mathbf{P}_i \mathbf{w}_i \| = 0, \mathbf{w}_i \neq \mathbf{0} \\ \mathbf{u}_j, & \| \mathbf{G}_i^T \mathbf{P}_i \mathbf{w}_i \|_i = \mathbf{0}, \mathbf{w}_i = \mathbf{0}, \mathbf{w}_j \neq \mathbf{0} \end{cases}$$

$$\dot{\mathbf{x}}_i = u_0 \mathbf{G}_i \mathbf{u}_i \qquad \mathbf{x}_i = \mathbf{x}_j$$

$$\Delta m_i = \Delta m_j$$

$$\mathbf{x} \triangleq \{\overline{a}, \overline{e}, \overline{I}\}$$

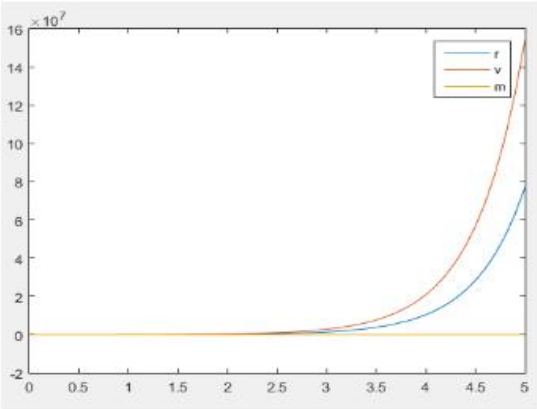
53

6. Aplicación

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\begin{bmatrix} \overline{a}_i \\ \overline{I}_i \end{bmatrix} = -\frac{u_0}{K}\sqrt{\frac{\overline{a}}{\mu}}\begin{bmatrix} 4p_a \overline{a}_i^2 (\overline{a}_i - \overline{a}_{i+1}) \\ p_i \cos^2\overline{\theta}_i (\overline{I}_i - \overline{I}_{i+1}) \end{bmatrix}$$

$$V = \sum_{\beta = \overline{a}, \overline{I}} V_\beta$$

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{r}} = \mathbf{v} \\ \dot{\mathbf{v}} = -\dfrac{\mu}{r^3}\mathbf{r} + \mathbf{a}_p + \dfrac{T_0}{m}\mathbf{u}_{ECI} \\ \dot{m} = -\dfrac{T_0}{I_{sp} g_0} \end{cases}$$

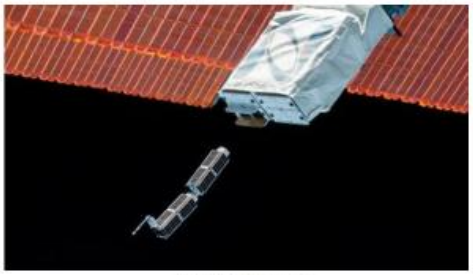


54

6. Aplicación

$$\Delta(\mathcal{G}) = \begin{pmatrix} d(v_1) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & d(v_2) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & d(v_n) \end{pmatrix}$$

$$L(\mathcal{G}) = \Delta(\mathcal{G}) - A(\mathcal{G}),$$



D =

1	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0
0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	2	0
0	0	0	0	0	1

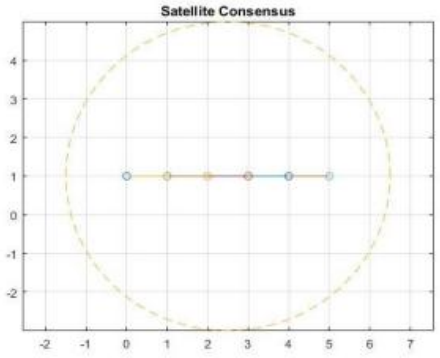
L =

1	-1	0	0	0	0
-1	2	-1	0	0	0
0	-1	2	-1	0	0
0	0	-1	2	-1	0
0	0	0	-1	2	-1
0	0	0	0	-1	1

$$[A(\mathcal{G})]_{ij} = \begin{cases} 1 \text{ if } v_i v_j \in E, \\ 0 \text{ otherwise.} \end{cases}$$

A =

0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	1	0



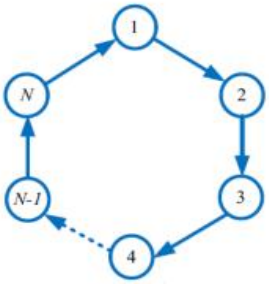
55



56

6. Aplicación

$$\dot{x}_i(t) = \sum_{j \in N(i)} (x_j(t) - x_i(t)), \quad i = 1, \ldots, n,$$



$$\dot{x}(t) = -L(\mathcal{G})\, x(t),$$

$$D = \{d_{ij} \in \mathbf{R} \mid d_{ij} > 0,\ i, j = 1, \ldots, n,\ i \neq j\},$$

Dc =

2	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0
0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	2	0
0	0	0	0	0	2

Ac =

0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	0

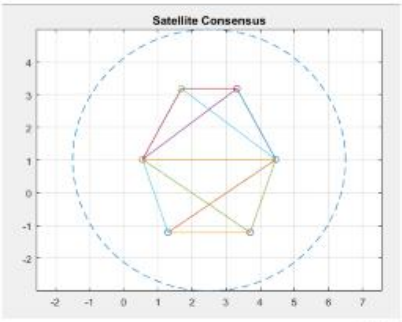
Lc =

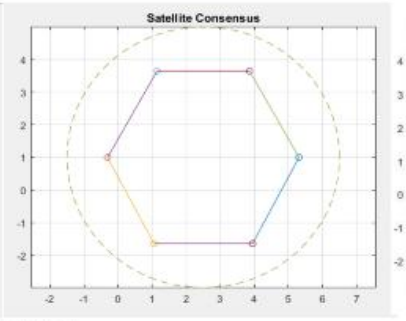
2	-1	-1	0	0	0
-1	2	0	0	-1	0
-1	-1	2	-1	0	0
0	0	-1	2	0	-1
0	0	0	0	2	-1
0	0	0	-1	-1	2

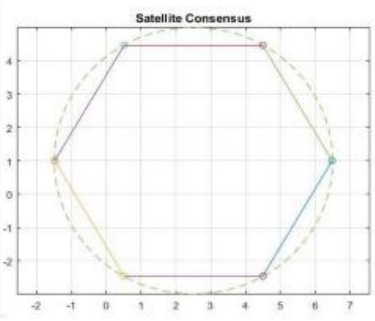
$$\|\xi_i - \xi_j\| = d_{ij} \quad \text{for all } i, j = 1, \ldots, n,\ i \neq j.$$

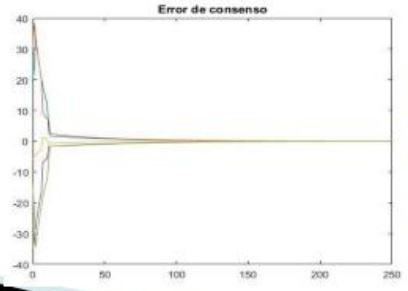
57

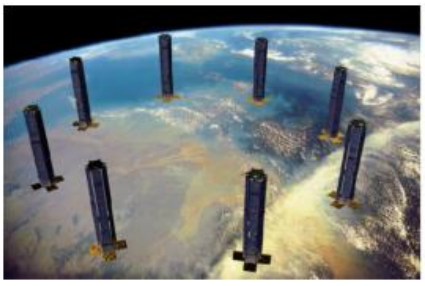
6. Aplicación



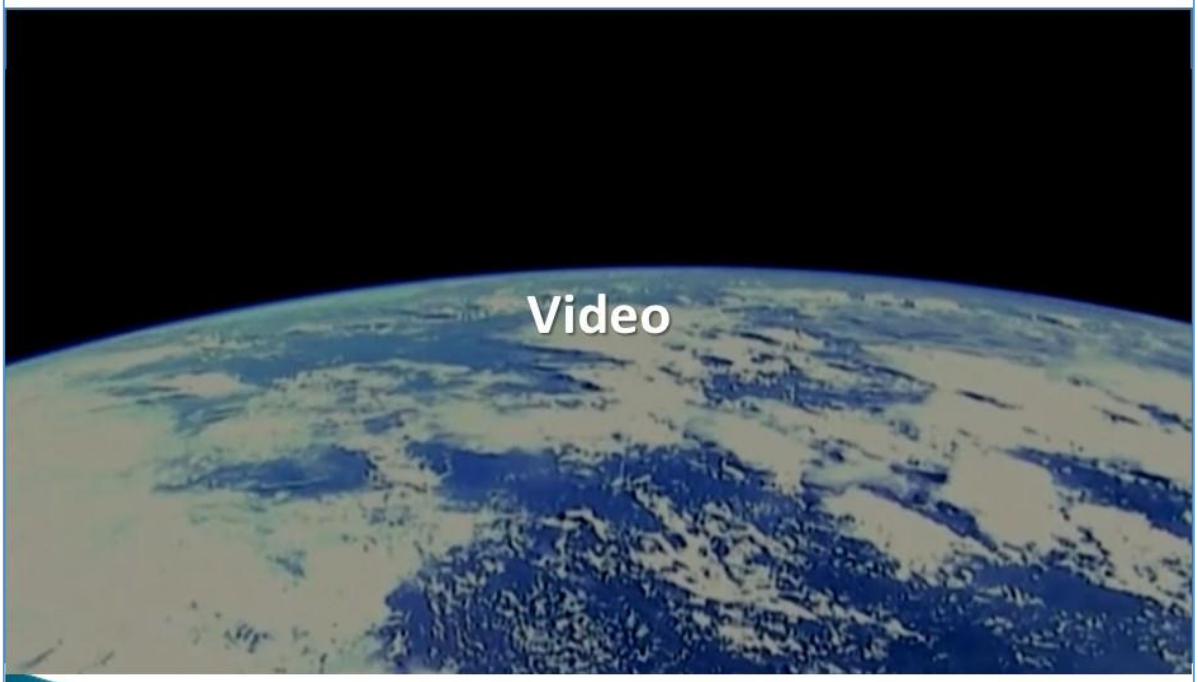








58



59

6. Aplicación

ORBITA	ALTURAS Km	RADIO Km	VELOCIDADES Km/s	PERIODO Revolución x día	TIEMPO COBERTURA COLOMBIA	USOS TÍPICOS
LEO	280	6658,14	7,7373	15,9798	4,3038 min	Imágenes, Sensores remotos Meteorología, experimentos Universitarios, Comunicaciones en Constelación
MEO	280 35786	6658,14 42164,14	10,1379 1,6093	2,273618	587,2942 min	GPS, GLONASS, Imágenes, sensores ópticos, Comunicaciones en Constelación
GEO	35786	42164,14	3,0746	1	24 Horas	Comunicaciones, guerra electrónica, inteligencia de señales Militares.

Poveda, 2016

60

Conclusiones

- A través del análisis y **modelamiento del sistema multiagente**, se logró determinar el modelo de representación de la dinámica de cada satélite, demostrando el consenso hacia la formación de control de seis satélites, como referencia al sistema SAMSON de tres unidades satelitales, respecto a una geometría de misión con enlace de comunicaciones.
- De igual modo se definieron las condiciones no lineales de los sistemas satelitales de donde la ley de control cíclico On-Off, para la **minimización de consumo**, actúa en el momento de búsqueda de posición de los agentes, desde la ubicación de lanzamiento hasta el consenso geométrico del cluster satelital.
- Se constató la generación de enlaces a partir del lanzamiento de los satélites en la órbita de permanencia, dentro de la cual se inician las **activaciones conmutadas de los sistemas de propulsión de cada satélite, para avanzar en la interconectividad de los nodos**, logrando así completar el marco de referencia deseado.
- Finalmente se determinó el error de consenso al cual llega cada uno de los agentes, pasando desde las condiciones iniciales a la ecuación de consenso adicionada con la **referencia geométrica final.**

61

Referencias

- **Bouwmeester, J., & Guo, J. (2010).** Survey of worldwide pico- and nanosatellite missions, distributions and subsystem technology. *Acta Astronautica*, *67*(7-8), 854-862. https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2010.06.004
- **Guerman, A., Ovchinnikov, M., Smirnov, G., & Trofimov, S. (2012).** Closed Relative Trajectories for Formation Flying with Single-Input Control, *2012*. https://doi.org/10.1155/2012/967248
- **Holmesparker, C., Hall, R., Agogino, A., Field, M., & Hall, R. (2011).** Evolving Distributed Resource Sharing for CubeSat Constellations, 1015-1022.
- **Li, J., Pan, Y., & Kumar, K. D. (2010).** Formation Flying Control of Small Satellites, (August), 1-25. https://doi.org/10.2514/6.2010-8296
- **Murray, R. M. (2016).** Recent Research in Cooperative Control of Multivehicle Systems, *129*(September 2007), 571-583. https://doi.org/10.1115/1.2766721
- **Poghosyan, A., & Golkar, A. (2016).** Progress in Aerospace Sciences CubeSat evolution : Analyzing CubeSat capabilities for conducting science missions. *Progress in Aerospace Sciences*, (September), 1-25. https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2016.11.002

62

Referencias

- **Radhakrishnan, R., Edmonson, W. W., Afghah, F., Rodriguez-osorio, R. M., Pinto, F., & Burleigh, S. C. (2016).** Survey of Inter-Satellite Communication for Small Satellite Systems: Physical Layer to Network Layer View.
- **Ren, W., & Beard, R. W. (2004).** Decentralized Scheme for Spacecraft Formation Flying via the Virtual Structure Approach, *27*(1), 73–82.
- **Shao, X., Song, M., Wang, J., Zhang, D., & Chen, J. (2017).** Satellite formation keeping using differential lift and drag under J2 perturbation. https://doi.org/10.1108/AEAT-06-2015-0168
- **Xu, Y., Fitz-coy, N., Lind, R., & Tatsch, A. (2007).** □ Control for Satellites Formation Flying, (January).
- **Zhang, H., & Gurfil, P. (2016).** Cooperative Control of Multiple Satellites via Consensus *, 1102–1107.
- **Zetocha, P., Self, L., Wainwright, R., & Burns, R. (2002).** Commanding and controlling satellite clusters Margarita Brito and Derek Surka , Princeton Satellite Systems, 10–15.

63

Preguntas?

64

PRESENTACIÓN: GENERALIDAD ACERCA DEL USO DE LAS PRÁCTICAS ESTÁNDAR EN EL MANTENIMIENTO AERONÁUTICO

Técnico Jefe (RA) José Miguel Atehortúa Arenas*
**Técnico Jefe (RA) Tecnólogo en Mantenimiento Aeronáutico, Especialista en Estructuras Aeronáuticas Asesor Estructuras Aeronáuticas asignado al Comando de Apoyo a la Fuerza en el Área de Ingeniería. Bogotá*
champyjm@gmail.com; jose.atehortua@fac.mil.co





Propósito de la ponencia

Hacer consciente al participante de que existen técnicas y practicas estándar para mejorar y facilitar las actividades de mantenimiento, permitiendo unificar los criterios entre todo el personal del sector aeronáutico para evitar las "malas practicas" , asegurando la calidad y la seguridad en el sector aeronáutico fundados en :

"que hacer", "como hacer" y el "modo de hacer"

Tópicos de interés

- ❑ *Conceptos y definiciones.*
- ❑ *Organizaciones y estándares.*
- ❑ *Factores prevalentes en mantenimiento.*
- ❑ *Malas Prácticas Vs. Buenas Practicas*

Conceptos y definiciones

¿Qué es Estándar?

Especificación que incluye criterios de diseño, fabricación, prueba y aceptación para que *algo se haga en total conformidad con una industria establecida.*



Conceptos y definiciones

¿Qué es Estándar?

Conjunto de definiciones y pautas técnicas, como instrucciones de *"cómo hacerlo"* para diseñadores, fabricantes y usuarios.



Conceptos y definiciones

¿Qué es Estándar?

El estándar sirve como *modelo, norma, patrón o referencia* en un lenguaje común para definir la calidad y establecer criterios de seguridad para un producto determinado.



Conceptos y definiciones

¿Qué es Estándar?

Que es lo más habitual o corriente, o que reúne las *características comunes a la mayoría*. calidad estándar; medidas estándar; resolución estándar; lenguaje estándar; documento estándar.



Conceptos y definiciones

¿Qué es Estándar?

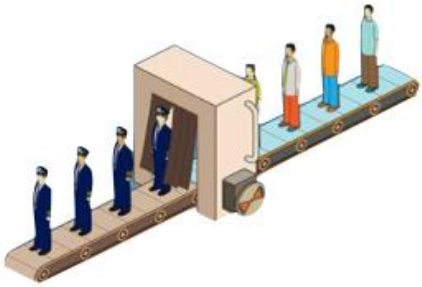
Un conjunto de reglas estandarizadas que contienen un catálogo de requisitos. La estandarización recoge las propuestas de todas las instituciones relevantes como son las autoridades, los fabricantes, los operadores, los mantenedores, los centros de investigación, las entidades de certificación.



Que son?... Concepto de Estándar Normalizado

1. La asociación estadounidense para pruebas de materiales **(ASTM):** lo define como el **proceso de formular y aplicar reglas para una aproximación ordenada a una actividad específica** para el beneficio y con la cooperación de todos los involucrados.

2. La **ISO** (International Organization for Standarization): como la **actividad que tiene por objeto establecer, ante problemas reales o potenciales, disposiciones destinadas a usos comunes y repetidos, con el fin de obtener un nivel de ordenamiento óptimo** en un contexto dado, que puede ser tecnológico, político o económico.





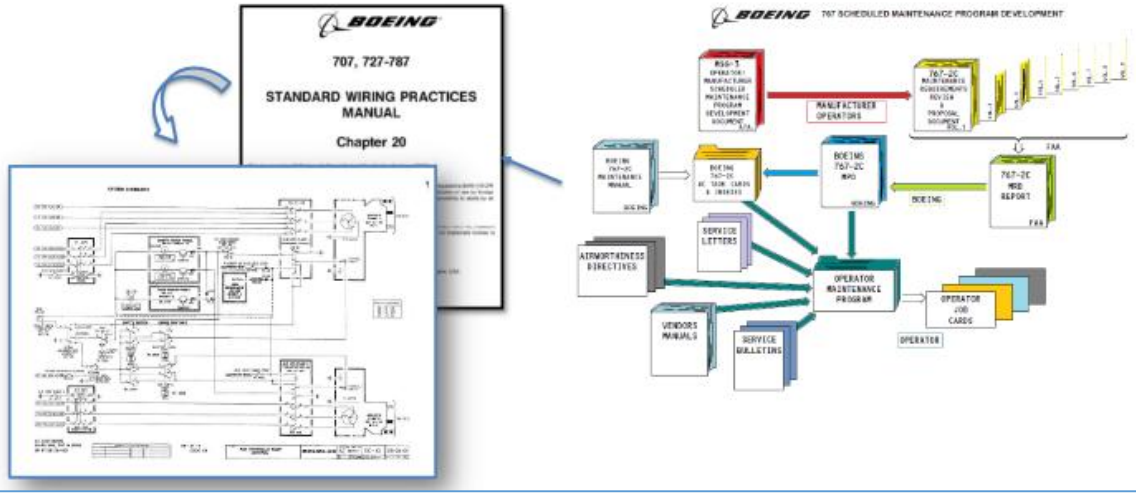


TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 10

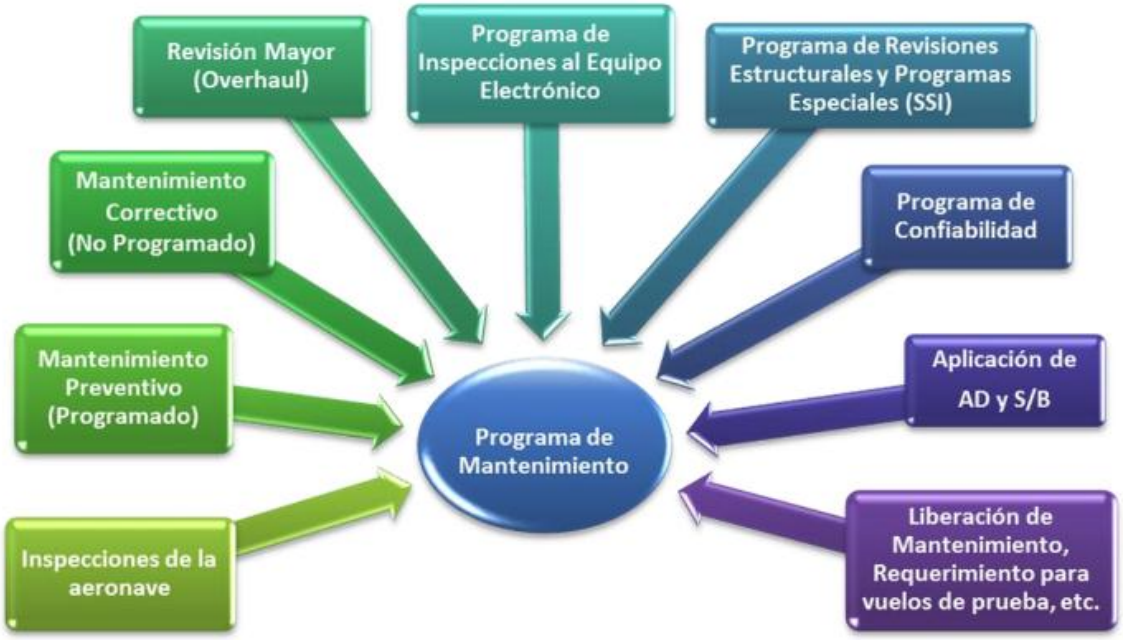
Que son?... Concepto de Estándar

En **Mantenimiento Aeronáutico**. Por lo general, un documento formal que establezca la ingeniería con criterios técnicos, métodos, procesos y prácticas, proporcionando un conjunto de instrucciones para realizar operaciones o funciones de manera igualitaria y rutinaria.

Procedimientos que se han unificado por los fabricantes, mantenedores y operadores, que han sido acogidos por las autoridades reguladoras para su ejecución dada la mejora en la calidad del trabajo realizado y por tanto en la seguridad para operación de las aeronaves.



Que son?... Concepto de Estándar



TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 12

Que son?...

SIMPLIFICADAS

Reducir los modelos para quedarse únicamente con los más necesarios.

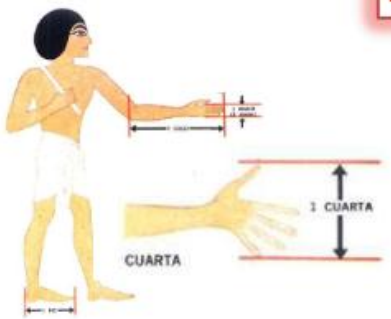
UNIFICADAS

Permitir el intercambio a nivel interno e internacional.

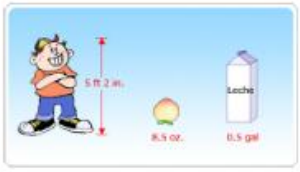
ESPECIFICAS

Evitar errores de identificación creando un lenguaje claro y preciso.

DINAMICAS





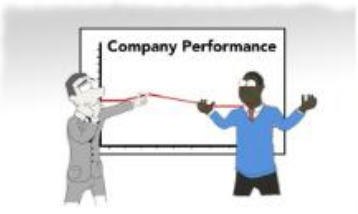


TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 13

Para que sirven?...

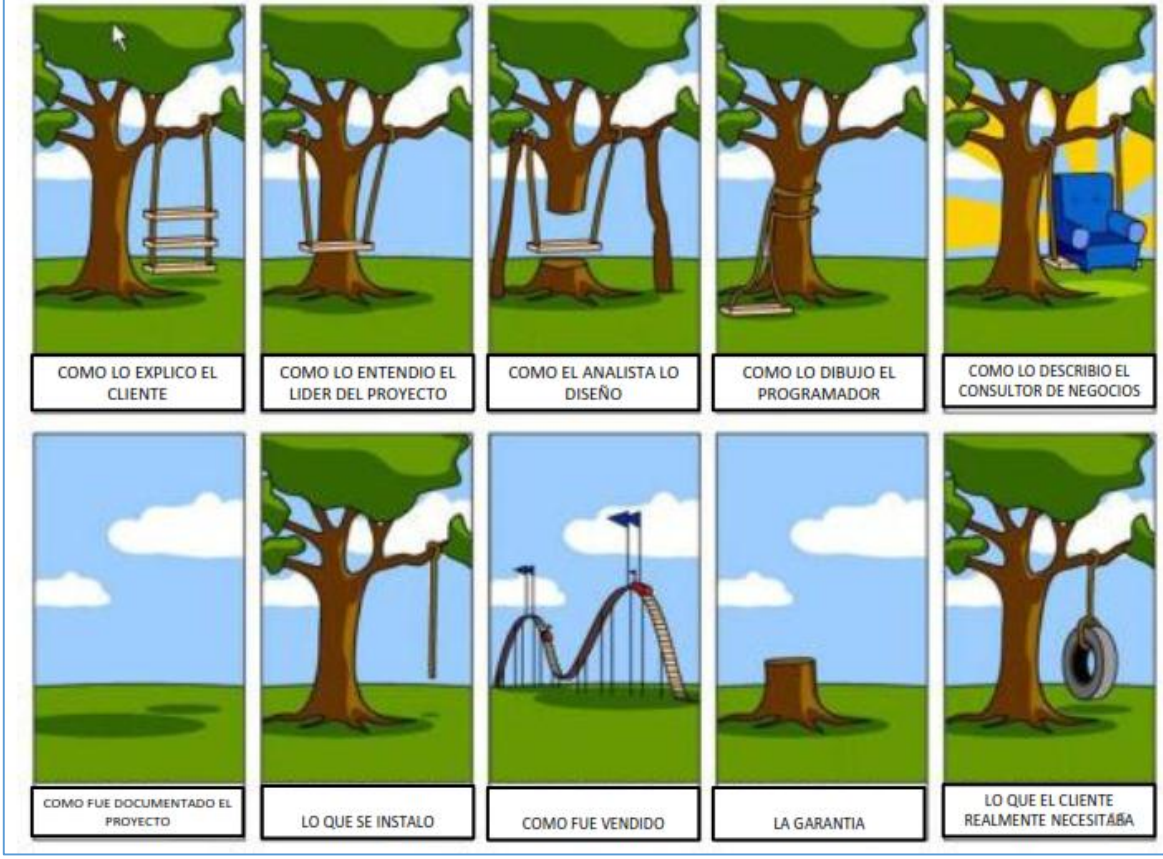
Why Have an Standard?







TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 14



Para que sirven?... ventajas de los estándares

1. Recopila los **métodos de trabajo de los operarios más expertos** y los hace extensivos a toda la compañía lo que se traduce en una mejora de la productividad. **Descripción técnica detallada**.
2. Acelera el **proceso de aprendizaje** de los profesionales que **por primera vez** desempeñan esa tarea.
3. **Reduce el riesgo de errores** que afecten a la calidad del producto y a la seguridad de los trabajadores.



4. Establece **una base documentada del conocimiento** operativo, logístico y administrativo de la empresa, lo que puede conducir a futuras mejoras.
5. Si se cumplen, tiene un efecto motivador y produce un **incremento de la disciplina.**
6. **Mejora la detección de los problemas** y los desperdicios de tiempo.
7. Crea una **gestión visual fácil de comprender** por todo el personal de la organización.
8. Ayuda a alcanzar **mejoras en la productividad y en la calidad**. Se puede decir que la estandarización es la base para la mejora continua.
9. Establece **disposiciones para uso común y repetido**.

16

REGLA DE ORO

1. ESCRIBIR LO QUE SE HACE
   (PROCEDIMIENTO)



2. HACER LO QUE SE ESCRIBE
   (OPERACIONAL)



3. DOCUMENTAR Y HACERLO IGUAL
   (ESTANDARIZADO)



Quien las genera y donde las encuentro?...

