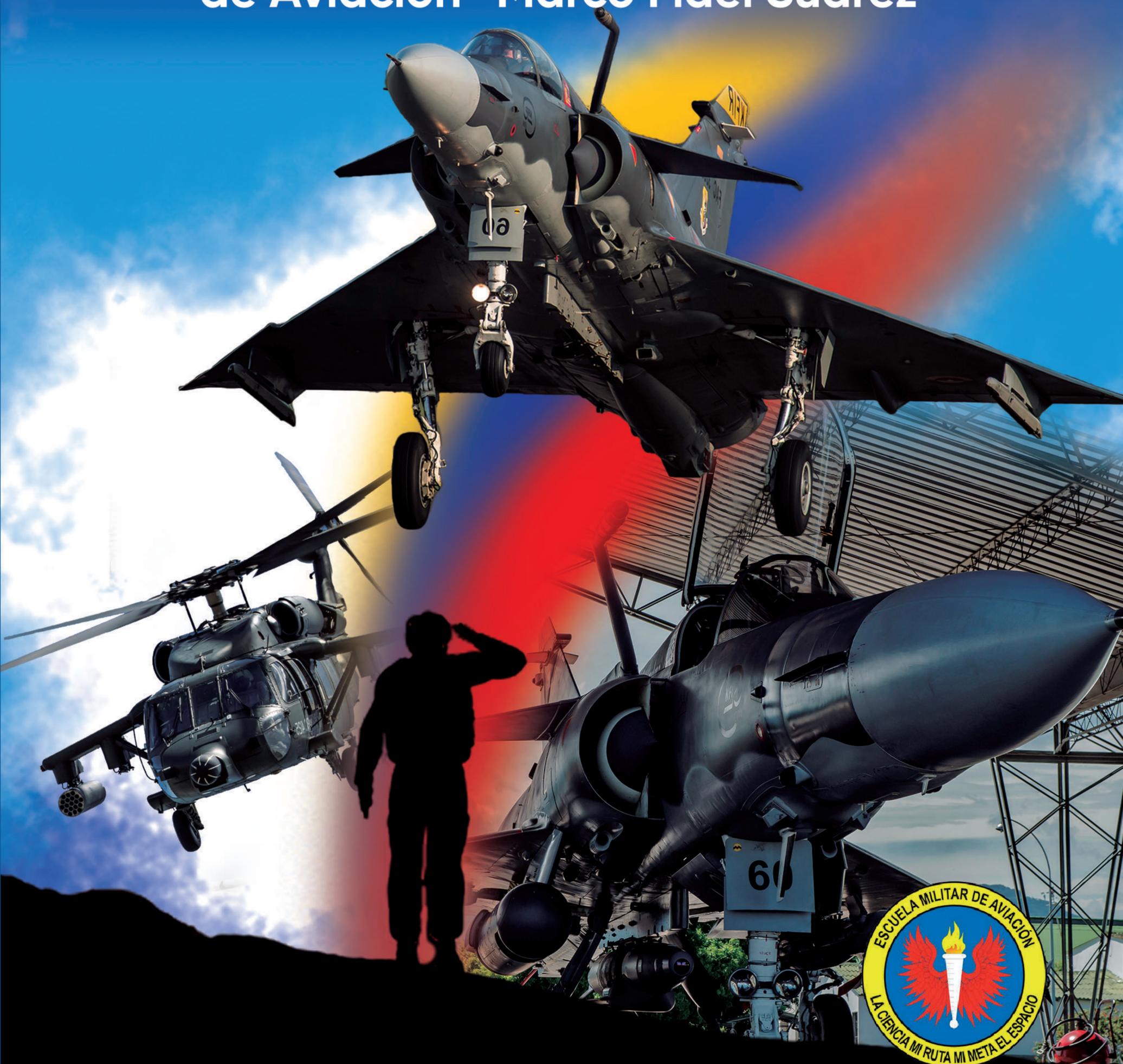


Conocimientos aeronáuticos para el Piloto Militar.

Instructivo de la Escuela Militar
de Aviación "Marco Fidel Suárez"



Volumen I



EMAVI
SELLO EDITORIAL

Conocimientos aeronáuticos para el Piloto Militar.

**Instructivo de la Escuela Militar
de Aviación "Marco Fidel Suárez"**

Volumen I



EMAVI
SELLO EDITORIAL

Conocimientos aeronáuticos para el Piloto Militar.

Instructivo de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"

Volumen I

Autores

Luis Fernando Escobar Nieto
Andrea Falla Rubiano
John Jairo Báez Gómez
Diego Esteban Ortegón Vega
Johnier Albeiro Rodríguez Jiménez
Christian Fernando Penagos Medina
Jason Andrés Quisoboni Solarte



EMAVI
SELLO EDITORIAL

Conocimientos aeronáuticos para el Piloto Militar. Instructivo de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

/ Escobar Nieto, Luis Fernando... [y otros 6];. -Santiago de Cali: Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, EMAVI, 2022.

144 páginas.; ilustraciones col, cuadros, gráficos; 17x24 cm.

Incluye bibliografía al final del cada capítulo

ISBN: 978-958-53777-8-3

ISBN (digital): 978-958-53777-9-0

Volumen I

1. Espacio Aéreo – Colombia 2. Estructuras de aeronaves. – Colombia – 3. Aeronáutica

I. Andrea Falla Rubiano (autor), ii. John Jairo Báez Gómez (autor), iii. Diego Esteban Ortégón Vega (autor), iv. Johnier Albeiro Rodríguez Jiménez (autor), v. Christian Fernando Penagos Medina (autor), vi. Jason Andrés Quisoboni Solarte (autor),vii. Colombia. Fuerza Aérea Colombiana. Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” (EMAVI).

358.41509861 -dc 21.

UG 639 .C7 C66 2022 LC

Catálogo SIBFA 99124311060723

©Escuela Militar de Aviación
“Marco Fidel Suárez” (EMAVI)

©EMAVI Sello Editorial

© Varios autores

Sección Investigación EMAVI

Carrera 8 # 58-67 (La Base) Cali–Colombia

Teléfono: +57 (2) 488 1000, Ext. 68841

Dirección

BG. Andrés Guzmán Morales

Subdirección

CR. Sergio Javier Moncayo Velásquez
Escuela de Formación y Jefe de Estado Mayor

Apoyo Gestión de Publicaciones Científicas

PS. Diana María Mosquera Taramuel
diana.mosquerat@emavi.edu.co

Corrección de Estilo:

Sección Investigación

Comando Grupo Académico

TC. Yadira Cárdenas Posso

Diseño y Diagramación Editorial:

Paola Andrea Bolaños Dorado

Jefe Sección Investigación

MY. Héctor Fabio Calvo Valencia

1ra. Edición: 200 ejemplares

Santiago de Cali, Valle del Cauca, 2022

Publicado en Colombia–*Published in Colombia*

Contenido relacionado

<https://www.emavi.edu.co/es/investigacion/editorial-emavi>

Las instituciones editoras de esta obra no se hacen responsable de las ideas expuestas bajo su nombre, las ideas publicadas, los modelos teóricos expuestos o los nombres aludidos por los autores. El contenido publicado es responsabilidad exclusiva de los autores, no refleja la opinión de las directivas, el pensamiento institucional de las Universidades editoras, ni genera responsabilidad frente a terceros en caso de omisiones o errores.

El Sello Editorial de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” se adhiere a la filosofía de acceso abierto. Este libro está licenciado bajo los términos de la Atribución 4.0 de Creative Commons, que permite el uso, el intercambio, adaptación, distribución y reproducción en cualquier medio o formato, siempre y cuando se dé crédito al autor o autores originales y a la fuente.

Tabla de contenido

1. Toma de decisiones aeronáuticas.....7

Introducción.....	8
Historia.....	9
El proceso de toma de decisiones.....	11
Modelo 3p (perceive, process, perform).....	12
El modelo decide para la toma de decisiones aeronáuticas ADM.....	23
Resultados de un proceso de toma de decisiones inadecuado...26	
Conclusiones.....	27
Referencias.....	28

2. Espacio Aéreo.....31

Introducción.....	32
Espacio aéreo.....	32
Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).....	33
Unidad administrativa especial de aeronáutica civil (UAEAC).....	37
Servicios de tránsito aéreo.....	37
Servicios de información en vuelo (FIS).....	42
Información en vuelo.....	43
Servicios de información anticolidión.....	43
Servicios de alerta (ALRS).....	43
Clasificación del espacio aéreo.....	44
Espacio aéreo superior e inferior.....	45
Estructura del espacio aéreo.....	48
Zonas prohibidas, restringidas y peligrosas.....	56
Infracciones en el espacio aéreo.....	62
Infracciones en el espacio aéreo y comunicaciones.....	76
Infracciones en el espacio aéreo y navegación.....	77

Conclusiones.....	84
Referencias.....	84

3. Estructuras de aeronaves.....87

Introducción.....	88
Conceptos y definiciones.....	88
Introducción a la aerodinámica	94
Componentes principales.....	108
Motor de aviones.....	133
Sumario.....	138
Referencias.....	139

1. Toma de decisiones aeronáuticas

CR. JOHN JAIRO BÁEZ GÓMEZ

Director Operaciones Especiales Aéreas de Combate

Fuerza Aérea Colombiana

<https://orcid.org/0000-0002-4818-8378>

OD18. ANDREA FALLA RUBIANO

Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

Fuerza Aérea Colombiana

<https://orcid.org/0000-0002-4277-2143>

OD18. LUIS FERNANDO ESCOBAR NIETO

Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

Fuerza Aérea Colombiana

<https://orcid.org/0000-0001-9213-1793>



INTRODUCCIÓN

Volar con seguridad requiere la integración efectiva de tres conjuntos separados de habilidades:

Primero, las más obvias son las habilidades básicas de control y comportamiento necesarias para volar la aeronave. Segundo, las habilidades relacionadas con el funcionamiento competente de los sistemas. Tercero, las habilidades de toma de decisiones aeronáuticas (Aeronautical Decision-Making- ADM).

El proceso ADM aborda todos los aspectos de la toma de decisiones en la cabina de vuelo e identifica los pasos involucrados en su correcta aplicación, ADM es un enfoque sistemático para el proceso mental de los pilotos (gestión de riesgo mental) para determinar conscientemente el mejor curso de acción en respuesta a un conjunto determinado de circunstancias (FAA, 1991, p. 2).

Una correcta comprensión del proceso de toma de decisiones proporciona al piloto la base esencial para el desarrollo de habilidades de ADM. Modelos como el 3P y DECIDE proporcionan estructuras para el proceso dinámico de toma de decisiones acertadas y rápidas ya que dos elementos definitorios de ADM son el peligro y el riesgo.

A pesar de que la industria aeronáutica se esfuerza permanentemente por minimizar los errores a través de tecnología, sistemas de entrenamiento y programas robustos de seguridad operacional, un factor siempre permanece: el error humano.

Existen elementos permanentes de riesgo en cada vuelo, por esta razón los pilotos deben aplicar los principios de gestión de estos riesgos a través de un adecuado proceso de toma de decisiones aeronáuticas -ADM, que nace a partir del proceso tradicional de toma de decisiones, pero se esfuerza en mejorarlo para reducir la probabilidad de cometer errores.



HISTORIA

A través de los años en la aviación, el buen juicio del piloto o la toma de decisiones aeronáuticas -ADM, ha sido reconocida como un factor decisivo para la operación segura de la aeronave, así como para evitar accidentes (FAA, 2009, p. 2).

La industria de las aerolíneas, motivada por la necesidad de reducir los accidentes causados por factores humanos, desarrolló los primeros programas de capacitación basados en la mejora de ADM. La capacitación en manejo de recursos de la tripulación -CRM, se centra en el uso efectivo de todos los recursos disponibles: recursos humanos, hardware e información que respaldan el ADM para facilitar la cooperación de la tripulación y mejorar la toma de decisiones.

El objetivo de todas las tripulaciones de vuelo es un buen ADM y el empleo del CRM como herramientas para tomar buenas decisiones. La investigación en esta área llevó a la *Administración Federal de Aviación -FAA*, a producir capacitación dirigida a mejorar la toma de decisiones de los pilotos y condujo a las regulaciones actuales de la FAA a sugerir que la toma de decisiones se enseñe como parte del plan de estudios de los pilotos.

En sentido contrario a la creencia popular de que el buen juicio era un subproducto natural de la acumulación de experiencias lograda a partir de registrar miles de horas de vuelo sin accidentes por parte de los pilotos, lo que lógicamente, supondría una mejora en el juicio y la capacidad de toma de decisiones acertadas. Una investigación desarrollada por la *Federal Aviation Administration*, dejó al descubierto que esta es una competencia que se puede enseñar y desarrollar a partir de entrenamientos dirigidos.

El culmen de esta investigación se dio en 1987, después de hacer el proceso de investigación, desarrollo y pruebas, cuando se publicaron seis manuales donde se contenían las características de la toma de decisiones para diferentes clases de pilotos según su calificación. Este material se diseñó específicamente con el fin de impactar en la reducción de los accidentes donde se veía involucrado el proceso de toma de decisiones.

La efectividad de estos materiales fue validada en estudios independientes donde los estudiantes para pilotos recibieron dicha capacitación junto con su plan de estudios estándar de vuelo.

Cuando se probó, los pilotos que habían recibido entrenamiento ADM cometieron menos errores en vuelo que aquellos que no habían recibido entrenamiento ADM. Las diferencias fueron estadísticamente significativas y oscilaron entre un 10 y un 50 % menos de errores de juicio.

En el entorno comercial de aerolínea, un operador que volaba alrededor de 400,000 horas al año demostró una reducción del 54 % en la tasa de accidentes después de usar estos materiales para capacitación de recurrencia de sus tripulaciones. (FAA, 2009, p. 2).

El objetivo principal del proceso de toma de decisiones aeronáuticas -ADM, se centra en tomar las bases de la toma de decisiones convencional y mejorar el proceso para disminuir la posibilidad de cometer un desacierto; el error humano. Esto con el ánimo de eliminar o reducir su impacto en la seguridad, y aumentar la probabilidad de éxito del vuelo; así mismo, proporciona un enfoque estructurado y sistemático para analizar los cambios que ocurren durante la operación y cómo estos cambios pueden afectar el resultado seguro del mismo.

Si bien el proceso ADM no eliminará errores, ayudará al piloto a reconocerlos y, a su vez, permitirá que lo administre para minimizar sus efectos.

Históricamente, el término "Factor piloto", significa que una acción realizada por el piloto fue la causa que condujo al accidente, esta definición también incluye la falla del piloto para tomar una decisión correcta ante una situación normal, anormal o de emergencia. "No importa la clase de aeronave o aviación que se tenga en consideración, el 70 % de los accidentes nacen de un error cometido por el piloto" (Kazuba y Pila, 2015, pp. 45-55).

Desde una perspectiva más amplia, el lexema "Factor humano" describe más adecuadamente estos accidentes, ya que generalmente no se trata de una sola decisión que conduce a un accidente, sino de una cadena de eventos compuestos por varios factores.

La cadena de juicio deficiente, también denominada "cadena del error", es un término utilizado para describir el concepto de factores contribuyentes en un accidente relacionado con factores humanos. Romper un enlace en la cadena normalmente es todo lo que se necesita para cambiar el resultado de la secuencia de eventos y evitar un accidente.



EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

La comprensión del proceso de toma de decisiones proporciona al piloto la base para desarrollar habilidades de ADM. “Los modelos de toma de decisiones se pueden describir como normativos, descriptivos o prescriptivos” (Baron (1988) en O´Hare, 1992, p. 176). Un ejemplo de modelo normativo es el modelo bayesiano o la utilidad subjetiva esperada, algunos modelos usados en la antigüedad para ADM y que rápidamente cayeron en desuso se basaban en que el piloto debería evaluar las probabilidades de cada curso de acción y determinar su nivel de utilidad, lo que lógicamente resulta impráctico para el ámbito de la aviación.

Por su parte, los modelos prescriptivos resultan más fáciles de poner en práctica al eliminar las complejidades del modelo normativo y reemplazarlos por heurísticos que no son más “que simples reglas mentales para resolver problemas y tomar decisiones” (EASA, 2010, p. 12), estos son expresados normalmente mediante acrónimos como DECIDE, PAVE, etc. Y finalmente, los modelos descriptivos se refieren a como la gente normalmente toma decisiones y sorprendentemente, es el método menos usado en ADM (O´Hare, 1992, p. 176).

Si bien algunas situaciones, como una emergencia por falla del motor, requieren la respuesta inmediata del piloto utilizando los procedimientos establecidos, generalmente hay algo de tiempo durante el vuelo para analizar cualquier cambio que ocurra, recopilar información y evaluar los riesgos antes de tomar una decisión.

Esto se denomina toma de decisiones automática y se basa en capacitación, experiencia y reconocimiento del curso de acción. Los expertos, ante la falta de tiempo derivada de una situación de emergencia donde se ve comprometida la supervivencia del piloto, encuentran impráctico la evaluación de cada opción de respuesta, por el contrario, y basándose en los pilares ya mencionados, normalmente adoptan el curso de acción de la primera opción factible que se viene en mente, esto puede resultar ser no la mejor elección, pero si ha demostrado tener muy buenos resultados (FAA, 2016, p. 21). Como lo menciona la Agencia Europea de Seguridad Aérea -EASA, obtener una buena decisión, no necesariamente significa haber seguido un proceso correcto de toma de decisiones (EASA, 2010).

Los pasos que conducen a una decisión constituyen un proceso de toma de decisiones. Los pilotos tienen la necesidad de utilizar modelos heurísticos o por decirlo de alguna manera, atajos para encontrar el mejor curso de acción o eliminar opciones que les permitan sortear una situación específica en virtud del tiempo disponible (Winters, 2013). Dos de los muchos modelos aplicables para la resolución de problemas y la toma de decisiones son el 3P (que incluye PAVE, CARE y TEAM), y el modelo DECIDE.

MODELO 3P (PERCEIVE, PROCESS, PERFORM)

El modelo **Perceive, Process, Perform (3P)** para ADM ofrece un enfoque simple, práctico y sistemático que puede utilizarse durante todas las fases del vuelo (Ver Figura 1).