AUTORIDADES
ORGANIZACIONES
ENTIDADES
EMPRESAS
PERSONAS

ASTM
ISO
ASM
SAE
NAS
MS
FAA
MIL
USAF
FAC
OTROS,



TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 18

Quien las genera y donde las encuentro?...

ESTÁNDARES A NIVEL ORGANIZACIÓN



ESTÁNDARES A NIVEL NACIONAL

Sistema de Gestión Integrado – SGI, Incluye el Sistema de Gestión de la Calidad NTCGP1000, el Sistema de Desarrollo Administrativo SISTEDA y el Modelo Estándar de Control Interno, MECI

ESTÁNDARES INTERNACIONALES

191/198 PAISES MIEMBROS

ARMY - AIR FORCE - NAVY - MARINES - COAST GUARD

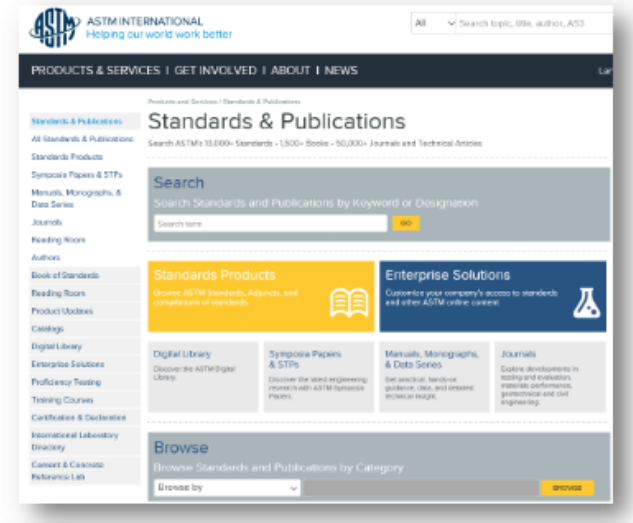
TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas

Quien las genera y donde las encuentro?...

- AWS American Welding Society
- AISC American Institute of Steel Construction
- ASTM American Society for Testing Materials
- API American Petroleum Institute
- ASME American Society of Mechanical Engineers
- AWWA American Water Works Association
- ANSI American National Standards Institute
- ASNT American Society for Non Destructive Testing
- AISI American Iron Steel Institute
- SAE Society of Automotive Engineers
- ISO Organización Internacional de Estándares
- ICONTEC Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificadas

Quien las genera y donde las encuentro?...





https://www.astm.org/Standard/standards-and-publications.html

Over 12,500 ASTM standards operate globally

Organized in 1898, ASTM International is one of the world's largest international standards developing organizations

ASTM F2696-14 Standard Practice for Inspection of Aircraft Electrical Wiring Systems

ASTM F2908-16 Standard Specification for Aircraft Flight Manual (AFM) for a Small Unmanned Aircraft System (sUAS)

ASTM F2799-14 Standard Practice for Maintenance of Aircraft Electrical Wiring Systems

ASTM F483-09(2014) Standard Practice for Total Immersion Corrosion Test for Aircraft Maintenance Chemicals

ASTM E709-15 Standard Guide for Magnetic Particle Testing

ASTM E1002-11 Standard Practice for Leaks Using Ultrasonics

ASTM F548-09(2014) Standard Test Method for Intensity of Scratches on Aerospace Transparent Plastics

ASTM Technical Committees

Ferrous Metals

A01 Steel, Stainless Steel and Related Alloys
A04 Iron Castings
A05 Metallic-Coated Iron and Steel Products
A06 Magnetic Properties

Nonferrous Metals

B01 Electrical Conductors
B02 Nonferrous Metals and Alloys
B05 Copper and Copper Alloys
B07 Light Metals and Alloys
B08 Metallic and Inorganic Coatings
B09 Metal Powders and Metal Powder Products
B10 Reactive and Refractory Metals and Alloys

Cementitious, Ceramic, Concrete and Masonry Materials

C01 Cement
C03 Chemical-Resistant Nonmetallic Materials
C04 Vitrified Clay Pipe
C07 Lime and Limestone
C08 Refractories
C09 Concrete and Concrete Aggregates
C11 Gypsum and Related Building Materials and Systems
C12 Mortars and Grouts for Unit Masonry
C13 Concrete Pipe
C14 Glass and Glass Products
C15 Manufactured Masonry Units
C16 Thermal Insulation
C17 Fiber-Reinforced Cement Products
C18 Dimension Stone
C21 Ceramic Whitewares and Related Products
C24 Building Seals and Sealants
C26 Nuclear Fuel Cycle
C27 Precast Concrete Products
C28 Advanced Ceramics

Miscellaneous Materials

D01 Paint and Related Coatings, Materials and Applications
D02 Petroleum Products, Liquid Fuels and Lubricants
D03 Gaseous Fuels
D04 Road and Paving Materials
D05 Coal and Coke
D07 Wood
D08 Roofing and Waterproofing
D09 Electrical and Electronic Insulating Materials
D10 Packaging
D11 Rubber
D12 Soaps and Other Detergents
D13 Textiles
D14 Adhesives
D15 Engine Coolants and Related Fluids
D16 Aromatic Hydrocarbons and Related Chemicals
D18 Soil and Rock
D19 Water
D20 Plastics
D21 Polishes
D22 Air Quality
D24 Carbon Black
D26 Halogenated Organic Solvents and Fire Extinguishing Agents
D27 Electrical Insulating Liquids and Gases
D28 Activated Carbon
D30 Composite Materials
D31 Leather
D32 Catalysts
D33 Protective Coating and Lining Work for Power Generation Facilities
D34 Waste Management
D35 Geosynthetics

Miscellaneous Subjects

E01 Analytical Chemistry for Metals, Ores and Related Materials
E04 Metallography
E05 Fire Standards
E06 Performance of Buildings
E07 Nondestructive Testing
E08 Fatigue and Fracture

E10 Nuclear Technology and Applications
E11 Quality and Statistics
E12 Color and Appearance
E13 Molecular Spectroscopy and Separation Science
E15 Industrial and Specialty Chemicals
E17 Vehicle - Pavement Systems
E18 Sensory Evaluation
E20 Temperature Measurement
E21 Space Simulation and Applications of Space Technology
E27 Hazard Potential of Chemicals
E28 Mechanical Testing
E29 Particle and Spray Characterization
E30 Forensic Sciences
E31 Healthcare Informatics
E33 Building and Environmental Acoustics
E34 Occupational Health and Safety
E35 Pesticides, Antimicrobials and Alternative Control Agents
E36 Accreditation and Certification
E37 Thermal Measurements
E41 Laboratory Apparatus
E42 Surface Analysis
E43 SI Practice
E44 Solar, Geothermal and Other Alternative Energy Sources
E48 Bioenergy and Industrial Chemicals from Biomass
E50 Environmental Assessment, Risk Management, and Corrective Action
E52 Forensic Psychophysiology
E53 Asset Management
E54 Homeland Security Applications
E55 Manufacture of Pharmaceutical Products
E56 Nanotechnology
E57 3D Imaging Systems
E58 Forensic Engineering
E60 Sustainability
E61 Radiation Processing
E62 Industrial Biotechnology

Materials for Specific Applications

F01 Electronics
F02 Flexible Barrier Packaging
F03 Gaskets
F04 Medical and Surgical Materials and Devices
F06 Business Imaging Products
F06 Resilient Floor Coverings
F07 Aerospace and Aircraft
F08 Sports Equipment, Playing Surfaces, and Facilities
F09 Tires
F10 Livestock, Meat, and Poultry Evaluation Systems
F11 Vacuum Cleaners
F12 Security Systems and Equipment
F13 Pedestrian/Walkway Safety and Footwear
F14 Fences
F15 Consumer Products
F16 Fasteners
F17 Plastic Piping Systems
F18 Electrical Protective Equipment for Workers
F20 Hazardous Substances and Oil Spill Response
F23 Personal Protective Clothing and Equipment
F24 Amusement Rides and Devices
F25 Ships and Marine Technology
F26 Food Service Equipment
F27 Snow Skiing
F29 Anesthetic and Respiratory Equipment
F30 Emergency Medical Services
F32 Search and Rescue
F33 Detention and Correctional Facilities
F34 Rolling Element Bearings
F36 Technology and Underground Utilities
F37 Light Sport Aircraft
F38 Unmanned Aircraft Systems
F39 Aircraft Systems
F40 Declarable Substances in Materials
F41 Unmanned Maritime Vehicle Systems (UMVS)
F42 Additive Manufacturing Technologies
F43 Language Services and Products
F44 General Aviation Aircraft
F45 Driverless Automatic Guided Industrial Vehicles
F46 Aerospace Personnel

Corrosion, Deterioration, and Degradation of Materials

G01 Corrosion of Metals
G02 Wear and Erosion
G03 Weathering and Durability
G04 Compatibility and Sensitivity of Materials in Oxygen Enriched Atmospheres

international standardization Organization

https://www.iso.org/standards.html

ISO has published 21528 International Standards and related documents, covering almost every industry, from technology, to food safety, to agriculture and healthcare.

The ISO story began in 1946 when delegates from 25 countries met at the Institute of Civil Engineers in London and decided to create a new international organization 'to facilitate the international coordination and unification of industrial standards'. On 23 February 1947 the new organization, ISO, officially began operations.

ISO 12290:2000
Aerospace -- Rivets, solid, in titanium or titanium alloy -- Procurement specification

ISO 43:2016 - Aircraft -- Jacking pads
ISO 43:2016 specifies the profiles and dimensions of **aircraft** jacking pads and the minimum clearance to be provided around them. **Aircraft** jacking pads, also ...

ISO 8044:2015 - Corrosion of metals and alloys -- Basic terms and ...
ISO 8044:2015 defines terms relating to **corrosion** that are widely used in modern science and technology. In addition, some definitions are supplemented with ...

ISO 8575:2016 - Aerospace -- Fluid systems -- Hydraulic system tubing
ISO 8575:2016 provides information relating to the sizes and materials of tubing for use in aerospace **hydraulic** pressure and return and suction lines.

ISO/NP 20769-1 - Non-destructive testing -- Radiographic inspection ...
Non-destructive testing -- Radiographic inspection of **corrosion** and deposits in pipes by X- and gamma rays -- Part 1: Tangential radiographic inspection

ICS	Field
01	Generalities. Terminology. Standardization. Documentation
03	Services. Company organization, management and quality. Administration.
07	Natural and applied sciences
11	Health care technology
13	Environment. Health protection. Safety
17	Metrology and measurement. Physical phenomena
19	Testing
21	Mechanical systems and components for general use
23	Fluid systems and components for general use
25	Manufacturing engineering
27	Energy and heat transfer engineering
29	Electrical engineering
31	Electronics
33	Telecommunications. Audio and video engineering
35	Information technology
37	Image technology
39	Precision mechanics. Jewellery
45	Railway engineering
47	Shipbuilding and marine structures
49	Aircraft and space vehicle engineering
53	Materials handling equipment
55	Packaging and distribution of goods
59	Textile and leather technology
61	Clothing industry
65	Agriculture
67	Food technology
71	Chemical technology
73	Mining and minerals
75	Petroleum and related technologies
77	Metallurgy
79	Wood technology
81	Glass and ceramics industries
83	Rubber and plastic industries
85	Paper technology
87	Paint and colour industries
91	Construction materials and building
93	Civil engineering
95	Military affairs. Military engineering. Weapons
97	Domestic and commercial equipment. Entertainment. Sports

TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 25

SAE INTERNATIONAL

Aerospace, Automotive, Commercial Vehicle

http://www.sae.org/standards/

ISO has published 21528 International Standards and related documents, covering almost every industry, from technology, to food safety, to agriculture and healthcare.

TOPICS

- Bodies and Structures
- Design Engineering and Styling
- Environment
- Human Factors and Ergonomics
- Maintenance and Aftermarket
- Manufacturing
- Noise, Vibration, and Harshness
- Power and Propulsion
- Safety
- Transportation Systems
- Chassis
- Electrical, Electronics, and Avionics
- Fuels and Energy Sources
- Interiors, Cabins, and Cockpits
- Management and Organization
- Materials
- Parts and Components
- Quality, Reliability, and Durability
- Tests and Testing
- Vehicles and Performance

***SOLID* - 100° FLUSH HEAD, MONEL UNS N04400**2006-08-10 Standard AS9318A

Aircraft Lightning Zone

2005-02-16, Standard ARP5414A

This SAE Aerospace Recommended Practice (ARP) defines lightning strike zones and provides guidelines for locating them on particular *aircraft*, together with examples. Parts 23, 25, 27, and 29 aircraft. ...

Cleaner, Aircraft Glass Window

CURRENT 2013-11-06, Standard AMS1534C. This specification covers two types of aircraft glass window cleaners in the form of a ready-to-use liquid.

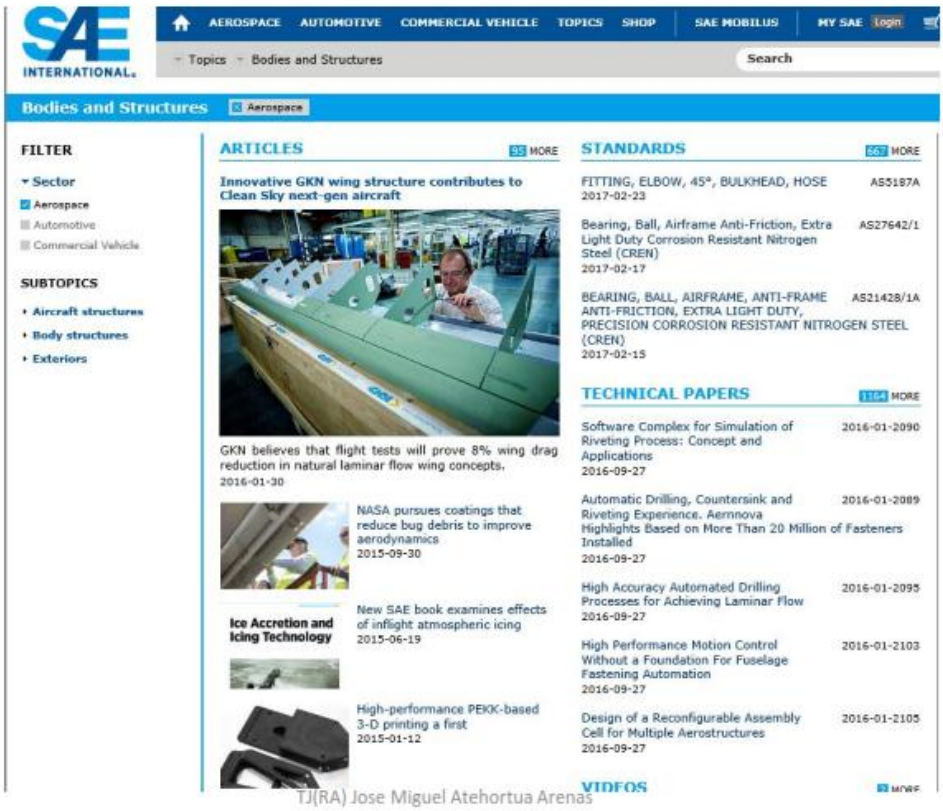
Riveter, Power, Pneumatic-Hydraulic Blind *Rivet Installation* CURRENT 2013-03-15

Standard AS85188A. This specification covers pneumatic-hydraulic tools for use in the *installation* of type I blind *rivets* conforming to MIL-R-7885 (see 6.1).

X-Ray Computed Tomography for Verification of *Rivet Installation* Assessment Techniques

1998-09-15 Technical Paper , 982140 K.E. Lulay, P. G. Kostenick, G. E. Georgeson ABSTRACT High quality *rivet installation* is of critical importance to the aerospace industry.

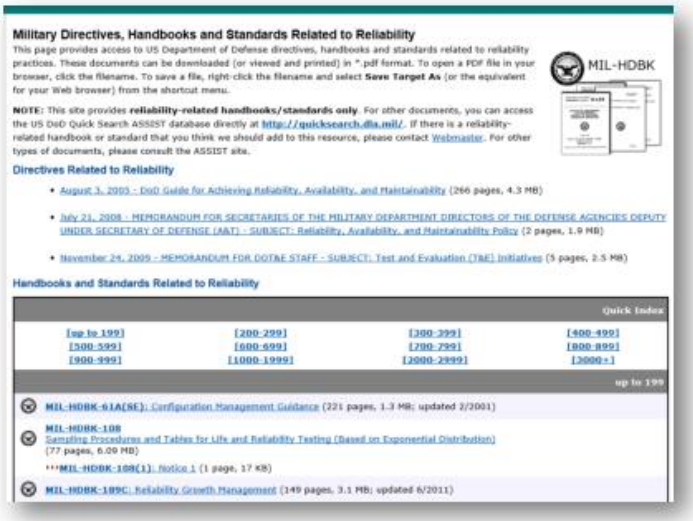
TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 26



EverySpec

http://everyspec.com/

EverySpec provides free access to over 55,000 Military, DoD, Federal, NASA, DOE,



This data warehouse includes standardization documents with the designations of MIL, MIL-STD, MIL-PRF, MIL-DTL, FED, CID, JANS, MS, AND, USAF, DID, CID, UCF, and FIPS, including their Amendments, Notices, and Supplements.

MIL-STD Reference Documents





Acronym	Type	Definition [1]
MIL-HDBK	**Defense Handbook**	A guidance document containing standard procedural, technical, engineering, or design information about the material, processes, practices, and methods covered by the DSP. MIL-STD-967 covers the content and format for defense handbooks.
MIL-SPEC	**Defense Specification**	A document that describes the essential technical requirements for purchased materiel that is military unique or substantially modified commercial items. MIL-STD-961 covers the content and format for defense specifications.
MIL-STD	**Defense Standard**	A document that establishes uniform engineering and technical requirements for military-unique or substantially modified commercial processes, procedures, practices, and methods. There are five types of defense standards: interface standards, design criteria standards, manufacturing process standards, standard practices, and test method standards. MIL-STD-962 covers the content and format for defense standards.
MIL-PRF	**Performance Specification**	A performance specification states requirements in terms of the required results with criteria for verifying compliance, but without stating the methods for achieving the required results. A performance specification defines the functional requirements for the item, the environment in which it must operate, and interface and interchangeability characteristics.
MIL-DTL	**Detail Specification**	A specification that specifies design requirements, such as materials to be used, how a requirement is to be achieved, or how an item is to be fabricated or constructed. A specification that contains both performance and detail requirements is still considered a detail specification.

MIL-STD Reference Documents

Number	Revision	Date	Title
MIL-B-5087	B	10/64	Bonding for Aerospace Systems
MIL-HDBK-5	J	01/03	Metallic Materials and Elements (70MB) declared obsolete in 2005 and replaced by MMPDS at <projects.battelle.org/mmpds/>
MIL-HDBK-17			Composite Materials Handbook being superseded by CMH-17; see <www.cmh17.org> and <books.sae.org/book-r-422.set3>
Volume 1	F	06/02	Polymer Matrix/Guidelines for Characterization
Volume 2	F	06/02	Polymer Matrix/Materials Propoerties
Volume 3	F	06/02	Polymer Matrix/Materials Usage, Design and Analysis
Volume 4	A	06/02	Metal Matrix Composites
Volume 5	-	06/02	Ceramic Matrix Composites
MIL-HDBK-217	F Notice 2	02/95	Reliability Prediction of Electronic Equipment not maintained; more up-to-date (perhaps) data at <theriac.org/riacapps/search/>
MIL-HDBK-340	A	04/99	Test Requirements for Launch & Space Vehicles, Vol 1
MIL-HDBK-343	-	02/86	Design, Construction, and Test Requirements for One-of-a-Kind Spacecraft
MIL-M-38510	J	11/91	Military Specification, Microcircuits Not valid for new designs; see MIL-PRF-38535, et al
MIL-PRF-13830	B	01/97	Optical Component Inspection
MIL-PRF-19500	P1	05/12	Performance Specification, Semiconductor Devices Search current QML/QPL here
MIL-PRF-31032	B1	05/12	Printed Circuit Board, General Spec.
Supplement 1	-	01/10	List of Associated Specifications
MIL-PRF-31032/1	C1	11/12	Rigid, Multilayer, Thermosetting Resin
MIL-PRF-31032/2	B1	11/12	Rigid, Double Layer, Woven E-Glass
MIL-PRF-31032/3	B1	11/12	Flexible, Double Layer
MIL-PRF-31032/4	B1	11/12	Flexible, Multilayer
MIL-PRF-31032/5	A	09/12	Rigid, Multilayer, Thermoplastic, High-Frequency
MIL-PRF-31032/6	A	12/12	Rigid, Double Layer, Thermoplastic, High Frequency
MIL-PRF-38534	H	09/10	Performance Specification, Hybrid Circuits

NATIONAL AEROSPACE STANDARDS

NAS - National Aerospace Standard - Unified

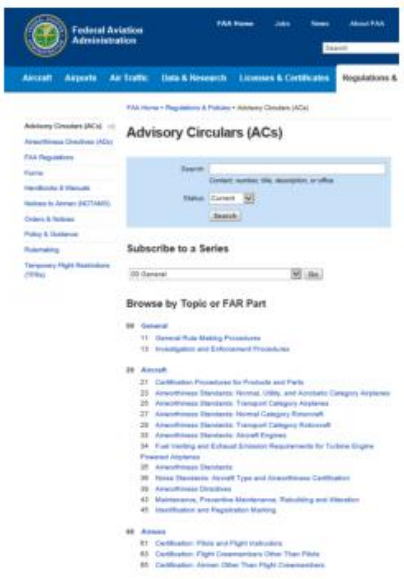
Part Number	Head Style	Material	Plating	Head treat	Specification
NAS333-NAS340	100° Flush	Alloy Steel	Cadmium	160KSI-180KSI	MIL-B-87114
NAS464	Hex	Alloy Steel	Cadmium	160KSI-180KSI	NAS498
NAS517	100° Flush	Alloy Steel	Cadmium	160KSI-180KSI	MIL-S-7839 Except as noted
NAS563-NAS572	Hex	Alloy Steel	Cadmium	160KSI-1 80KSI	MIL-B--6812
NAS563-NAS572	Hex	A286	Passivate	160KSI-1 80KSI	MIL-B--6812
NAS624-NAS644	12-Point	Alloy Steel	Fluoborate	180KSI-200KSI	NAS496
NAS674-NAS644	12-Point	Alloy Steel	Cadmium	180KSI-200KSI	NAS496
NAS673-NAS678	Hex	Titanium 6AL-4V	None	160KSI Min	NAS621
NAS1003-NAS1020	Hex	A286	Passivate	140KSI Min	AMS7478
NAS1223-NAS1235	Hex	Alloy Steel	Cadmium	160KSI-180KSI	MIL-B-7898
NAS1223-NAS1235	Hex	A286	None	140KSI Min.	AMS7478
NAS1261 –NAS1265	Hex	Titanium 6AL-4V	None	160KSI Min	NAS621
NAS1 266-NAS1 270	Hex	Titanium 6AL-4V	None	160KSI Min.	NAS621
NAS1297	Hex	Alloy Steel	Cadmium	125KSI-145KSI	MIL-B-6812
NAS1 303-NAS1 320	Hex	Alloy Steel	Cadmium	160KSI-180KSI	MIL-B-7838
NAS2803-NAS2810	100° Flush	Alloy Steel	Cadmium	180KSI-200KSI	MIL-B-87114 Except as noted
NAS2903-NAS2920	Hex	Alloy Steel	Cadmium	160KSI-180KSI	MIL-B-7838 Except as note
NAS3003-NAS3070	Hex	Alloy Steel	Cadmium	160KSI-1 80KSI	MIL-B-7838
NAS6203-NAS6220	Hex	Alloy Steel	Cadmium	160KSI-180KSI	NAS4002
NAS6203-NAS6220	Hex	Alloy Steel	Chromium	160KSI-180KSI	NAS4002
NAS6303-NAS6320	Hex	A286	Passivate	160KSI-180KSI	NAS4003
NAS6303-NAS6320	Hex	A286	Cadmium	160KSI-180KSI	NAS4003
NAS6303-NAS6320	Hex	A286	Chromium	160KSI-180KSI	NAS4003
NAS6403-NAS6420	Hex	Titanium	None	160KSI-180KSI	NAS4004
NAS6403-NAS6420	Hex	Titanium	Cadmium	160KSI-180KSI	NAS4004
NAS6403-NAS6420	Hex	Titanium	Aluminum Coating	160KSI-180KSI	NAS4004
NAS6603-NAS6620	Hex	Alloy Steel	Cadmium	160KSI-180KSI	NAS4002
NAS6703-NAS6720	Hex	A286	Passivate	160KSI Min.	NAS4003
NAS6703-NAS6720	Hex	A286	Cadmium	160KSI Min.	NAS4003
NAS6703-NAS6720	Hex	A286	Chromium	160KSI Min.	NAS4003
NAS6803-NAS6820	Hex	Titanium	None	160KSI-180KSI	NAS4004 Except as noted
NAS6803-NAS6820	Hex	Titanium	Cadmium	160KSI-180KSI	NAS4004 Except as noted

AN - Air Force/Navy Aeronautical Standards

Part Number	Head Style	Material	Plating	Head treat	Specification
AN3-AN20	Hex	Alloy Steel	Cadmium	HRC26-32	MIL-B-6812
AN3-AN20	Hex	Corrosion Resistant Steel	Passivate	115 KSI Min.	MIL-B-6812
AN3-AN20	Hex	Aluminum Alloy	Anodize	62 KSI Min.	MIL-B-6812
An173-AN186	Hex	Alloy Steel	Cadmium	HRC26-32	MIL-B-6812
An173-AN186	Hex	Corrosion Resistant Steel	Passivate	115 KSI Min.	MIL-B-6812
An173-AN186	Hex	Aluminum Alloy	Anodize	62 KSI Min.	MIL-B-6812
MS9060-MS9066	12-Point	A286	Clean	130 KSI Min.	AMS7478
MS9088-MS9094	12-Point	Alloy Steel	Cadmium	HRC26-32	AMS7452
MS9146-MS91 52	12-Point	Alloy Steel	Cadmium	HRC26-32	AMS7452
MS91 57-MS9163	12-Point	Alloy Steel	Black Oxide	HRC26-32	AMS7452
MS9169-MS9175	12-Point	Alloy Steel	Black Oxide	HRC26-32	AMS7452
MS91 83-MS9186	12-Point	Alloy Steel	Cadmium	HRC26-32	AMS7452
MS9187-MS9188	12-Point	A286	Clean	130 KSI Min.	AMS7478
MS91 89-MS91 90	12-Point	Alloy Steel	Black Oxide	HRC26-32	AMS7452
MS9191 -MS9192	12-Point	Alloy Steel	Black Oxide	HRC26-32	AMS7452
MS9554-MS9562	12-Point	A286	Clean	130 KSI Min.	AMS7477
MS9573-MS9571	12-Point	A286	Clean	130 KSI Min.	AMS7477
MS9572-MS9580	12-Point	A286	Silver	130 KSI Min.	AMS7477
MS9680-MS9683	12-Point	Alloy Steel	Cadmium	HRC26-32	AMS7452
MS9694-MS9702	12-Point	Waspaloy	Clean	175 KSI Min.	AMS7471
MS9703-MS9711	12-Point	Waspaloy	Clean	175 KSI Min.	AMS7471
MS9712-MS9720	12-Point	Waspaloy	Silver	175 KSI Min.	AMS7471
MS9730-MS9738	12-Point	17-4PH	Passivate Clean	140 KSI Min.	AMS7474
MS9739-MS9747	12-Point	17-4PH	Passivate Clean	140 KSI Min.	AMS7474
MS9748-MS9756	12-Point	Titanium	None	160 KSI Min	AMS7461
MS9883-MS9891	12-Point	Green Ascalloy	Clean	140 KSI Min.	AMS7470

TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 31

https://www.faa.gov/









TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 32

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación

https://tienda.icontec.org/categoria-producto

icontec internacional

NTC

Norma Técnica Colombiana

NTC 5011 –
MANEJO DE COMBUSTIBLES DE AVIACIÓN EN CONTENEDORES MÓVILES.