Figura 1. Modelo 3P para la toma de decisiones aeronáuticas



Nota. The 3-P Model for ADM [Ilustración], por FAA, 2021,
https://www.faasafety.gov/gslac/ALC/course_content.aspx?CID=28&SID=108&preview=true

Para usarlo, el piloto debe:

- **Percibir** el conjunto de circunstancias o situaciones dados para su vuelo.
- **Procesar** la información mediante la evaluación de su impacto en la seguridad del vuelo.
- **Actuar** implementando el mejor curso de acción.



Use el método *Perceive, Process, Perform*, acompañado siempre de la evaluación del resultado como modelo continuo para cada decisión aeronáutica que tome. Aunque los seres humanos inevitablemente cometeremos errores, cualquier cosa que pueda hacer para reconocer y minimizar las posibles amenazas a su seguridad lo convertirán en un mejor piloto.

La mayoría de las actividades de entrenamiento de vuelo tienen lugar en el marco de tiempo “crítico” para la gestión de riesgos debido a la alta carga de alerta situacional requerida y la baja experiencia del alumno.

La gestión de riesgos en esta fase se puede combinar en un modelo 3P fácil de recordar: *Percibir, Procesar, Actuar* con las listas de verificación y selección PAVE, CARE y TEAM.

Los pilotos pueden ayudar a percibir los peligros utilizando la lista de verificación PAVE de: Piloto (Pilot), Aeronave (Aircraft), Medio ambiente (Environment) y Presiones externas (External pressures).

Pueden procesar los peligros mediante el uso de la lista de verificación CARE de: Consecuencias (Consequences), Alternativas (Alternatives), Realidad (Reality), Factores externos (External factors),

Finalmente, los pilotos pueden actuar realizando la gestión de los riesgos utilizando la lista de selección TEAM de: Transferir (Transfer), Eliminar (Eliminate), Aceptar (Acept) o Mitigar (Mitigate).

Lista de verificación PAVE para identificar riesgos y mínimos personales

En el primer paso, el objetivo es desarrollar la conciencia situacional de percibir peligros, que son sucesos, objetos o circunstancias presentes que podrían contribuir a un evento futuro no deseado.

En este paso, el piloto **Percibirá**, identificará y enumerará sistemáticamente los peligros asociados con todos los aspectos del vuelo: *Piloto, Aeronave, Medio Ambiente y Presiones externas*, que forman la lista de verificación **PAVE**.



Para cada elemento, pregunte “**¿qué podría lastimarme a mí, a mis pasajeros o a mi aeronave?**” Los cuatro elementos se combinan e interactúan para crear una situación única para cualquier vuelo.

Preste especial atención a la combinación de aeronave – piloto y considere si el “equipo combinado de aeronave y piloto” es capaz de cumplir la misión que quiere volar.

Por ejemplo, puede ser un piloto muy experimentado y competente, pero su capacidad de vuelo en condiciones climáticas adversas sigue siendo limitada si está volando en una aeronave que no cuenta con radar meteorológico para evitar el mal tiempo.

Por otro lado, es posible que tengamos un nuevo avión técnicamente avanzado con GPS de mapa en movimiento, enlace de datos meteorológicos y piloto automático, pero si el piloto no tiene experiencia o entrenamiento de vuelo en condiciones meteorológicas adversas ni en el uso de este tipo de tecnologías de última generación, no se podría confiar en la capacidad del avión para compensar estas falencias humanas. Uno de miles de ejemplos trágicos ocurrió el 26 de enero de 2020, donde un helicóptero Sikorsky S-76B se accidentó acabando con la vida de 9 ocupantes, entre ellos el basquetbolista Kobe Bryant y su hija, la NTSB encontró por unanimidad que la probable causa del accidente fue la decisión del piloto de continuar un vuelo en condiciones meteorológicas instrumentos IMC bajo reglas de vuelo visual VFR, resultando en una desorientación espacial y pérdida control (Moore, 2021).

Lista de verificación CARE: Revise los peligros y evalúe los riesgos:

En el segundo paso, el objetivo es **Procesar** esta información para determinar si los peligros identificados constituyen un riesgo, que se define como el impacto futuro de un peligro que no se controla o elimina.

El grado de riesgo que representa un peligro determinado puede medirse en términos de **exposición** (número de personas o recursos afectados), **gravedad** (alcance de la posible pérdida) y **probabilidad** (la probabilidad de que un peligro cause una pérdida). El objetivo es evaluar su impacto en la seguridad del vuelo.

Para cada peligro que percibió en el paso uno, procese la información utilizando la lista de verificación CARE de: *Consecuencias, Alternativas, Realidad, Factores externos*.

Una regla general para la fase de procesamiento es detenerse a analizar: Si se encuentra diciendo que “probablemente” la situación estará bien, definitivamente es hora de una verificación seria de la realidad de su vuelo. Si le preocupa no cumplir la misión asignada, hay que ser realista sobre cómo afectará esta presión no solo a su decisión inicial de ir o no ir al aire, sino también sus decisiones subsiguientes durante el vuelo para continuarlo al destino o desviar su ruta.

Lista de selección TEAM para elegir e implementar controles de riesgo

Realice la gestión de riesgos utilizando la lista de selección **TEAM** de: **Transferir, Eliminar, Aceptar, Mitigar** para tratar con cada factor.

- **Transferencia:** ¿se debe transferir esta decisión de riesgo a otra persona? (Por ejemplo: ¿Necesita consultar al instructor principal de vuelo?).
- **Eliminar:** ¿hay alguna forma de eliminar el peligro?
- **Aceptar:** ¿Los beneficios de aceptar riesgos superan los costos?
- **Mitigar:** ¿qué puede hacer para mitigar el riesgo?

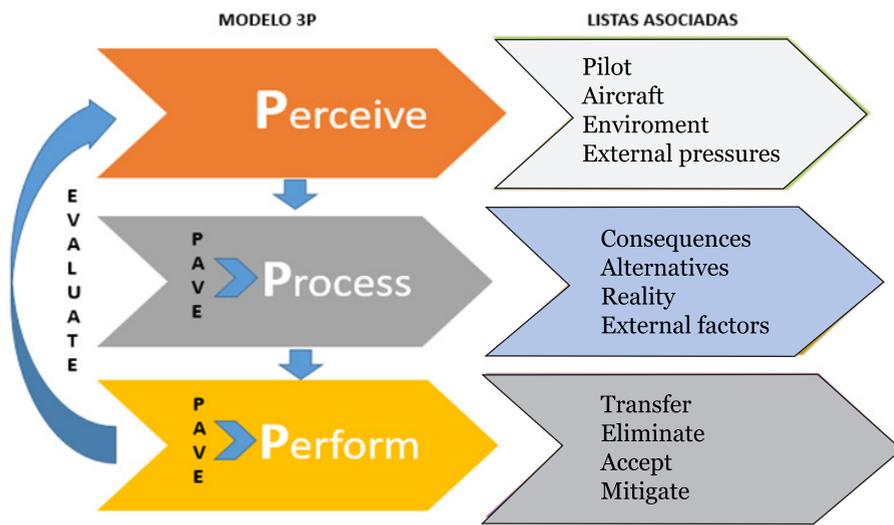
El objetivo es realizar acciones para eliminar peligros o mitigar riesgos, y luego evaluar continuamente el resultado de esta acción.

Por ejemplo, en un hipotético escenario de nubes bajas en el destino del vuelo, el piloto puede realizar un buen ADM seleccionando un destino alternativo adecuado, sabiendo dónde encontrar buen clima y llevando suficiente combustible para alcanzarlo. Este curso de acción mitigaría el riesgo. El piloto también tiene la opción de eliminarlo por completo esperando un mejor tiempo meteorológico en el destino.

Una vez que el piloto ha completado el proceso de decisión 3P y seleccionado un curso de acción, el proceso comienza de nuevo porque ahora el conjunto de circunstancias provocadas por el curso de acción requiere análisis.

El proceso de toma de decisiones es un ciclo continuo de percepción, procesamiento y acción (Ver Figura 2).

Figura 2 . Modelo 3P y su interacción con las listas PAVE, CARE y TEAM



Nota. Adaptado de *PAVE Identifies Hazards*, por Simonds, F. (2016).

Con práctica y uso constante, ejecutar el ciclo 3P puede convertirse en un hábito tan suave, continuo y automático como un escaneo de instrumentos bien perfeccionado. Este conjunto básico de herramientas prácticas de gestión de riesgos se puede utilizar para mejorar las condiciones de seguridad de los vuelos.

La disposición mental para seguir decisiones seguras, especialmente aquellas que requieren demoras o desvíos es crítica. Algunos puntos de ayuda son los siguientes:

- Usar una lista de verificación de mínimos personales para tomar algunas decisiones antes del vuelo. Para desarrollar una buena lista de verificación de mínimos personales, debe evaluar sus habilidades y capacidades en un entorno de no vuelo, cuando no hay presión para hacer un viaje específico. Una vez desarrollada, una lista de verificación de mínimos personales le dará un punto de referencia



claro y conciso para tomar sus decisiones de ir / no ir o continuar / desviarse. Básicamente es hacer una lista de “hasta donde puedo llegar” teniendo en cuenta mi entrenamiento, experiencia, estándares de operación y capacidad tecnológica de la aeronave.

- Además de tener mínimos personales, también se emplean las tarjetas de evaluación de riesgos previa al vuelo para ayudar con el ADM y los procesos de gestión. Este tipo de formulario asigna números a ciertos riesgos y situaciones, lo que puede hacer que sea más fácil ver cuándo un vuelo en particular implica un mayor nivel de riesgo.
- Desarrolle una lista de buenas alternativas durante su fase de procesamiento de la información. En vuelos con mal tiempo meteorológico, por ejemplo, puede mitigar el riesgo identificando un aeropuerto alterno razonable para cada segmento de 25 a 30 millas náuticas de su ruta.
- Realice una verificación previa de sus pasajeros (si aplica), preparándolos para la posibilidad de demoras y desvíos, e involúcrelos en su proceso de evaluación.
- Otra herramienta importante, ignorada por muchos pilotos, es un buen análisis posterior al vuelo. Cuando haya asegurado la aeronave al término de la operación aérea, tómese el tiempo para revisar y analizar el vuelo de la manera más objetiva posible. Las fallas por error y juicio son inevitables; lo más importante es que los reconozca, analice y aprenda de ellos antes de su próximo vuelo, de aquí la importancia de un buen post-briefing.

El objetivo es realizar acciones para eliminar peligros o mitigar riesgos, y luego evaluar continuamente el resultado de esta acción.

Ejemplo de la aplicación del modelo 3P para la toma de decisiones aeronáuticas

Para entender mejor la aplicación del modelo 3P en la toma de decisiones aeronáuticas y su cruce con las listas PAVE, CARE y TEAM tomemos un ejemplo sencillo.

Evaluemos un vuelo nocturno (con dispositivos de visión nocturna) de regreso a la base de origen luego de un día de operaciones de evacuación aeromédica en un helicóptero militar, sin piloto automático, ni radar meteorológico, las condiciones meteorológicas son favorables y la ruta de regreso requiere el paso por una zona montañosa poco conocida por la tripulación. El helicóptero debe estar en su base esa noche ya que requiere un trabajo de mantenimiento rutinario para su salida al día siguiente a una misión de transporte de carga humanitaria en apoyo a una población afectada por un desastre natural.

- El piloto puede **percibir** peligros usando la lista de verificación **PAVE**.

Piloto: El piloto cuenta con 250 horas de experiencia como comandante, 50 de ellas en vuelo con dispositivos de visión nocturna, y solo ha tenido la oportunidad de entrenarse en cruce de zonas montañosas hasta el último mes, además recientemente se presentó a volar luego de un periodo de 30 días de vacaciones.

Aeronave: El helicóptero está en buenas condiciones de aeronavegabilidad, pero es de tipo utilitario versión del año 1963 sin radar meteorológico, ni piloto automático.

Medio ambiente: El vuelo se desarrollará en condiciones nocturnas, el tiempo meteorológico es favorable, pero hay zona montañosa en la ruta.

Presiones externas: La base ha informado que el helicóptero debe estar esa misma noche en trabajos de mantenimiento.

- Cada peligro identificado y subrayado en el ejemplo debe ser **procesado** cruzándolo con la lista de verificación **CARE** de revisión de peligros y evaluación de riesgos.

Consecuencias

Piloto: Partir después de un día de trabajo completo crea fatiga y presión, la baja experiencia en vuelo nocturno y cruce de montañas genera tensión. También el periodo de vacaciones sin volar puede haber afectado su pericia.

Aeronave: No tener piloto automático ni radar meteorológico aumentan la fatiga en vuelo nocturno debido a la alta carga de trabajo necesaria para mantener el control de la aeronave y llevar una navegación segura.

Medio ambiente: Aunque las condiciones meteorológicas son favorables, el volar con dispositivos de visión nocturna en una zona montañosa poco conocida eleva los niveles de riesgo de desorientación espacial o vuelo controlado hacia el terreno (CFIT).

Presiones externas: No llevar la aeronave para sus trabajos de mantenimiento puede generar el no cumplimiento de la misión asignada del día siguiente.

Alternativas

Piloto: Solicitar a la base reprogramar hasta la mañana el vuelo de traslado, descansar un tiempo corto antes de volar, llamar al instructor de vuelo y plantearle las condiciones para recibir asesoría acerca de la operación más conveniente.

Aeronave: Dentro del planeamiento del vuelo puede acordarse la rotación del piloto y el copiloto en diferentes fases del vuelo, esto para minimizar la fatiga que implica no contar con piloto automático, así mismo asignar tareas de reconocimiento visual para detectar malas condiciones meteorológicas y así evitar entrar en ellas tomando los desvíos correspondientes a tiempo.

Medio ambiente: Replantear la ruta de vuelo, aun si esta es más extensa, para trazarla por zonas de menor presencia montañosa.

Presiones externas: Verificar la obligatoriedad del trabajo de mantenimiento para la salida a la próxima misión de la aeronave, proponer realizar el trabajo de mantenimiento luego de la misión de transporte de carga del día siguiente y así poder trasladar la aeronave en horas diurnas.

Realidad

Piloto: los peligros y las distracciones de fatiga pueden provocar un accidente.

Aeronave: El helicóptero no está equipado con automatización que minimice la fatiga en vuelo.

Medio ambiente: La ruta más corta para el vuelo presenta zonas montañosas poco conocidas, el ambiente nocturno aumenta los niveles de fatiga, especialmente después de un día extenso de carga laboral.

Presiones externas: El líder de mantenimiento de la base cuenta con los trabajos a esta aeronave para elevar los índices de cumplimiento.

Factores Externos

Piloto: La mayoría de pilotos no ponen en duda sus capacidades y se autoimponen presiones para cumplir las misiones o vuelos asignados.

Aeronave: El helicóptero está en óptimas condiciones de aeronavegabilidad, los trabajos de mantenimiento requeridos podrían ser realizados luego del cumplimiento de su próxima misión.

Medio ambiente: Debido a la fatiga, el piloto podría tomar decisiones equivocadas con respecto a la ruta a seguir la cual está rodeada de montañas, esto sumado al empleo de dispositivos de visión nocturna pueden llevar a riesgos de impacto contra el terreno.

Presiones externas: Los trabajos de mantenimiento requeridos no son de obligatoriedad para el cumplimiento de la próxima misión de la aeronave.

Ahora es tiempo de actuar sobre los peligros detectados y analizados, para esto aplicaremos la lista de selección TEAM a cada ítem.

Transferir

Piloto: Se transfiere completamente el riesgo si se solicita otro piloto a la base para que realice el vuelo de traslado.

Aeronave: Se transfiere el riesgo usando otra aeronave con mejores capacidades tecnológicas y de automatización.

Medio ambiente: Se transfiere el riesgo planeando el vuelo en condiciones diurnas o bajo reglas instrumentales.

Presiones externas: Se transfiere el riesgo solicitando el análisis de la necesidad de los trabajos de mantenimiento para el cumplimiento de la próxima misión de la aeronave.

Eliminar

Piloto: Se elimina el riesgo cancelando el vuelo.

Aeronave: Se elimina el riesgo cancelando el vuelo.

Medio ambiente: Se elimina el riesgo cancelando el vuelo.

Presiones externas: Se elimina el riesgo cancelando el vuelo y que la misión del día siguiente también se cancele.

Aceptar

Piloto: Acepta el riesgo y efectúa el vuelo en las condiciones actuales.

Aeronave: Se realiza el vuelo en la aeronave actual.

Medio ambiente: Se acepta el realizar el vuelo nocturno con las condiciones montañosas conocidas.

Presiones externas: Se acepta realizar el vuelo nocturno para garantizar los trabajos de mantenimiento requeridos.

Mitigar

Piloto: Con apoyo de un instructor de la aeronave, realiza un planeamiento detallado pero rápido del vuelo delegando al copiloto el vuelo en fases no críticas, además ordena a su tripulación descansar unas horas antes de la realización del vuelo, pero dentro de los tiempos requeridos por mantenimiento para la realización de los trabajos.

Aeronave: Revisan las capacidades de la aeronave para garantizar su buen desempeño durante el vuelo teniendo en cuenta la topografía del terreno.

Medio Ambiente: Hacer un buen análisis meteorológico y topográfico de la ruta para trazar el vuelo en el sector menos montañoso y de mejor clima.

Presiones externas: Mitigar el riesgo coordinando de forma productiva con el área de mantenimiento para acordar la hora de llegada de la aeronave posterior al descanso de la tripulación.

- Conclusión del **proceso** de ADM bajo el modelo 3P en este ejemplo

Bajo la negativa de la base de cancelar la misión de la aeronave planeada para el día siguiente y con la previa coordinación con el área de mantenimiento para postergar por cuatro horas la llegada del helicóptero para sus trabajos, el piloto **toma la decisión** de mitigar el riesgo gestionando los peligros percibidos y realiza el planeamiento de su vuelo con asesoría del instructor contactado, revisa la aeronavegabilidad de su aeronave y acuerda con su copiloto que él despegará y aterrizará la aeronave dejando al segundo al mando la responsabilidad de desarrollar el vuelo crucero como piloto en los controles. Además, trazan la ruta por la zona de menos montañas. Aunque esto aumentó el tiempo de vuelo en 00:35 minutos, el alternarse en los controles baja la carga de trabajo ya que la divide en los dos tripulantes.

SI bien este proceso no garantiza el 100 % de posibilidades de que no ocurra un accidente, si mitiga el riesgo y definitivamente eleva la alerta situacional de la tripulación, quienes después de llegar con éxito a su destino analizarán su vuelo haciendo un provechoso post-briefing que también alimentará el conocimiento de otros pilotos a quienes se les pueda presentar una situación similar.



EL MODELO DECIDE PARA LA TOMA DE DECISIONES AERONÁUTICAS ADM

Bajo el acrónimo DECIDE podemos identificar otro proceso lógico de 6 pasos para apoyar la correcta toma de decisiones aeronáuticas de los pilotos, **DECIDE** significa:

Detect (Detectar).

Estimate (Estimar).

Choose a course of action (Elegir un curso de acción).

Identify solutions (Identificar soluciones).

Do the necessary actions (Hacer las acciones necesarias).

Evaluate (Evaluar los efectos de las acciones).

Detect (Detectar el problema)

La detección comienza con reconocer correctamente que ocurrió un cambio inesperado o que no ocurrió un cambio esperado. Un problema es percibido primero por los sentidos y luego se distingue a través de la percepción y la experiencia. Estas mismas habilidades, así como un análisis objetivo de toda la información disponible, se utilizan para determinar la naturaleza y la gravedad del problema.

Ejemplo: una lectura de baja presión de aceite podría indicar que el motor está a punto de fallar y se debe planificar un aterrizaje de emergencia, o podría significar que el sensor de presión de aceite ha fallado.

Las acciones por tomar en cada una de estas circunstancias serían significativamente diferentes. Uno requiere una decisión inmediata basada en la capacitación, experiencia y evaluación de la situación; mientras que la última decisión se basa en un análisis. Cabe señalar que la misma indicación podría dar lugar a dos acciones diferentes dependiendo de otras influencias.

Estimate (Estimación de la necesidad de reaccionar)

Una vez identificado el problema, el piloto debe evaluar la necesidad de reaccionar ante él y determinar las acciones que se pueden tomar para resolver la situación en el tiempo disponible.

En muchos casos, la reacción exagerada y la fijación en un solo aspecto del problema dificultan un resultado seguro. Por ejemplo, ¿qué pasaría si la puerta de la cabina de su avión se abriera repentinamente en vuelo mientras el avión asciende a través de 1.500 pies en un día claro y soleado? La apertura repentina sería alarmante, pero el peligro percibido que presenta la puerta abierta se evalúa de manera rápida y efectiva como menor. De hecho, la apertura de la puerta no afectaría el vuelo seguro y casi se puede ignorar. Lo más probable es que el piloto regrese al aeropuerto para asegurar la puerta después de aterrizar. El piloto que vuela en un día despejado ante este problema menor puede clasificar la puerta abierta de la cabina como de bajo riesgo.

¿Qué pasa con el mismo piloto en un vuelo bajo reglas instrumentales y en condiciones de visibilidad reducida por nubes, con una ligera turbulencia intermitente, bajo la lluvia y que además recibe una autorización compleja por parte del control de tráfico aéreo? La puerta de la cabina abierta ahora se convierte en un factor de mayor riesgo. El problema no ha cambiado, pero la percepción de riesgo que el piloto le asigna cambia debido a la multitud de tareas en curso y al medio ambiente. La experiencia, la disciplina, la conciencia y el conocimiento influyen en cómo un piloto clasifica un problema.

Choose (Elija un curso de acción)

Una vez que se ha identificado el problema y se ha estimado su impacto, el piloto debe determinar el resultado deseable y elegir un curso de acción. Se debe considerar el resultado esperado de cada posible acción y evaluar los riesgos antes de decidir una respuesta a la situación.

Identify (Identificar soluciones)

El piloto formula un plan que lo llevará al objetivo. A veces, puede haber solo un curso de acción disponible, en otras ocasiones pueden existir varias posibles soluciones. Es importante que el piloto no se obsesione con el proceso y termine excluyendo opciones que podrían ser potenciales decisiones acertadas.

Do (Hacer las acciones necesarias)

Una vez que se identifican los caminos hacia la solución, el piloto selecciona el más adecuado para la situación. Esta selección se alimenta principalmente del entrenamiento, los estándares de operación, el juicio,

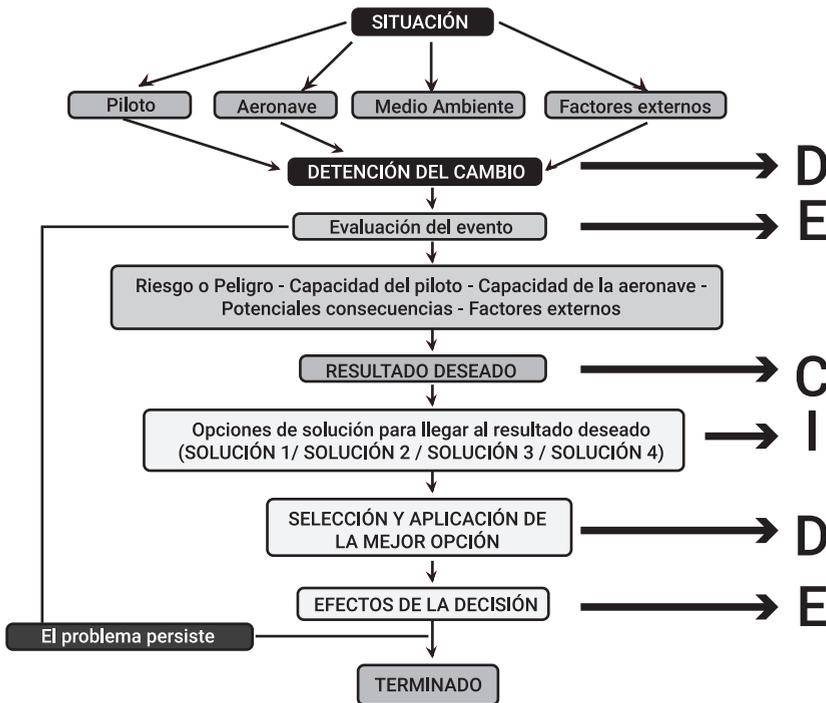
el componente motivacional y la experiencia que acompañan al piloto ayudándolo a optimizar el tiempo que requiere para acertar en la decisión y en la ejecución del procedimiento seleccionado.

Evaluate (Evaluar el efecto de la acción)

Finalmente, después de implementar una solución, evalúe la decisión para determinar si fue correcta. Es importante pensar con anticipación y determinar cómo la decisión podría afectar otras fases del vuelo o tener consecuencias que impliquen atención por parte del piloto. A medida que avanza el vuelo, el piloto debe continuar evaluando el resultado de la decisión para asegurarse de que está produciendo el resultado deseado.

Si un piloto usa continuamente el modelo DECIDE en su toma de decisiones, se vuelve natural y fluido resultando en mejores cursos de acción tomados bajo todo tipo de situaciones, algunos puntos de ayuda son los siguientes:

Figura 3 . Modelo DECIDE para la toma de decisiones aeronáuticas



Nota. Tomado de *Pilot Handbook of Aeronautical Knowledge*, por (FAA, 2016).

- Bajo el modelo DECIDE aplicable en el proceso ADM, la necesidad de una decisión se desencadena al reconocer que algo ha cambiado inesperadamente o que no se produjo un cambio esperado.
- El reconocimiento de un cambio o la falta del mismo es un paso vital en cualquier proceso de toma de decisiones.
- No notar cambios en una situación puede conducir directamente a un contratiempo.
- El cambio indica que es necesaria una respuesta o acción apropiada para modificar la situación o, al menos, uno de los elementos que la componen y generar una nueva situación deseada. Por lo tanto, la conciencia situacional es la clave para una toma de decisiones segura y exitosa.
- Es importante mencionar que, ante una situación no deseada, el piloto se enfrenta a la necesidad de evaluar el rango completo de posibles respuestas al cambio detectado y determinar el mejor curso de acción.

En general el modelo DECIDE comienza con el reconocimiento del cambio, siguiendo con una evaluación de alternativas, se toma la decisión de actuar o no, y los resultados son monitoreados, la Figura 3 presenta el flujo que explica esta secuencia.

RESULTADOS DE UN PROCESO DE TOMA DE DECISIONES INADECUADO

Los pilotos a veces se meten en problemas, no debido a habilidades básicas deficientes o a la falta de conocimiento de los sistemas de su aeronave, sino debido a pobres técnicas de toma de decisiones.

Aunque las decisiones aeronáuticas pueden parecer simples o rutinarias, cada decisión individual en la aviación a menudo define las opciones disponibles para la próxima que debe tomar el piloto y las opciones, buenas o malas, que proporcionan. Es decir, cada decisión está atada a otra que habrá que tomar más adelante.



Por lo tanto, una mala decisión al principio de un vuelo puede comprometer la seguridad del vuelo en un momento posterior y requerir decisiones que deben ser más precisas y decisivas. Por el contrario, una buena toma de decisiones al principio de una emergencia proporciona mayor libertad para las opciones posteriores.

CONCLUSIONES

La Circular de Asesoramiento (AC) 60-22 de la FAA, define ADM -*Aviation Decision Making*, como un enfoque sistemático para el proceso mental de evaluar un conjunto dado de circunstancias y determinar el mejor curso de acción.

Cuando se presenta una emergencia en vuelo el piloto puede percibir que su aeronave cae, este **CAE**, en ese orden obligatorio, se puede utilizar como acrónimo y ayudar a iniciar una correcta gestión de la emergencia por sencilla que parezca:

- **Control de la aeronave:** Empleo de la pericia y entrenamiento en el correcto uso de los controles de vuelo para mantener la aeronave en un perfil seguro de vuelo o planeo teniendo como premisa que lo más importante es volar y navegar.
- **Análisis de la situación:** Aquí entra el ADM como herramienta fundamental para seleccionar un curso de acción acertado que ayude a sortear la emergencia. Recordemos que el entrenamiento, la experiencia, los estándares e operación, el juicio y el componente motivacional influirán directamente en el piloto en esta fase.
- **Ejecución del procedimiento:** Teniendo la aeronave en un perfil seguro de vuelo y habiendo hecho un buen proceso de toma de decisiones aeronáuticas que incluye al final la selección de un curso de acción, solo falta la aplicación de este curso de acción ya sea un procedimiento predeterminado y estandarizado para gestionar la emergencia o simplemente con la selección del mejor campo no preparado para un aterrizaje de emergencia.

ADM, por lo tanto, se basa en la toma de decisiones de la vida cotidiana (¿Qué ropa comprar?, ¿qué profesión estudiar? o ¿qué película ver

en el cine?), pero mejora el proceso con modelos sistemáticos y de evaluación constante para disminuir la probabilidad de error del piloto en su operación aérea.

Específicamente, ADM proporciona la estructura para ayudar al piloto a utilizar todos los recursos disponibles con el fin de desarrollar una conciencia situacional integral. Recordando la premisa que las actuaciones pasadas no significan el éxito en el futuro (Moses, 2021).

REFERENCIAS

- EASA. (2010). *Decision Making for Single Pilot Helicopter Operations*. Recuperado el 24 de 05 de 2021, de https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/HE4_Single-Pilot-Decision-Making-v1.pdf
- FAA. (1991). *Advisory Circular 60-22*.
- FAA. (2009). Aeronautical Decision-Making: A Basic Staple. En *Risk Management Handbook: FAA-H-8083-2* (pp. 5-1, 5-13). Oklahoma City: Airman testing standards branch.
- FAA. (2016). Aeronautical Decision-Making. En *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge, FAA-H-8083-25B*. (2-2, 2-32). Oklahoma City: Airman Testing Standard Branch.
- FAA. (24 de 05 de 2021). *Activities, Courses & Seminars*. Obtenido de https://www.faasafety.gov/gslac/ALC/course_content_popup.aspx?Cid=28&Sid=108
- FAA. (2021). *3-P Model for Aeronautical Decision-Making*. https://www.faasafety.gov/gslac/ALC/course_content.aspx?CID=28&SID=108&preview=true
- Kazuba, J. y Pila, J. (2015). Selected Elements Influencing Pilot Situational Awareness. *Advances in military technology* 10(2).
- Moore, J. (10 de 02 de 2021). *NTSB Fault's Pilot Decision in Bryant Crash*. Recuperado el 24 de 05 de 2021, de AOPA: <https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2021/february/10/ntsb-faults-pilots-decisions-in-bryant-crash>
- Moses, B. (1 de 3 de 2021). *Proficiency: Phoenix can wait*. AOPA.com. Obtenido de <https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2021/march/pilot/proficiency-phoenix-can-wait>
- O'Hare, D. (1992). The "Artful" Decision Maker: A Framework Model for Aeronautical Decision Making. *International Journal of Aviation Psychology*, 2(3), 175.



- Simonds, F. (20 de 10 de 2016). *Good Pilot Decision Making*. IFR The magazine for the accomplished pilot. <https://www.ifr-magazine.com/training-sims/good-pilot-decision-making/>
- Winters, S. R. (2013). Pilot decision-making in irreversible emergencies (Order No. 3592152). Available from Education Database. (1435651476).

2. Espacio Aéreo

ST. DIEGO ESTEBAN ORTEGÓN VEGA

Escuadrilla entrena vuelo - CACOM 4

Fuerza Aérea Colombiana

<https://orcid.org/0000-0003-2102-0580>

ST. CHRISTIAN FERNANDO PENAGOS MEDINA

Sección Operaciones – CACOM 7

Fuerza Aérea Colombiana

<https://orcid.org/0000-0002-6424-5432>

OD18. ANDREA FALLA RUBIANO

Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

Fuerza Aérea Colombiana

<https://orcid.org/0000-0002-4277-2143>

OD18. LUIS FERNANDO ESCOBAR NIETO

Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

Fuerza Aérea Colombiana

<https://orcid.org/0000-0001-9213-1793>



INTRODUCCIÓN

El medio donde se desempeñan los miembros del cuerpo de vuelo es el espacio aéreo, hace parte de la misión constitucional de la Fuerza Aérea Colombiana el control de este y por lo tanto es necesario que se cuente con pleno conocimiento de la distribución, organización y los controles que se tienen previstos.

Existe todo un organigrama estandarizado por la OACI para facilitar el control y organizar la navegación.

En las siguientes páginas se va a encontrar con las definiciones de cada una de las partes de la estructura, las clases y las restricciones de los espacios aéreos. Esto con el ánimo de aumentar la seguridad operacional al evitar infracciones o confusiones que pueden desencadenar pérdidas de separación o colisiones en vuelo.

Para un piloto o un navegante, el conocimiento de la estructura del espacio aéreo es primordial.

ESPACIO AÉREO

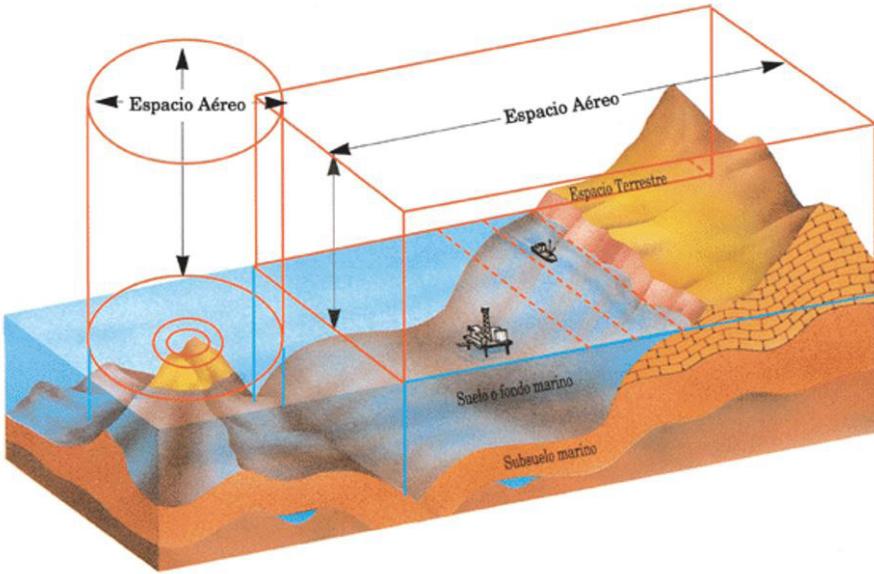
El espacio aéreo es un medio abierto, sin semaforos ni líneas continuas o discontinuas, un espacio compartido con otros usuarios, un espacio de libertad pero de responsabilidades (Alcañiz, 2013, p.4)

La definición de espacio aéreo parte de un contexto general y se refiere a la columna de aire por sobre el territorio y el mar territorial de un estado. (Fuerza Aérea Colombiana, s.f., párr. 1).

En el convenio sobre aviación civil internacional de Chicago en 1944 en el cual Colombia fue participante y acreditador de este, establece que: "todo estado tiene soberanía plena y exclusiva en el espacio aéreo sobre su territorio". El espacio aéreo en Colombia es decir el espacio aéreo soberano corresponde a 12 millas náuticas (NM) equivalente a 22.2 km, desde la línea costera hacia adentro, el espacio que se encuentra fuera de estos límites se denominan espacio aéreo internacional (Convenio de las Naciones Unidas sobre el derecho del mar, 1982, p.31) (ver Figura 1).



Figura 1 .Definición de espacio aéreo



Nota. Espacio aéreo [Ilustración], 2011. <https://yocontroloelcotorro.blogspot.com/2011/10/espacios-aereos.html>

Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)

En los inicios de la aviación no era necesario la administración del espacio aéreo debido al bajo flujo de aeronaves, pero debido a la modernización y los avances tecnológicos fue necesario la organización del espacio aéreo y los tráficos para evitar colisiones y dar una mayor fluidez a todas las aeronaves.