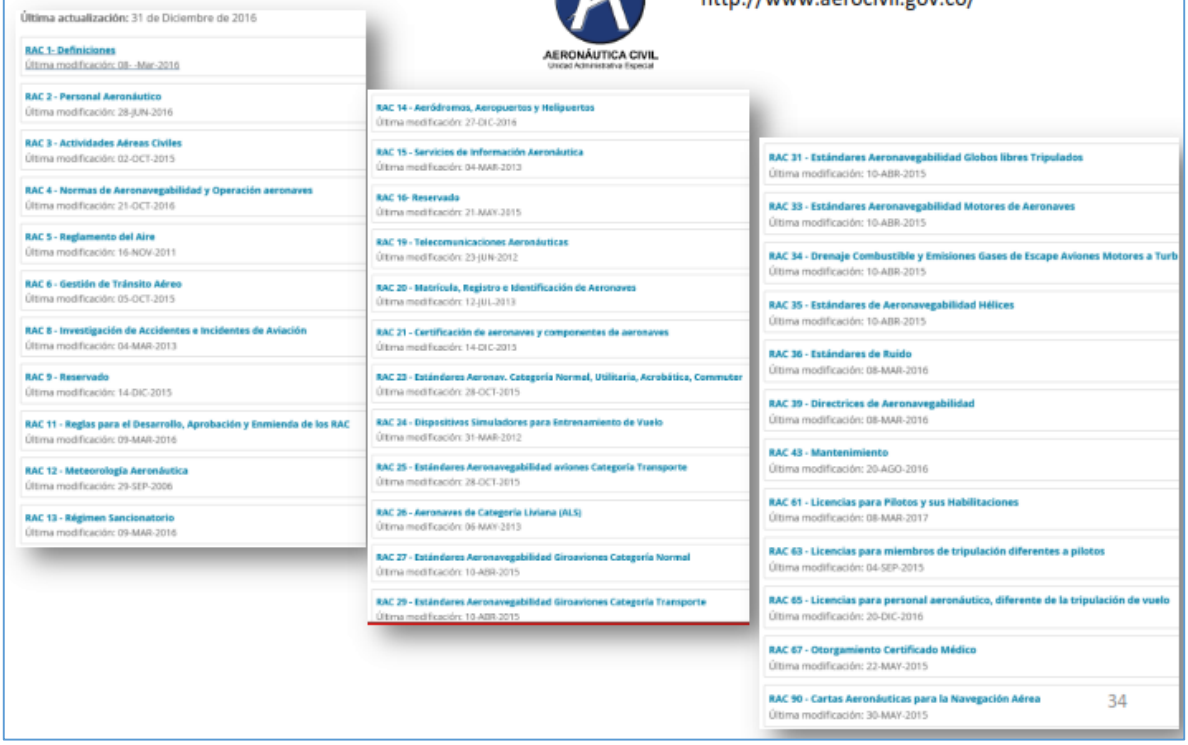


33

REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

AERONÁUTICA CIVIL
Unidad Administrativa Especial

http://www.aerocivil.gov.co/



34

FAC-4.1.1-O MAMAE 2016

https://apkpure.com/es/biblioteca-virtual-jol/co.mil.fac



PARTE CERO: Preliminares

PARTE UNO: Gestión del Talento Humano

PARTE DOS: Normas Generales de Mantenimiento

PARTE TRES: Organización del Mantenimiento

PARTE CUATRO: Sistema de Aeronavegabilidad

PARTE CINCO: Sistema de Calidad Aeronáutica

PARTE SEIS: Sistema de Confiabilidad Aeronáutica

PARTE SIETE: Sistema de Ingenieria Aeronáutica

PARTE OCHO: Equipo Terrestre de Apoyo Aeronáutico

PARTE NUEVE: Sistemas de Publicaciones Técnicas

PARTE DIEZ: Procesos de Certificación

TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 35

!...REFLEXION....¡

¿EXISTE LA SUFICIENTE INFORMACION... ***"QUE HACER" Y "COMO HACER"*** PARA CUMPLIR LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO EN AVIACION?

SI ⟺ **NO**





Factores Prevalentes



"MODO DE HACER"

Que generan SI las aplico?...

A. Aseguramiento de Calidad
B. Reducción de Tiempos por Mantenimiento
C. Credibilidad y Confianza
D. Alistamiento Aeronaves

Que generan si NO las aplico?...

A.Malas Practicas
B.Fallas Recurrentes
C.Actos Inseguros

TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 38

Que generan si NO las aplico?...

"¿Por qué paso?" ...
"¿De quién es la culpa?"...
"¿Pudo ser un error en el mantenimiento?"...

Factores Humanos en el Mantenimiento Aeronáutico.

12 factores que afectan al personal de mantenimiento, y que degradan notablemente sus habilidades para llevar a cabo labores de manera efectiva y segura, y que se les ha denominado la

"Docena Sucia" (DirtyDozen)*
*Gordon Dupont Special Programs Coordinator Transport Canada, System Safety

39

Que generan si NO las aplico?...

1. Falta de Comunicación

La mala comunicación, o ausencia total de esta, nos compromete desconectándonos con lo que pasa a nuestro alrededor.

- ***En Mantenimiento, es fundamental comunicar lo que se ha hecho, y recibir la comunicación de lo que los demás han hecho*** *también, así como lo que sigue pendiente por hacerse.*
- Utilizar adecuadamente Logbooks y hojas de trabajo para comunicar los trabajos realizados.
- Asegurarnos de que hemos compartido información sobre lo que se ha hecho y lo que falta por hacerse. Nunca asumir que un trabajo ya ha sido completado.



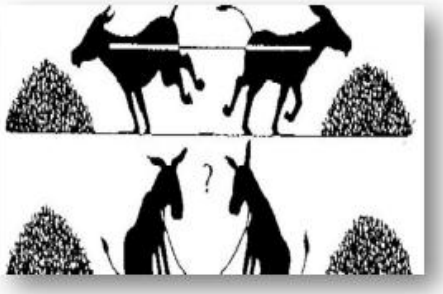
TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 40

Que generan si NO las aplico?...

2. Falta de Trabajo en Equipo

A pesar de las mayores de nuestras capacidades, no somos totalmente independientes. ***Somos seres interdependientes, dependemos recíprocamente unos de otros.***

- Aprovechemos la sinergia de nuestras capacidades.
- Asignar deberes y responsabilidades específicas cuando un trabajo requiera la participación de más de una persona.
- Siempre tener en mente la seguridad de nuestros compañeros de trabajo.



TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 41

Que generan si NO las aplico?...





3. Falta de asertividad

No ser asertivos al ***no informar que algo se está haciendo mal una vez que nos hemos dado cuenta*** de eso, puede resultar en algo catastrófico, y podría hasta hacernos cómplices o corresponsables.

- Una vez que percibimos un peligro, debemos notificarlo diligentemente.
- Nunca deben comprometerse los estándares de calidad y seguridad establecidos.
- Se debe permitir a los compañeros de trabajo dar sus opiniones y siempre aceptar las críticas constructivas y correctivas.

TJ(RA) Jose Miguel Atehortúa Arenas 42

Que generan si NO las aplico?...





4. Falta de Conocimiento

A pesar de todos nuestros esfuerzos por mantenernos actualizados, debemos ser conscientes y humildes a la hora de encarar un trabajo que no estamos totalmente seguros de saber resolverlo, en especial en un mundo en constante cambio y renovación, particularmente en el área tecnológica.

- ***Sólo se debe aceptar reparar una parte en la que se esté entrenado para ello. Si no se tiene el conocimiento para efectuar una reparación o procedimiento, se debe pedir ayuda a alguien con los conocimientos adecuados.***
- Asegurarse de que los Manuales Técnicos que se utilicen estén actualizados.

TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 43

Que generan si NO las aplico?...

5. Falta de Recursos

La seguridad jamás debe ser comprometida. ***Si no se cuenta con los recursos necesarios para una tarea, se debe evaluar firmemente la decisión de detener la actividad de mantenimiento a pesar de que esto pueda significar demoras en la entrega del avión.***

- Sin los ingredientes adecuados un chef no podrá preparar un manjar, así mismo un Técnico tampoco podrá restablecer la condición de aeronavegabilidad de una aeronave en mantenimiento si no tiene los recursos necesarios para ello.
- Hacer las revisiones de stock actual y procurar mantener un surtido suficiente de partes, y solicitarlas de manera anticipada.
- Nunca reemplazar una parte con otra que no es perfectamente compatible según la literatura técnica actualizada.
- Preservarse todos los equipos a través de un mantenimiento adecuado (almacenamiento y resguardo)





44

Que generan si NO las aplico?...

6. Falta de Conciencia

Después que se ha completa una misma tarea en múltiples ocasiones, el ser humano tiende a desarrollar una falta de conciencia de su entorno (conciencia situacional). Se deja de lado el sentido común, y estar vigilante de todos los detalles deja de ser importante en virtud de que se ha hecho tantas veces que "nada malo podría ocurrir, porque no ha ocurrido antes".



- Revisarse que no se está trabajando en conflicto o en contradicción con una modificación o reparación existente.
- A pesar de ser muy competente en una tarea, siempre se debe solicitar la revisión del trabajo por parte de algún compañero o por un Inspector de Mantenimiento. Igualmente, colaborar nosotros con la verificación del trabajo de nuestros compañeros.

45

Que generan si NO las aplico?...





7. Complacencia o exceso de confianza

Las personas tienden a ser sobre confiadas luego de haber realizado una tarea de manera repetitiva o haberla hecho muchas veces. ***Esto los hace llegar a pensar en que no pasará nada malo, porque antes no ha pasado.*** Este pensamiento puede hacer obviar situaciones de riesgo que pudieran ser evidentes, o puede hacer desviar la atención sobre situaciones potencialmente peligrosas.

- No se confíe demasiado, siempre piense que algo puede salir mal. Esto lo mantendrá alerta.
- Nunca se debe firmar (Certificar) algo que no se verificó por completo por la persona que pretende firmarlo.
- Siempre se debe hacer un Double-Check del trabajo realizado, tanto por quien lo realiza como por un Inspector de Control de Calidad.

Que generan si NO las aplico?...





8. Fatiga

La fatiga es el cansancio, molestia o degradación del sistema (en este caso, del "sistema – cuerpo humano"), que se origina por ***trabajos prolongados, muy forzados o que requieren de un esfuerzo*** particular como puede ser trasnocharse.

- La fatiga es asociada principalmente al cansancio "Físico". ***Esto origina una disminución de la atención*** y del nivel de conciencia.

Que generan si NO las aplico?...

9. Estrés

El estrés es la tensión que origina reacciones psicosomáticas o trastornos psicológicos, provocada por situaciones agobiantes. El estrés es asociado al cansancio "Mental", que muchas veces puede generar aún más fatiga en el cuerpo.

- Tomarse un pequeño descanso si la persona se siente estresada.
- Conversar con los compañeros de trabajo y pedirles que se mantengan vigilantes de cualquier situación anormal con respecto a su trabajo.
- Al igual que para la Fatiga, el comer sanamente, realizar ejercicio y patrones regulares de sueño y descanso ayudan a reducir los niveles de estrés.





Que generan si NO las aplico?...



10. Distracción

Apartar la atención de la tarea que se está realizando puede suponer no completar todos los pasos necesarios o no cumplirse el procedimiento tal como está establecido.

- Si algo lo ha distraído, una vez que retome la actividad que estaba haciendo, retroceda todos los pasos para determinar en cuál se quedó.
- Utilice una lista de chequeo detallada (Checklist).
- Nuca deje herramientas o partes de manera desorganizada o "por ahí". Asegúrelas antes de dejar el área.



Que generan si NO las aplico?...



La constante presión por mantener las operaciones "on-time" no debe suponer sacrificar la seguridad.
Fuente: FAA Aviation Maintenance Technician Handbook - General



11. Presión

Es esa fuerza o coacción que se ejerce sobre una persona o grupo de trabajo, principalmente asociada a la terminación de una tarea. En la aviación el tiempo es particularmente crítico y la presión por tener las aeronaves disponibles para línea de vuelo siempre estará presente.

- Asegúrese de la que presión no es auto inducida.
- Comunicar oportunamente si necesitará más tiempo para completar una reparación en lugar de apurar los pasos de trabajo, que podrían hacerle cometer errores.
- Pida ayuda extra si el tiempo es un problema que no puede manejar.

Que generan si NO las aplico?...



12. Prejuicios o malas costumbres

Las Normas son aquellas reglas o criterios que debemos seguir para ajustar nuestra conducta, tareas y actividades a lo que está establecido y a lo que debería ser, por consenso. A pesar de esto, algunas personas establecen sus propias reglas o criterios, que no siempre son las más adecuadas o las más ajustadas a conveniencia.



- Asegurarse de que todos siguen los mismos estándares.
- Tenga en cuenta que sólo porque parece "normal", no significa que sea correcto.
- La forma más fácil de hacer algo no siempre será la más ajustada a los estándares establecidos, por lo que el camino fácil no siempre será el correcto.

Visualización. Ej.



No hacer las cosas conforme a los documentos técnicos definidos con anterioridad...tiene como consecuencia:

https://stmed.net/military/united-states-air-force-thunderbirds-wallpapers


Que generan si NO las aplico?...
MALAS PRACTICAS
TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas
53


Que generan si NO las aplico?...
MALAS PRACTICAS
TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas
54

Que generan si NO las aplico?... ACTOS INSEGUROS



TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 55

Que generan si NO las aplico?... ACTOS INSEGUROS



TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 56

Que generan si NO las aplico?... MALAS PRACTICAS



TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 57

Que generan si NO las aplico?... ACTOS INSEGUROS



TJ(RA) Jose Miguel Atehortua Arenas 58

Que generan si NO las aplico?... INCIDENTES









Que generan si NO las aplico?... ACCIDENTES







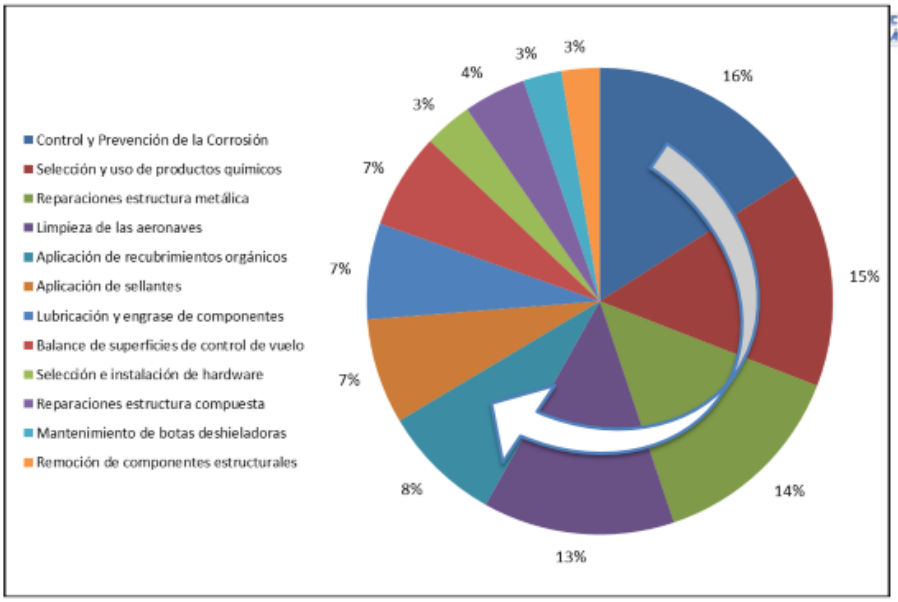
"Malas Practicas" Identificadas en el mantenimiento estructural.

ORDEN	DESCRIPCION	# DE REPORTES
1	**Control y Prevención de la Corrosión**	48
	• No hacer la prevención a tiempo, dejar que el daño progrese a estados críticos de deterioro. • Realizar procedimiento de remoción de la corrosión desconociendo el estándar o límites permitidos.	
2	**Selección y uso de productos químicos**	45
	• Utilización de productos no permitidos por los fabricantes o no regulados por la organización. • Mala utilización del producto, empleo para fines diferentes.	
3	**Reparaciones estructura metálica**	42
	• Reparaciones sin cumplimiento de condiciones técnicas. • No categorizar las reparaciones.	
4	**Limpieza de las aeronaves**	40
	• Dedicación exclusiva al exterior de la aeronave, descuidando el interior de la estructura. • No observar las precauciones como revisar drenajes por obstrucción. • No realizar el lavado con los productos establecidos.	
5	**Aplicación de recubrimientos orgánicos**	25
	• No realizar una preparación adecuada de la superficie • No conservar los espesores de pintura requeridos y de manera uniforme según la norma seleccionada. • Combinar productos de diferentes fabricantes. • Defectos de pintura como piel de naranja, chorreado y falta de adherencia.	
6	**Aplicación de sellantes**	22
	• Utilización del mismo sellante para todas las aplicaciones. • Emplear productos no recomendados en reemplazo de los sellantes. • Usar el sellante para ocultar daños estructurales ocasionados • Aplicación inapropiada de producto. • Preparación inapropiada del producto	

"Malas Practicas" Identificadas en el mantenimiento estructural.

ORDEN	DESCRIPCION	# DE REPORTES
7	**Lubricación y engrase de componentes**	20
	• No utilizar el equipo de engrase apropiado • No reemplazar puntos de engrase defectuosos • No lubricar las partes expuestas según lo establecido por el fabricante. • No proteger la estructura con componentes desplazadores de humedad en la recurrencia establecida por el fabricante.	
8	**Balance de superficies de control de vuelo**	20
	• No realizar el rebalanceo de superficies de control de vuelo, que es requerido cuando se realizan trabajos de repintado o reparaciones estructurales.	
9	**Selección e instalación de hardware**	10
	• Instalación de hardware intercambiable o alterno desconociendo propiedades físicas y mecánicas que son requeridas. • Reutilización de quincallería que debe ser desechada.	
10	**Reparaciones estructura compuesta**	13
	• No observar las condiciones de limpieza y aislamientos necesarios para trabajar el material compuesto. • Utilizar productos no recomendados por los fabricantes. • No contar con la información suficiente para realizar la reparación.	
11	**Mantenimiento de botas deshieladoras**	8
	• Utilizar los pegados de botas deshieladoras sin la preparación de la zona de adherencia. • Utilizar productos de sellado no recomendados • Realizar reparaciones con productos y procedimientos no regulados	
12	**Remoción de componentes estructurales**	8
	• Utilizar procedimientos no establecidos • No observar el cuidado de no dañar la estructura adyacente o que no se tiene a la vista. • Empleo de herramienta inapropiada.	

"Malas Practicas" Identificadas en el mantenimiento estructural.



No hacer las cosas conforme a los estandares definidos con anterioridad

Visualización. Ej.




Malas Prácticas Vs. Buenas Prácticas
PERDIDA EXCESIVA DE MATERIAL


Malas Prácticas Vs. Buenas Prácticas


REENVASADO DE PRODUCTOS
USO DE SHAMPU DE AERONAVES NO AUTORIZADO
ALUMCLEAN
PREPARADOR DE SUPERFICIE LIMPIEZA DEL ALUMINIO DE USO INDUSTRIAL (VENTANAS)
Selectone
REMOVEDOR PARA PINTURA
DE REMOVEDOR DE PINTURA NO AUTORIZADO
DESORDEN DE ALMACENAMIENTO
PRODUCTOS DE APLICACIÓN INDUSTRIAL USADO PARA AERONAVES