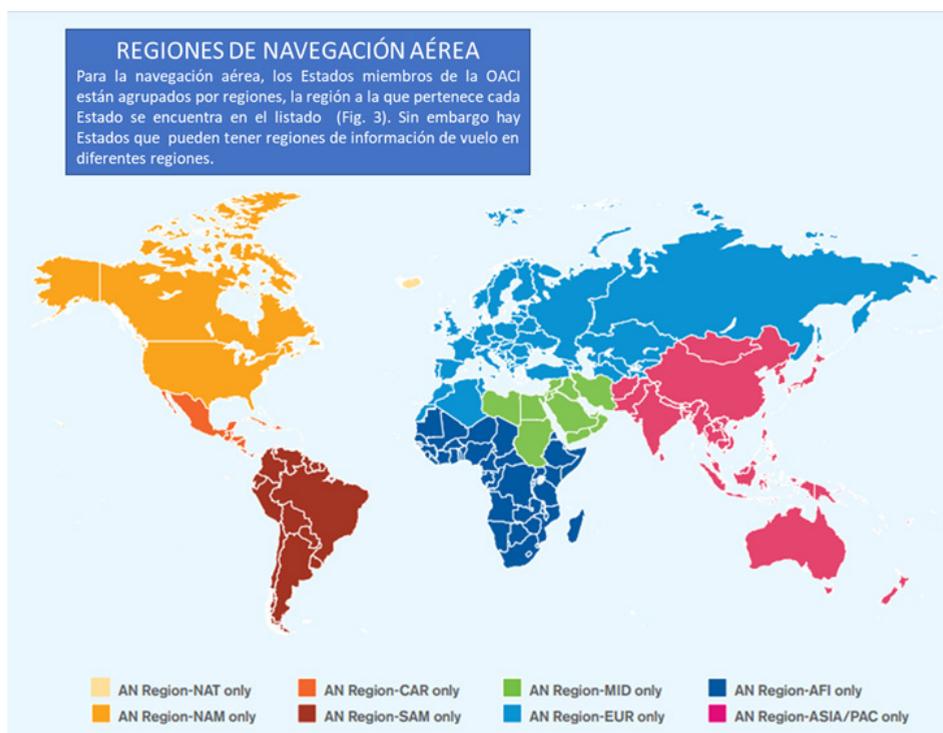
La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) es un mecanismo creado en 1944 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) con el objetivo de administrar y velar por la aplicación del convenio o acuerdos pactados en Chicago (Convenio de Chicago) sobre la Aviación Civil Internacional. Este ente trabaja de la mano con sus estados miembros y diferentes grupos industriales de la aviación, estableciendo normas y estandarizando métodos recomendados para la aviación civil por medio del estudio e investigaciones que afecten la aviación civil, construyendo así una aviación operablemente más segura.



Las normas dictadas por la OACI son acogidas por los miembros de esta, garantizando que las operaciones y normas de la aviación nacionales se ajusten a las normas mundiales lo que permite la parametrización o estandarización de las normas de vuelo lo que traduce hablar un solo idioma a la hora de volar (OACI, 2010).

La OACI es la encargada de hacer la división y la clasificación del espacio aéreo, esto dependiendo del servicio que se suministre, dividido de tal forma en diferentes regiones el espacio aéreo mundial (ver Tabla 1), distinguiéndola por un código particular, por ejemplo: SAM corresponde a la región de Sur América (ver Figura 2).

Figura 2. Regiones de navegación aérea de la OACI



Nota. Adaptado de OACI, Documento 4444, Gestión de tránsito aéreo, por autores, 2020.

Con esta división inicial la OACI agrupa aquellas regiones que tienen un desarrollo equivalente y problemas o necesidades similares, a su vez estas regiones se dividen técnicamente en 2 tipos:

- FIR (Region de informacion de vuelo)
- UIR (Region superior de informacion de vuelo)

Tabla 1. *Listado de Estados por región de navegación de la OACI*

REGIONES	CANT.	PAÍSES QUE LO CONFORMAN
EUROPA (EUR)	55	Armenia, Azerbaiyán, Georgia, Kazajistán, Kirguistán, Tayikistán, Turquía, Turkmenistán, Uzbekistán, Chipre, Israel, Bielorrusia, Bélgica, Croacia, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Países Bajos, Noruega, Portugal, España, Suecia, Suiza, Ucrania, Rusia, Reino Unido, Albania, Andorra, Austria, Bosnia y Herzegovina, Bulgaria, Hungría, Irlanda, Malta, Mónaco, Montenegro, Polonia, Moldavia, Rumania, San Marino, Serbia, Eslovenia, Eslovaquia, Macedonia, Argelia, Marruecos, Túnez.
ASIA CENTRAL (MID)	15	Bahréin, Irán, Jordania, Kuwait, Líbano, Omán, Qatar, Arabia Saudita, Siria, Emiratos Árabes, Yemen, Egipto, Libia, Sudan, Iraq.
NORTE AMÉRICA (NAM)	2	Canadá, Estados Unidos.
ATLÁNTICO NORTE (NAT)	1	Islandia.
SUR AMÉRICA (SAM)	13	Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, Bolivia, Paraguay, Uruguay, Panamá, Surinam, Guayana.



AFRICA (AFI)	48	Angola, Benín, Botsuana, Burkina Faso, Burundi, Camerún, Cabo Verde, República centroafricana, Chad, Comoras, Yibuti, Guinea Ecuatorial, Eritrea, Etiopía, Gabón, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bisáu, Kenia. Lesoto. Liberia, Madagascar, Malawi, Mali, Mauritania, Mauricio, Mozambique, Namibia, Níger, Nigeria, Ruanda, Santo Tomé y príncipe, Senegal, Seychelles, Sierra Leona, Somalia, Sudáfrica, Esuatini, Togo, Uganda, Zambia, Zimbabue, Sudán del sur, Tanzania, República Democrática del Congo, Costa de Marfil, Congo.
ASIA PACÍFICO (ASIA-PAC)	38	Afganistán, Bangladesh, Bután, Brunéi, Camboya, China, Corea del Norte, India, Indonesia, Japón, Laos, Malasia, Maldivas, Mongolia, Birmania, Nepal, Pakistán, Filipinas, Corea de Sur, Singapur, Sri Lanka, Tailandia, Timor Oriental, Vietnam, Australia, Islas Cook, Fiyi, Kiribati, Islas Marshall, Estados Federados de Micronesia, Nauru, Nueva Zelanda, Palaos, Papúa Nueva Guinea, Samoa, Islas Salomón, Tonga, Vanuatu.
CARIBE (CAR)	19	Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Costa Rica, Cuna, Belice, República Dominicana, El Salvador, Granada, Haití, Honduras, Jamaica, Méjico, Nicaragua, San Cristóbal y Nieves, Santa Lucía, San Vicente y las granadinas, Trinidad y Tobago.

Fuente. Elaboración propia, 2020.

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONÁUTICA CIVIL (UAEAC)

En Colombia la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC) es la entidad gubernamental del Ministerio de Transporte encargado del control y regulación de la Aviación Civil en Colombia, esta tiene como objetivo, garantizar su desarrollo y la gestión del espacio aéreo, incluyendo los servicios de navegación aérea (ver Figura 4), en condiciones de seguridad y eficiencia, en concordancia con las políticas, planes y programas gubernamentales en materia económico-social y de relaciones internacionales, además, la aeronáutica civil es la encargada de hacer el Reglamento Aéreo Colombiano (RAC) y los actos administrativos que le atribuyen en carácter oficial a cada uno de ellos.

El Reglamento Aéreo Colombiano (RAC) tiene como objetivo la normalización de las reglas del espacio aéreo en Colombia, las reglas de mantenimiento de las aeronaves tanto civiles como militares, las formas de inspección, los procedimientos adecuados en toda aeronave y el cuidado legal desde su almacenamiento hasta su montaje.

Todas estas normas contenidas en el RAC son de carácter aplicativo y de obligatorio cumplimiento, para toda actividad aeronáutica, toda persona natural o jurídica, nacional o extranjera que la desarrolle, pero existen algunas excepciones a la hora del cumplimiento de las normas del RAC, como lo es: cuando se lleva a cabo una operación aérea y cuando una aeronave se declare eminentemente en emergencia (UAEAC, 2019.)

SERVICIOS DE TRÁNSITO AÉREO

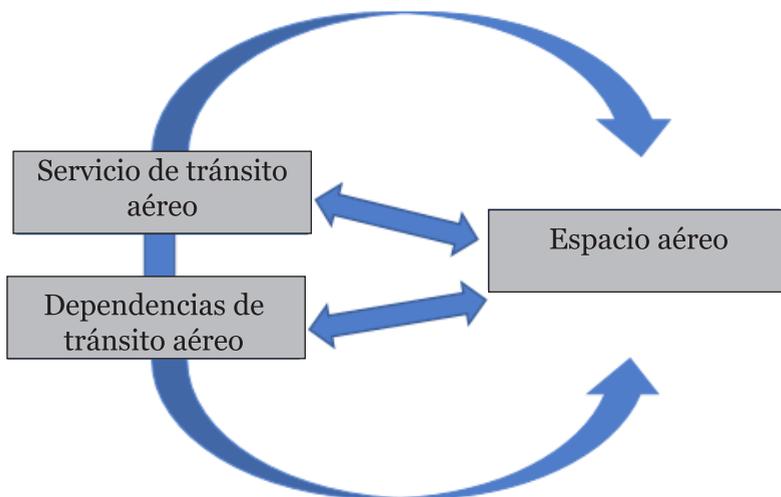
Para hablar de espacio aéreo es necesario comprender su planificación de una manera específica hacia la prestación del servicio de control de tránsito aéreo (ATC). El espacio aéreo se divide en dos grandes grupos: Controlado y No controlado. La diferencia fundamental entre cada uno de ellos es que el espacio aéreo Controlado se presta el servicio de control de tránsito aéreo (ATC) mientras que en el no controlado solo se suministran los servicios de información de vuelo y alerta.

Los servicios de tránsito aéreo es una expresión genérica que se aplica, según el caso, a los servicios de información de vuelo, alerta, asesoramiento

de tránsito aéreo, control de tránsito aéreo (UAEAC, 2019, p. 25) y son proporcionados por las dependencias ATS a las aeronaves dentro de un espacio aéreo determinado.

Estos son imprescindibles para la realización de operaciones ya que regulan y asisten a las aeronaves en tiempo real para la ejecución de operaciones aéreas seguras y eficientes, además de ello funcionan como los engranajes de un reloj, es decir, si falla uno, bien sea un servicio o dependencia, directamente afecta a los demás servicios o dependencias que lo componen (ver Figura 3).

Figura 3. Control y administración del espacio aéreo



Fuente: Elaboración propia, 2020.

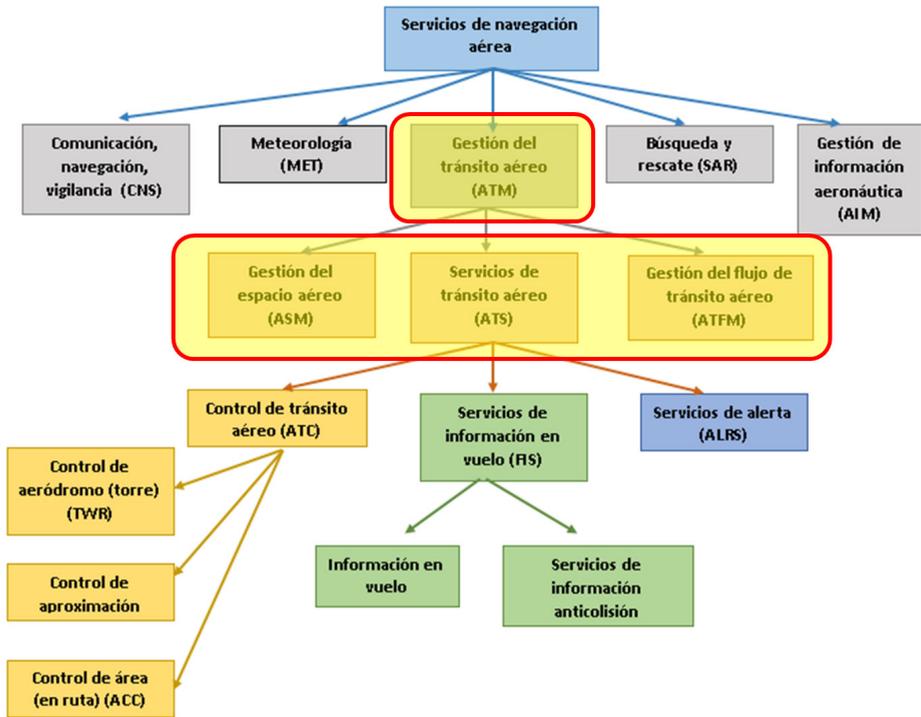
Objetivos de los servicios de tránsito aéreo

Según el RAC 211 (2018), Gestión de Tránsito Aéreo, propone cinco objetivos para los Servicios de Tránsito Aéreo (ver Figura 5), los cuales están perfectamente relacionados y alineados con los objetivos planteados en el Anexo 11 de la OACI Servicios de Tránsito Aéreo, contribuyendo a la gestión, seguridad y eficiencia de los vuelos, los cuales serán:



- a) Prevenir colisiones entre aeronaves.
- b) Prevenir colisiones entre aeronaves en el área de maniobras y entre esas y los obstáculos que haya en dicha área.
- c) Acelerar y mantener ordenadamente el movimiento del tránsito aéreo.
- d) Asesorar y proporcionar información útil para la marcha segura y eficaz de los vuelos.
- e) Notificar a los organismos pertinentes respecto a las aeronaves que necesitan ayuda de búsqueda y salvamento, prestando la mayor colaboración posible a dichos organismos según sea necesario.

Figura 4. Organigrama de los servicios de navegación aérea – responsabilidad de control y administración.



Nota. Servicios que controlan y administran el espacio aéreo
Fuente: OACI. Adaptado por los autores, 2020.

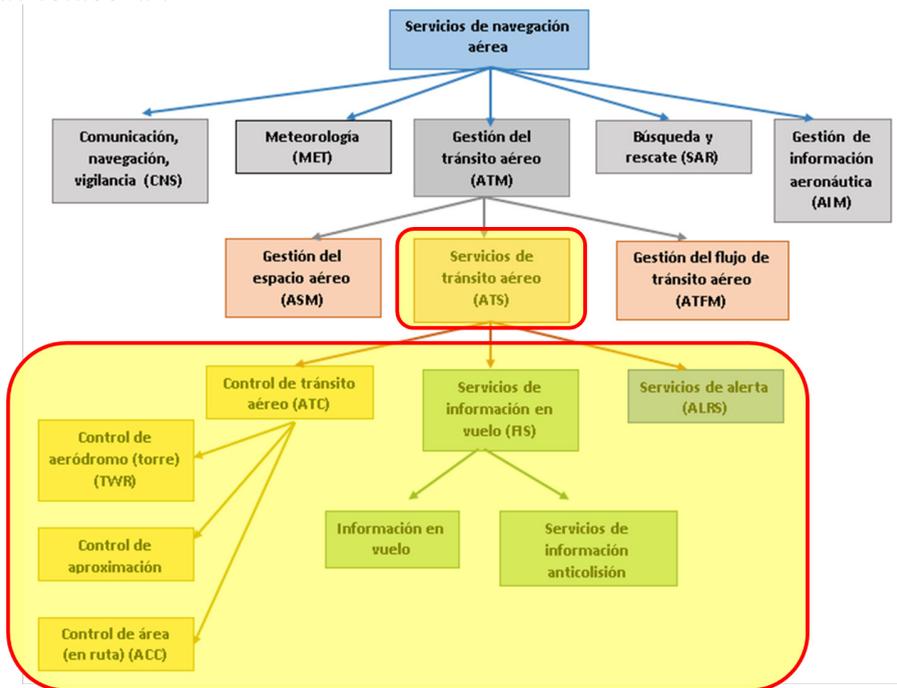


Control de Tráfico Aéreo (ATC)

El ATC es proporcionado principalmente en sectores y aeródromos con alto flujo de tránsito aéreo (vuelos IFR en los espacios aéreos clases A, B, C y E, a vuelos VFR en los espacios clases B, C y D) y su finalidad es cumplir con los 3 primeros objetivos ATS (RAC 211, 2018, p. 25), es decir que las funciones del ATC radican en dar la información sobre el movimiento proyectado de aeronaves, otorgar autorizaciones e información para prevenir colisiones entre aeronaves que se encuentran en las inmediaciones del aeródromo y coordinar autorizaciones con otras dependencias ATC.

El control de tránsito aéreo se fracciona en tres partes (ver Figura 6), control de aeródromo, control de aproximación y control de área. Las cuales se subdividen con el propósito de repartir las cargas de trabajo cuando el flujo de aeronaves es muy alto.

Figura 5. Organigrama de los servicios de navegación aérea - servicios que colaboran



Nota. Servicios que ayudan a controlar y administrar el espacio aéreo.
Fuente. OACI. Adaptado por los autores, 2020.



Control de aeródromo: Se suministra por una torre de control al tránsito en el área de movimiento e inmediaciones de aeródromo.

Sus responsabilidades se pueden dividir hasta en 3 dependencias:

Torre (TWR):

- Controla el tránsito en vuelo en las inmediaciones del aeródromo
- Controla el tránsito que hace uso o circulan por las pistas.

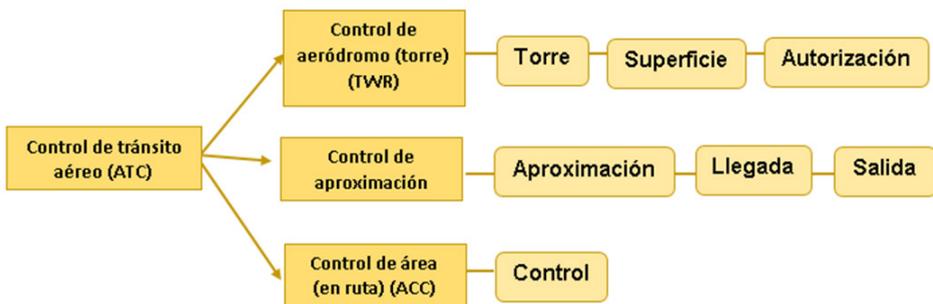
Superficie:

- Controla el tránsito en las calles de rodaje
- Controla el tránsito en plataforma.

Autorizaciones:

Se suministra las autorizaciones de vuelo por instrumentos (IFR) a tránsito saliendo.

Figura 6. Control de tránsito aéreo



Fuente. Elaboración propia, 2020.

Control de aproximación: Suministrado por una dependencia de aproximación o en ausencia de esta será asumida por un Centro de Control de Área (ACC) o una Torre de Control (TWR), además de esta, es suministrado al tránsito saliendo, entrando y sobrevolando una dependencia de área (OACI, 2007, p. 4-1).



Aproximación:

- Generalmente el área que comprende la dependencia de aproximación es el Área Terminal de Control o TMA, suministrado al tránsito llegando a uno o más aeródromos y sobrevolando dicha área.

Salida:

- Suministrado al tránsito saliendo de uno más aeródromos y sobrevolando dicha área.

Llegada:

- Se suministra a las aeronaves que están en la proximidad del aeródromo y haya llegado a un punto específico o haya aterrizado.

Control de área: Proporcionado por un centro de control de área (ACC) a tránsito en ruta en un área determinada o en ausencia de este por una dependencia de aproximación en un área de control terminal (OACI, 2007, p. 4-1). El centro de control de área se puede dividir en varias dependencias según el flujo de tránsito aéreo, usualmente las dependencias derivadas tienen el mismo nombre control.

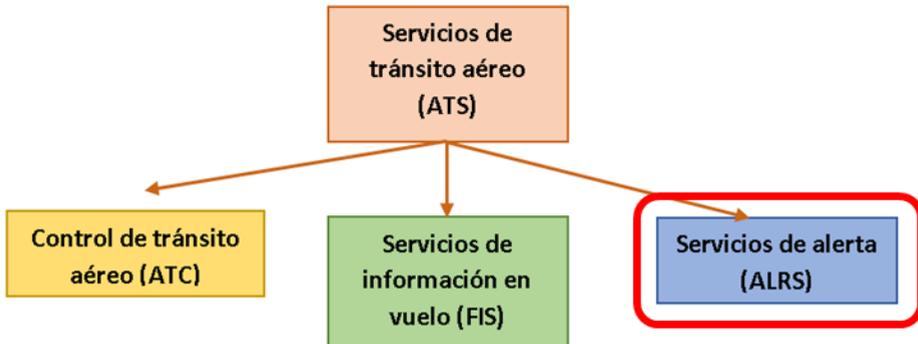
SERVICIOS DE INFORMACIÓN EN VUELO (FIS)

Servicio cuya finalidad es aconsejar y facilitar información útil para la realización segura y eficaz de los vuelos, Información SIGMET (Información relativa a fenómenos meteorológicos que afectan la operación normal de aeronaves) y AIRMET (Información relativa a fenómenos meteorológicos que afectan aeronaves que operan a baja altura) (Anexo 11, 2001, p. 4-1). Su finalidad es cumplir con el cuarto objetivo ATS.

El Servicio de información en vuelo se secciona en dos partes, información en vuelo y servicio de información anticollisión (ver Figura 7).



Figura 7. *Servicios de información en vuelo*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

INFORMACIÓN EN VUELO

Los servicios que provee la información de vuelo son:

- Información meteorológica
- Información aeronáutica
- Información de aeródromo
- Información de posibles riesgos en vuelo

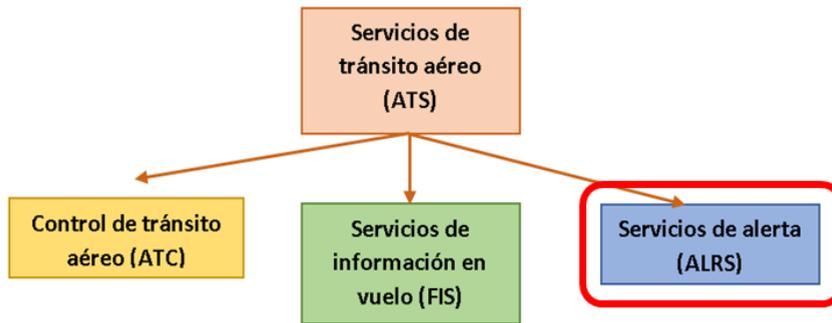
SERVICIOS DE INFORMACIÓN ANTICOLISIÓN

Su función radica en dar información del tráfico con posible conflicto o riesgo de colisión, además gestiona y formula acciones recomendadas para evitar el tráfico aéreo.

SERVICIOS DE ALERTA (ALRS)

Se proporciona en conjunto con el servicio de información de vuelo, su finalidad es alertar los organismos pertinentes acerca de aeronaves que requieran auxilio, por ejemplo: búsqueda y rescate (SAR) y la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) (OACI, 2016, p. 5-1) (ver Figura 8).

Figura 8. Servicios de Alerta



Fuente: Elaboración propia, 2020.

CLASIFICACIÓN DEL ESPACIO AÉREO

La OACI encasilla la totalidad del espacio aéreo y los servicios que se proporcionan en 7 clases, cada una de estas nombradas con una letra que determina el nivel de importancia, partiendo desde la A asumiendo el papel más importante y con más requisitos para cumplir hasta la G, siendo este el que tiene menos requisitos. La clasificación del espacio aéreo se basa en las necesidades como son: la circulación de aeronaves, el propósito de operaciones, la densidad del tránsito aéreo, las condiciones meteorológicas y su nivel de seguridad entre otros factores (OACI, 2016, p. 2-2).

Colombia por otro lado rige su clasificación conforme lo dictado por la OACI, no obstante, se distingue en sus requisitos debido a que propone unos mínimos visuales y distancia de nubes para poder navegar en determinado espacio.

Clases de espacio aéreo controlado

- **Clase A:** Solo se permiten vuelos IFR, todos los vuelos están sometidos al servicio de control de tránsito aéreo y están separados entre sí.
- **Clase B:** Se permiten vuelos IFR y VFR, todos los vuelos están sometidos al servicio de control de tránsito aéreo y separado entre sí.
- **Clase C:** Se permiten vuelos IFR y VFR, todos los vuelos están sometidos al servicio de control de tránsito aéreo y los vuelos IFR están



separados de otros vuelos IFR y de los vuelos VFR. Los vuelos VFR están separados de los vuelos IFR y reciben información de tránsito con respecto a otros vuelos VFR.

- **Clase D:** Se permiten vuelos IFR y VFR y todos los vuelos están sometidos al servicio de control de tránsito aéreo, los vuelos IFR están separados de otros vuelos IFR y reciben información de tránsito con respecto a los vuelos VFR, los vuelos VFR reciben información de tránsito con respecto a todos los demás vuelos.
- **Clase E:** Se permiten los vuelos IFR y VFR, los vuelos IFR están sometidos al servicio de control de tránsito aéreo y separado de otros vuelos IFR. Todos los vuelos reciben información de tránsito en la medida de lo posible.

Espacio aéreo No controlado

- **Clase F:** Se permiten los vuelos IFR y VFR, todos los vuelos IFR participantes reciben un servicio de asesoramiento de tránsito aéreo y todos los vuelos reciben servicio de información de vuelos si lo solicitan.
- **Clase G:** Se permiten los vuelos IFR y VFR y reciben servicio de información de vuelo si lo solicitan.

ESPACIO AÉREO SUPERIOR E INFERIOR

El espacio aéreo también está dividido de forma vertical, espacio aéreo inferior y superior.

Figura 9. Nivel del espacio aéreo superior en Colombia



Fuente: Elaboración propia, 2020.

En Colombia el espacio aéreo superior empieza desde el nivel de vuelo FL245 (ver Figura 9) y se encuentra dentro de la clase A, permitiéndose únicamente vuelo IFR, donde se proporciona servicio FIS y alerta únicamente.

Tabla 2. *Clases de espacio aéreo controlado*

Clase	Tipo de Vuelo	Separación proporcionada	Servicio proporcionado	Mínimos de visibilidad VMC y distancia de nubes	Límite de velocidad	Requisito de radio comunicación	Sometido a autorización ATC
A	IFR	Todas las aeronaves	Servicio de control de tránsito aéreo	No aplica	No aplica	Bidireccional continua	Sí
	IFR	Todas las aeronaves	Servicio de control de tránsito aéreo	No aplica	No aplica	Bidireccional continua	Sí
B	VFR	Todas las aeronaves	Servicio de control de tránsito aéreo	8 km por encima de 10.000 pies (3050 m) – 5 km por debajo de 10.000 pies – Sin nubes	No aplica	Bidireccional continua	Sí
	IFR	IFR de IFR IFR de VFR	Servicio de control de tránsito aéreo	No aplica	No aplica	Bidireccional continua	Sí
C	VFR	VFR de IFR	Servicio de control de tránsito aéreo para la separación de IFR – Información de tránsito VFR/VFR (Aviso para evitar en tránsito a petición)	8 km por encima de 10.000 pies (3050 m) – 5 km por debajo de 10.000 pies – Distancia de nubes 1500 m horizontal y 300 m vertical	250 KIAS por debajo de 10.000 pies (3050 m)	Bidireccional continua	Sí
	IFR	IFR de VFR	Servicio de control de tránsito aéreo, incluso información de tránsito acerca de vuelos VFR (Aviso para evitar en tránsito a petición)	No aplica	250 KIAS por debajo de 10.000 pies (3050 m)	Bidireccional continua	Sí
D	VFR	Ninguna	Información de tránsito entre vuelos VFR e IFR (Aviso para evitar en tránsito a petición)	8 km por encima de 10.000 pies (3050 m) – 5 km por debajo de 10.000 pies – Distancia de nubes 1500 m horizontal y 300 m vertical	250 KIAS por debajo de 10.000 pies (3050 m)	Bidireccional continua	Sí
	IFR	IFR de IFR	Servicio de control de tránsito aéreo, e información de tránsito acerca de vuelos VFR en la medida de lo posible	No aplica	250 KIAS por debajo de 10.000 pies (3050 m)	Bidireccional continua	Sí
E	VFR	Ninguna	Información de tránsito en la medida de lo posible	8 km por encima de 10.000 pies (3050 m) – 5 km por debajo de 10.000 pies – Distancia de nubes 1500 m horizontal y 300 m vertical	250 KIAS por debajo de 10.000 pies (3050 m)	No	No

Nota. KIAS (Nudos Indicated Air Speed) – Altitudes sobre el nivel medio del mar (AMSL). Fuente: UAEAC, 2020.

Nivel de transición

El nivel de transición o TL es el nivel de vuelo por encima del cual se debe colocar el ajuste altimétrico estándar de 29.92 inHg o QNE. Después de sobrepasar el nivel de transición se habla de niveles de vuelo.

Tabla 3. Clases de espacio aéreo no controlado

Clase	Tipo de Vuelo	Separación proporcionada	Servicio proporcionado	Mínimos de visibilidad VMC y distancia de nubes	Límite de velocidad	Requisito de radio comunicación	Sometido a autorización ATC
	IFR	IFR de VFR En la medida de lo posible	Servicio de asesoramiento de tráfico – Servicio de información de vuelo	No aplica	250 KIAS por debajo de 10.000 pies (3050 m)	Bidireccional continua	Si
F	VFR	Servicio de información de vuelo	Servicio de información de vuelo	8 km por encima de 10.000 pies (3050 m) – 5 km por debajo de 10.000 pies – Distancia de nubes 1500 m horizontal y 300 m vertical Hasta 900 pies AMSL o 300 m sobre el territorio, lo que sea más elevado, 5 km, sin nubes y a la vista de tierra o agua.	250 KIAS por debajo de 10.000 pies (3050 m)	No	No
	IFR	Ninguna	Servicio de información de vuelo	No aplica	250 KIAS por debajo de 10.000 pies (3050 m)	Bidireccional continua	No
G	VFR	Ninguna	Servicio de información de vuelo	8 km por encima de 10.000 pies (3050 m) – 5 km por debajo de 10.000 pies – Distancia de nubes 1500 m horizontal y 300 m vertical. Hasta 900 pies AMSL o 300 m sobre el territorio, lo que sea más elevado, 5 km, sin nubes y a la vista de tierra o agua.	250 KIAS por debajo de 10.000 pies (3050 m)	No	No

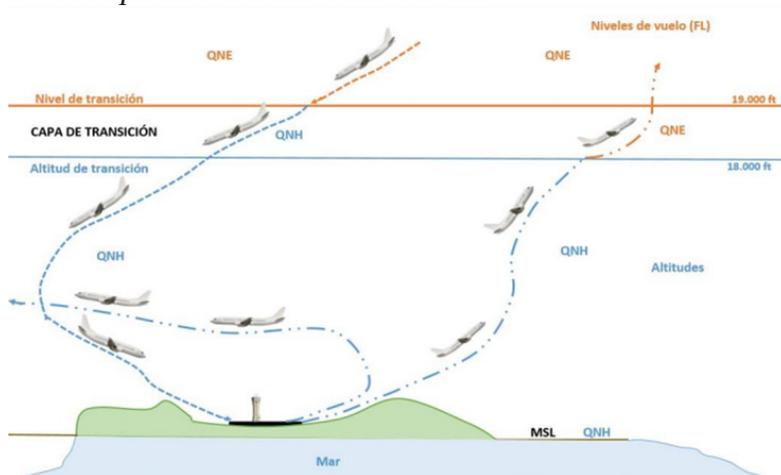
Fuente: Adaptado de UAEAC, 2020.

Capa de transición

La capa de transición es el espacio entre la altitud de transición y el nivel de transición, para Colombia la capa de transición es de 1000ft (TA: 18.000ft- TL: 19.000ft) (ver Figura 10).

Es importante tener en cuenta que ascendiendo y después de rebasar la altitud de transición, se debe hacer cambio de ajuste alimétrico de QNH a QNE, descendiendo, después de haber pasado el nivel de transición de debe cambiar de QNE a QNH.

Figura 10. Capa de transición alimétrica



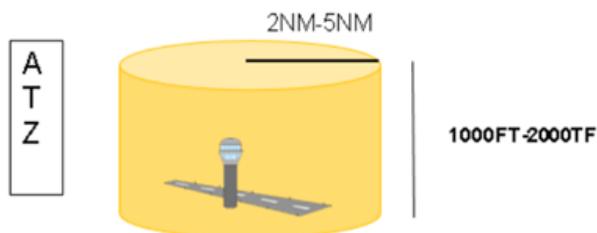
Fuente: Vásquez, s.f.

ESTRUCTURA DEL ESPACIO AÉREO

Las estructuras del espacio aéreo son espacios aéreos que están definidos en 3 dimensiones, su función es la de facilitar la provisión de los servicios ATS, se dividen principalmente en 7 partes: ATZ, CTR, TMA, CTA, UTA, FIR, UIR.

Zona de tráfico de aeródromo (ATZ)

Figura 11. ATZ



Fuente: Elaboración propia, 2020.

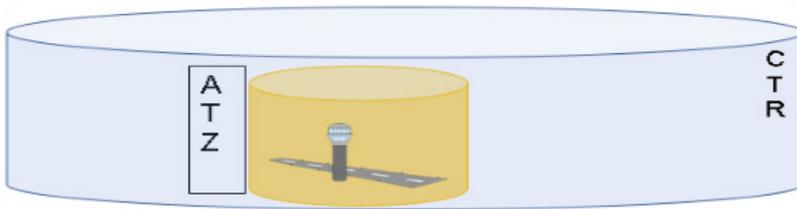
No existe ninguna norma que reglamente el volumen preciso de un ATZ, por lo general, en Colombia oscilan entre 2 a 5 nm de radio y se extienden entre 1000 y 2000 pies de altura (ver Figura 11).

Es el espacio que circunda un aeródromo, usualmente lo conforma una clase espacio aéreo y su fin es proteger el tránsito aéreo en las inmediaciones de este o en el circuito de tráfico aéreo.

El servicio de control de aeródromo proporciona el ATC, a través de la dependencia torre (TWR).

Zona de control (CTR)

Figura 12. CTR



Fuente: Elaboración propia, 2020.

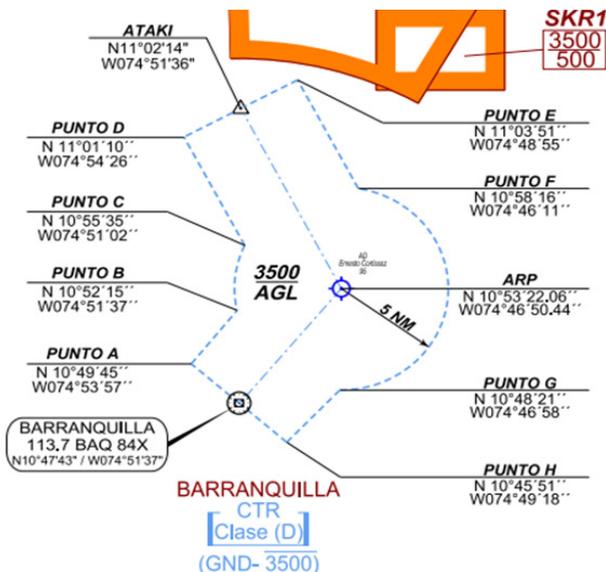
Una vez sobrepasado el límite del ATZ se encuentra un CTR; aunque esto no es estrictamente obligatorio, y este puede contener uno o más ATZ (ver Figura 12).

Comúnmente este espacio; que por lo general lo compone una sola clase de espacio aéreo, se encuentra en inmediaciones de aeródromos con operación IFR, ya que su principal encargo es el control y protección de tráficos bajo reglas de vuelo instrumentos.

Sus límites verticales y laterales dependen de factores como la orografía o la ubicación de las radio-ayudas. Debido a que su volumen no es muy grande, tiene un límite superior; donde las altitudes mínimas en ruta de las aerovías son el factor que determina su definición.

En la Figura 13 se observa, como ejemplo, la CTR de Barranquilla, los límites tanto horizontales, como verticales y la clase de espacio aéreo que la compone (Refiérase al AIP).

Figura 13. CTR de Barranquilla



Nota. Límites de la CTR de Barranquilla, nótese que es clase D y abarca desde el terreno hasta 3500 pies. No usar para navegación.
 Fuente: UAEAC, 2020.