Malas Prácticas Vs. Buenas Prácticas



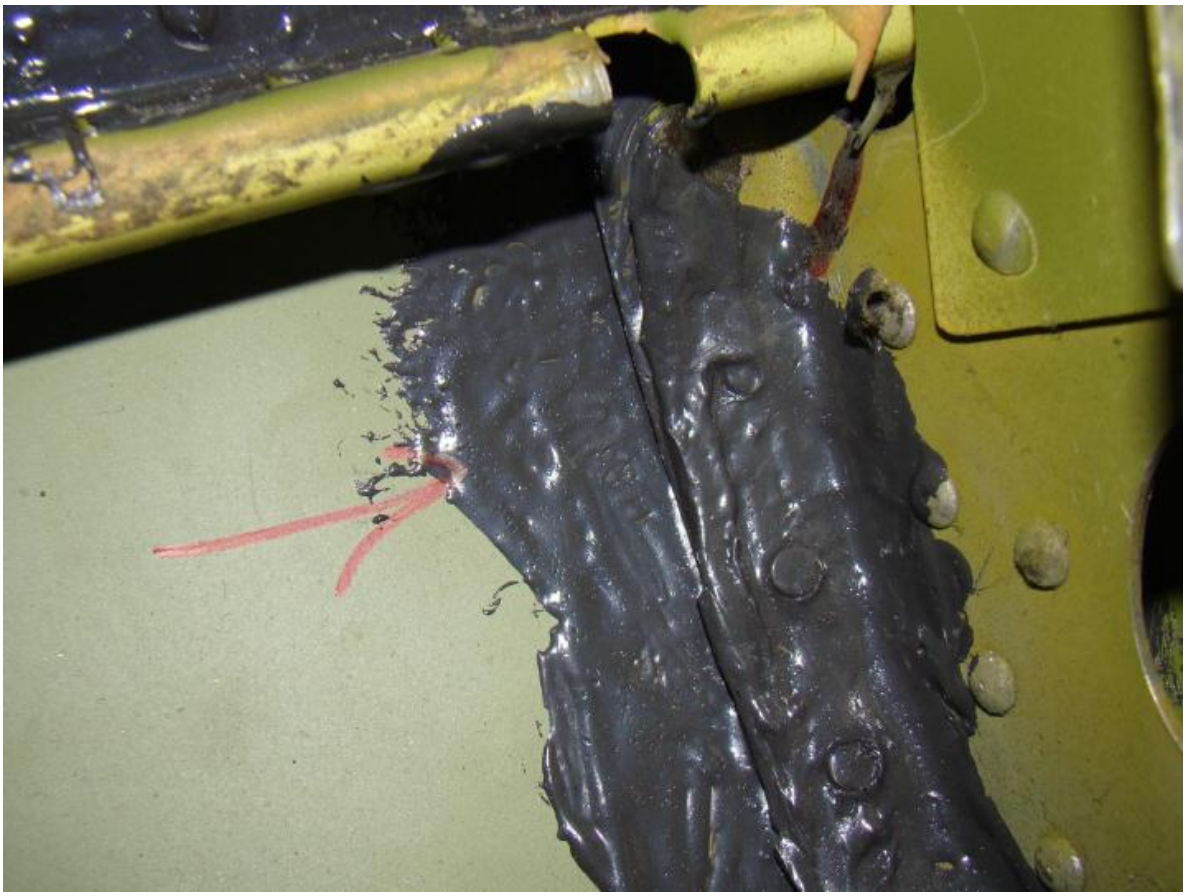
Malas Prácticas Vs. Buenas Prácticas



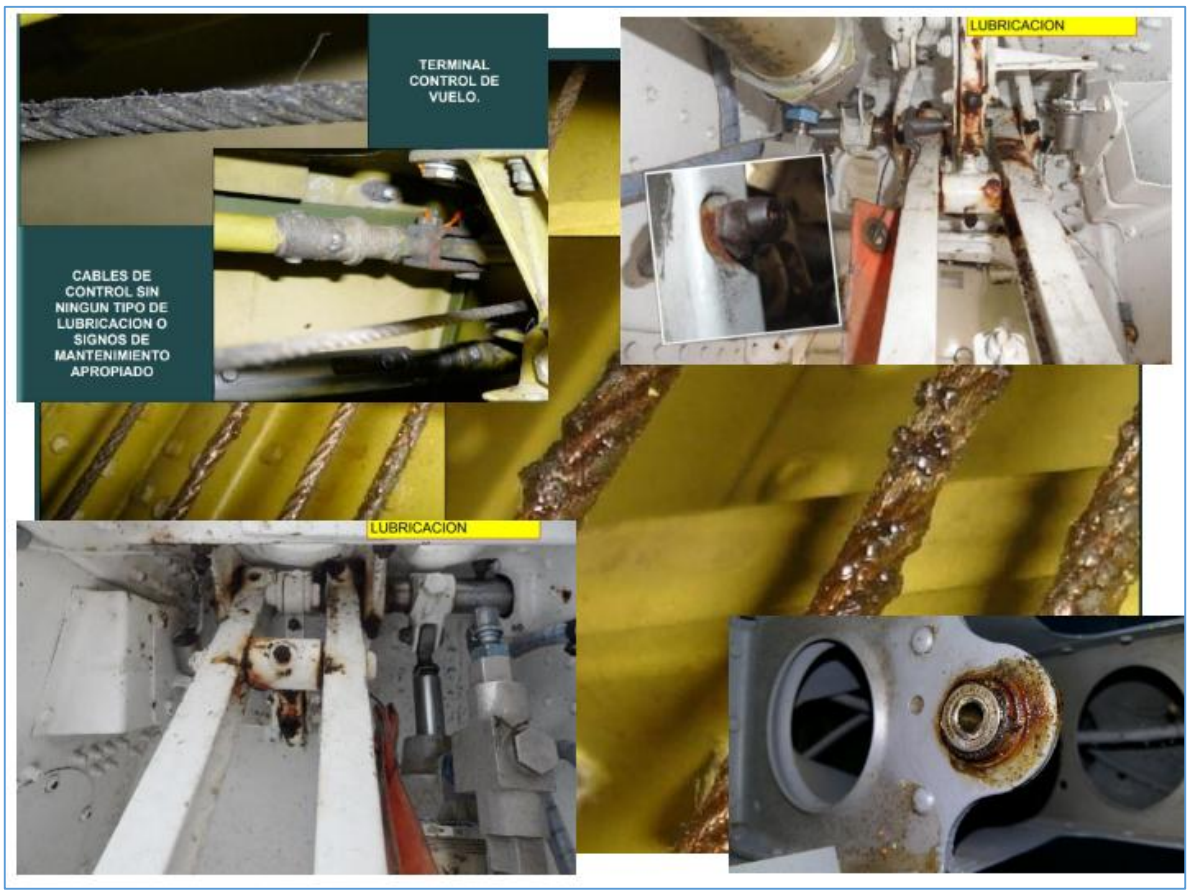

REMOCION PINTURA
APLICACIÓN DE PINTURA
RECUBRIMIENTOS


INSTALACION EMPAQUETADURA
SELLAMIENTO
SELLAMIENTO

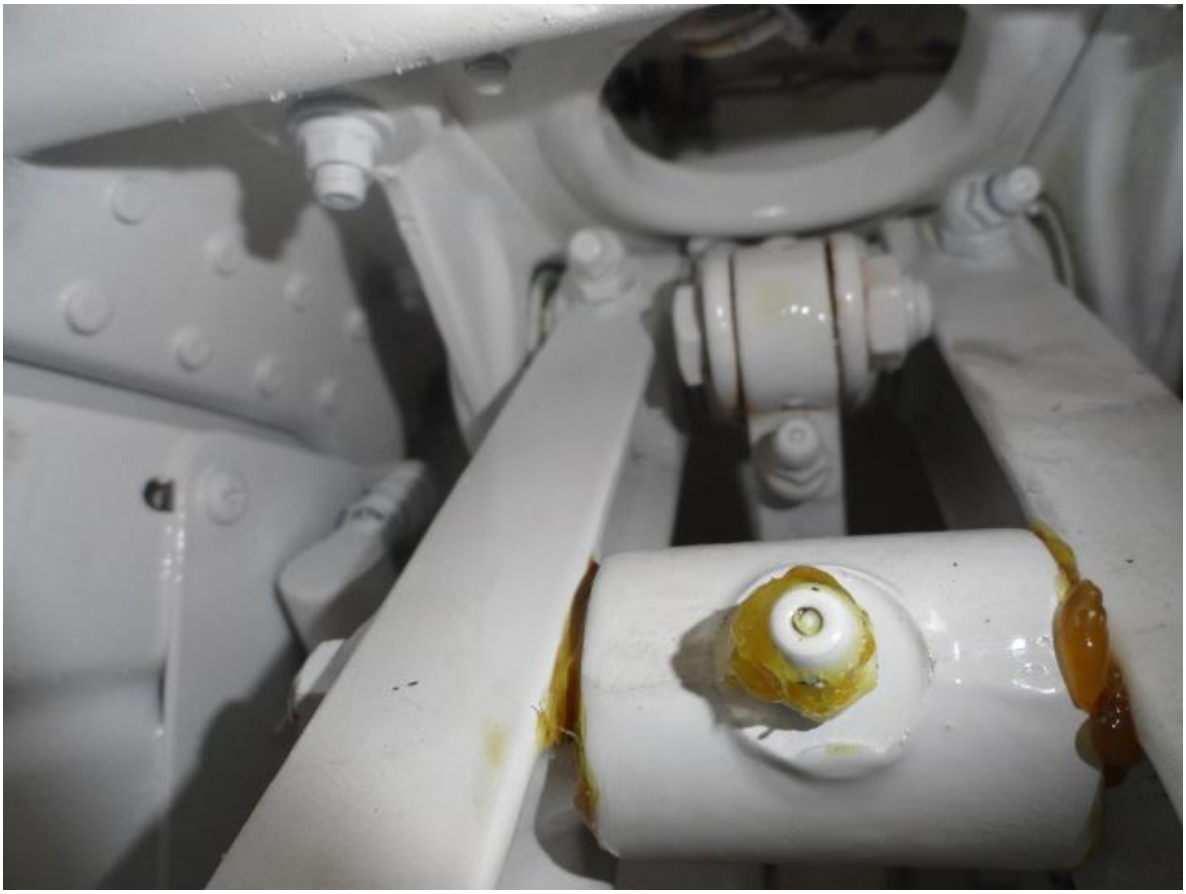


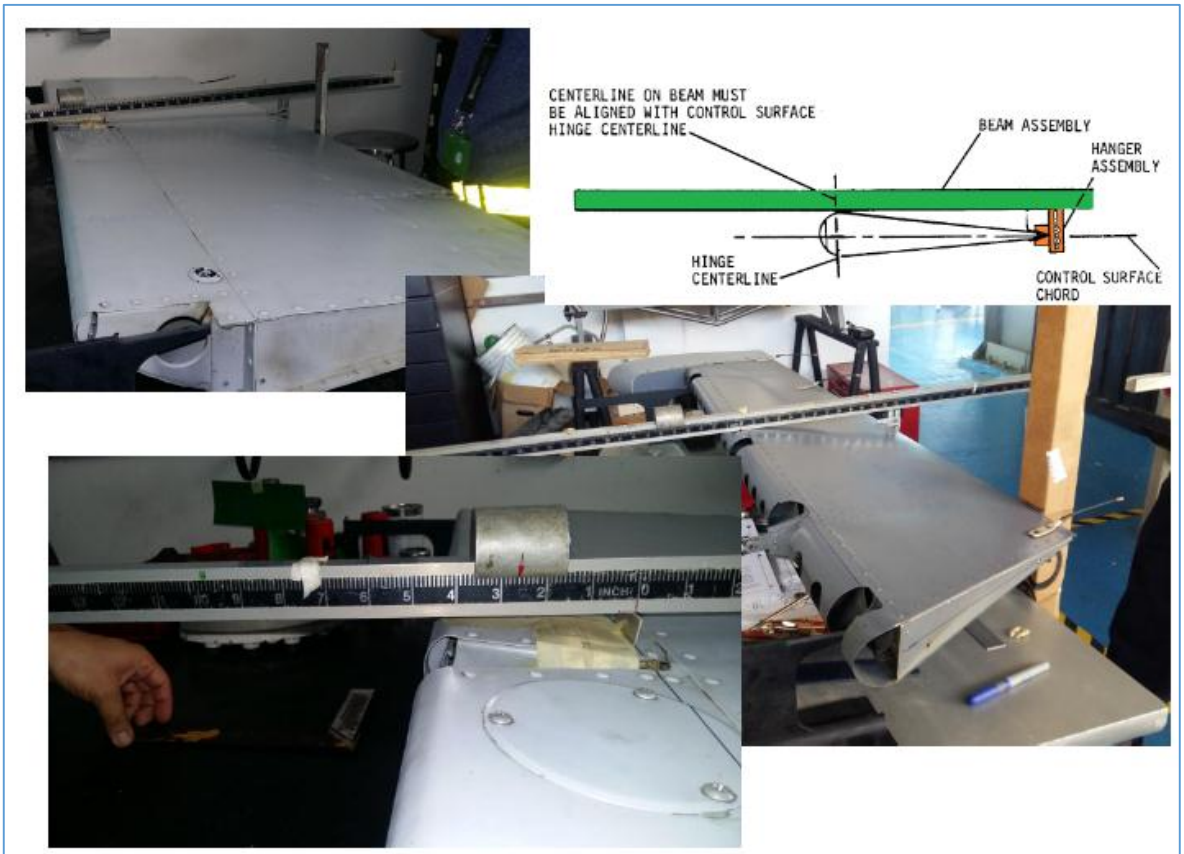





TERMINAL CONTROL DE VUELO.
CABLES DE CONTROL SIN NINGUN TIPO DE LUBRICACION O SIGNOS DE MANTENIMIENTO APROPIADO
LUBRICACION
LUBRICACION






CENTERLINE ON BEAM MUST
BE ALIGNED WITH CONTROL SURFACE
HINGE CENTERLINE
BEAM ASSEMBLY
HANGER
ASSEMBLY
HINGE
CENTERLINE
CONTROL SURFACE
CHORD


Malas Prácticas Vs. Buenas Prácticas
MIX
FIBERGLASS
RESIN
& Clean Tools


N217MI
APLICACIÓN DE SELLANTE EN AREAS NO PERMITIDAS


Malas Prácticas Vs. Buenas Prácticas


Malas Prácticas Vs. Buenas Prácticas


Malas Prácticas Vs. Buenas Prácticas
N1320P
https://studentpilotnews.com/2015/04/10
www.shutterstock.com · 27558

Malas Prácticas Vs. Buenas Prácticas







Malas Prácticas Vs. Buenas Prácticas





Malas Prácticas Vs. Buenas Prácticas

https://www.google.com.co









Malas Prácticas Vs. Buenas Prácticas











Malas Prácticas Vs. Buenas Prácticas





Preguntas… Reflexión

1. *¿Cómo se realiza una misma tarea de mantenimiento a diferentes aeronaves, una con "malas prácticas y en otras con "buenas prácticas"?,*

2. *¿Es acaso que el recurso humano desconoce lo esencial del cumplimiento de las prácticas estándar?,*

3. *¿La formación o el adiestramiento del recurso humano debe profundizar en prácticas estándar de mantenimiento?...*

90

!...REFLEXION....¡

¿LAS DIFERENCIAS ENTRE LAS BUENAS PRACTICAS Y LAS MALAS PRACTICAS ESTA EN EL RECURSO HUMANO... ***"MODO DE HACER"***?

SI ⟺ **NO**





DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

1. El recurso humano es responsable de hacer uso de las instrucciones de mantenimiento el *"modo de hacer"*.
2. Falta de preparación en la formación sobre prácticas estándar de mantenimiento.
3. Las capacitaciones no se abordan muchas de las practicas necesarias en su trabajo.
4. También coincide la mayoría en que las instrucciones del *"qué hacer"* son entregadas para realizar el trabajo, pero *"el cómo"* a veces queda a criterio de quien cumple la labor.
5. Lo dicho, en cuanto a capacitación recibida, que pretende no ser completa para muchos técnicos, puede resultar en una contradicción cuestionable, si observamos que tareas similares fueron conducidas por otros técnicos con *"buenas prácticas"* siguiendo los lineamientos establecidos y no a criterio de quien cumple la labor.
6. Ahora bien en esa paradoja cual es la respuesta para que no se hagan bien los trabajos, *¿Existen buenos y malos técnicos de mantenimiento?*...una reflexión que vale la pena hacer.

<u>En conclusión:</u>

- Existe abundante información y esta disponible para realizar un trabajo correcto.
- La capacitación debe ser dinámica y entregarse de forma recurrente al personal de mantenimiento, pero haciendo énfasis en el *"cómo hacer"* y en el *"modo de hacer"* más que en el *"qué hacer"*, que los trabajos siempre deben hacerse fundados en los lineamientos establecidos técnicamente y no por capricho o con un mal criterio, recordemos la premisa de que *"se hace lo que está escrito y se escribe lo que se hace"*.

Referencia Bibliográfica

- https://www.josemiguelatehortua.com/practicas-estandar/
- http://www.dogaviation.com/2012/08/just-fluting-around.html
- https://www.faa.gov/regulations_policies/faa_regulations/
- https://www.iso.org/standards.html
- https://www.astm.org/
- https://www.asminternational.org/
- https://www.sae.org/standards/
- https://www.din.de/en/about-standards/din-standards
- http://www.icontec.org/Paginas/Home.aspx
- https://ihsmarkit.com/index.html
- https://www.cen.eu/work/products/ENs/Pages/default.aspx
- https://www.myboeingfleet.com/ReverseProxy/Authentication.html
- http://everyspec.com/

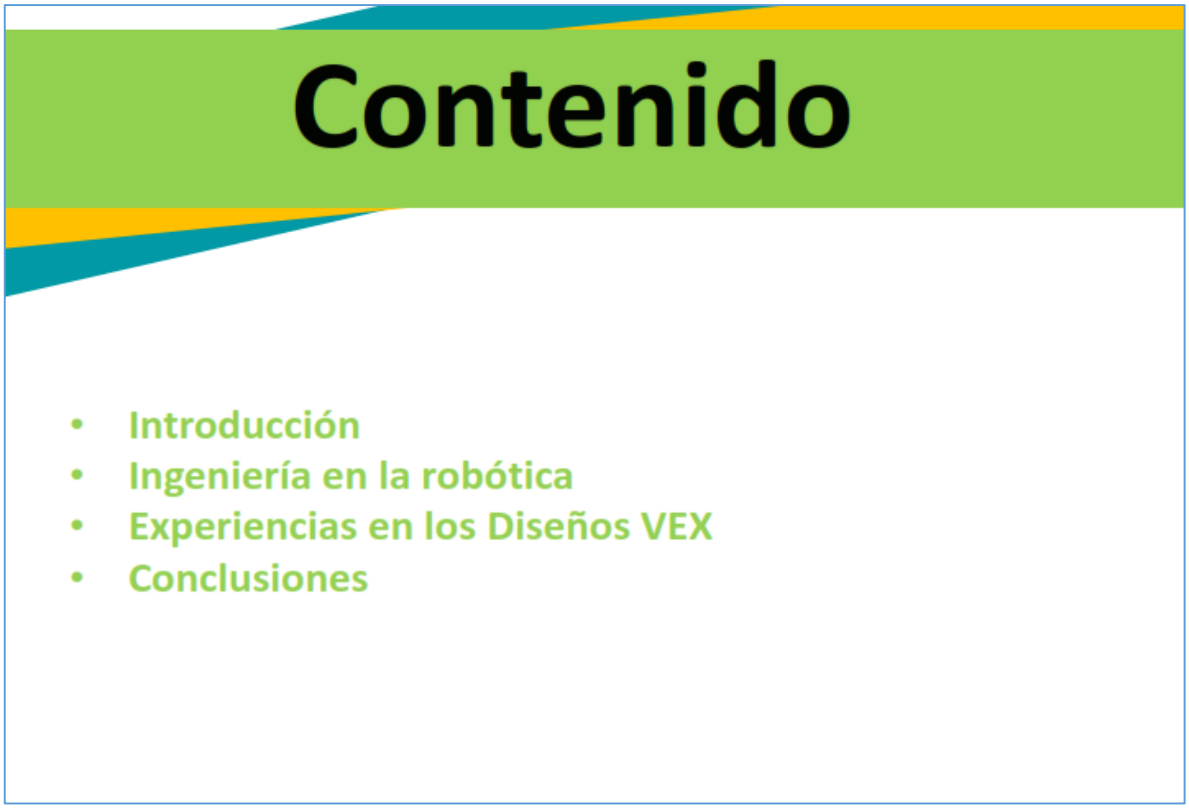



JMAA
MUCHAS GRACIAS

PRESENTACIÓN: LA ROBÓTICA EN LA INGENIERÍA

*Guillermo Ramos[1]**
[1] Ingeniero Mecatrónico, Magister en ingeniera, SENA-ASTIN, Cali, Colombia
*garamos2@misena.edu.co





INTRODUCCIÓN

El origen etimológico de la palabra robótica lo encontramos, proviene del checo. En concreto, en la unión de dos términos: robota que puede definirse como “trabajo forzado” y en rabota que es sinónimo de “servidumbre”. De la misma forma, hay que subrayar que la primera vez que empieza a hacerse referencia más o menos a ella fue en el año 1920 en la obra del escritor Karel Capek titulada “Los robots universales de Rossum”.



INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial se ve aplicada en la acción de poder comandar y controlar a las diferentes maquinas haciéndolas capases de recibir y procesar la información exterior mediante su programación y sensores especializados



INTRODUCCIÓN

combina diversas disciplinas como son: la mecánica, electrónica, informática, inteligencia artificial, ingeniería de control y la física. Otras áreas importantes en robótica son el álgebra, los autómatas programables y las máquinas de estados.



INGENIERIA EN LA ROBOTICA





INGENIERIA EN LA ROBOTICA

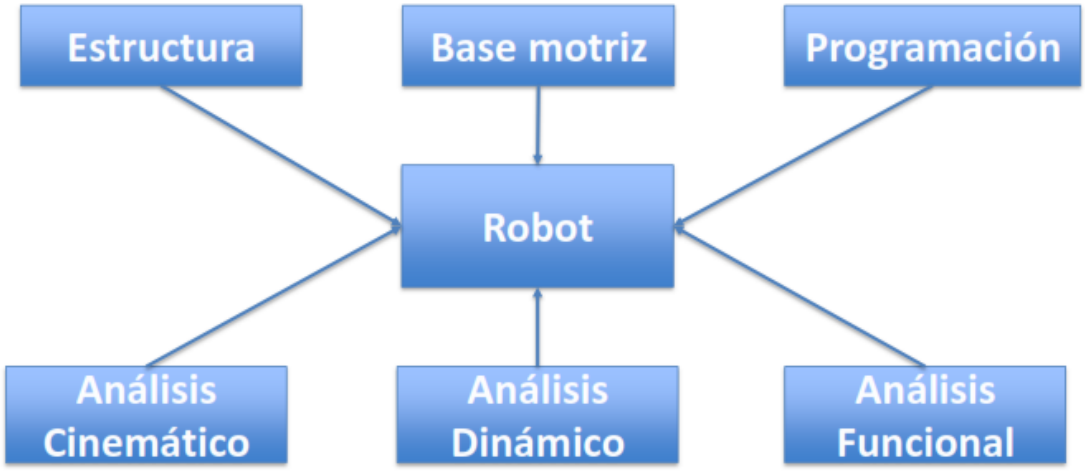


Robot Fijo



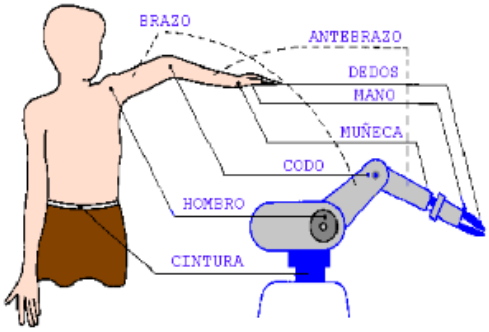
Robot Móvil

INGENIERIA EN LA ROBOTICA



INGENIERIA EN LA ROBOTICA

Estructura

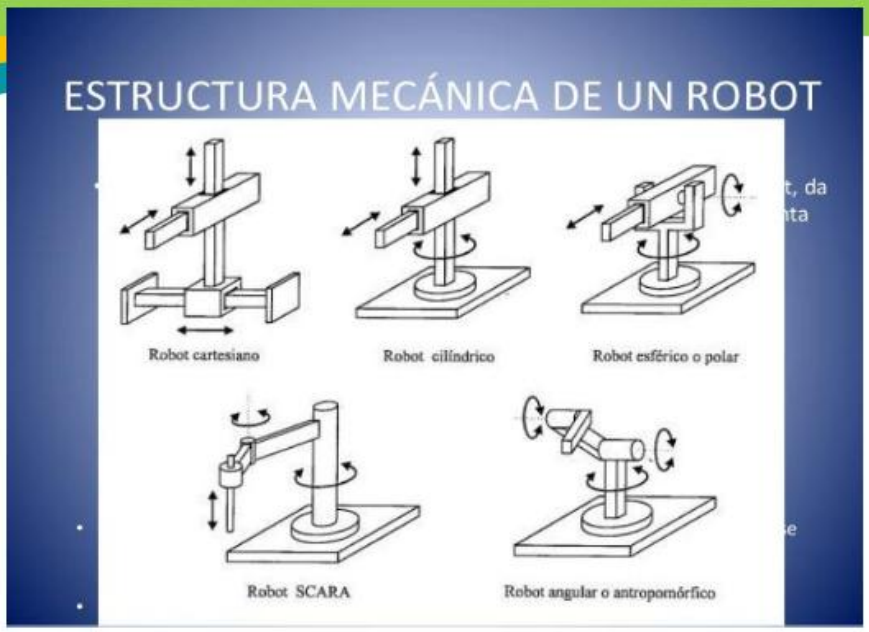


Caja Negra



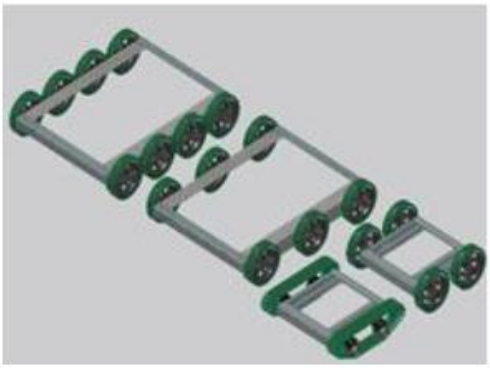
Análisis Funcional

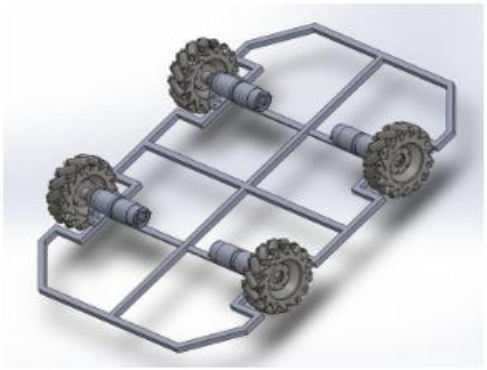
INGENIERIA EN LA ROBOTICA



INGENIERIA EN LA ROBOTICA

Base motriz



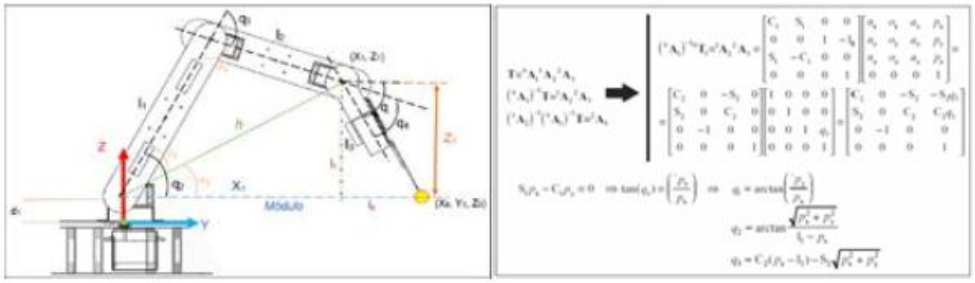


INGENIERIA EN LA ROBOTICA



INGENIERIA EN LA ROBOTICA

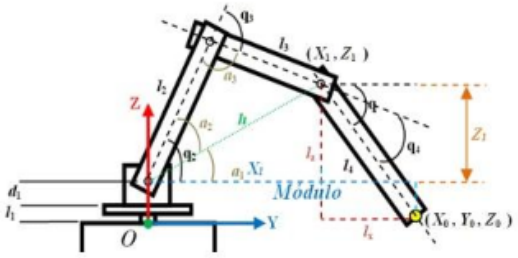
Análisis Cinemático



Análisis de cinemática inversa

INGENIERIA EN LA ROBOTICA

El objetivo de la cinemática inversa es encontrar los valores que deben tomar las coordenadas articulares del robot para que su extremo se posicione y oriente según una determinada localización espacial. Depende de la configuración del robot(existen soluciones múltiples).



INGENIERIA EN LA ROBOTICA

Análisis Dinámico

Este se realiza con el objetivo de identificar el comportamiento del robot cuando se encuentre en movimiento, se hace mediante el análisis de simulaciones las cuales permiten evidenciar la resistencia de los materiales al ser sometidos a esfuerzos variables e inercias generadas por los movimientos del robot



INGENIERIA EN LA ROBOTICA

Diseño del manipulador "Gripper"

El diseño del manipulador dependerá del tipo de elemento que debe sujetar el robot, para ello es necesario realizar diseños en 3D y verificar según la forma y el peso del elemento que se va a transportar, para de esta manera seleccionar el gripper que cumpla con las especificaciones del producto a manipular





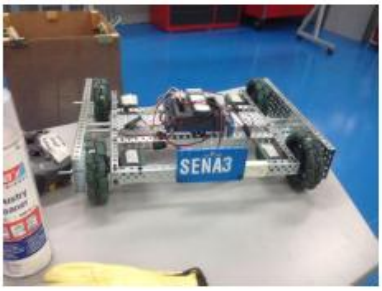
Experiencia con VEX



Experiencia con VEX











Conclusiones

- La robótica tiene una línea directa con la ingeniería mecánica, pues es el eje fundamental para el desarrollo de sus componentes que generan los movimientos del robot.
- El análisis de la cinemática y dinámica del robot es relevante y todo esto se hace mediante la cinemática inversa y directa, con la cual es posible encontrar los ángulos necesarios para moverse en el espacio.
- Existen una gran variedad de tipos de robots según su morfología y el servicio para el cual son desarrollado, en cada uno de estos, es importante evaluar el diseño estructural y el terreno en el cual se desempeñara si es para tener un punto fijo o si es para desarrollar en un ambiente móvil.

Conclusiones

- El desarrollo de robots permite realizar gripper o manipuladores que dependerán en gran parte del elemento a movilizar, por lo cual es importante evaluar la forma, el peso y resistencia del objeto, de esta manera lograremos tener los requerimientos para el diseño del manipulador

Referencias

1] Scribd. 2018. ROBÓTICA APLICADA A LA INGENIERIA MECÁNICA. [ONLINE] Available at: https://es.scribd.com/document/122660396/ROBOTICA-APLICADA-A-LA-INGENIERIA-MECANICA. [Accessed 03 October 2018].
[2] VEX Robotics. 2018. V5 - VEX EDR - VEX Robotics. [ONLINE] Available at: https://www.vexrobotics.com/vexedr/v5#brain [Accessed 03 October 2018].
[3] CASANELLES, RAMon, et al. Diseño de robots. review, vol. 3, p. 61.
[4] GORROSTIETA, Efren; VARGAS, E. Diseñando un robot caminante de seis patas. En Segundo Congreso Nacional de Robótica. Asociación Mexicana de Robótica e Instituto Tecnológico de Toluca. 2002. p. 181-186.
[5] MUÑOZ, Nelson David; ANDRADE, Carlos Andrés; LONDOÑO OSPINA, Nelson. Diseño y construcción de un robot móvil orientado a la enseñanza e investigación. Revista Científica Ingeniería y Desarrollo, 2011, vol. 19, no 19, p. 114-127.
[6] DÁVILA, Víctor Martín Hernández; READ, PhD Jorge Samuel Benítez. Cinemática inversa de un manipulador robótico con redes neuronales. Encuentro de Investigación en Ingeniería Eléctrica, 2004, p. 5.
[7] Clasificación de robots | Wiki de Robótica. 2018. Clasificación de robots | Wiki de Robótica. [ONLINE] Available at: http://wiki.robotica.webs.upv.es/wiki-de-robotica/introduccion/clasificacion-de-robots/. [Accessed 04 October 2018].
[8] AVILES, Óscar F.; SIMANCA, Pedro L.; NIÑO, Paola. Diseño y construcción de un dedo para grippers robótico. Revista Colombiana de Rehabilitación, 2017, vol. 6, no 1, p. 49-58.
[9] KELLY, Rafael, et al. Control de una pandilla de robots móviles para el seguimiento de una constelación de puntos objetivo. En VI Congreso Mexicano de Robótica. 2004. p. 83-89.