Área terminal de control (TMA)

La OACI la define como un área controlada situada en la confluencia de rutas ATS, en la cercanía de uno o más aeropuertos importantes. Permite controlar el tráfico saliente de una o más CTR y el entrante desde las rutas ATS en la fase de descenso inicial (ver Figura 14).

Figura 14 . TMA



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Colombia cuenta con 15 TMA proporcionados por la Aerocivil (ver Figura 15).

Figura 15. TMA de Colombia



Fuente: Researchgate.com, 2015.

No se especifica que la TMA inicie desde el terreno por lo que sus límites se ajustan al sector donde están ubicados, por lo general en Colombia inician a 1500 ft AGL con algunas excepciones como Bogotá, cuyo límite inferior es 11.500 ft AMSL. Y tienen un límite superior en FL-245.

Comúnmente no tienen una sola clase de espacio aéreo, sino que se clasifica de acuerdo con la altitud, por ejemplo, en Barranquilla el espacio aéreo es clase G desde 1500 ft AGL hasta 9500 ft AMSL, clase C hasta 17.500 ft y clase A hasta FL-24. (Figura 16)

La dependencia aproximación (APP) es la encargada de los TMA.

Figura 16. Espacios aéreos en el TMA de Barranquilla

SECTOR NORTE
BARRANQUILLA
TMA
CLASE A
FL-175-FL-245
(9500 - FL-175(C))
(15AGL - FL-095(D))

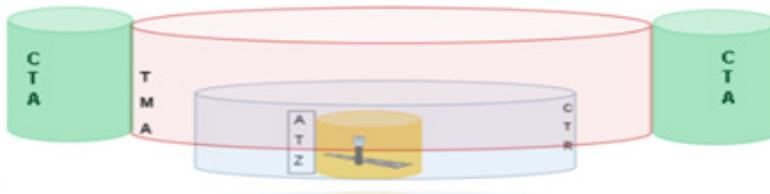
Fuente: UAEAC, 2020

Figura 17. Corte de la carta TMA de Villavicencio



Nota. No usar para navegación. Fuente: UAEAC, 2020(a)
Área de tráfico controlado (CTA)

Figura 18. CTA



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Capítulo 2. Espacio Aéreo

Abarca el espacio aéreo que incluye la trayectoria de vuelos en conformidad con las reglas de vuelos en conformidad con las reglas de vuelo instrumentos (IFR) dentro de un FIR, en el que se considere necesario ofrecer el control de tráfico (ATC). Teniendo en cuenta estos factores:

1. El deseo de los operadores de contar con el servicio.
2. La densidad y tipo de tráfico aéreo que impliquen riesgo de colisiones.
3. Condiciones meteorológicas prevalecientes.
4. Factores pertinentes a la naturaleza local, topografía, etc. (OACI, 1995, P71) (ver Figura 17).

Colombia cuenta con 4 CTA proporcionados por la Aerocivil (ver Figura 18):

- CTA Barranquilla Sector Norte
- CTA Barranquilla Sector Sur
- CTA Cali
- CTA Medellín

Sus características físicas son similares al TMA, contienen ATZ de menor actividad de tráfico y facilitan el control en rutas ATS o parte de estas que se encuentren dentro de su espacio. y es controlada por la dependencia: Control (ver Figura 19).

Figura 19. Corte de la carta CTA de Cali



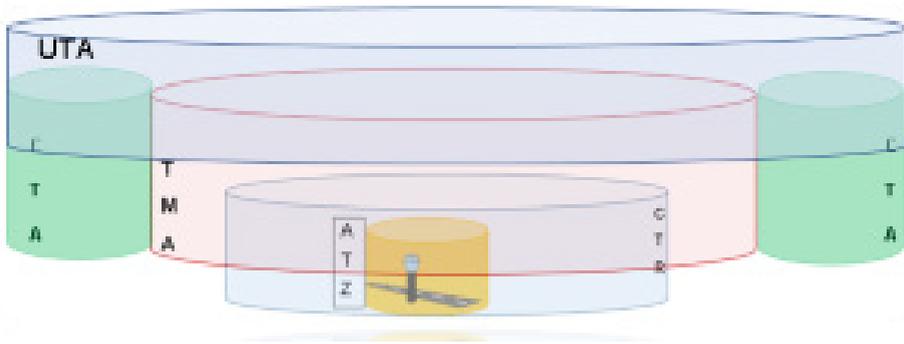
Nota. No usar para navegación. Fuente: UAEAC, 2020(b)



Área de tráfico superior (UTA)

Utiliza el mismo principio de CTA, solo que se lleva a cabo en espacio aéreo superior. Se extiende desde un nivel específico para Colombia 24500FT y no tiene límite superior. Este tipo de espacio aéreo se puede encontrar en las cartas de nivel superior (ver Figura 20).

Figura 20. UTA



Fuente: Elaboración propia, 2020.

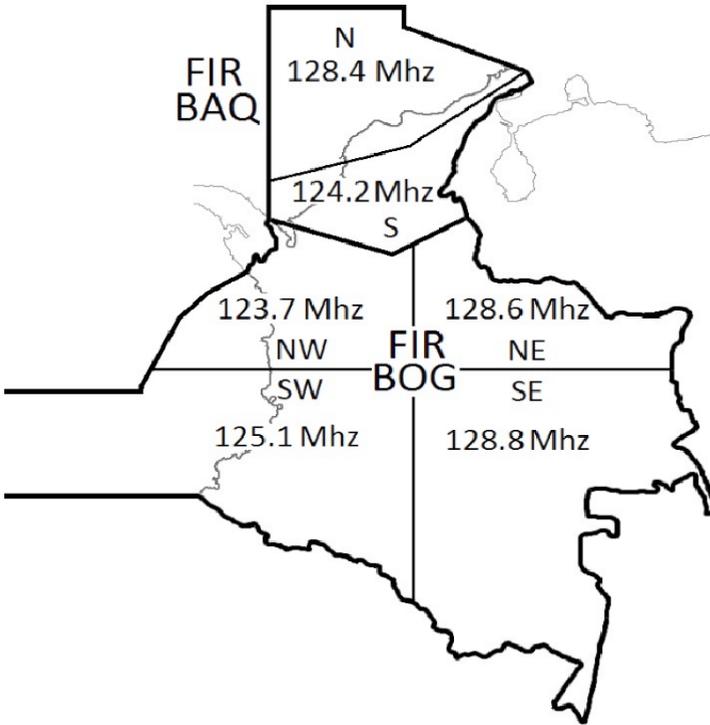
Región de información de vuelo (FIR)

Normalmente las FIR deben abarcar la totalidad del territorio de un estado. Y los aspectos operativos relacionados con las rutas ATS debe prevalecer sobre las fronteras nacionales. Colombia está dividida por dos FIR:

1. FIR Bogotá
2. FIR Barranquilla



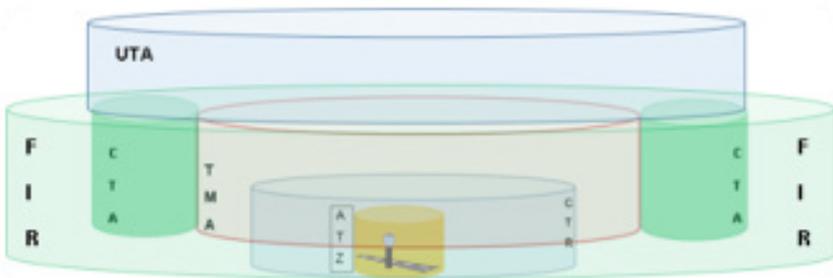
Figura 21. División del FIR en Colombia



Fuente: Reaserchgate.com 2015

La responsabilidad de este espacio recae en la dependencia Información (ver Figura 22).

Figura 22. FIR



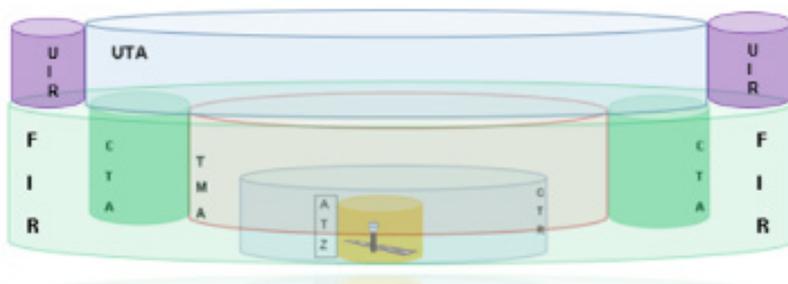
Fuente: Elaboración propia, 2020.



Región de información superior (UIR)

Utiliza el mismo principio que el FIR, solo que se lleva a cabo en espacio aéreo superior, se extiende desde Vun nivel específico y no tiene límite superior (ver Figura 23).

Figura 23. UIR



Fuente: Elaboración propia, 2020.

ZONAS PROHIBIDAS, RESTRINGIDAS Y PELIGROSAS

Estas son zonas de usos especiales que complementan la clasificación del espacio aéreo, en las cartas aeronáuticas se pueden distinguir por sus colores y algunos rasgos identificativos.

Estas zonas se designan por la OACI de tal forma debido al peligro que representan para la operación segura de aeronaves. La clase de zona en cuestión se indica mediante la letra D para peligrosa, P para prohibida, R para restringida, precedida por las letras de nacionalidad.

Cada zona se numera y se usa una serie única de números para todas las zonas independiente de su tipo, a fin de asegurar que nunca se duplique el número.

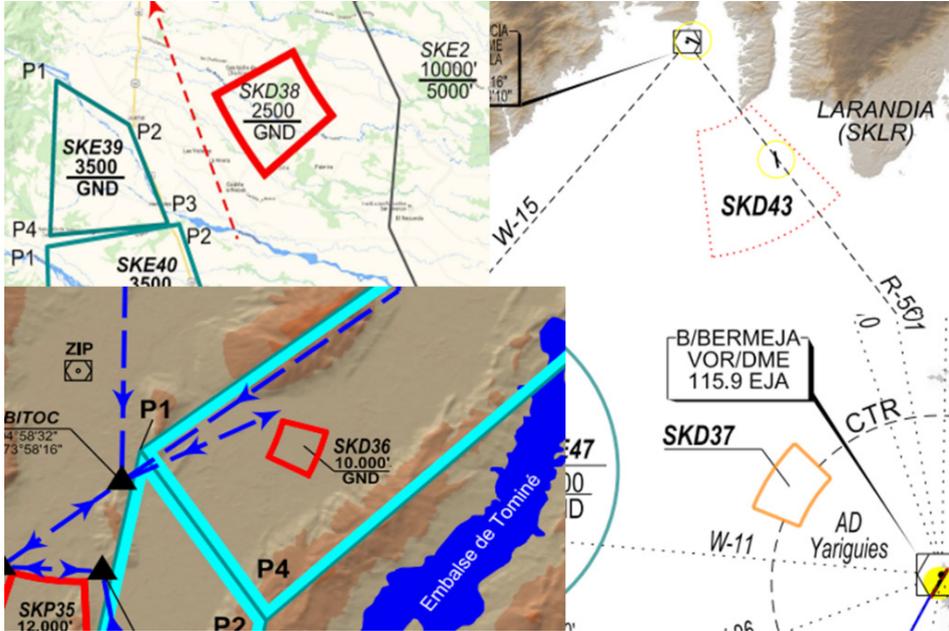
Zona Peligrosa

Esta clase de zona se designa mediante la letra D, ejemplo SKD, esta designación se utiliza únicamente cuando la actividad en esa zona es de una naturaleza que requiere que las aeronaves no participantes tengan



conocimiento de él. Es obligatorio exponer la razón que motiva esta restricción, de esta manera, es discreción del piloto asumir el riesgo sin generar consecuencias graves para el vuelo (ver Figura 24).

Figura 24. Zonas peligrosas en las cartas de navegación



Nota. Las zonas peligrosas D38 – D43 – D37 – D36 (No usar para navegación). Fuente: AIP Colombia

Existen 5 zonas peligrosas en Colombia (ver Tabla 4):

- SKD36 CHIA
- SKD37 BARRANCABERMEJA
- SKD38 VILLAVICENCIO
- SKD41 MANIZALES
- SKD43 FLORENCIA



Tabla 4. Zonas peligrosas en Colombia

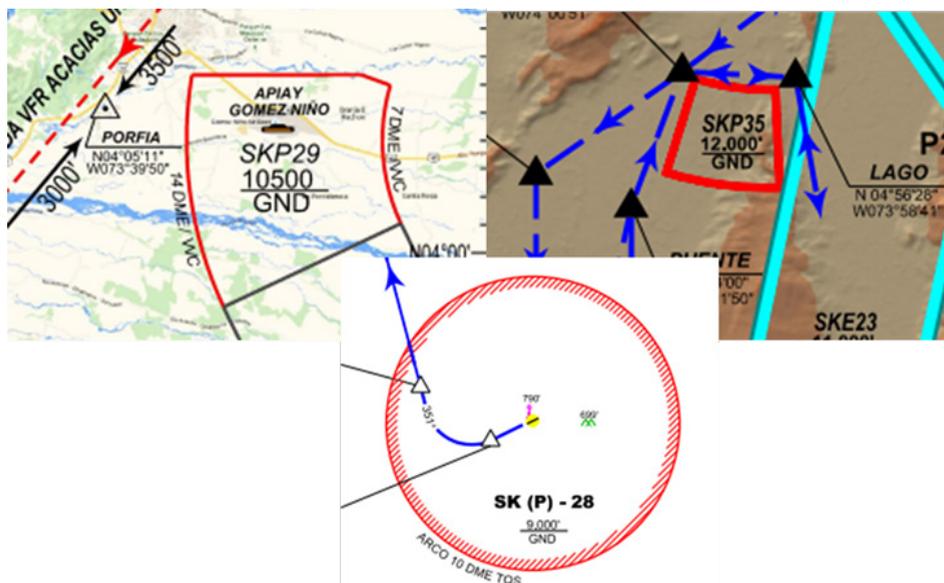
ZONA PELIGROSAS		
IDENTIFICACION- NOMBRE	LIMITE SUPERIOR/ INFERIOR	CARACTERISTICAS
SKD36 CHÍA	10.000 FT/GND	Área no apta para el vuelo de aeronaves por emisión de gases tóxicos e inflamables con posible riesgo de explosión.
SKD37 BARRANCABERMEJA	4.500 FT/ GND	
SKD38 VILLAVICENCIO	2.500 FT/ GND	
SKD41 MANIZALES	20.000 FT/ GND	zona de actividad volcánica
SKD43 FLORENCIA	6.500 FT/ GND	zona de entrenamiento de polígono de mortero

Fuente: Adaptado de UAEAC, 2020.

Zona Prohibida

Es un área definida, permanente controlada y donde el uso del espacio aéreo por aeronaves es totalmente vedado. Se establecen en instalaciones estatales importantes, complejos industriales o alguna dependencia donde se vea afectada la seguridad nacional. La aeronave que requiera ingresar a este tipo de espacio aéreo deberá pedir previa autorización al Comando de la Fuerza Aérea Colombiana (COFAC) (ver Figura 25).

Figura 25. Zonas prohibidas en las cartas de navegación



Nota. Zonas prohibidas P29 – P35 – P28 (No usar para navegación).

Fuente: AIP Colombia



En Colombia existen 6 zonas prohibidas (ver Tabla 5):

- SKP28 TRES EQUINAS
- SKP29 APIAY
- SPK30 TOLEMAIDA
- SKP31 PALANQUERO
- SKP32 GUABITO
- SKP35 CHIA

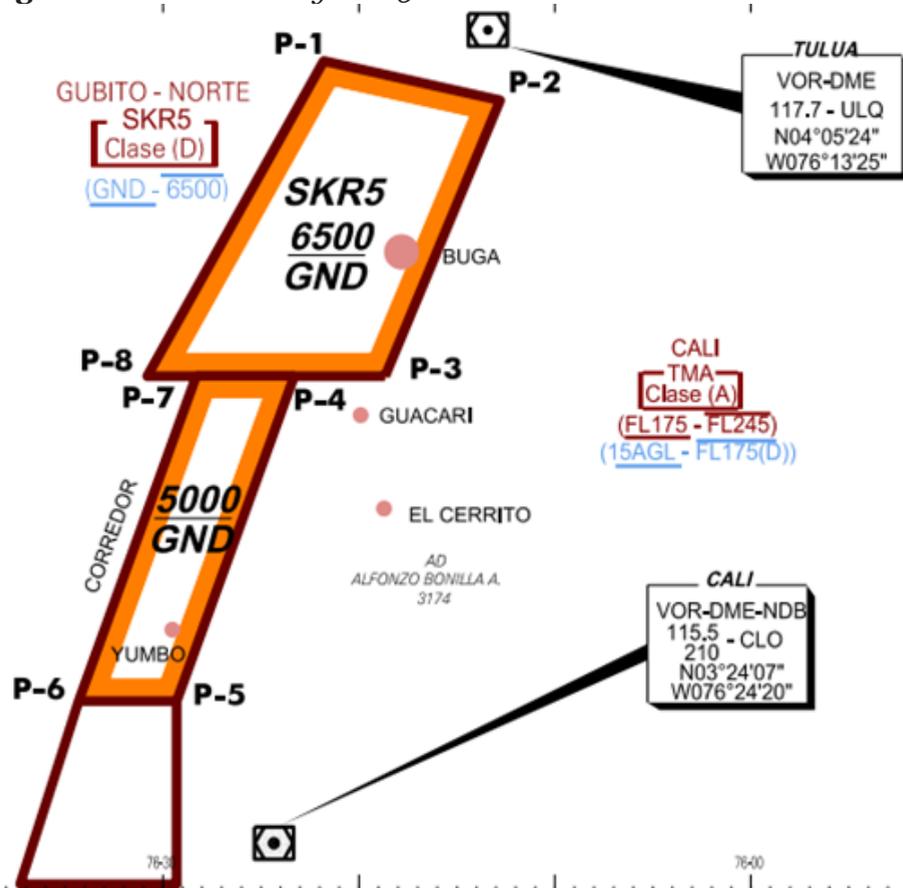
Tabla 5. *Zonas Prohibidas en Colombia*

ZONAS PROHIBIDAS		
IDENTIFICACIÓN - NOMBRE	LÍMITES SUPERIOR / INFERIOR	CARACTERÍSTICAS
SKP28 TRES ESQUINAS	9000 FT / GND	
SKP29 APIAY	10500 FT / GND	Zona militar de defensa nacional, espacio aéreo administrado por la FAC, con alto riesgo de interceptación en caso de penetración inadvertida
SKP30 TOLEMAIDA	8500 FT / GND	
SKP31 PALANQUERO	14000 FT / GND	
SKP32 GUABITO	8000 FT / GND	
SKP35 CHIA	12000 FT / GND	

Fuente: Adaptado de UAEAC, 2020.