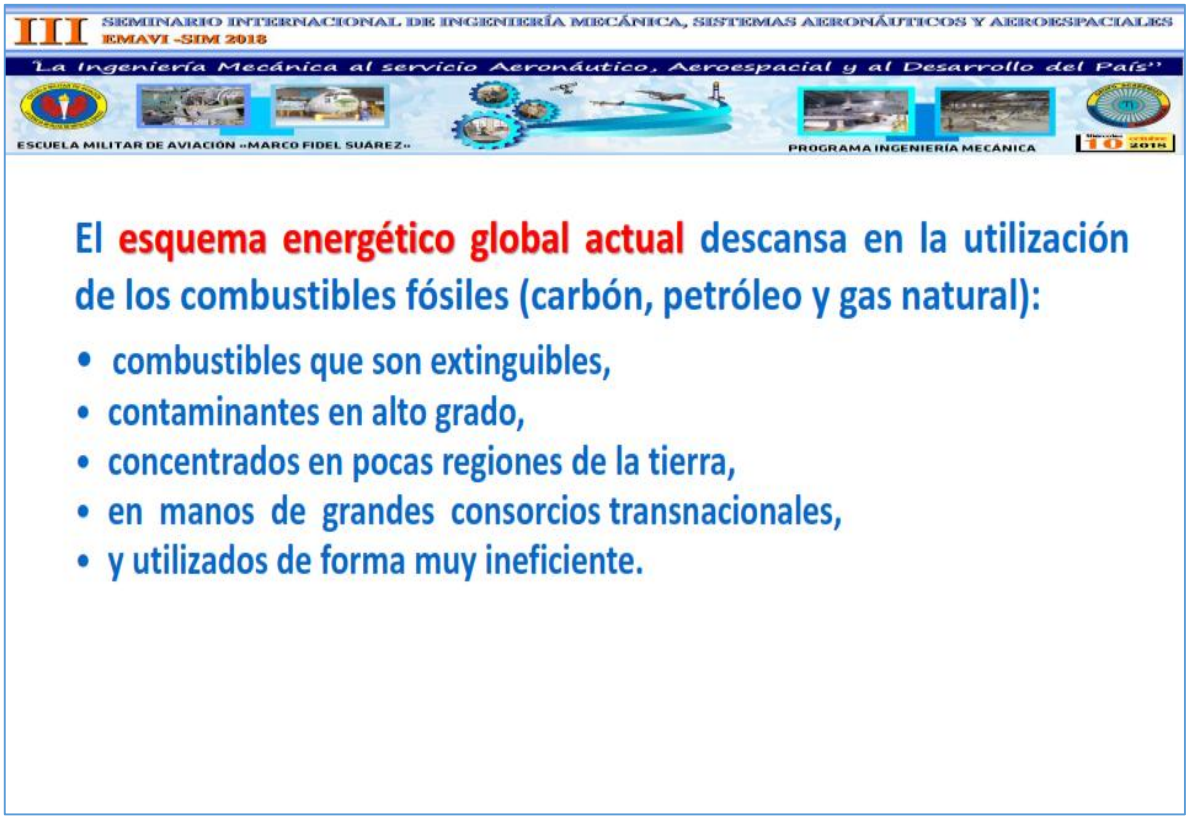
Preguntas

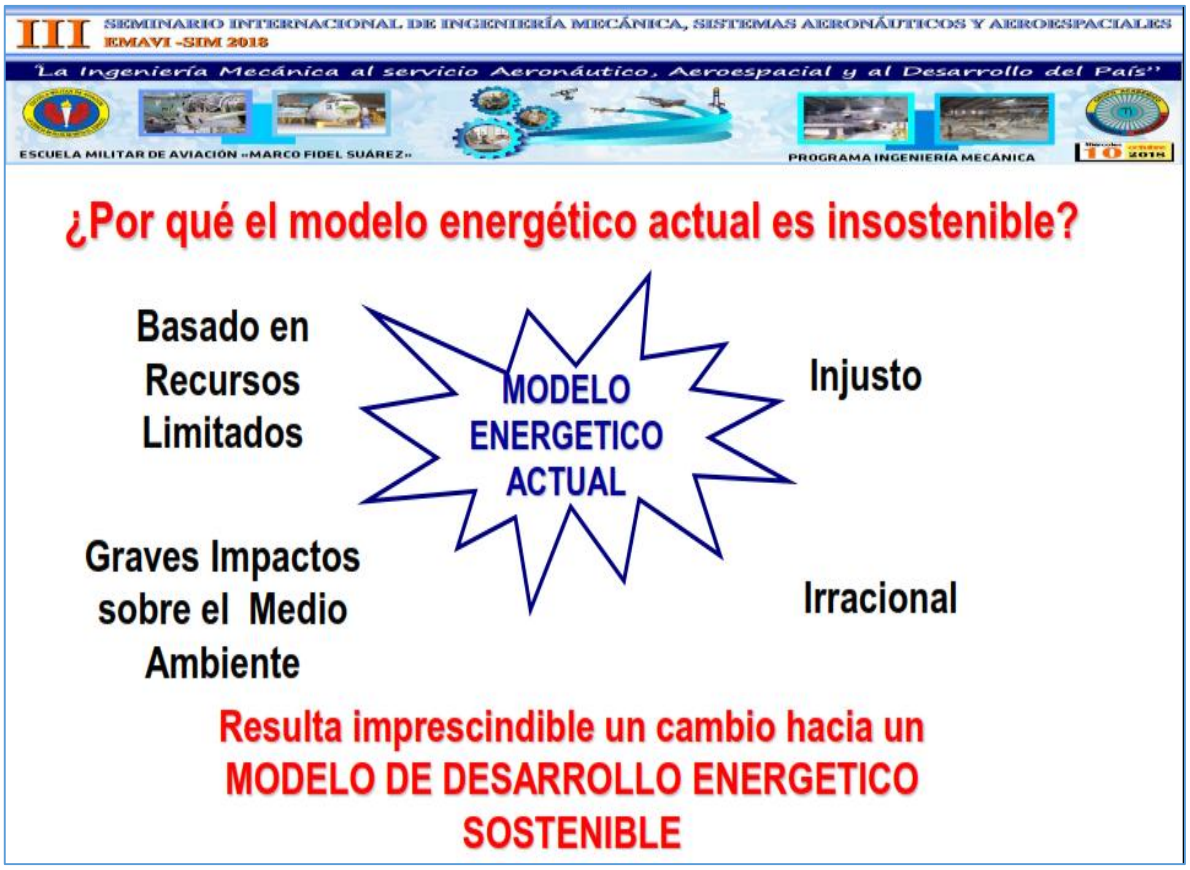

"TÉCNICA MENTE
SOMOS MEJORES"
SENA
Arigato
Mahalo
Grazie
Spasiba
THANK YOU
Thoinks
Moite
Gracias
Merci
Danke
Shukran

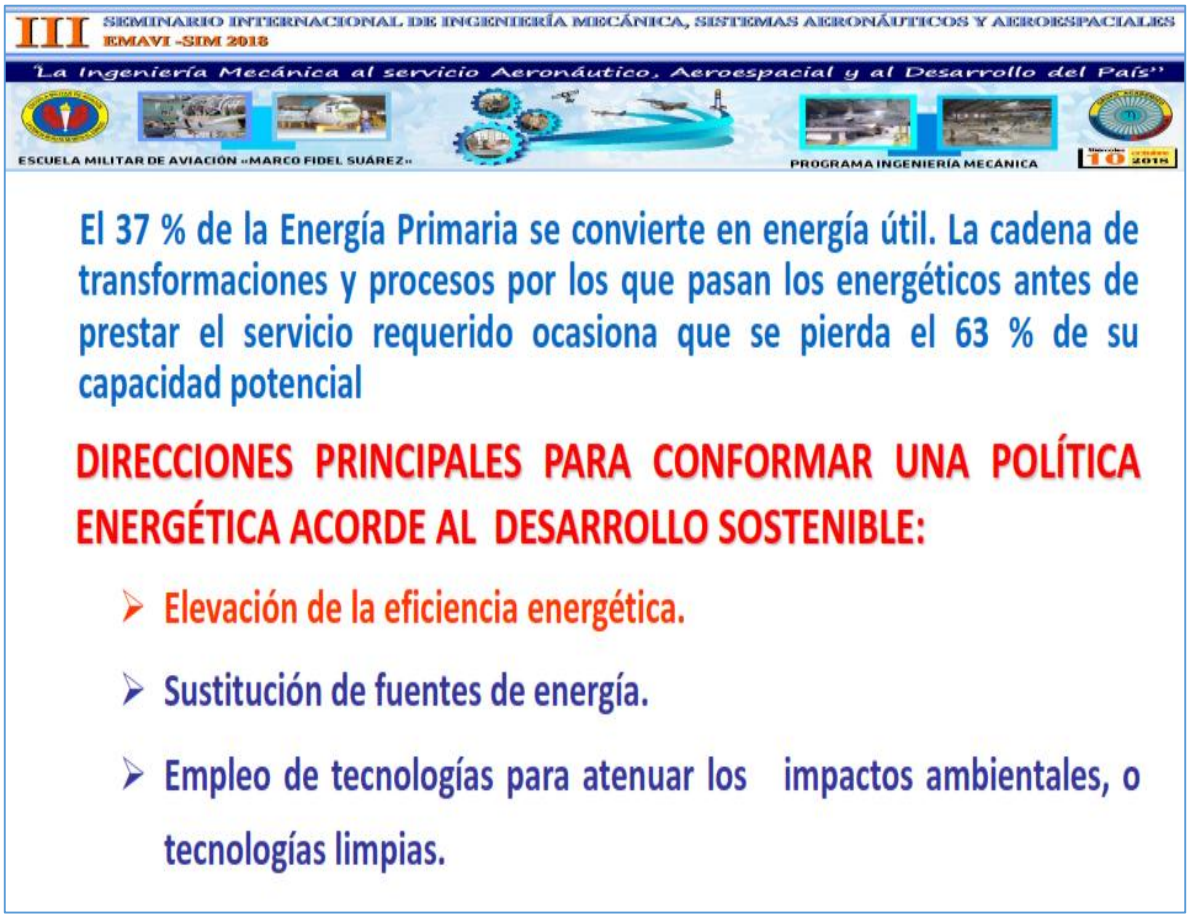
Presentación: Eficiencia energética en sistemas termomecánicos

Félix González Pérez Ph.D [1*]
Profesor Visitante Universidad Autónoma de Occidente, Doctorado en Ciencias Técnicas de la Universidad de Cienfuegos de Cuba, MSc. En Eficiencia Energética de la Universidad de Cienfuegos de Cuba, Cuba.
* fgzalez620@gmail.com






III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA
¿Por qué el modelo energético actual es insostenible?
Basado en Recursos Limitados
MODELO ENERGETICO ACTUAL
Injusto
Graves Impactos sobre el Medio Ambiente
Irracional
Resulta imprescindible un cambio hacia un MODELO DE DESARROLLO ENERGETICO SOSTENIBLE


III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA
El 37 % de la Energía Primaria se convierte en energía útil. La cadena de transformaciones y procesos por los que pasan los energéticos antes de prestar el servicio requerido ocasiona que se pierda el 63 % de su capacidad potencial
DIRECCIONES PRINCIPALES PARA CONFORMAR UNA POLÍTICA ENERGÉTICA ACORDE AL DESARROLLO SOSTENIBLE:
Elevación de la eficiencia energética.
Sustitución de fuentes de energía.
Empleo de tecnologías para atenuar los impactos ambientales, o tecnologías limpias.



La **elevación de la eficiencia energética** puede alcanzarse por **dos vías** fundamentales, no excluyentes entre sí:

- **Mejor gestión energética** y buenas prácticas de consumo, de operación y mantenimiento. (administración de energía-medidas técnico organizativas). **Aquí tenemos las mayores oportunidades.**
- **Tecnologías y equipos de alta eficiencia** en remodelaciones de instalaciones existentes o en instalaciones nuevas (inversiones).



CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE AHORRO DE ENERGÍA

Dr. Félix González Pérez
Departamento de Energética y Mecánica
Universidad Autónoma de Occidente, Cali. Colombia
Email: fgonzalezr@uao.edu.co

Santiago de Cali, 10 de octubre de 2018

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018

"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"

ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ» PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

El mejor lugar para iniciar la búsqueda de oportunidades es dónde la energía cuesta más, es decir, en el punto de uso final.

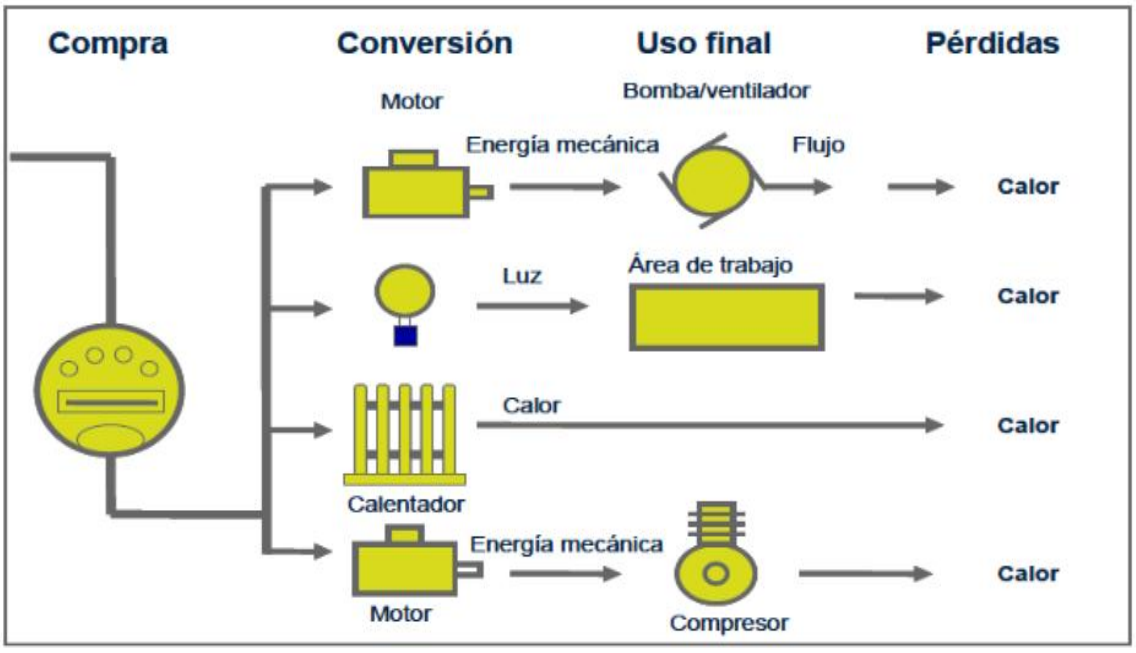
Con acciones en los puntos de uso final se ahorra más.

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018

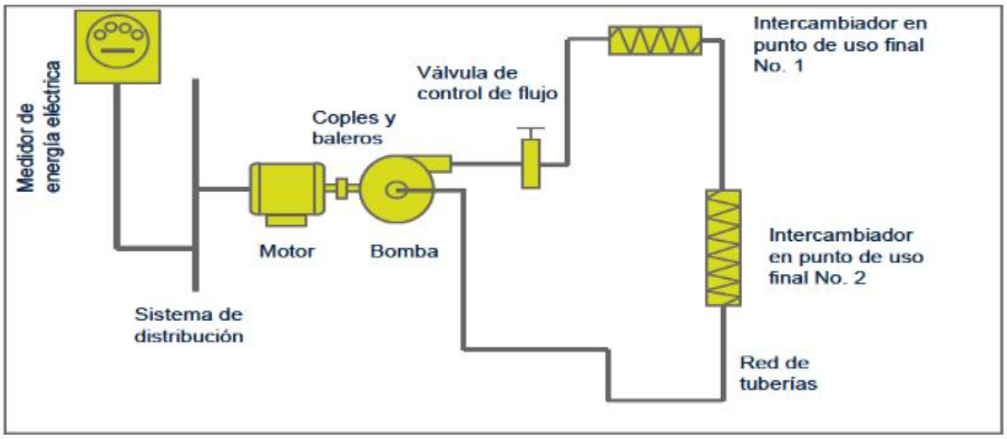
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"

ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ» PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

El caso de la energía eléctrica



Para ilustrar lo anterior, consideremos el caso de un sistema diseñado para bombear un fluido a través de un sistema de enfriamiento.



Sistema de bombeo

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

La eficiencia de cada componente del sistema se define como la razón entre la energía aprovechada por el componente y la energía suministrada.

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Energía aprovechada}}{\text{Energía suministrada}} \times 100$$

- **Cada uno de los componentes del sistema, con una eficiencia menor al 100 %, desperdicia la diferencia entre la energía suministrada y la energía aprovechada.**
- **Como resultado de este desperdicio, el costo unitario de la energía se incrementa entre el inicio (entrada) y fin del proceso (salida).**
- **El costo de la energía al final del proceso puede calcularse con la siguiente fórmula:**

$$\text{Costo a la salida}\left(\frac{\$}{\text{unidad}}\right) = \frac{\text{Costo a la entrada}\left(\frac{\$}{\text{unidad}}\right)}{\text{Eficiencia del sistema}}$$



Eficiencia típica de los componentes de un sistema de bombeo de tamaño mediano (10 a 100 HP).

Componente	Pérdidas	Eficiencia típica (%)
Medidor de energía eléctrica	Despreciable	100
Sistema de distribución de energía eléctrica	Resistencia eléctrica	96
Motor	Resistencia eléctrica, fricción, pérdidas magnéticas	85
Cople y baleros	Fricción	98
Bomba	Fricción en el fluido y fricción mecánica	60
Válvula	Estrangulamiento mínimo	70
Tuberías	Fricción en el fluido	60
	Eficiencia total del sistema	**20.15**

La eficiencia total del sistema nos muestra que, prácticamente, sólo una quinta parte de la energía llega al punto dónde es requerida.



Costo unitario de la energía a través del sistema de bombeo

Componente	Eficiencia típica (%)	Costo unitario a la entrada ($/kwh)	Costo unitario a la salida ($/kwh)*
Medidor de energía eléctrica	100	0,06	0,06
Sistema de distribución de energía eléctrica	96	0,06	0,0625
Motor	85	0,0625	0,073
Cople y baleros	98	0,073	0,075
Bomba	60	0,075	0,125
Válvula	70	0,125	0,178
Tuberías	60	0,178	0,297
		Relación del costo unitario	**5 : 1**

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

ANÁLISIS DE LA SUSTITUCIÓN DEL MOTOR



1 kW
Eficiencia 70%

1.43 kW



1 kW
Eficiencia 80%

1.25 kW

PARA 7000 HORAS DE TRABAJO AL AÑO
SE OBTIENE UN AHORRO DE:
1260 kWh/kW eje - año
Que a un costo de 0.07 USD/kWh equivale a
88,20 USD/kW eje -año

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

ANÁLISIS DE LA SUSTITUCIÓN DE LA BOMBA

1 kW
Eficiencia 50 %



2.00kW

1 kW
Eficiencia 70 %



1.43 kW

PARA 7000 HORAS DE TRABAJO AL AÑO
SE OBTIENE UN AHORRO DE:
3990 kWh/kW eje-año
Que a un costo de 0.07 USD/kWh equivale a
279.3 USD/kW eje-año
O sea 3.16 veces más eficaz que la sustitución del motor



AHORRO DE ENERGÍA EN SISTEMAS DE BOMBEO

Dr. Félix González Pérez
Departamento de Energética y Mecánica
Universidad Autónoma de Occidente, Cali. Colombia
Email: fgonzalezr@uao.edu.co

Santiago de Cali, 10 de octubre de 2018



Después de los motores eléctricos, las bombas y los ventiladores son las máquinas más utilizadas en el mundo.

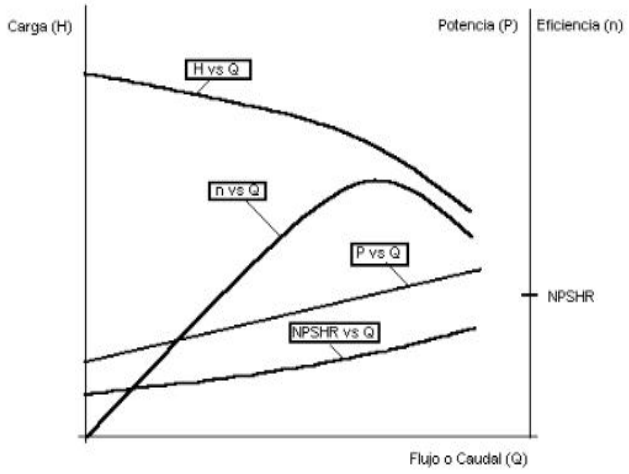
Esto significa que una combinación de motor eléctrico y bomba o ventilador, constituye un área importante de oportunidad para reducir los consumos y costos energéticos.

PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE TRABAJO DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

Carga de impulsión (H).- Energía específica suministrada por la máquina al fluido (energía/unidad de masa).

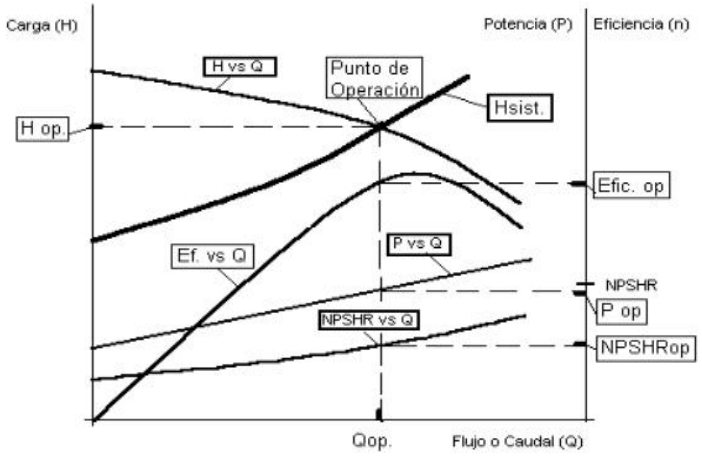
Caudal (Q).- Cantidad de líquido que desplaza la máquina en la unidad de tiempo. En las bombas puede denominarse también como ***flujo*** y se puede expresar en unidades volumétricas o másicas por unidad de tiempo.

Característica hidráulica de una bomba centrífuga radial



III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo conjunto bomba - sistema de tubería

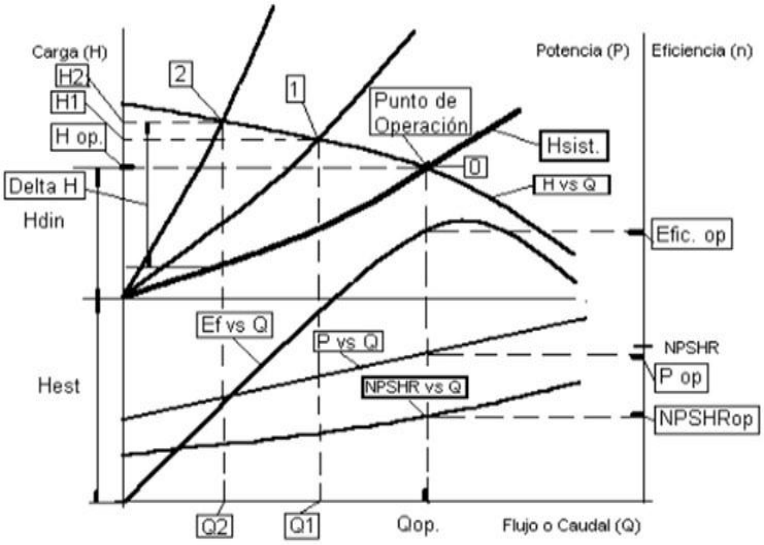


Regulación de la capacidad en los sistemas de bombeo

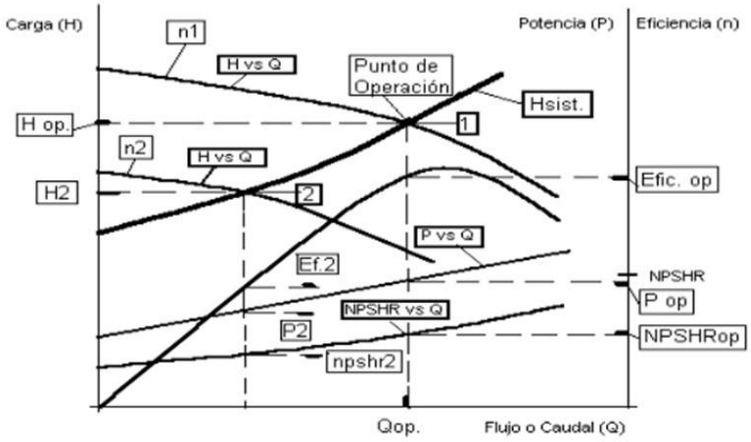
- Regulación por paradas y arrancadas de la bomba.
- Regulación por estrangulamiento.
- Regulación por desvío (by-pass).
- Regulación por variación de la velocidad de la bomba.

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

Regulación de la capacidad por estrangulamiento

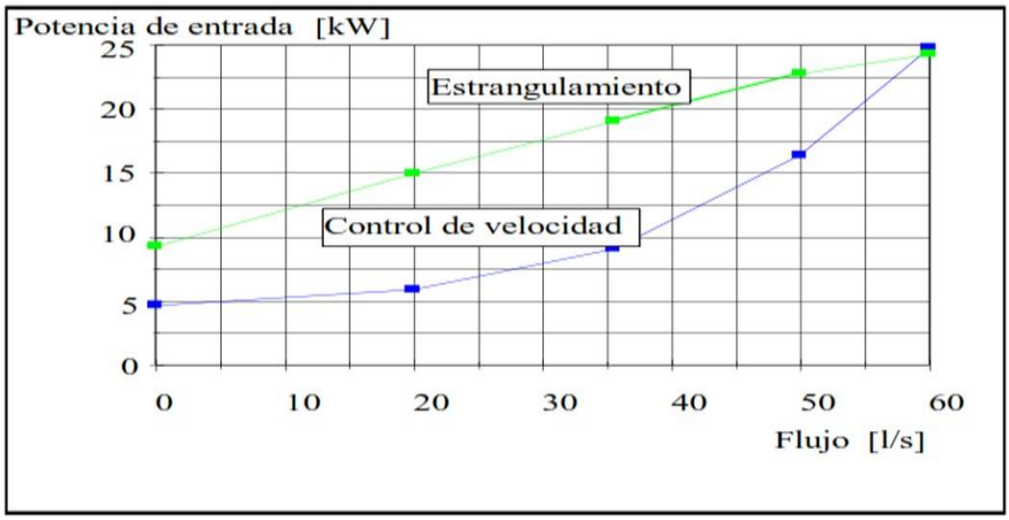


Regulación de la capacidad por variación de la velocidad

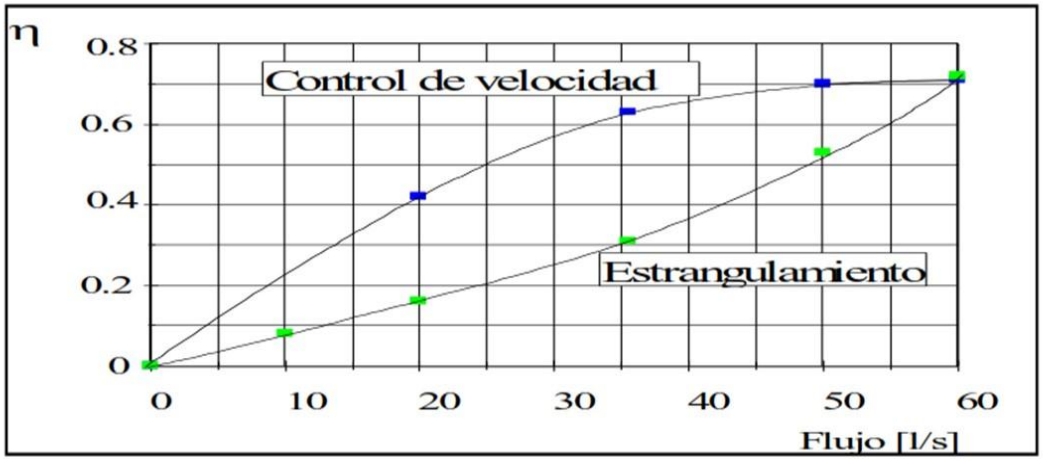


III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

Comparación de la potencia de entrada mediante estrangulamiento y empleando control por frecuencia

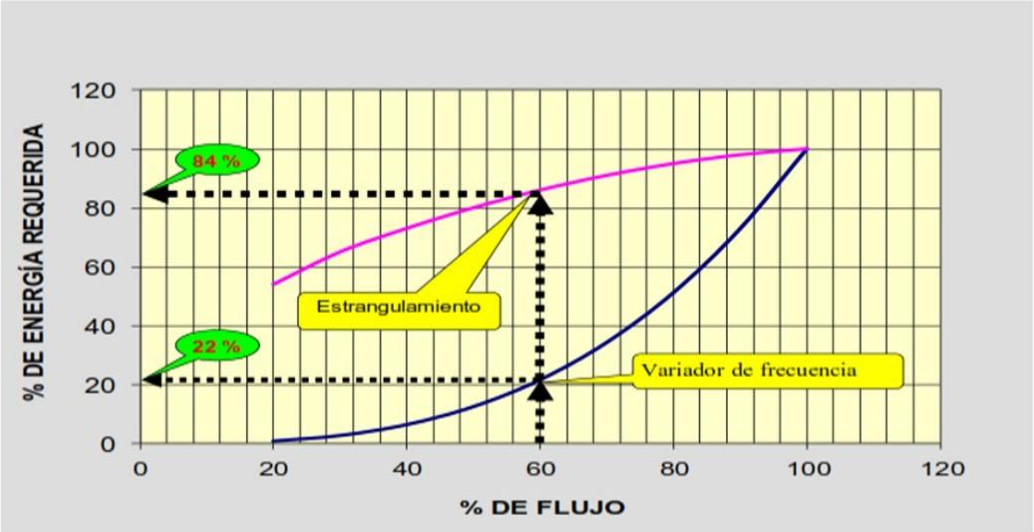


Comparación de la eficiencia mediante estrangulamiento y empleando control por frecuencia



III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

Variación de Frecuencia vs. Estrangulamiento





Medidas de Ahorro en Sistemas de Bombeo

- Selección y dimensionamiento adecuado del sistema
- Sacar de servicio bombas innecesarias.
- Restaurar las holguras internas de las bombas.
- Sustitución de la bomba actual por una de mayor eficiencia suministrando el mismo gasto.
- Sustitución del motor actual que impulsa a la bomba por uno de mayor eficiencia.
- Reemplazo de bombas sobredimensionadas.
- Uso de bombas múltiples.
- Usar una bomba "booster".
- Cambio de velocidad de la bomba.
  - ✓ Acoplamientos o transmisiones con relación de velocidad variable (mecánicos, hidráulicos, electromagnéticos)
  - ✓ Motores eléctricos de dos velocidades.
  - ✓ Variadores de frecuencia.
- Cambio de horario de operación de la bomba.