Zona restringida

Figura 26. Zona restringida R5



Fuente: Adaptado de UAEAC, 2020.

Normalmente se establecen cuando el riesgo que se genera por las actividades realizadas es tal que no es posible dejar a criterio del piloto la decisión de exponerse o no. En muchos casos, como las actividades que implican un riesgo no son permanentes, estas zonas tienen un horario que es pertinente consultar.

Es un espacio aéreo controlado permanentemente por dependencias de control militar en cual no está prohibido totalmente el vuelo de aeronaves civiles siempre y cuando cumpla con determinadas condiciones. Así, la

prohibición del vuelo, excepto a ciertas horas especificadas, lleva a la designación del espacio aéreo como ZONA RESTRINGIDA, en la misma forma que lo sería en ciertas condiciones meteorológicas (ver Figura 26).

Colombia cuenta con 25 zonas restringidas (ver Tabla 6):

- SKR1 BARRANQUILLA
- SKR5 GUABITO NORTE
- SKR5 GUABITO NORTE-CORREDOR
- SKR5 GUABITO SUR
- SKR6 LA MACARENA
- SKR7 VILLAVICENCIO
- SKR8 RIOHACHA
- SKR9 MELGAR
- SKR10 PALANQUERO
- SKR11 BARRANQUILLA
- SKR12 APIAY/ VILLAVICENCIO
- SKR16 COVEÑAS
- SKR17 CARTAGENA
- SKR18 JUAN CHACO
- SKR19 MEDELLÍN
- SKR23 BARRANQUILLA
- SKR24 BARRANQUILLA
- SKR25 MATUNTUGO
- SKR26 MARANDUA
- SKR27 TRES ESQUINAS
- SKR33 TUNJA
- SKR39 GIRARDOT
- SKR40 BOGOTÁ
- SKR44 AMAZONIA PARQUES NACIONALES
- SKR45 CUNDINAMARCA
-

Tabla 6. Zonas Restringidas en Colombia

ZONAS RESTRINGIDAS	
IDENTIFICACION- NOMBRE	LIMITE SUPERIOR/ INFERIOR
SKR1 BARRANQUILLA	3.500 FT/ 500 FT
SKR5 GUABITO NORTE	6.500 FT/ GND
SKR5 GUABITO NORTE- CORREDOR	5.000 FT/ GND
SKR5 GUABITO SUR	8.000 FT/ GND



SKR6 LA MACARENA	17.500 FT/ GND
SKR7 VILLAVICENCIO	FL-190/ 9.000 FT
SKR8 RIOACHA	7.000 FT/ GND
SKR9 MELGAR	11.500 FT/ GND
SKR10 PALANQUERO	UNL/ GND
SKR11 BARRANQUILLA	FL-190/ 9.000 FT
SKR12 APY/ VILLAVICENCIO	17.500 FT/ 10.500 FT
SKR16 COVENAS	4.500 FT/ GND
SKR17 CARTAGENA	2.000 FT/ GND
SKR18 JUAN CHACO	5.500 FT/ GND
SKR19 MEDELLIN	7.500 FT/ GND
SKR23 BARRANQUILLA	18.000 FT/ 5.000 FT
SKR24 BARRANQUILLA	18.000 FT/ 10.000 FT
SKR25 MATUNTUGI	5.000 FT/ GND
SKR26 MARANDUA	12.000 FT/GND
SKR27 TRES ESQUINAS	9.000 FT/ GND
SKR33 TUNJA	13.000 FT/ GND
SKR39 GIRARDOT	2.500 FT/ GND
SKR40 BOGOTA	18.500/ GND
SKR44 AMAZONIA PARQUES NACIONALES	8.500 FT/ GND
SLR45 CUNDINAMARCA	1.000 FT/ GND

Fuente: Adaptado de UAEAC, 2020.

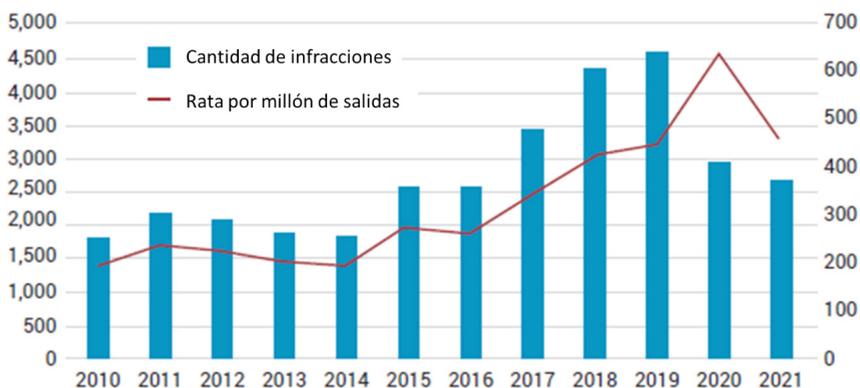
INFRACCIONES EN EL ESPACIO AÉREO

Una infracción en el espacio aéreo es también referida como penetración no autorizada, y es un riesgo operacional muy grande, estas suceden cuando una aeronave sin solicitar y obtener la previa autorización de la jurisdicción de control penetra determinada aérea en la que requiere una autorización especial, o ingresa al espacio aéreo en condiciones distintas a las que estaban en la autorización (skybrary,2020, parr. 1).

Este no es un tema nuevo, al hablar de infracciones en el espacio aéreo se deduce todo lo contrario, su tendencia va en aumento y es preocupante cada vez más, estas pueden ocurrir varias veces al día en espacios aéreos ocupados y sin una rápida acción por parte de pilotos y controladores

aéreos pueden llegar a ocasionar, interrupciones en las operaciones de vuelo, la pérdida de la separación o incluso una colisión en el aire. En Europa según el análisis estadístico muestra en el periodo de 2010-2021 el número de incidentes notificados presentó un aumento considerable y entre los años 2018 con cerca de 4000 ocurrencias y el 2019 con más de 4000 de estas (ver Figura 27). Sin embargo, en los años 2020 y 2021 el número de infracciones tiene una reducción importante y ubicándose entre 2500 y 3000, lógicamente esto es efecto de la pandemia de COVID-19, pero lo que llama la atención es que rata de infracciones por millón de salidas aumenta drásticamente en ese mismo periodo, lo que da a indicar que la tendencia a cometer infracciones respecto al espacio aéreo continuó en aumento pese a la disminución de vuelos. Evidenciando un problema que está lejos de solucionarse y se debe atender de manera inmediata.

Figura 27. Estadística de infracciones al espacio aéreo 2010-2021 – EUROCONTROL

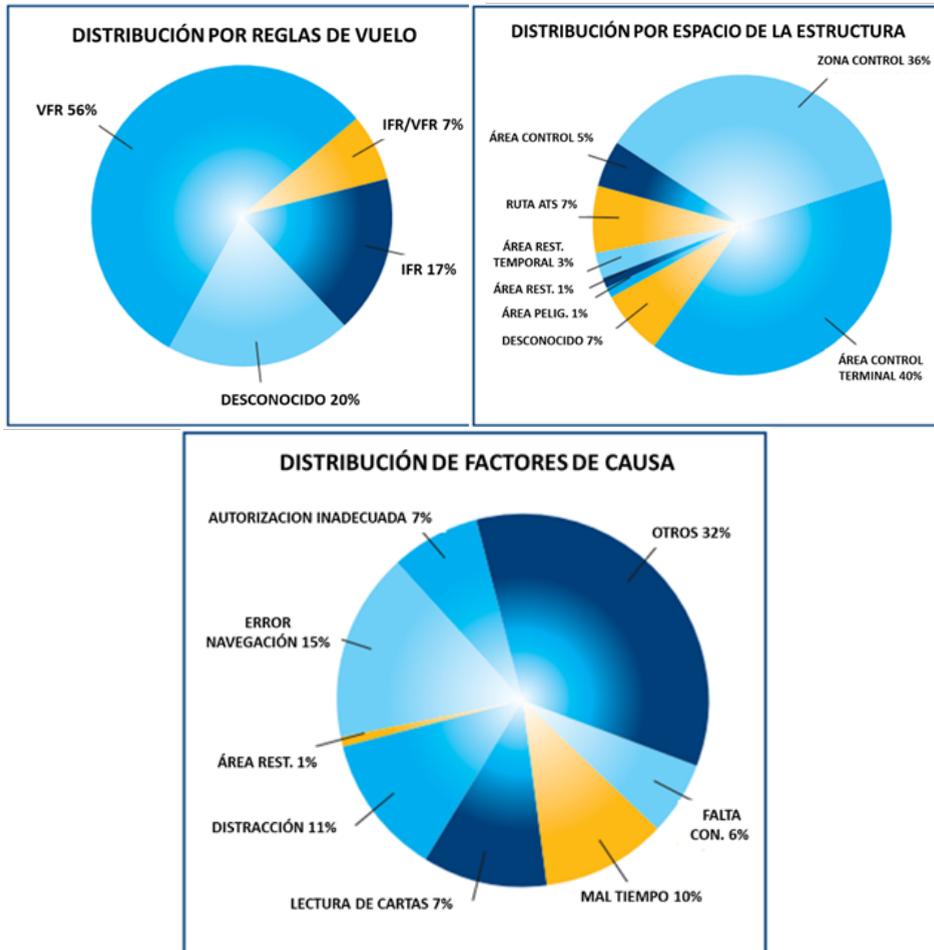


Fuente: Adaptado de EUROCONTROL, 2022.

Existen muchos factores que contribuyen a cometer una infracción en el espacio aéreo, una cadena de sucesos que conlleva al piloto a cometer una seria facultad de errores, sin embargo, según un estudio de EUROCONTROL entre 2005 y 2006 (ver Figura 28), resaltó, el error de navegación con un 15 %, mala información previa al vuelo y la mala comunicación, que reúnen un 14 % y la pérdida de conciencia situacional o distracción con 11 %. Así mismo, no es exclusivo del vuelo por instrumentos, se hace más evidente bajo reglas de vuelo visual, con 56 % de los casos y en toda la estructura del espacio aéreo.



Figura 28. Distribución de infracciones al espacio aéreo - EUROCONTROL (2005-2006)



Nota. Observese que bajo reglas VFR es más frecuente que se cometa una infracción al espacio aéreo. Igualmente, en el TMA. Y error en la navegación es la causa más frecuente. Inf. El ítem FALTA CON. Hace referencia a falta de conocimiento del espacio aéreo.

Fuente: Adaptado de EUROCONTROL, 2010.

Infracción del Espacio Aéreo e Información

La información previa al vuelo juega un papel muy importante a la hora de hablar de infracciones en el espacio aéreo debido a que es uno de los ítems que más genera estos tipos de incidentes, según Skybrary; que es un repositorio electrónico de conocimiento de seguridad relacionada con las operaciones de vuelo, la falta de conciencia sobre la presencia de espacios aéreos controlados e incluso áreas peligrosas, restringidas o prohibidas, se dan por no prestar la correcta atención a las instrucciones previas al vuelo o por navegaciones inexactas ligadas a condiciones meteorológicas cambiantes.

Insuficiente planeación de vuelo/preparación

No todos los pilotos hacen una debida preparación en el vuelo, es necesario realizar la verificación de la ruta, clima y de las estructuras del espacio aéreo, debido a que se pueden presentar problemas inesperados que lleguen a ser adversos y, una pobre o negligente preparación del vuelo, hace las cosas más críticas. Es importante tener dudas, debido a que obliga a buscar información, lo cual produce una mejor planificación del vuelo por parte de los pilotos. Otro aspecto a tener en cuenta, son los avances tecnológicos con los que hoy se cuenta como el GPS, los pilotos muestran confianza y abandonan la buena práctica de la estructuración y planeamiento de la navegación.

Siempre tome unos minutos para el planeamiento del vuelo y estructure un plan de navegación ordenado y metódico, esto no solo le permite generar una imagen mental de su ruta, también es un soporte en caso de fallo de la tecnología.

Dificultad para entender o leer NOTAM's

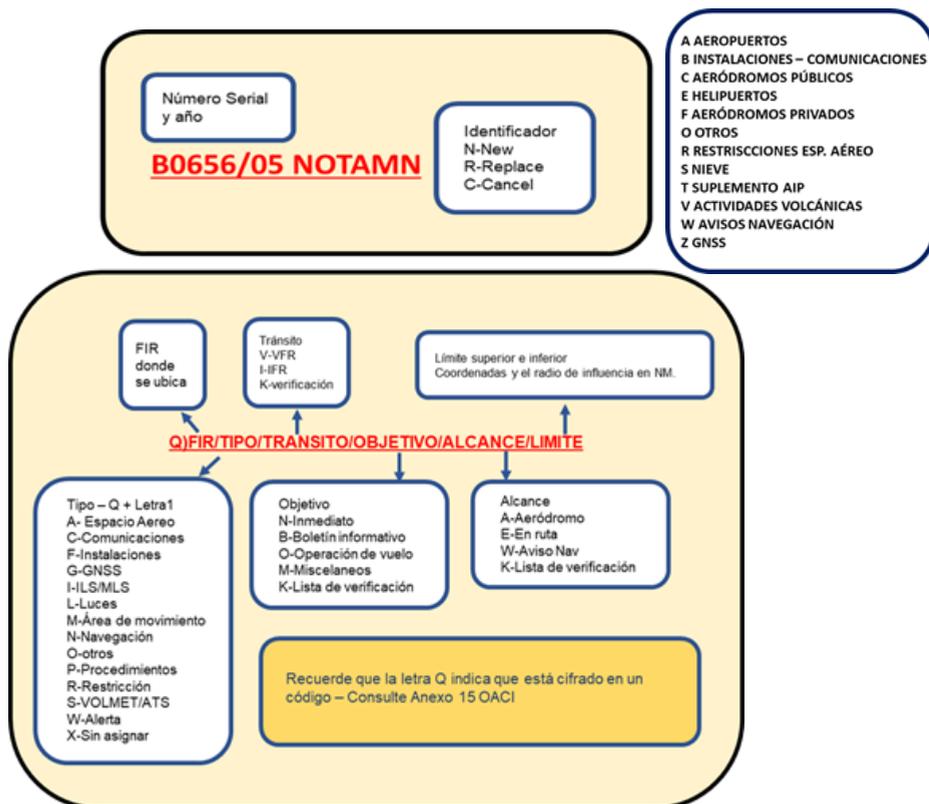
En 2007, EUROCONTROL lideró un análisis de riesgo de infracciones en el espacio aéreo. Para ello, entrevistó a pilotos de aviación general de todos los países de la comunidad europea. En su totalidad expresaron que existe exceso de abreviaturas para leer NOTAM's, esto hace que sean, en muchos casos, no sean tenidos en cuenta para los vuelos VFR pasando por alto información esencial en la preparación del vuelo. (EUROCONTROL, 2007) Recuerde que estos contienen información de carácter temporal y de corta duración, o información permanente que afecte la seguridad operacional y que no se tuvo tiempo necesario para su divulgación, por ejemplo, un cambio en la estructura del espacio aéreo.

Conozca la estructura del NOTAM (ver Figura 29). Como primera medida encontrará el tipo de NOTAM, nuevo, remplazo, etc. Y el numero consecutivo del mismo. Seguidamente el filtro, donde se especifica los tráficos para los que aplica, la región de información de vuelo FIR donde tiene aplicabilidad, el alcance y demás información que podrá consultar en la Figura 29.

En las Tablas 7 y 8 encontrará los códigos para interpretar el tipo de NOTAM, empezando por la letra Q, que denota el uso de un código (NOTAM code), seguido de las letras 2 y 3 que informan el motivo por el que se publica el mismo. Finalmente, la cuarta y quinta letra identifican el estado, de manera que, por ejemplo, QNBAS, significa que el NOTAM es (N) sobre instalaciones y servicios de navegación, (B) hace referencia a un radiofaro no direccional (ver Tabla 7), y (AS) representa que se encuentra fuera de servicio (ver Tabla 8).