OPORTUNIDADES DE AHORRO DE ENERGIA EN SISTEMAS DE VENTILACION

- Selección adecuada de los ventiladores (tipo y capacidad).
- Ubicar las tomas de aire de manera que se obtenga la mejor calidad de este y la mejor eficiencia.
- Usar ductos de toma de aire de bordes redondeados y suaves o conos en la succión.
- Minimizar las obstrucciones en las entradas y salidas de los ventiladores.
- Limpiar los filtros y las rejillas con regularidad.
- Reducir la velocidad de rotación en ventiladores sobredimensionados.
- Considerar el uso de ventiladores de dos velocidades y trabajar en lo posible en la más baja.
- Usar variadores de velocidad para cargas variables del ventilador.
- Usar motores eficientes.
- Usar conductos bien dimensionadas con las curvas y transiciones adecuadas.
- Eliminar fugas en los ductos.



• AHORRO DE ENERGÍA EN SISTEMAS DE AIRE COMPRIMIDO

Dr. Félix González Pérez
Departamento de Energética y Mecánica
Universidad Autónoma de Occidente, Cali. Colombia
Email: fgonzalezr@uao.edu.co

Santiago de Cali, 10 de octubre de 2018



USO APROPIADO DEL AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido es probablemente el portador energético secundario más costoso en una planta, sin embargo, por ser limpio, por estar siempre disponible y tener muchas facilidades para su empleo, se utiliza en muchos casos para aplicaciones en las que otros portadores energéticos pueden resultar más económicos.

La eficiencia energética global típica de un sistema de aire comprimido es solo de un 10 %.



Usar aire comprimido solo sí:

- se incrementa la **seguridad** de operación,
- se logra un aumento significativo de la **productividad**.

En los casos en que se utilice el aire comprimido para una aplicación dada,

- la **cantidad** de aire debe ser la **mínima** requerida,
- a la **presión más baja** posible,
- durante el **menor tiempo**.



DISEÑO ADECUADO DEL SISTEMA
(Reducción de la caída de presión)

Regla práctica: por cada 2 lb/pulg^2 de incremento en la presión de operación se incrementa el consumo de energía en aproximadamente un 1 %.

Caída de presión

Un sistema bien diseñado debe tener una caída de presión inferior al 10 % de la presión de descarga de los compresores, medida entre la salida del tanque recibidor y los puntos de uso del aire.



Aspiración del aire.

Dos recomendaciones básicas:

1. **Aspiración del exterior en lugares bajos y alejados de fuentes de calor.**

   Un incremento en la temperatura de aspiración de 3^0C representa, aproximadamente, un 1 % más de consumo de potencia en el compresor.

2. **Tubería de aspiración lo más recta y corta posible.**

   Por cada 25 mbar de caída en la línea de succión el consumo se incrementará en alrededor de un 2 %.



Control de la presión del sistema

- La reducción y el control de la presión del sistema en los puntos de uso permite disminuir la presión de descarga de los compresores y contribuir a reducir la demanda.
- El efecto combinado de reducir la presión de descarga de los compresores y la demanda de aire comprimido puede significar ahorros de energía superiores al 10 % en muchos sistemas industriales.

RECUPERACIÓN DEL CALOR DE COMPRESIÓN

- Entre el 80 y el 90 % de la energía mecánica consumida por el compresor en un sistema de aire comprimido es convertida en energía térmica.
- Con un buen sistema de recuperación, se puede recuperar entre el 50 y el 90 % del calor de compresión.

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ» PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

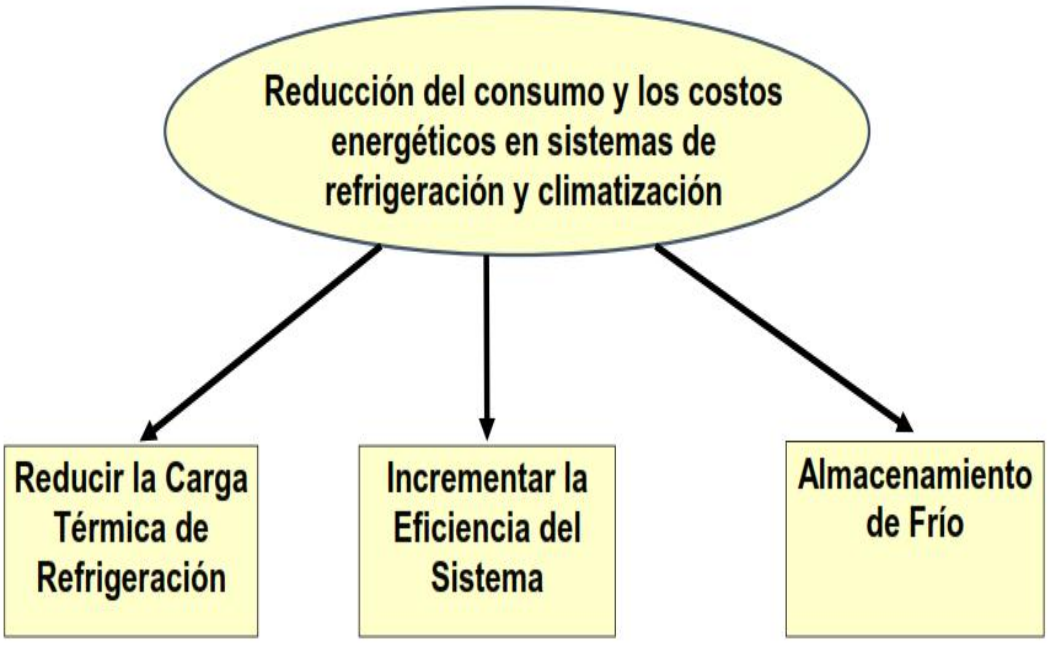
AHORRO DE ENERGÍA EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO



SURREY Carrier YORK FEDDERS
TOSHIBA SAMSUNG SANYO
GoldStar BGH Panasonic FRIGIDAIRE
conqueror Marshall
HITACHI ELECTRA SIAM
ZENITH DAIKIN LENNOX

Dr. Félix González Pérez
Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente
Universidad de Cienfuegos, Cuba
Email: fgonzalez@ucf.edu.cu
Santiago de Cali, de mayo de 2018

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ» PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA





Reducción de la carga térmica a satisfacer por el sistema.

La carga térmica global a satisfacer por un sistema de refrigeración está compuesta por los siguientes elementos:

1. Carga aportada por el producto o fluido a enfriar.
2. Flujo de calor sensible procedente del exterior.
3. Carga sensible interna, aportada por motores, alumbrado y equipos internos.
4. Carga sensible y latente del aire de renovación e infiltraciones.



Principales medidas para reducir la carga térmica en los sistemas de refrigeración :

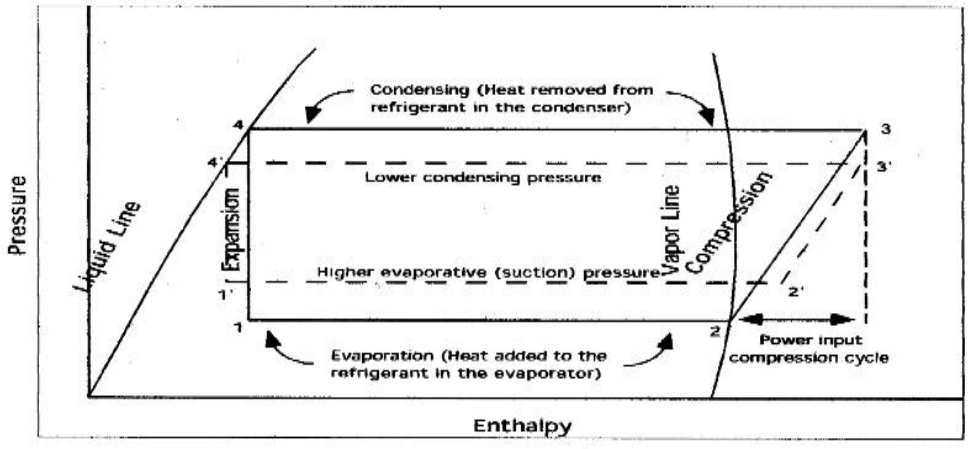
- Introducir los productos en las cámaras a la menor temperatura posible.
- Aprovechamiento máximo de la capacidad de las cámaras y reducción del número de cámaras en operación.
- Incrementar la temperatura en las cámaras, locales o equipos al máximo admitido por los procesos y productos.
- Maximizar superficie común entre cámaras en operación.
- Seccionalización de cámaras.
- Mantener el aislamiento en buen estado y evaluar si en las condiciones actuales su espesor resulta el económico.

Principales medidas que se pueden emplear para incrementar la eficiencia del ciclo refrigeración:

- ✓ Reducción de la presión (temperatura) de condensación.
- ✓ Operar con la mayor presión (temperatura) en el evaporador admitida por el proceso o los productos a conservar.
- ✓ Recuperación del calor de condensación.

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

Efectos de la disminución de la presión de condensación y del aumento de la presión de evaporación sobre el consumo de energía del sistema.



Efectos de la disminución de la presión de condensación y del aumento de la presión de evaporación sobre el comportamiento del sistema.

Temperatura en el Evaporador (^{0}C)	Capacidad *(tons)	Consumo Específico Potencia (kW/TR)	Incremento kW/TR (%)
5.0	67.58	0.81	-
0.0	56.07	0.94	16.0
-5.0	45.98	1.08	33.0
-10.0	37.20	1.25	54.0
-20.0	23.12	1.67	106.0

** Temperatura condensación 40 °C*

Temperatura en el Condensador (^{0}C)	Capacidad *(tons)	Consumo Específico Potencia (kW/TR)	Incremento kW/TR (%)
26.7	31.5	1.17	-
35.0	21.4	1.27	8.5
40.0	20.0	1.41	20.5

** Compresor recíprocante con R-22. Temperatura en Evaporador. -10 ° C*

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

Acciones en el sistema de condensación para ahorrar energía:

- Correcta ubicación de los condensadores enfriados por aire.
- Tratamiento adecuado del agua de enfriamiento para evitar incrustaciones en las superficies de transferencia de calor de los condensadores.
- Limpieza periódica de las superficies de transferencia.
- Purga continúa de los gases incondensables del sistema.
- Variar la velocidad o cantidad de ventiladores en servicio en torres de enfriamiento y condensadores evaporativos.
- Lograr un correcto funcionamiento de las torres de enfriamiento.



Elevación de la presión (temperatura) del evaporador.

La elevación de la temperatura del evaporador reduce la energía requerida por la máquina de refrigeración, ya que esta tiene que realizar un menor trabajo por cada tonelada de refrigeración producida. (aproximadamente 1.5 % por cada grado Fahrenheit de incremento en la temperatura del evaporador).

Posibles medidas:

- Mantener las temperaturas en las cámaras, procesos o locales tan altas como los requerimientos lo permitan.
- Aumentar la temperatura del agua helada en los sistemas centralizados, hasta el punto en que alguno de los consumidores alcanza el flujo total de agua.
- Eliminar periódicamente la escarcha que se forma en los evaporadores.



Recuperación del calor de condensación

- **La recuperación de calor se puede realizar:**
  - Directamente en los condensadores enfriados por agua, o también
  - Instalando un intercambiador de calor entre la descarga del compresor y el condensador .
- **El calor recuperado se puede utilizar en:**
  - Consumidores de calor a baja temperatura, como pudieran ser el calentamiento de envases, la calefacción de edificios, o agua caliente para servicios o para algún proceso en particular.



Acumulación de Frío

El principio de este método es trabajar los equipos a mayor carga durante los horarios base o intermedios, acumulando frío durante ellos, el que será utilizado en los horarios punta.

El almacenamiento de frío posibilita:

- Reducir la capacidad instalada y los costos fijos.
- Reducir el cargo por demanda máxima.
- Reducir el costo promedio de la energía eléctrica (costo del kWh).



Acumulación de Frío

Métodos fundamentales para el almacenamiento de frío:

1. Almacenamiento de agua helada.
2. Almacenamiento de hielo.
3. Almacenamiento de salmuera.
4. Pre-enfriamiento de los locales en sistemas de climatización.

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

AHORRO DE ENERGÍA EN SISTEMAS DE VAPOR. COMBUSTIBLES Y COMBUSTION

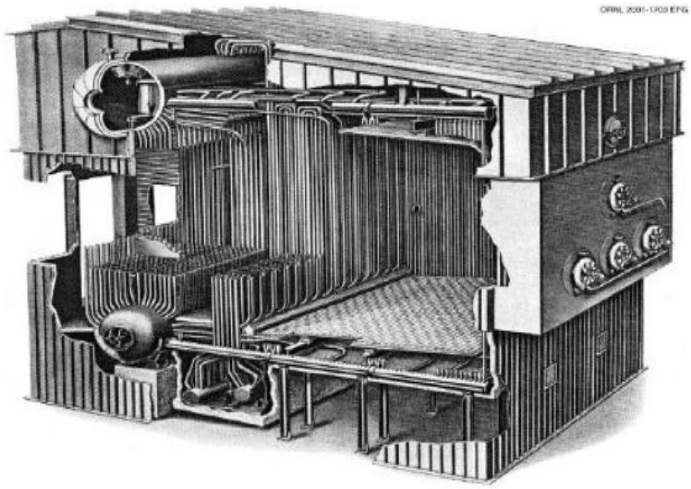


Dr. Félix González Pérez
Departamento de Energética y Mecánica
Universidad Autónoma de Occidente, Cali. Colombia
Email: fgonzalezr@uao.edu.co

Santiago de Cali, 10 de octubre de 2018

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

CALDERA INDUSTRIAL DE TUBOS DE AGUA



Generadores de vapor.

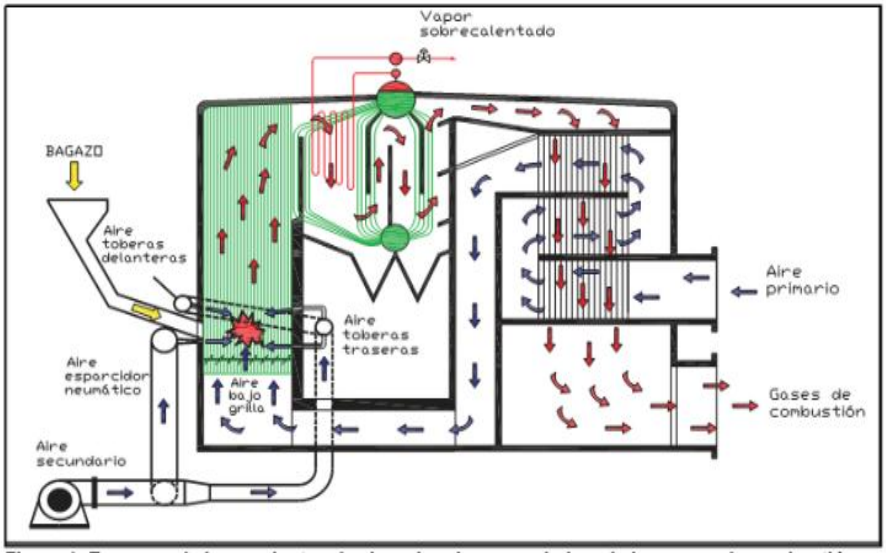


Figura 1. Esquema de las corrientes de aire primario, secundario y de los gases de combustión en el interior de una caldera de vapor acuotubular.

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

EFICIENCIA TÉRMICA DE LOS GENERADORES DE VAPOR

- La eficiencia térmica de un generador de vapor caracteriza el grado de aprovechamiento de la energía suministrada, o sea, la parte de esa energía que ha sido transferida al agente de trabajo.
- Sobre la eficiencia térmica de un generador de vapor influyen muchos factores, pero estos pueden englobarse en tres aspectos básicos para obtener una alta eficiencia:
  1. La combustión completa del combustible, lograda con una mínima cantidad de aire en exceso.
  2. El enfriamiento profundo de los productos de la combustión.
  3. La reducción de las pérdidas de calor por radiación y convección al medio circundante.

BALANCE TERMICO DE UN GENERADOR DE VAPOR



ENERGIA DE ENTRADA = ENERGIA DE SALIDA

Calor disponible = Calor Útil + Pérdidas Térmicas

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

- El **Calor Disponible**, constituye la energía de entrada al generador por unidad de masa del combustible.
- El **Calor Útil**, constituye el calor transferido al agente de trabajo.
- Las **Pérdidas Térmicas**, representan la suma de todas las pérdidas que ocurren en los procesos de combustión y transferencia de calor en el generador de vapor.

METODOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA TERMICA DE UN GENERADOR DE VAPOR

MÉTODO DIRECTO O DE ENTRADA-SALIDA

$$Eficiencia = \frac{Salida}{Entrada}.100,\%$$

$$Eficiencia = \frac{Calor\ Util}{Calor\ Disponible}.100,\%$$

MÉTODO INDIRECTO O DE LAS PÉRDIDAS

$$Eficiencia = \frac{Entrada - Pérdidas}{Entrada}\cdot 100,\%$$

$$Eficiencia = \left[1 - \frac{Pérdidas\ Térmicas}{Calor\ Disponible}\right]\cdot 100,\%$$

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

FACTORES FUNDAMENTALES QUE INFLUYEN SOBRE LAS PERDIDAS TÉRMICAS Y CAUSAS QUE PUEDEN PROVOCAR SU INCREMENTO



Dr. Félix González Pérez
Departamento de Energética y Mecánica
Universidad Autónoma de Occidente, Cali. Colombia
Email: fgonzalezr@uao.edu.co

Santiago de Cali, 10 de octubre de 2018



Pérdidas de Calor con los Gases de Salida

Esta asociada al hecho de que la temperatura de los gases de salida es superior a la del aire y el combustible de entrada.

Factores principales que influyen sobre estas pérdidas:

- El volumen de los gases de salida
- La temperatura de los gases de salida



Causas que pueden provocar un incremento de las Pérdidas con los Gases de Salida:

- ✓ Incremento del exceso de aire suministrado al horno.
- ✓ Excesivas infiltraciones de aire en los conductos de gas en calderas con tiro balanceado.
- ✓ Alta humedad del combustible.
- ✓ Ensuciamiento exterior de las superficies de calentamiento.
- ✓ Incrustaciones interiores de las superficies de calentamiento por alteraciones en el régimen químico del agua de calderas.
- ✓ Roturas en las mamparas deflectoras de gases.



Pérdidas por combustión incompleta

Es la pérdida asociada a la presencia de productos de combustión incompleta (CO, H_2, CH_4) en los gases de combustión, y que provoca la no entrega del poder calorífico de los mismos durante la reacción de combustión.

Factores principales que influyen sobre esta pérdida:

- La relación aire - combustible (coeficiente de exceso de aire).
- El mezclado del combustible con el aire.
- La temperatura en el horno.



Causas que pueden provocar un incremento de las pérdidas por combustión incompleta:

- Insuficiente exceso de aire suministrado al horno
- Alta humedad del combustible.
- Mala atomización del combustible líquido por baja presión de atomización o deficiencias en los atomizadores o baja temperatura de precalentamiento.
- Baja temperatura del aire de combustión.
- Sobrecarga térmica del volumen del horno lo que reduce el tiempo de permanencia de las partículas de combustible dentro del mismo.
- Operación a cargas reducidas con las consecuentes afectaciones en el mezclado, la atomización del combustible y la temperatura en el horno.



Pérdidas por inquemados (combustible no quemado)

- ✓ Esta pérdida está asociada al combustible que no reacciona en el proceso de combustión, que permanece inquemado en los residuos de combustión y no entrega su poder calorífico.
- ✓ Es particularmente importante esta pérdida en los combustibles sólidos, en especial en los de alto contenido de cenizas y que se queman en hornos de parrilla.
- ✓ Para los combustibles líquidos y gaseosos normalmente es pequeña.



Los principales factores que influyen sobre las pérdidas por combustible no quemado son:

- Las características del combustible (granulometría, contenido de ceniza, humedad, contenido de volantes).
- El exceso de aire suministrado al horno.
- La temperatura y aerodinámica en el horno.



Pérdidas por Radiacion y Convección al Medio Ambiente

El gradiente de temperatura entre las superficies exteriores del horno y la temperatura ambiental genera una transferencia de calor al medio exterior que se efectúa por dos mecanismos fundamentales: **convección y radiación**.

Son dos las **causas principales que pueden provocar un incremento de esta pérdida** durante la operación:

- El deterioro del aislamiento térmico de la caldera.
- La operación a cargas reducidas.



Pérdidas con el calor físico de los residuos del horno

Esta pérdida solo tiene significación para combustibles sólidos, y está dada por la extracción de residuos de combustible del horno (escoria y cenizas) con una temperatura superior al medio ambiente.

Donde: $$q_6 = \frac{A \cdot a_e \cdot C_{pe} \cdot T_e}{Q_d}$$

q_6 - Pérdidas con el calor físico de los residuos del horno,%

A - Contenido de ceniza en el combustible, %

a_e - Fracción de la ceniza del combustible que permanece con los residuos del horno.

C_{pe} - Calor específico de la ceniza a la temperatura Te, kJ/ kg-°C

T_e - Temperatura de extracción de los residuos de combustible del horno °C.



Pérdidas por purgas

Esta pérdida esta asociada a la diferencia de temperatura entre el agua extraída de la caldera para mantener la concentración de sustancias perjudiciales dentro del rango recomendado, y el agua de alimentación.

- Durante la operación, una **baja calidad del agua de alimentación** provoca la necesidad de incrementar las purgas y, por tanto, aumenta el valor de esta pérdida.
- Por otra parte, una purga mayor de la requerida, por un **inadecuado control del régimen químico**, puede ser otra causa de la elevación de esta pérdida.



MÉTODOS PARA EL AHORRO DE ENERGÍA EN LA GENERACIÓN DE VAPOR

- Selección adecuada de la capacidad de las calderas.
- Administración de las cargas en calderas que operan en paralelo.
- Reducción del número de calderas en operación.
- Almacenamiento y preparación adecuada del combustible.
- Manejo adecuado de la viscosidad del combustible (líquido).
- Ajuste de la combustión (optimización de la relación aire/combustible).
- Intensificación de la transferencia de calor en calderas pirotubulares.



PERDIDAS EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE VAPOR Y RECUPERACION DE CONDENSADO

Las pérdidas en estos sistemas están normalmente asociadas a:

- Pérdidas de vapor (fugas).
- Pérdidas de calor a través del aislamiento térmico.
- Pérdidas de condensado.
- Pérdidas de vapor flash.

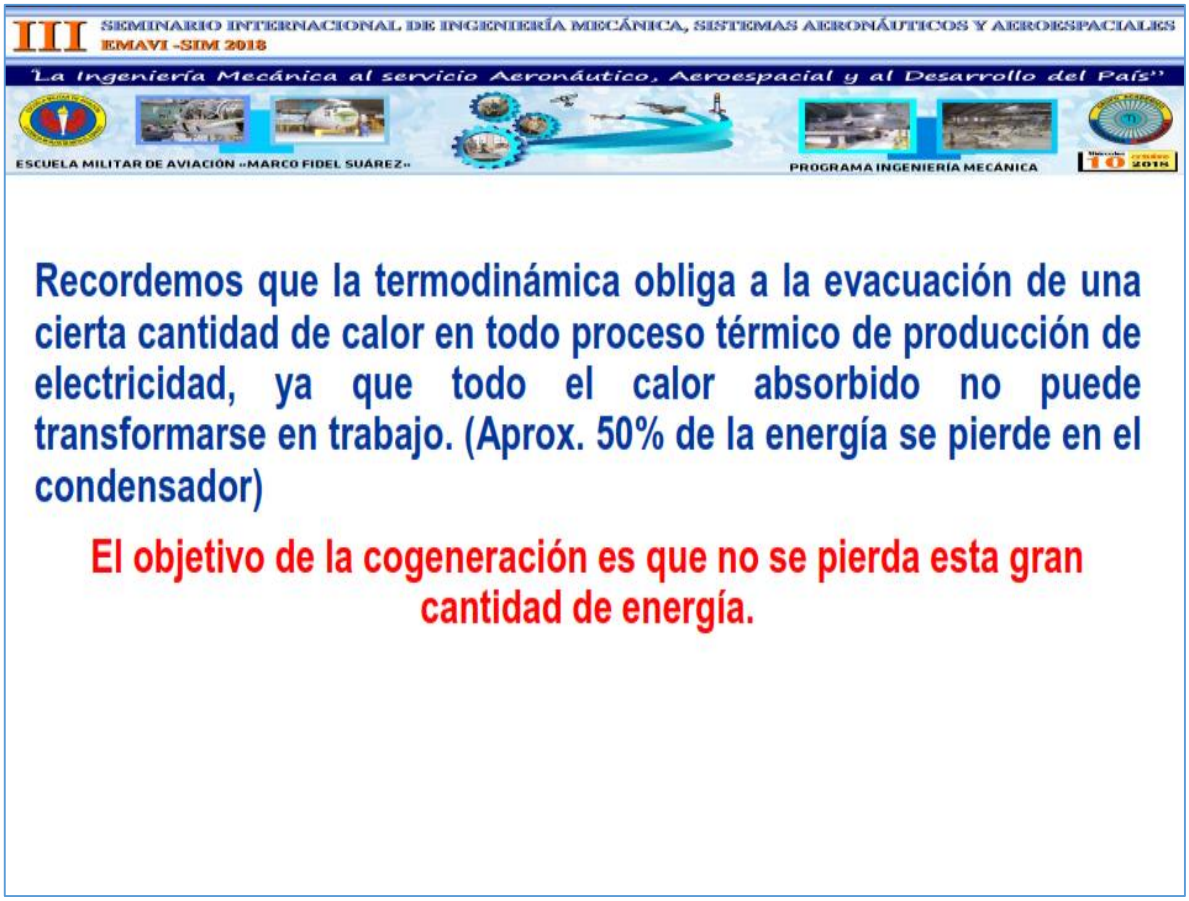


RECUPERACION DEL CONDENSADO

- La recuperación del condensado posibilita obtener ahorros de energía térmica, así como por concepto de suministro y tratamiento de agua.
- El condensado que no retorna debe ser compensado por agua de reposición, la cual está fría y debe ser tratada.
- La no recuperación de los condensados incrementa los costos en combustible, en consumo y tratamiento de agua para calderas y los de disposición de aguas residuales.

Puede estimarse que el condensado posee una energía específica equivalente al 10 % de la contenida en el vapor generado en las calderas.


III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA
"La Cogeneración y la Eficiencia Energética"
Dr. Félix González Pérez
Departamento de Energética y Mecánica
Universidad Autónoma de Occidente, Cali. Colombia
Email: fgonzalezr@uao.edu.co
Santiago de Cali, 10 de octubre de 2018


III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA
Recordemos que la termodinámica obliga a la evacuación de una cierta cantidad de calor en todo proceso térmico de producción de electricidad, ya que todo el calor absorbido no puede transformarse en trabajo. (Aprox. 50% de la energía se pierde en el condensador)
El objetivo de la cogeneración es que no se pierda esta gran cantidad de energía.

COGENERACION

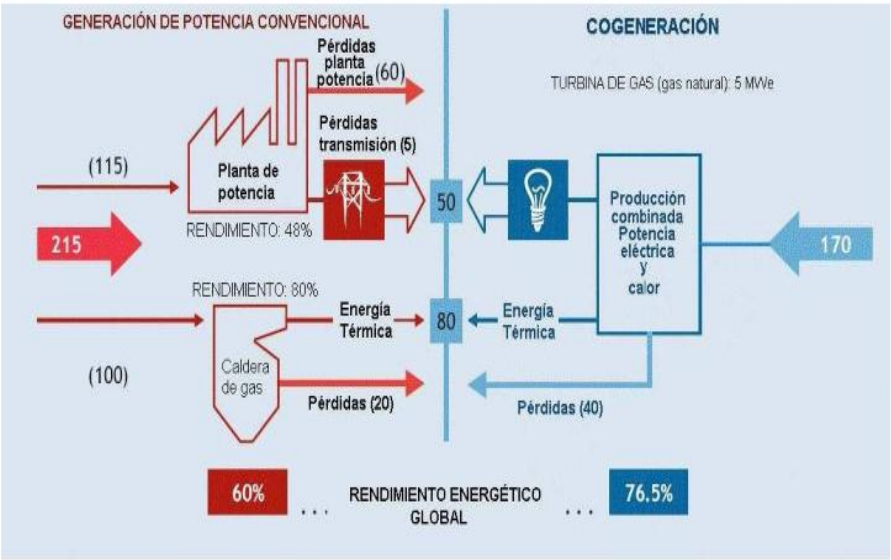
La cogeneración es la producción de forma combinada y secuencial de energía mecánica y/o eléctrica y de energía térmica útil, a partir de la misma fuente de energía primaria.

En otras palabras, los sistemas de cogeneración convierten la energía contenida en el combustible en 2 tipos de energías utilizables por la industria:

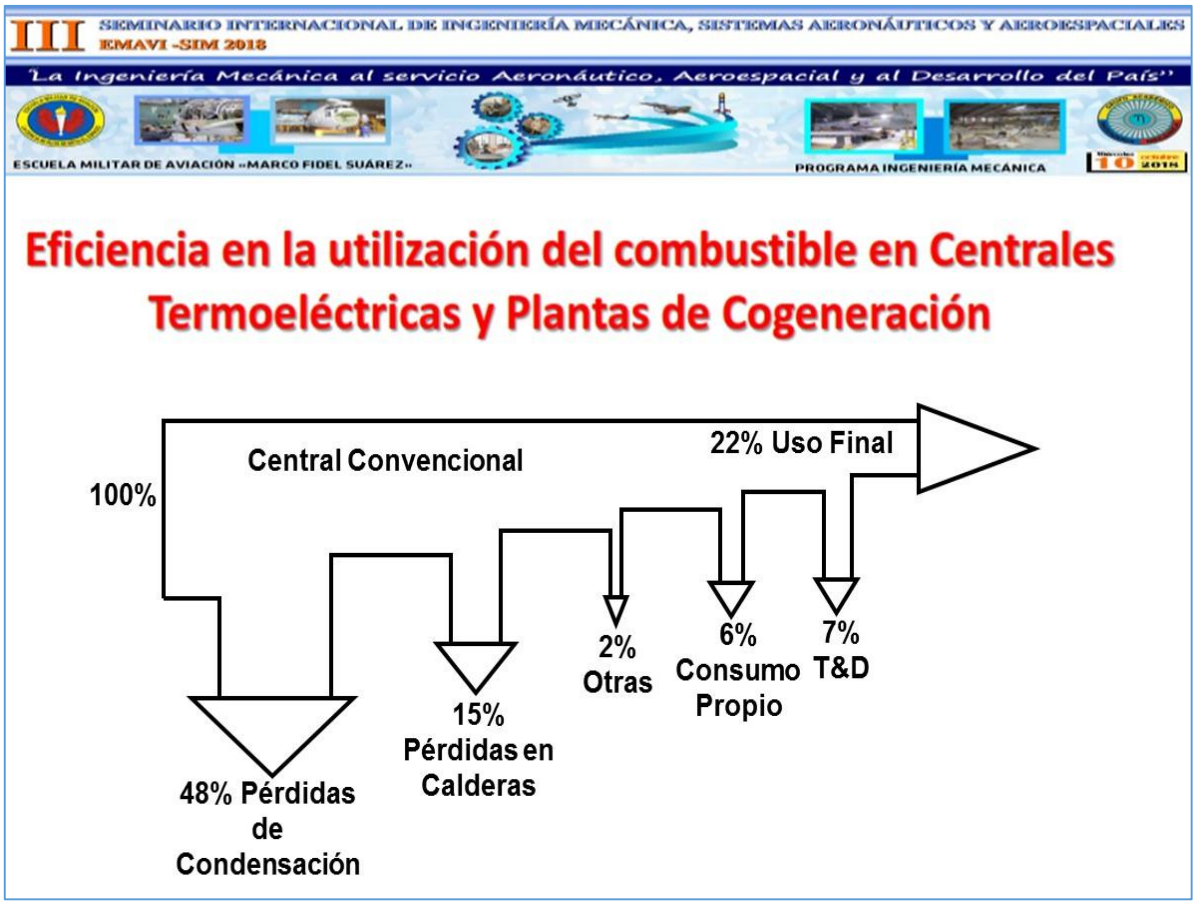
1.- Energía mecánica y/o eléctrica.

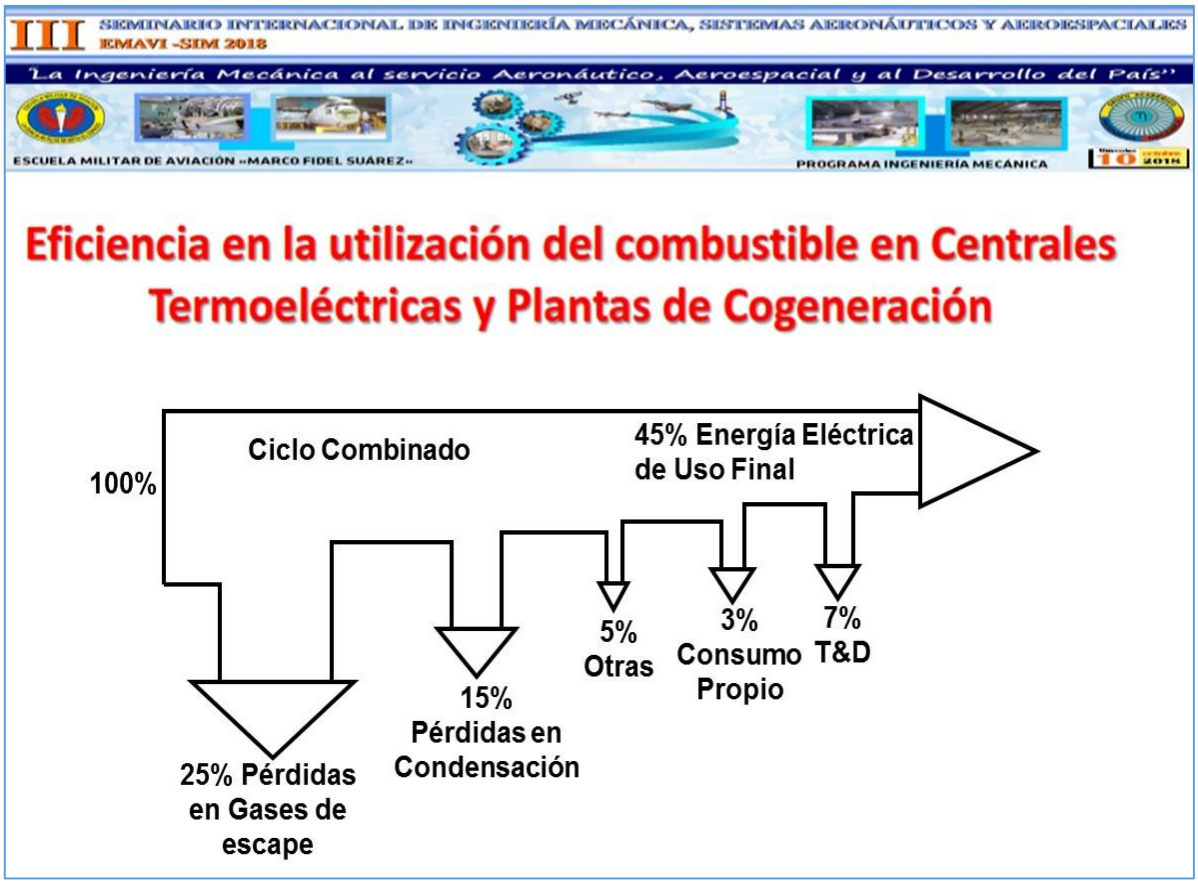
2.- Energía térmica, vapor útil o gases calientes para proceso.

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

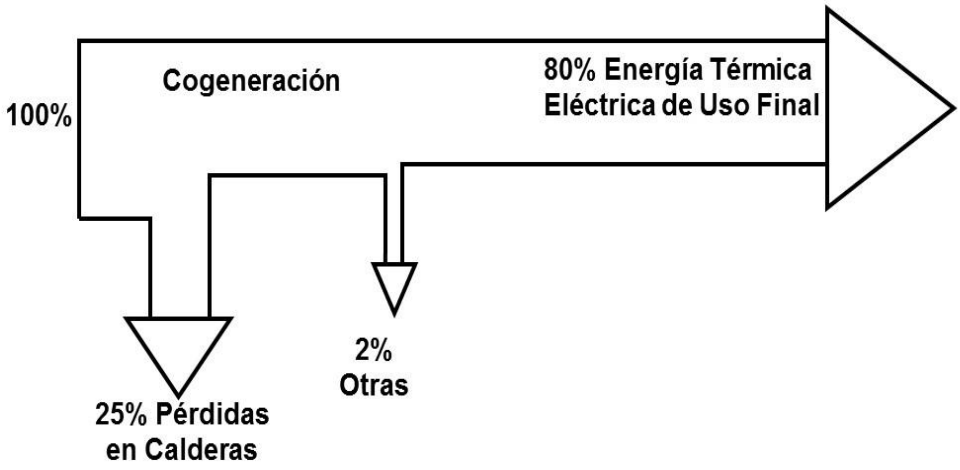


Sistema convencional generación de energía/Sistema Cogeneración. Fuente IEA.


III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA
Eficiencia en la utilización del combustible en Centrales Termoeléctricas y Plantas de Cogeneración
Central Convencional
100%
22% Uso Final
2% Otras
6% Consumo Propio
7% T&D
15% Pérdidas en Calderas
48% Pérdidas de Condensación


III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA
Eficiencia en la utilización del combustible en Centrales Termoeléctricas y Plantas de Cogeneración
Ciclo Combinado
100%
45% Energía Eléctrica de Uso Final
5% Otras
3% Consumo Propio
7% T&D
15% Pérdidas en Condensación
25% Pérdidas en Gases de escape

Eficiencia en la utilización del combustible en Centrales Termoeléctricas y Plantas de Cogeneración

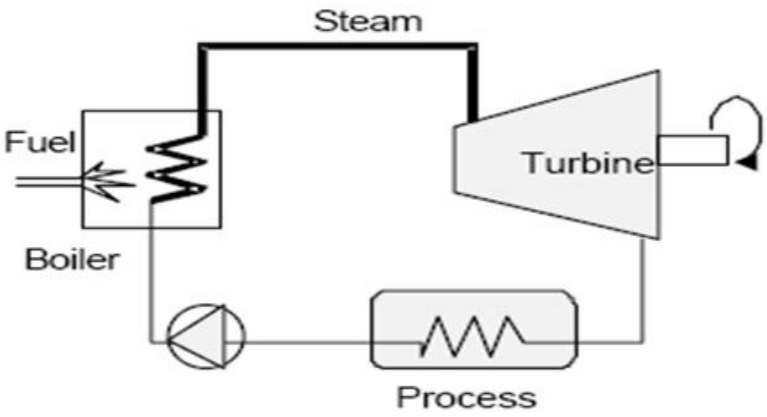


III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

De acuerdo al motor primario:

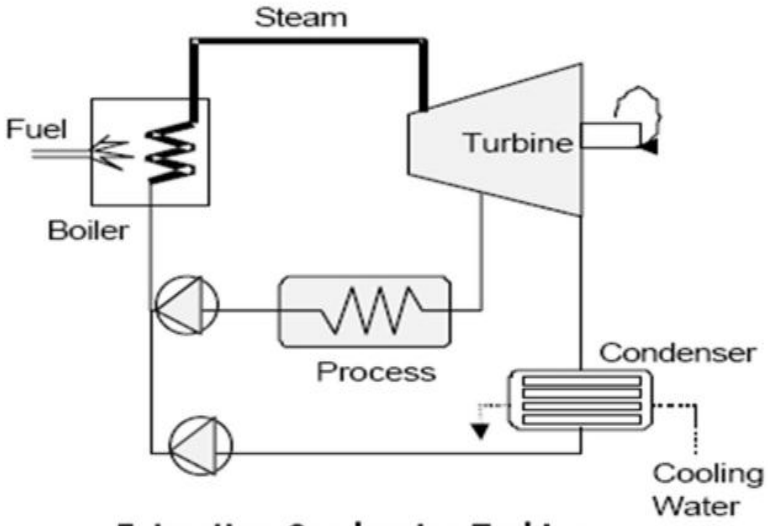
- Cogeneración con turbina de vapor.
- Cogeneración con turbina de gas.
- Cogeneración con ciclo combinado.
- Cogeneración con motor de combustión interna.

Turbina de Vapor a Contrapresión. Estos sistemas se aplican principalmente en aquellas instalaciones en las que la necesidad de energía térmica respecto a la eléctrica es de 4 a 1 o mayor.



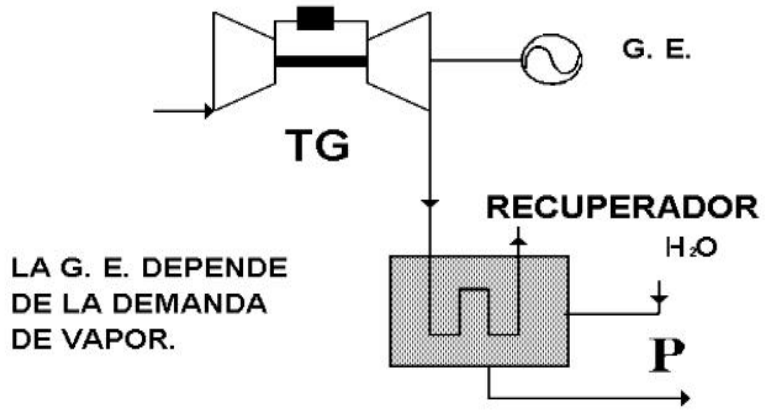
III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

Turbina de Vapor a Extracción-Condensación



Extraction-Condensing Turbine

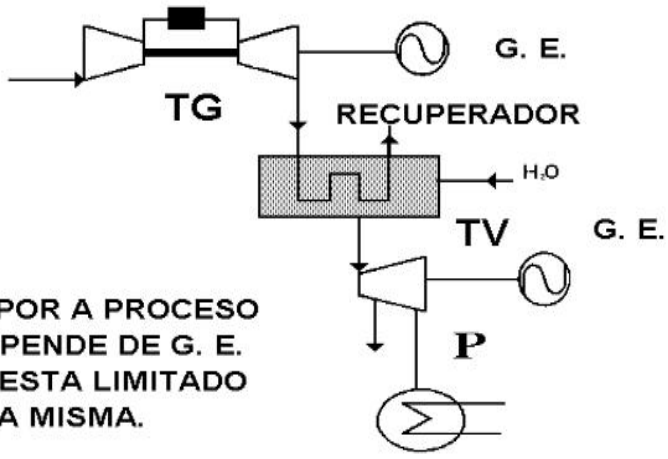
Cogeneración con Turbina de Gas.



LA G. E. DEPENDE DE LA DEMANDA DE VAPOR.

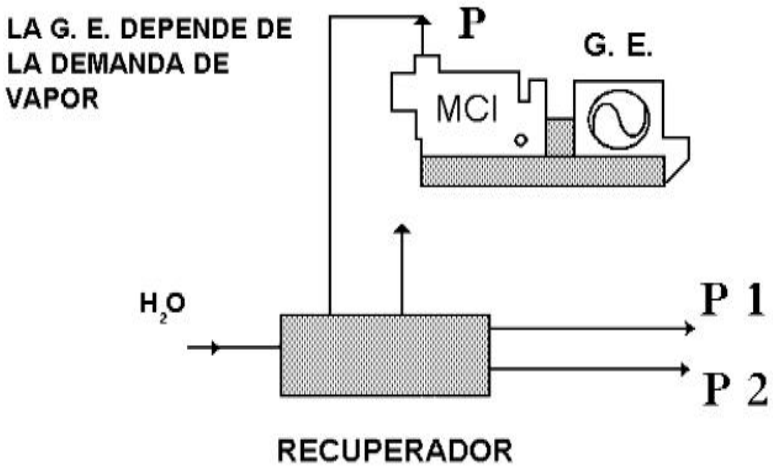
III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

Esquema con Ciclo Combinado



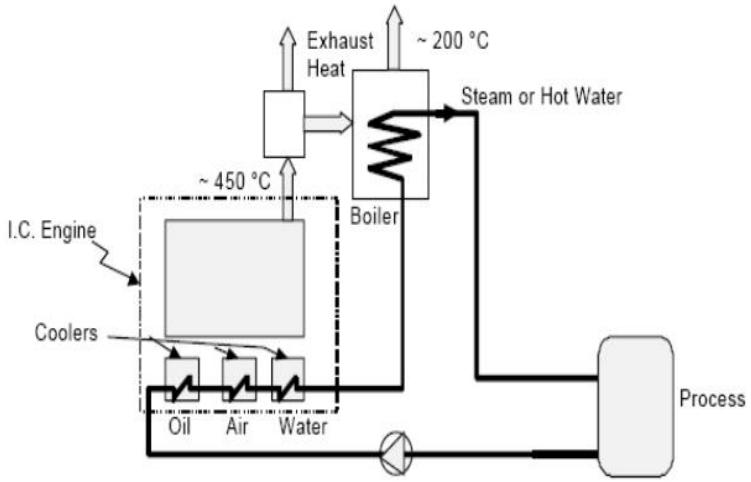
EL VAPOR A PROCESO NO DEPENDE DE G. E. PERO ESTA LIMITADO POR LA MISMA.

Motores de Combustión interna

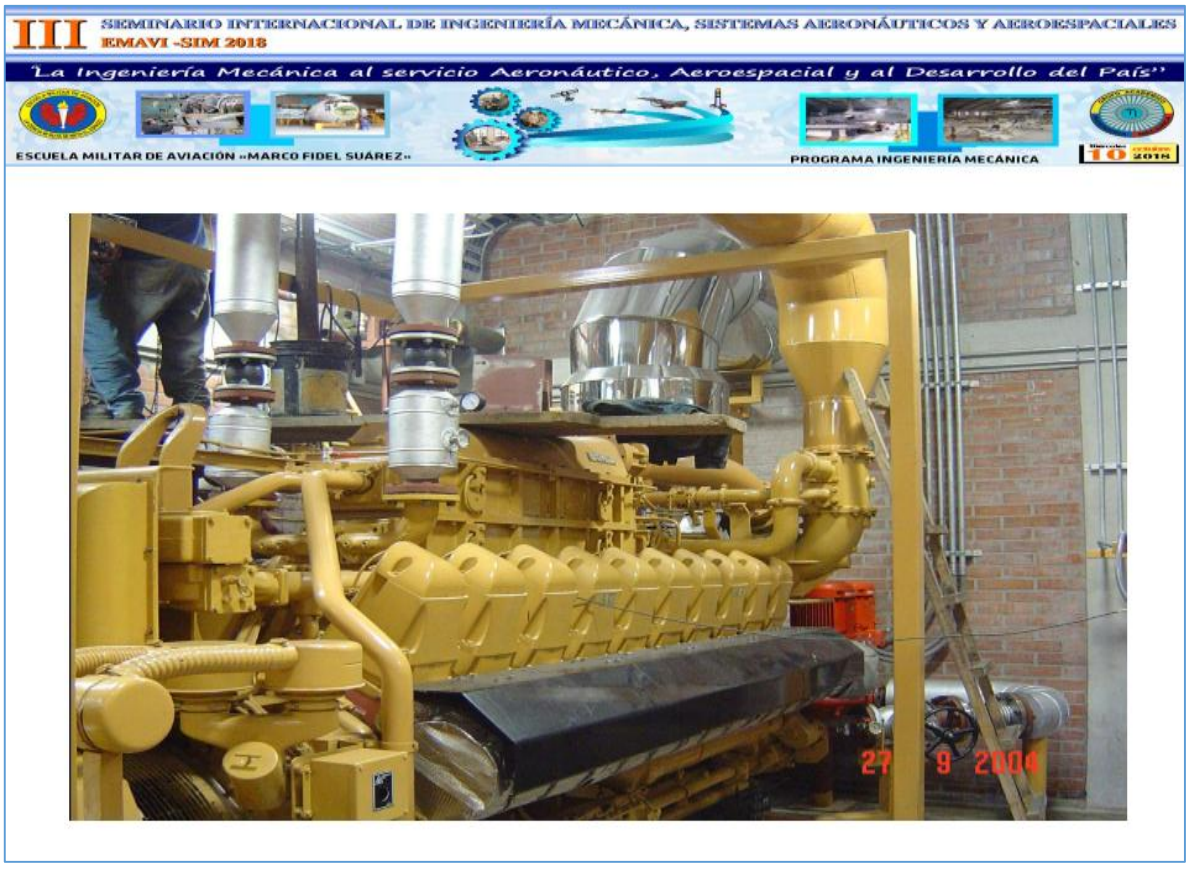


III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

Motores de Combustión interna




III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA
27 9 2004


III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA
27 9 2004

En la tabla siguiente se especifican para distintas instalaciones el valor de algunos indicadores, habiendo supuesto η_{el} = 0.33 y η_{ter} = 0.9 para los sistemas convencionales.

Instalación	W, η el	Qu, η ter	FUE	RCE	IAEP	REE
Turbina de vapor extracción - condensación	0.38	0.1	0.48	0.26	0.208	0.43
Turbina de vapor de contrapresión	0.25	0.6	0.85	2.4	0.295	0.75
Turbina de gas	0.3	0.55	0.85	1.83	0.342	0.77
Ciclo Combinado	0.4	0.42	0.82	1.68	0.404	0.75
M.C.I.A Diesel	0.41	0.4	0.81	1.69	0.408	0.704

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

APLICACIONES DE LA COGENERACIÓN

El sector industrial ha sido tradicionalmente el sector con mayor penetración de la cogeneración.

Las industrias idóneas para instalar plantas de cogeneración son aquellas con gran consumo térmico y muchas horas de funcionamiento.

Los sectores industriales donde más se utiliza la cogeneración son los siguientes:

- Pulpa y papel.
- Industrias químicas
- Industria petroquímica y de refino de petróleo.
- Industrias cerámicas
- Industria alimentaria
- Industria Azucarera
- Empresas de producción de C_{O2}.Tratamiento de residuos.
- Depuradoras y tratamiento de agua.

APLICACIONES DE LA COGENERACIÓN

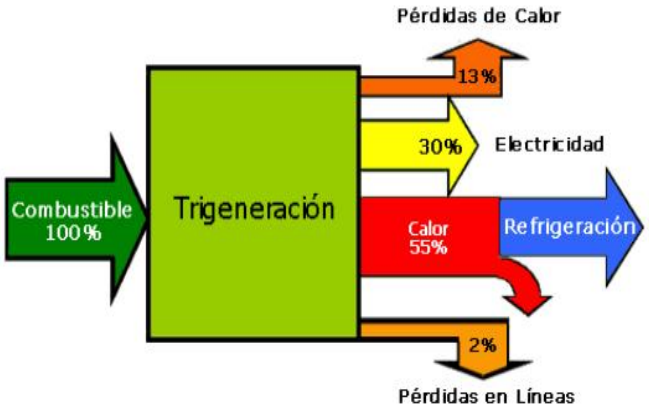
El sector terciario o de servicios puede rentabilizar plantas de cogeneración, pues tiene necesidades térmicas importantes, en la mayoría de los casos para climatización.

Entre las instalaciones con mayores posibilidades de implantación estarían las siguientes:

- Hospitales
- Colegios y universidades
- Sector Residencial (Distric Heating).
- Hoteles
- Piscinas climatizadas
- Aeropuertos
- Centros comerciales

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA

SISTEMAS DE TRIGENERACIÓN



Se define la **trigeneración como la producción conjunta, de electricidad, calor y frío,** a partir de un único combustible.


III SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, SISTEMAS AERONÁUTICOS Y AEROESPACIALES
EMAVI -SIM 2018
"La Ingeniería Mecánica al servicio Aeronáutico, Aeroespacial y al Desarrollo del País"
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN «MARCO FIDEL SUÁREZ»
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA
Miércoles 10 octubre 2018
"EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS TERMOMECÁNICOS"
Muchas Gracias
Dr. Félix González Pérez
Departamento de Energética y Mecánica
Universidad Autónoma de Occidente, Cali. Colombia
Email: fgonzalezr@uao.edu.co
Santiago de Cali, 10 de octubre de 2018

PRESENTACIÓN: DESEMPEÑO ESTÁTICO DEL PLANO ALAR CALIMA T90C

Sonia Ruth Rincón Urbina [1], Cesar Augusto Rodríguez Adaime[2]*

[1] MPhil Manufactura Aeroespacial, Universidad de Cranfield-UK; Especialista Logística Aeronáutica; Ingeniera Metalúrgica; Jefe Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales CITAE; Jefatura de Educación Aeronáutica JEA – Colombia

[2] Doctor en Ingeniería; Ingeniero de Materiales; CEO Structural Synergy SAS; Director I+D+i Grupo GISS categoría "C"; Docente HC de la Pontificia Universidad Javeriana-Cali – Colombia

* sonitorincon@hotmail.com





COLCIENCIAS
Ciencia, Tecnología e Innovación

República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana

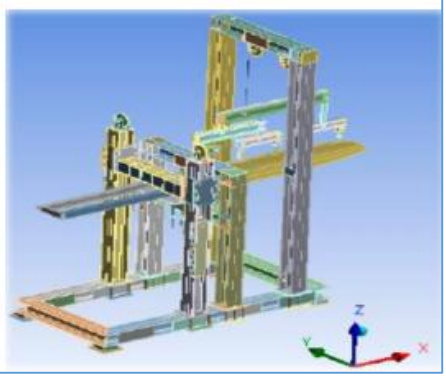
DESEMPEÑO ESTÁTICO DEL PLANO ALAR CALIMA T90C

ENFOQUE HEURÍSTICO RELACIONADO AL DESARROLLO DE LAS PRUEBAS DEL PLANO ALAR DEL CALIMA T90

MAYOR SONIA RUTH RINCÓN URBINA
ING. CESAR AUGUSTO RODRIGUEZ ADAIME PhD

Línea Temática de AUTOSOSTENIMIENTO DE LA FAC

Desarrollos como este módulo de pruebas, le dan pista a la aeronáutica nacional para que vuele alto, sin miedo a superar sus propias posibilidades



COLCIENCIAS
Ciencia, Tecnología e Innovación

República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana

AGENDA

1. Antecedentes - Objetivos
2. Participantes - Metodología
3. Banco de ensayo del plano ala
4. Resultados – Daño- Costos

ÍCARO SE PRUEBA EN TIERRA

LA CREACIÓN DE UN MÓDULO DE PRUEBAS PARA VERIFICAR LA RESISTENCIA DEL PLANO ALAR DEL AVIÓN CALIMA T-90 REPRESENTA UN ANTES Y UN DESPUÉS PARA LA INDUSTRIA AERONÁUTICA EN COLOMBIA



6 | SHOWCASE 2017 AEROSPACETESTINGINTERNATIONAL.COM

Calima T-90
WINNING COMBINATION
Anthony James, editorial director

NATIONAL TREASURE

History was created earlier this year when the Colombian Air Force conducted wing static testing of its new trainer aircraft, the Calima T-90, marking the first full-scale aircraft test ever undertaken in Colombia



La CIAC realiza prueba de plano alar de la aeronave Calima T-90

ANTECEDENTES

- Fabricación de la Aeronave Calima T90
  - Manufactura 25 aeronaves
  - Ensayos de flexión a la viga central principal







CONDICIONES ENSAYO



BOEING B-787. Deformación elástica del Ala
(Sanchiz, 2013, pág. 85)



Carga última = 26 ft

1G vuelo = 12 ft

En tierra = 0 ft

$\delta_{Wing\ Tip} = 26$ ft

FAR 23.305
(Sanchiz, 2013, pág. 55-58)

Pruebas y bancos de pruebas (validación resultados) Canadá **Hurricane** (50%), **Hardvard II** (90%), **Mosquito** (95%), UFM-10SAMBA (102%), **Derwent C102** (103%), **Anson** (105%), **Texant T-6** (120%) Bolsas, **C100, Tiger Moths** (120%) <1000hf, **A400** (150%),

- Reforzar zonas críticas –Piel arrugas (HII)
- Deflexiones borde de ataque
- Celdas de carga x galgas de presión
- A400 (Crego Lourido, 2008, pág. 482)

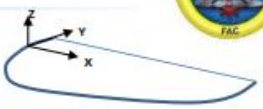


- **Formas y tipos de fallos**



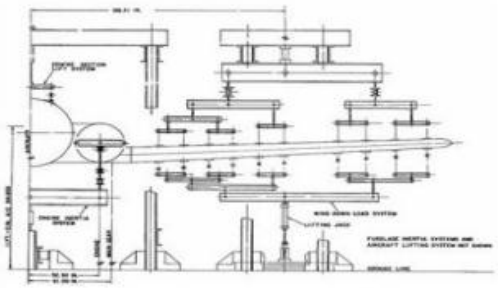
¿Dónde medir deflexiones? En el borde de ataque de la caja de torsión y en los extremos de las vigas

ESTADO DEL ARTE



Las cargas sobre el plano alar

Canadá



National Aeronautical Establishment
(Hewit, 1985, pág. 58)
C100

Considerar:
- R. Sistema
- R. Plano
- Rigidez

Ideal Completa

Sistema de actuación de cargas sobre un plano de manera distribuida

CRITERIOS DE DISEÑO

Módulo de ensayos ensamblado y con pintura anticorrosivo









Riostras en proceso de soldadura

IMPLEMENTACIÓN DE LA PRUEBA

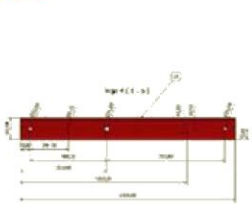
Módulo de ensayos con el Plano Alar instalado

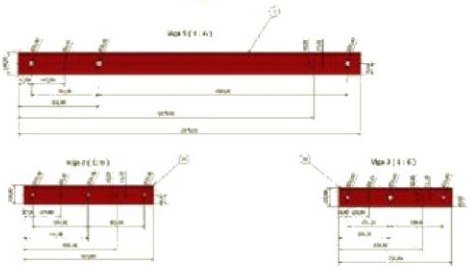




Verificación del funcionamiento de los monitores antes de la ejecución del Ensayo estático:

CRITERIOS DE DISEÑO

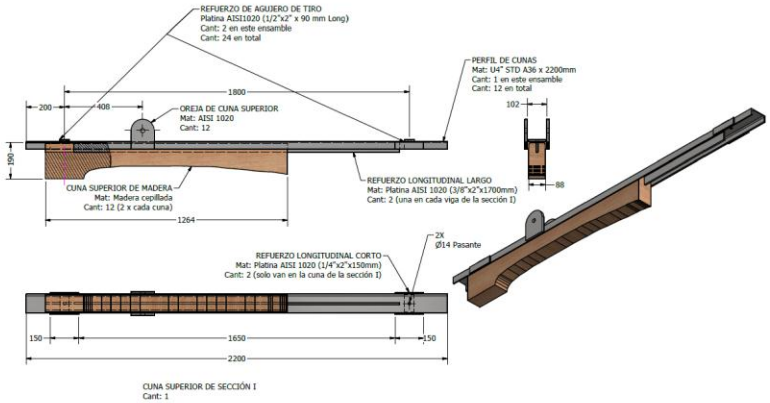








Whiffletree desarmado y madera de las cunas de sujeción



ESTADO DEL ARTE

- Control y monitoreo



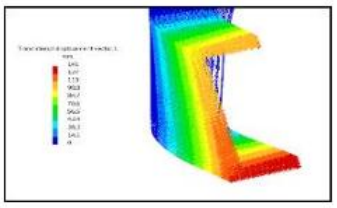
Sus respuestas de cargas se orientaron al conocimiento de esfuerzos cortantes, flexión y torque (momentos flectores, momentos torsores y esfuerzos cortantes)

(Jebáček, 2013, pág. 2)
KP-2U



- Simulación

(Ramesh, 2013, págs. 1155-1157)
15 costillas y dos vigas "I" y "C"
Catia V5 R20
ANSYS



UNIDAD EXPERIMENTAL: PLANO DE LA AERONAVE CALIMA T90

GENERACIÓN EQUIPO: CAMAN + CIAC + PERSONAL CIVIL (DE STRUCTURAL SYNERGY)





Fuente: (Colombian Air Force & Corporation of the Colombian Aeronautical Industry (CIAC), 2013, pág. 828)

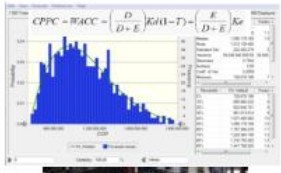


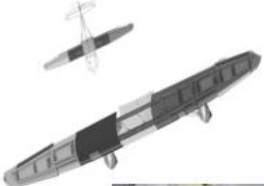
CALIMA T90D













Monitoreo (Ing. Jorge Salcedo)
Instrumentación en el plano





Modelamiento y simulación
Izquierda Mecánica,
Derecha y arriba
Económica/financiera

COLCIENCIAS
Ciencia, Tecnología e Innovación

República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana

OBJETIVOS

Diseñar e implementar la prueba estática del plano alar del Calima T90, para verificar su desempeño ante las cargas estáticas soportadas en operación para la Fuerza Aérea Colombiana.

I Diseñar y construir el módulo de pruebas para ensayo

II Fabricar un plano alar para ser ensayado

III Realizar un ensayo estático del plano alar

IV Generar un informe final del proyecto y socializar los resultados



República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana

ORGANIGRAMA
Participantes del proyecto

CO-INVESTIGADORES
- Administradora
- Ingeniero Civil
- Ingeniero Aeronáutico

Director del Proyecto

Diseño y Construcción
- Ingeniero Mecánico
- Ingeniero industrial
- Ingeniera Mecánica Aeronáutica

Auxiliares
- Ingeniero Mecánico
- Ingeniero Electrónico
- Ingeniero Civil

ASESORES INTERNACIONALES

Ingeniero Aeronáutico	Ingeniero Metalúrgico	Ingeniera Mecánica Aeronáutica
Jefe programas certificación UAV Dpto. Aeronaves y Armamento INTA España	School of Engineering Cranfield University UK	Ingeniera ENIT (*Ecole National d'Ingénieurs de Tarbes*), Esp. en Compuestos. Francia

INVESTIGADORES PRINCIPALES
- Ingeniero de Materiales
- Ingeniera Metalúrgica

METODOLOGÍA

OBJETIVO No 1 Diseñar y construir el módulo de pruebas para ensayo

Fase I. Diseño del Ensayo estático

- Revisión bibliográfica y de experiencias positivas
- Determinar alternativas aplicables para el ensayo Disciplinas: estructural, mecánica, eléctrica y electrónica

Fase II. Construcción del módulo, para ensayo

- Componente Civil
- Componente Mecánico
- Componente Eléctrico y Electrónico

OBJETIVO No 2 Fabricar un plano alar

Fase I. Fabricación del componente para ensayo

- Fabricar la pieza a ser utilizada en el ensayo

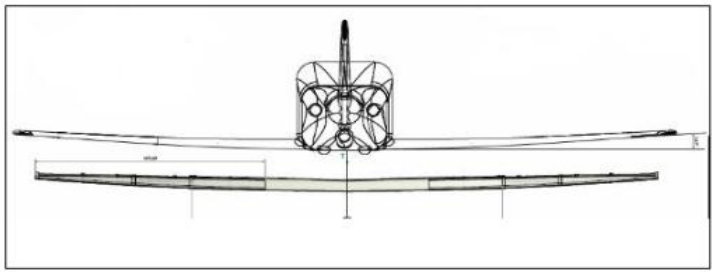
OBJETIVO No 3 Realizar un ensayo estático del plano alar

Fase I. Ejecución del Ensayo y análisis de resultados

OBJETIVO No 4 Generar un informe final del proyecto y socializar los resultados

Fase I. Elaboración y edición del informe final

CATEGORIA DEL AVION



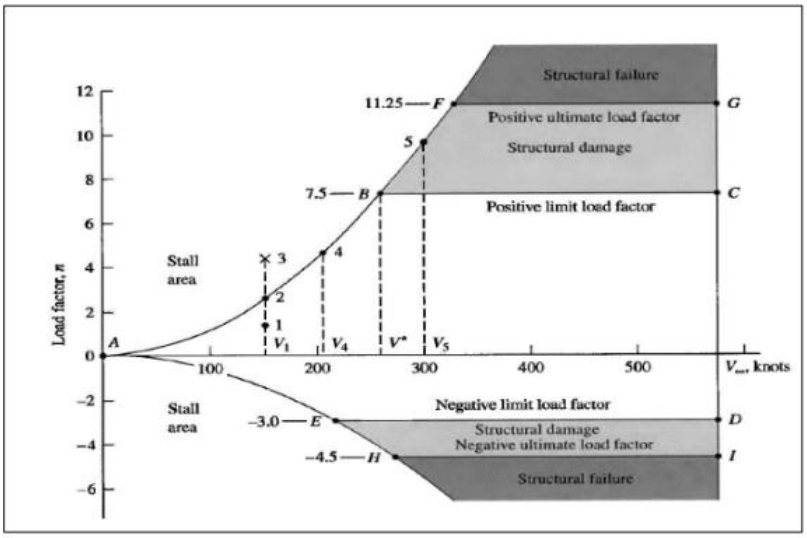
Dentro de una categoría normal y tiene unos límites estructurales para n de:

- Positivo: 4,05 G
- Negativo -1.62 G

Categoría de aviones	Factor de carga limite n	factor de carga limite negativo
Normal	3,8	0,4 n
Usos múltiples	4,4	0,4 n
Acrobático	6,0	0,5 n
Transporte	2,5	1,0

DIAGRAMA COMBINADO MANIOBRAS - RÁFAGAS

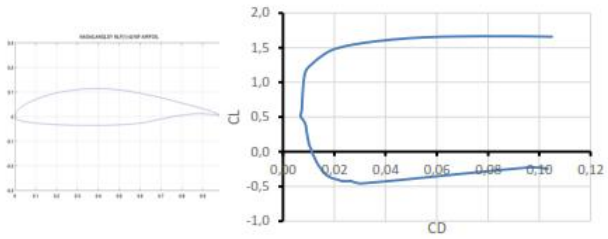
Maniobras



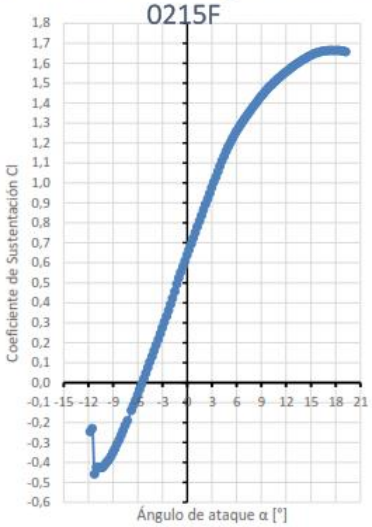
(Anderson, 1999, pág. 343)

CALCULO DE COEFICIENTES AERODINAMICOS Y CURVAS POLARES

$$C_L = C_{L\alpha} + C_{L0} \qquad C_D = \frac{C_L^{\,2}}{\pi \Lambda e} + C_{D0}$$



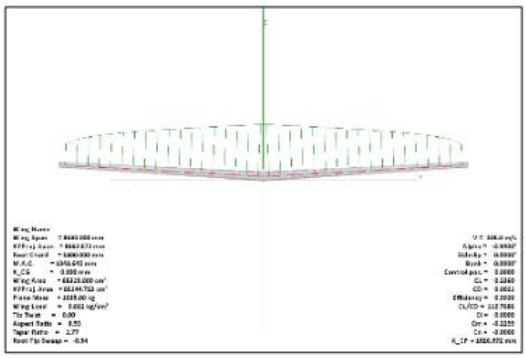
Curva de coeficiente de sustentación para el perfil aerodinámico NASA/LANGLEY NLF(1)-0215F



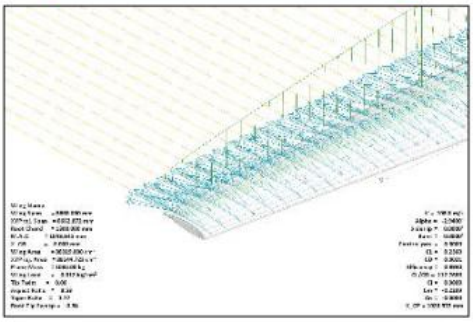
República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana

FORMAS DE MODELAR

- METODO ANALITICO
- METODO NUMERICO CFD



SOFTWARE XVLR5



		Analítico	Numérico	% error
n=1	C_L	0,2167	0,2360	8,9
	C_D	0,0017	0,0021	20
n=4,05	C_L	0,8770	0,8330	5
	C_D	0,0287	0,0257	10,4

COLCIENCIAS
Ciencia, Tecnología e Innovación

ENSAYO A ESCALA COMPLETA (*FULL-SCALE*) AL PLANO ALAR DE LA AERONAVE CALIMA T90

República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana







COLCIENCIAS
Ciencia, Tecnología e Innovación

República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana

ARREGLO DEL ENSAYO DEL PLANO ALAR



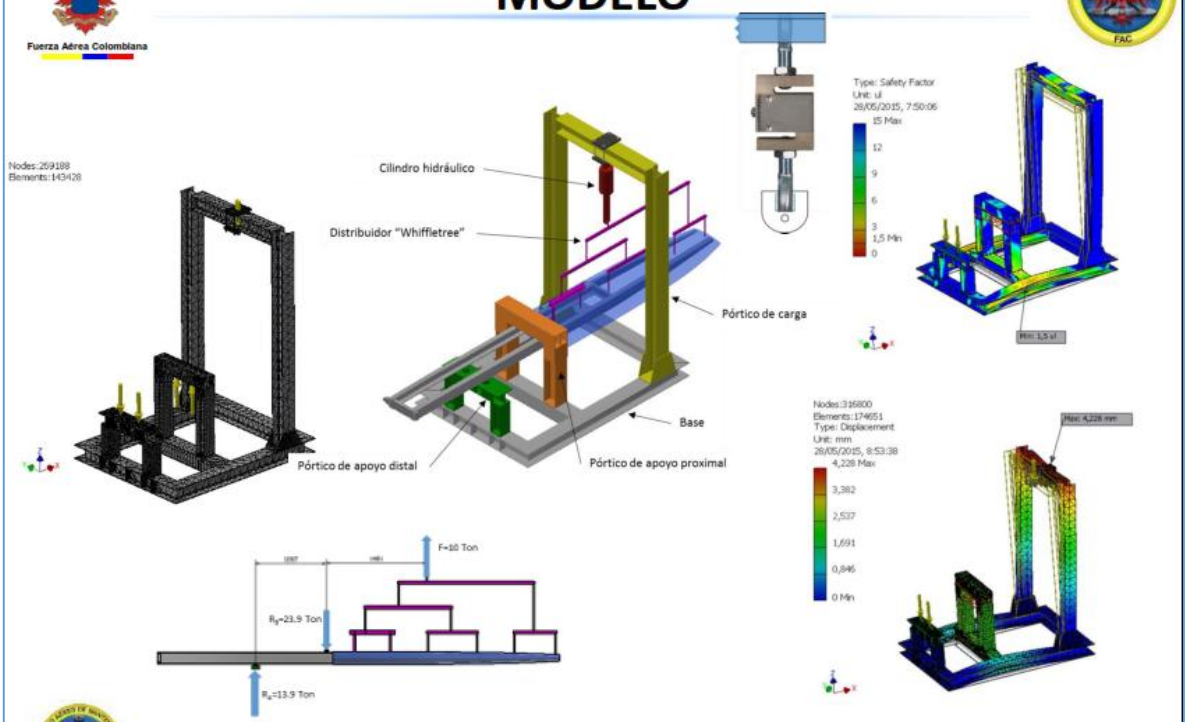






República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana

MODELO



COLCIENCIAS
Ciencia, Tecnología e Innovación

República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana

Vídeo
TODOS POR UN NUEVO PAÍS
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

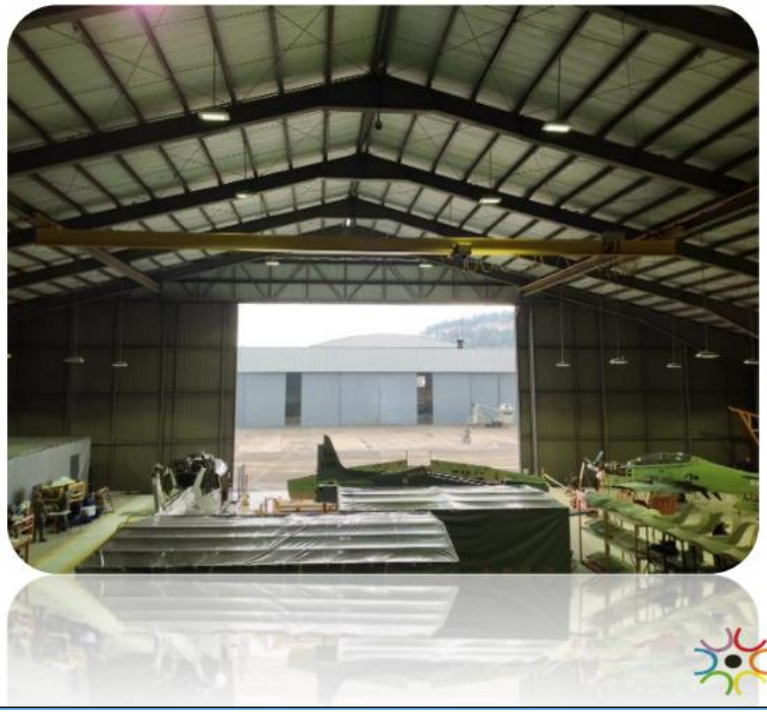
COLCIENCIAS
Ciencia, Tecnología e Innovación

VIABILIDAD TÉCNICA, TECNOLÓGICA Y OPERATIVA

República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana



Viabilidad Técnica – Operativa




República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana
Benchmarking de las Organizaciones que ofertan la Prueba Estática
Fisher
Marshall
nlr
TRAC
LNK GROUP
ABC
HIASUN
SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE
IABG
IMA DRESDEN
AIRBUS GROUP
WICHITA STATE UNIVERSITY
NIA
MOOG
MTS
BOEING
LMI aerospace
Australian Government Department of Defence

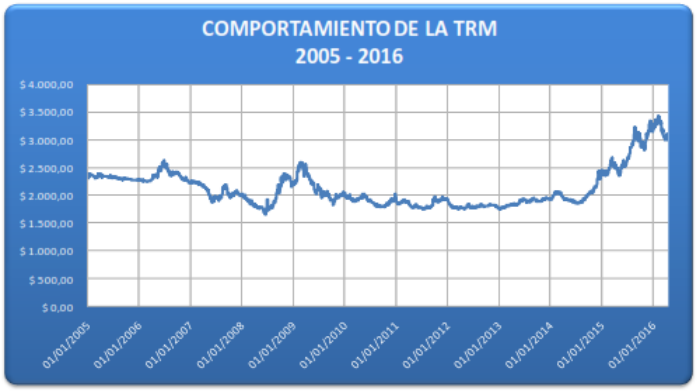

COLCIENCIAS
Ciencia, Tecnología e Innovación
VIABILIDAD TÉCNICA, TECNOLÓGICA Y OPERATIVA
República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana
PRUEBA ESTÁTICA DEL PLANO ALAR DEL CALIMA T90
Viabilidad Técnica – Operativa
EQUIPOS Y ESPACIOS

COLCIENCIAS Ciencia, Tecnología e Innovación

República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana

VIABILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA

Variables Críticas



TIPO DE DISTRIBUCIÓN	
Data Series:	1
Distribution:	2125,66
Best Fit:	Lognormal
Anderson-Darling	36,2066
P-Value:	---

VARIABLES CRITICAS DEFINIDAS	VALOR MINIMO	VALOR PROBABLE	VALOR MAXIMO
Costos de Administración y Ventas	4,50%	5,00%	10,00%
Nacionalización y Flete de Transporte Internacional	4,00%	6,00%	8,00%
Gastos Zona Franca	4,00%	6,00%	8,00%
Gastos Fijos de la Prueba	5,00%	7,50%	10,00%
Utilidad Venta Nacional	20,00%	25,00%	30,00%
Utilidad Venta internacional	25,00%	25,00%	30,00%

COLCIENCIAS Ciencia, Tecnología e Innovación

República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana

VIABILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA

Proyección de Ingresos – Mercado Internacional

Aeronaves para entrenamiento

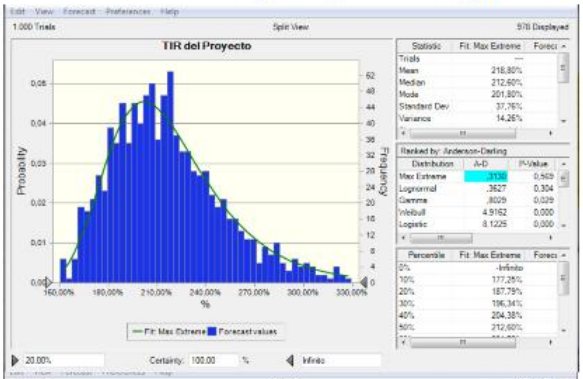
AERONAVE	DESCRIPCIÓN
Aermacchi SF-260EV 	Función: Avión de entrenamiento primario Origen: Italia Tripulación: Piloto y alumno Dimensiones: Longitud: 7,10m; Envergadura: 8,35m; Altura: 2,4m Pesos: Máximo al despegue: 1.200 Kg. Planta Motriz: Un motor a pistón Avco-Lycoming O-540-E4A5 de 260 hp. Prestaciones: Velocidad máxima: 340 Km./h.; Autonomía: 1.650 Km. Usuarios: Venezuela desde el año 2000
Diamond DA40 - Diamond Star 	Función: avión utilitario de cuatro plazas, motor de pistón y fuselaje fabricado en materiales compuestos. Desarrollada a partir del avión biplaza Diamond DA20. Nombre: Diamond DA40 Diamond Star Constructora aeronáutica austriaca Diamond Aircraft Industries. Usuarios: Ecuador, Estados Unidos, Bolivia y Singapur Primer vuelo: 5 Noviembre de 1997 Costo: $344,950 DA-40XLS (2009 base price) Versiones: DA40, DA40 D, DA40 F, DA40 NG, T-52A, DA40 XLT Motor de pistón Lycoming de 4 cilindros produce 180 CV y el avión tiene una velocidad de crucero de 150 nudos
Karakorum K-8: 	El Hongdu JL-8 (también conocido como Nanchang JL-8 o K-8 Karakorum) es un avión de entrenamiento biplaza y ataque a tierra ligero, diseñado conjuntamente entre Pakistán por el Complejo Aeronáutico de Pakistán (Pakistan Aeronautical Complex o APA) y la República Popular China representada por la empresa (China Nanchang Aircraft Manufacturing Corporation o NAMC). Características Físicas de la Nave: Dimensiones: Largo – 11,60 mts Alto – 4,21 mts Area de ala – 17,02 mts2 Pesos: Vacío – 2.685 Kg Máximo al despegar – 3.630 Kg Con carga externa – 4.330 Kg Capacidad de combustible interna – 780 kg, Externa – 390 kg Capacidades: Velocidad máxima – 800 Km-h Techo de servicio – 13.000 m Autonomía – 1.400 Km Armamento: Un cañón externo de 23 milímetros, misiles aire-aire PL-7, bombas, misiles no guiados Usuarios: Bolivia Y Venezuela

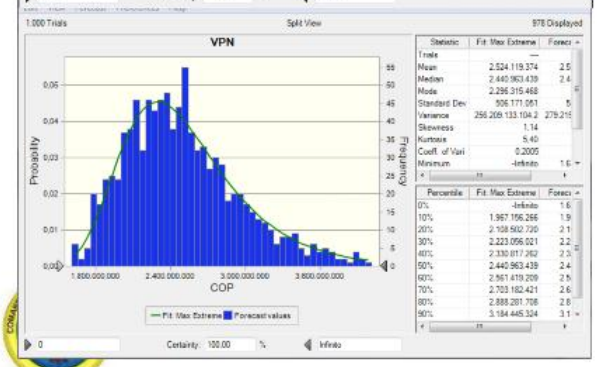
COLCIENCIAS
Ciencia, Tecnología e Innovación

República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana

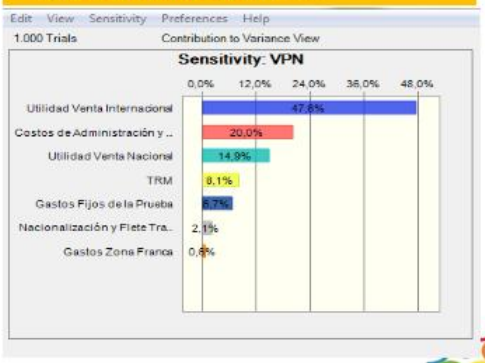
VIABILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA

Proyección de Ingresos – Mercado Internacional





- La proyección de ingresos en la cual se combinan el mercado interno, nacional e internacional (1 prueba cada año dentro del periodo de evaluación por cada mercado) generaría un VPN seria $2.384.806.965 y una TIR del 208.32%
- La principal variable que afecta esta proyección es la Utilidad de Venta Internacional con una incidencia del 47.6%, los costos de administración y ventas con un valor del 20% y la Utilidad de Venta Nacional con valor del 14.9%





SISTEMA HIDRÁULICO

COHA
HIDRÁULICA + NEUMÁTICA + AUTOMATIZACIÓN

ESTRUCTURA

PROINGEMET S.A.S
Proyectos de Ingeniería Metálica

MONITOREO E INGENIERÍA DE

STRUCTURAL SYNERGY S.A.S
DISEÑO, MANUFACTURA E INVESTIGACIÓN EN MATERIALES COMPUESTOS

MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS


SOCIALIZACIÓN
Socialización final del Proyecto de Investigación
SOCIALIZACIÓN
Socialización: "Necesidad de la Evaluación de Estructuras Aeronáuticas "Full-Scale""
Módulo de ensayos ICARO
CALIMA T90


República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana
ENTIDADES
FAC CAMAN - CIAC – SECAD
CIAC

República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana

ASISTENTES A LA PRUEBA
FAC CAMAN, JEA CIAC-AEROCIVIL-ARMADA



12 de abril de 2016 se ejecución exitosa de la prueba

República de Colombia
Fuerza Aérea Colombiana

GRACIAS

Tests can show what happens,
Analysis can show why.
To make a good decision you need both.
Steven G. Rensinger "Experimental Techniques" 1988

Las pruebas pueden mostrar lo que ocurre,
los análisis pueden mostrar porque.
Para tomar una buena decisión se necesita de ambos











ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"
GRUPO ACADÉMICO
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ESTUDIOS AEROESPACIALES "GIEA"
SANTIAGO DE CALI D.E.
COLOMBIA