ESTRUCTURA GENERAL DEL NOTAM

Figura 29. Estructura del NOTAM



Capítulo 2.
Espacio Aéreo

A) APLICABILIDAD

B) VALIDO DESDE

C) VALIDO HASTA

D) CICLO DE REPETICION NOTAM

E) CONTENIDO DEL MENSAJE

Indicador OACI del lugar donde tiene aplicación el NOTAM

En el documento 84000 de la OACI encuentra las abreviaturas usadas en el mensaje

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 7. Claves letras 2-3 NOTAM

Ejemplo: Q representa que está cifrado - NB (Navegación - Radio faro no direccional) - AS (No utilizable)

Q) SKED/QNBAS/IV/NBO /AE / 000/999/0434N07258W

CLAVES 2-3
LETRA TIPO
DE MOTAM
PANS-OP
(ABC)

INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN (L)		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
LA	Sistema de iluminación de aproximación (especificar pista y tipo)	als
LB	Faro de aeródromo	abn
LC	Luces de eje de pista (especificar pista)	rcil
LD	Luces indicadoras de la dirección del aterrizaje	ldi lgt
LE	Luces de borde de pista (especificar pista)	redl
LF	Luces de destellos en orden consecutivo (especificar pista)	sequenced flg lgt
LH	Luces de pista de alta intensidad (especificar pista)	high intst rwy lgt
LI	Luces identificadoras de extremo de pista (especificar pista)	rwy end id lgt
LJ	Luces indicadoras de alineación con la pista (especificar pista)	rai lgt
LK	Componentes de la Categoría II del sistema de iluminación de aproximación (especificar pista) cat II components	cat II components als
LL	Luces de pista de baja intensidad (especificar pista)	low intst rwy lgt
LM	Luces de pista de intensidad mediana (especificar pista)	medium intst rwy lgt
LP	LP Indicador de trayectoria de aproximación de precisión (especificar pista)	papi
LR	Todas las instalaciones de iluminación del área de aterrizaje	ldg area lgt fac
LS	Luces de zona de parada (especificar pista)	stwl
LT	Luces de umbral (especificar pista)	thr lgt
LU	LU Indicador de trayectoria de aproximación de helicóptero hapi	hapi
LV	LV Sistema visual indicador de pendiente de aproximación (especificar tipo y pista)	vasis
LW	Iluminación de helipuerto heliport	heliport lgt
LX	Luces de eje de calle de rodaje (especificar calle de rodaje)	twy cl lgt
LY	Luces de borde de calle de rodaje (especificar calle de rodaje)	twy edge lgt
LZ	Luces de zona de toma de contacto de la pista (especificar pista)	rtzl

<i>INSTALACIONES Y SERVICIOS (F)</i>		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
FA	Aeródromo	ad
FB	Dispositivo de medición del rozamiento (especificar tipo)	friction measuring device
FC	Equipo de medición de techo	ceiling measurement eqpt
FD	Sistema de atraque (especificar AGNIS, BOLDS, etc.)	dckg system
FE	Oxígeno (especificar tipo)	oxygen
FF	Extinción de incendio y salvamento	fire and rescue
FG	Control de movimiento en tierra	gnd mov ctl
FH	Zona/plataforma de aterrizaje de helicóptero	hel alighting area
FJ	Aceites (especificar tipo)	oil
FL	Indicador de la dirección de aterrizaje	ldi
FM	Servicio meteorológico (especificar tipo)	met
FO	Equipo de dispersión de niebla	fg dispersal
FP	Helipuerto	heliport
FS	Equipo de remoción de la nieve	sn removal eqpt
FT	Transmisómetro (especificar pista y, cuando corresponda, indicativo o indicativos)	transmissometer
FU	Disponibilidad de combustible	fuel avbl
FW	Indicador de la dirección del viento	wdi
FZ	Aduana	cus

<i>ÁREA DE MOVIMIENTO Y ATERRIZAJE (M)</i>		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
MA	Área de movimiento	mov area
MB	Carga admisible (especificar parte del área de aterrizaje o del área de movimiento)	bearing strength
MC	Zona libre de obstáculos (especificar pista)	cwy
MD	Distancias declaradas (especificar pista)	declared dist
MG	Sistema de guía de rodaje	tgs
MH	Dispositivo de parada en la pista (especificar pista)	rag
MK	Zona de estacionamiento	prkg area
MM	Balizaje diurno (especificar umbral, eje, etc.)	day markings
MN	Plataforma	apron
MP	Puestos de estacionamiento de aeronave (especificar)	acft stand
MR	Pista (especificar pista)	rwy
MS	Zona de parada (especificar pista)	swy
MT	Umbral (especificar pista)	thr
MU	Apartadero de viraje de pista (especificar pista)	rwy tuming bay
MW	Franja (especificar pista)	strip
MX	Calle o calles de rodaje (especificar)	twy



Capítulo 2.
Espacio Aéreo

<i>SERVICIOS DE TRÁNSITO AÉREO Y VOLMET (S)</i>		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
SA	Servicio automático de información terminal	atis
SB	Oficina de notificación ATS	aro
SC	Centro de control de área	acc
SE	Servicio de información de vuelo	fis
SF	Servicio de información de vuelo de aeródromo	afis
SL	Centro de control de afluencia	flow ctl centre
SO	Centro de control de área oceánica	oac
SP	Servicio de control de aproximación	app
SS	Estación de servicio de vuelo	fss
ST	Torre de control de aeródromo	twr
SU	Centro de control de área superior	uac
SV	Radiodifusión VOLMET	volmet
SY	Servicio de asesoramiento de área superior (especificar)	upper advisory ser

<i>OTROS (O)</i>		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
OA	Servicio de información aeronáutica	ais
OB	Obstáculos (especificar detalles)	obst
OE	Requisitos para la entrada de aeronaves	acft entry rqmnts
OL	Luces de obstáculos en . . . (especificar)	obst lgt
OR	Centro de coordinación de salvamento	rcc

<i>GESTIÓN DEL ESPACIO AÉREO (A)</i>		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
AA	Altitud mínima (especificar en ruta/en la vertical/segura)	mnm alt
AC	Zona de control	ctr
AD	Zona de identificación de defensa aérea	adiz
AE	Área de control	cta
AF	Región de información de vuelo	fir
AH	Área superior de control	uta
AL	Nivel de vuelo mínimo utilizable	mnm usable fl
AN	Ruta de navegación de área	rnav rte
AO	Área oceánica de control	oca
AP	Punto de notificación (especificar nombre o designador cifrado)	rep
AR	Ruta ATS (especificar)	ats rte
AT	Área de control terminal	tma
AU	Región superior de información de vuelo	uir
AV	Área superior con servicio de asesoramiento	uda
AX	Intersección	int
AZ	Zona de tránsito de aeródromo	atz



PROCEDIMIENTOS DE TRÁNSITO AÉREO (P)		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
PA	Llegada normalizada por instrumentos (especificar desigandor de ruta)	star
PB	Llegada normalizada VFR	std vfr arr
PC	Procedimientos de contingencia	contingency proc
PD	Salida normalizada por instrumentos (especificar desigandor de ruta)	sid
PE	Salida normalizada VFR	std vfr dep
PF	Procedimiento de control de afluencia	flow ctl proc
PH	Procedimiento de espera	hldg proc
PI	Procedimiento de aproximación por instrumentos (especificar tipo y pista)	inst apch proc
PK	Procedimiento de aproximación VFR	vfr apch proc
PL	Límita de franqueamiento de obstáculos	ocl
PM	Mínimo de utilización de aeródromo (especificar procedimiento y mínimo enmendado)	ad opr mnm
PO	Altitud de franqueamiento de obstáculos (especificar procedimiento)	oca
PP	Altura de franqueamiento de obstáculos (especificar procedimiento)	och
PR	Procedimiento de falla de radio	rdo failure proc
PT	Altitud de transición	ta
PU	Procedimiento de aproximación frustrada (especificar pista)	missed apch proc
PX	Altitud mínima de espera (especificar punto de referencia)	mnm hldg alt
PZ	Procedimiento ADIZ	adiz proc

OPERACIONES GNSS (G)		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
GA	Operaciones GNSS específicas del aeródromo (especificar operación)	gnss aeródromo
GW	Operaciones GNSS de la zona en general (especificar operación)	gnss zona

RESTRICCIONES AL ESPACIO AÉREO (R)		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
RA	Reserva de espacio aéreo (especificar)	airspace reservation
RD	Zona peligrosa (especificar prefijo nacional y número)	d
RM	Área de operaciones militares	moa
RO	Sobrevuelo de . . . (especificar)	overflying
RP	Zona prohibida (especificar prefijo nacional y número)	p
RR	Zona restringida (especificar prefijo nacional y número)	r
RT	Zona restringida temporalmente (especificar zona)	tempo restricted area



Capítulo 2.
Espacio Aéreo

<i>COMUNICACIONES Y VIGILANCIA (C)</i>		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
CA	Instalaciones aeroterrestres (especificar servicio y frecuencia)	a/g fac
CB	Vigilancia dependiente automática — radiodifusión (detalles)	ads-b
CC	Vigilancia dependiente automática — contrato (detalles)	ads-c
CD	Comunicaciones por enlace de datos controlador-piloto (detalles)	cpdlc
CE	Radar de vigilancia en ruta	rsr
CG	Sistema de aproximación dirigida desde tierra	gca
CL	Sistema selectivo de llamada	selcal
CM	Radar de movimiento en la superficie	smr
CP	Radar de aproximación de precisión (especificar pista)	par
CR	Elemento radar de vigilancia del sistema radar de aproximación de precisión (especificar longitud de onda)	sre
CS	Radar secundario de vigilancia	ssr
CT	Radar de vigilancia de área terminal	tar

<i>SISTEMA DE ATERRIZAJE POR INSTRUMENTOS Y MICROONDAS (I)</i>		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
IC	Sistema de aterrizaje por instrumentos (especificar pista)	ils
ID	DME correspondiente al ILS	ils dme
IG	Trayectoria de planeo (ILS) (especificar pista)	ils gp
II	Radiobaliza interior (ILS) (especificar pista)	ils im
IL	Localizador (ILS) (especificar pista)	ils llz
IM	Radiobaliza intermedia (ILS) (especificar pista)	ils mm
IN	Localizador (no asociado con un ILS)	llz
IO	Radiobaliza exterior (ILS) (especificar pista)	ils om
IS	ILS Categoría I (especificar pista)	ils cat I
IT	ILS Categoría II (especificar pista)	ils cat II
IU	ILS Categoría III (especificar pista)	ils cat III
IW	Sistema de aterrizaje por microondas (especificar pista)	mls
IX	Radiofaro de localización exterior (ILS) (especificar pista)	ils lo
IY	Radiofaro de localización intermedio (ILS) (especificar pista)	ils lm



Conocimientos aeronáuticos para el Piloto Militar.
Instructivo de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez" - Volumen I

<i>AVISOS (W)</i>		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
WA	Exposición aérea	air display
WB	Vuelos acrobáticos	aerobatics
WC	Globo cautivo o cometa	captive balloon/kite
WD	Demolición de explosivos	demolition of explosives
WE	Ejercicios (especificar)	exer
WF	Reabastecimiento aéreo	air refuelling
WG	Vuelo de planeadores	gld fly
WH	etonaciones	blasting
WJ	Remolque de banderolas/blancos banner/	target towing
WL	Ascenso de globo libre	ascent of free balloon
WM	Disparo de proyectiles, ejercicios de tiro o lanzamiento de cohetes	missile/gun/rocket frng
WP	Ejercicio de lanzamiento de paracaídas	pje
WR	Materiales radiactivos o sustancias químicas tóxicas (especificar)	radioactive materials/toxic chemicals
WS	Incendio o escape de gases	burning/blowing gas
WT	Movimiento masivo de aeronaves	mass mov of acft
WT	Movimiento masivo de aeronaves	mass mov of acft
WV	Vuelo en formación	formation flt
WW	Actividad volcánica importante	significant volcanic act
WZ	Vuelo de modelos	model fly

<i>INSTALACIONES Y SERVICIOS DE TERMINAL Y NAVEGACIÓN EN RUTA (N)</i>		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
NA	Todas las instalaciones de radionavegación (excepto . . .)	all rdo nav fac
NB	Radiofaro no direccional	ndb
NC	DECCA	decca
ND	Equipo radiotelemétrico	dme
NF	Radiobaliza tipo de abanico	mkr
NL	Radiofaro de localización (especificar identificación)	l
NM	VOR/DME	vor/dme
NN	TACAN	tacan
NO	OMEGA	omega
NT	VORTAC	vortac
NV	VOR	vor
NX	Estación radiogoniométrica (especificar tipo y frecuencia)	df

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Capítulo 2.
Espacio Aéreo

Tabla 8. Claves letras 4-5 NOTAM. CLAVES 4-5 LETRA TIPO DE NOTAM PANS OPS (ABC)

CONDICIONES DE PELIGRO (H)		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
HA	La eficacia del frenado es . . .	ba is
	1) deficiente	
	2) mediana/deficiente	
	3) mediana	
	4) mediana/buena	
5) buena		
HB	El coeficiente de rozamiento es . . . (especificar el dispositivo del rozamiento utilizado)	friction coefficient is
HC	Cubierta por una capa de nieve compacta de un espesor de	cov compacted sn depth
HD	Cubierta de nieve seca de un espesor de	cov dry sn depth
HE	Cubierta de agua de . . . profundidad	cov water depth
HF	Completamente libre de nieve y hielo	free of sn and ice
HG	Se está cortando el césped	grass cutting inpr
HH	Peligro debido a (especificar)	hazard due
HI	Cubierta de hielo	cov ice
HJ	Lanzamiento proyectado [especificar característica de identificación del vuelo del globo o nombre clave del proyecto, lugar de lanzamiento, período proyectado para el o los lanzamientos fecha/hora, dirección de ascenso prevista, hora prevista en que pasará los 18 000 m (60 000 ft) o alcanzará el nivel de crucero si es de 18 000 m (60 000 ft), o inferior a esta cifra, si es de 18 000 m (60 000 ft), o inferior a esta cifra, así como el punto previsto en que esto sucederá]	launch plan
HK	Migración de aves en curso (especificar el sentido)	bird migration inpr
HL	Se terminó de quitar la nieve	sn clr cmpl
HM	Balizado por	marked by
HN	Cubierta de nieve mojada o fundente de un espesor de	cov wet sn/slush depth
HO	Disimulado/a por la nieve	obscured by sn
HP	Se está quitando la nieve	sn clr inpr
HQ	Operación cancelada . . . (especificar característica de identificación del vuelo del globo o nombre clave del proyecto)	opr cnl
HR	Agua estancada	water
HS	Se está enarenando	sanding inpr
HT	Aproximación de acuerdo con el área de señales únicamente	apch according signal
HU	Lanzamiento en marcha . . . [especificar características de identificación del vuelo del globo o nombre clave del proyecto, lugar de lanzamiento, fecha/hora del o de los lanzamientos, hora prevista en que pasará los 18 000 m (60 000 ft) o alcanzará el nivel de crucero si está a 18 000 m (60 000 ft) o por debajo de este nivel, junto con el punto previsto en que sucederá esto, echa/hora prevista de terminación de vuelo, lugar proyectado en el que tocará tierra, si corresponde]	launch inpr
HV	Se ha terminado el trabajo	work cmpl
HW	Prosiguen los trabajos	wip
HX	Concentración de aves	bird concentration
HY	Hay bancos de nieve (especificar altura)	sn banks hgt
HZ	Cubierto por surcos o crestas helados	cov frozen ruts and ridges



Conocimientos aeronáuticos para el Piloto Militar.
Instructivo de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez" - Volumen I

<i>DISPONIBILIDAD (A)</i>		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
AC	Retirado para mantenimiento	withdrawn maint
AD	Disponible para operaciones diurnas	avbl day ops
AF	Comprobado en vuelo y considerado digno de confianza	fltck okay
AG	Utilizable, pero se ha comprobado solamente en tierra, se espera comprobación en vuelo	opr but gnd ck only, awaiting fltck
AH	Las horas de servicio son ahora de . . . a . . . (especificar)	hr ser
AK	Reanudada la operación normal	okay
AL	Funcionando (o de nuevo funcionando) a reserva de limitaciones/condiciones anteriormente publicadas	opr subj previous cond
AM	Únicamente operaciones militares	mil ops only
AN	Disponible para operaciones nocturnas	nocturnas avbl ngts ops
AO	Operaciona	opr
AP	Disponible, se necesita un permiso previo	avbl, ppr
AR	Disponible a solicitud	avbl o/r
AS	No utilizable	u/s
AU	No está disponible (especificar razones, si corresponde)	not avbl
AW	Totalmente retirado	withdrawn
AX	Se ha cancelado el cierre previamente anunciado	promulgated shutdown cnl

<i>CAMBIOS (C)</i>		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
CA	En actividad	act
CC	Completado	cmpl
CC	Cese de actividades	deactivated
CC	Montado	erected
CC	La o las frecuencias de utilización han sido cambiadas a	a aopr freq changed to
CC	Se redujo a	downgraded to
CC	Cambiado	changed
CC	Identificación o distintivo de llamada de radio cambiadas a	ident/rdo call sign changed to
CC	Realineado	realigned
CC	Desplazado	displaced
CC	Cancelado	cnl
CC	En funcionamiento	opr
CC	Funciona a potencia reducida	opr reduced pwr
CC	Reemplazado temporalmente por	tempo rplc by
CC	Instalado	instl
CC	En prueba, no utilizar	on test, do not use

<i>OTROS (XX)</i>		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
XX	Lenguaje claro	



Capítulo 2.
Espacio Aéreo

<i>CAMBIOS (C)</i>		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
CA	En actividad	act
CC	Completado	cmpl
CC	Cese de actividades	deactivated
CC	Montado	erected
CC	La o las frecuencias de utilización han sido cambiadas a	a aopr freq changed to
CC	Se redujo a	downgraded to
CC	Cambiado	changed
CC	Identificación o distintivo de llamada de radio cambiadas a	ident/rdo call sign changed to
CC	Realineado	realigned
CC	Desplazado	displaced
CC	Cancelado	cnl
CC	En funcionamiento	opr
CC	Funciona a potencia reducida	opr reduced pwr
CC	Reemplazado temporalmente por	tempo rplc by
CC	Instalado	instl
CC	En prueba, no utilizar	on test, do not use

<i>LIMITACIONES (L)</i>		
Clave	Significado	Fraseología abreviada uniforme
LA	Funciona con fuente secundaria de energía	opr aux pwr
LB	Reservado para aeronaves locales	reserved for acft based therein
LC	Cerrado	clsd
LD	Inseguro	unsafe
LE	Funciona sin fuente secundaria de energía	opr two aux pwr
LF	Interferencia causada por	interference fm
LG	Funciona sin identificación	opr two ident
LH	No pueden usarlo las aeronaves que pesen más de	u/s acft heavier than
LI	Cerrado para las operaciones IFR	clsd ifr ops
LK	Funciona como luz fija	opr as f lgtridges
LL	Puede usarse en una longitud de . . . y un ancho de . .	useable len . . /wid . . .
LN	Cerrado para toda clase de operaciones nocturnas	clsd to all ngt ops
LP	Prohibido	prohibited to
LR	Aeronaves restringidas a pistas y a calles de rodaje	acft restricted to rwy and twy
LS	Sujeto a interrupción	subj intrp
LT	Limitado a	ltd to
LV	Cerrado para operaciones VFR	clsd vfr ops
LW	Se realizará	will take place
LX	Utilizable, pero se aconseja precaución por causa de lo siguiente	opr but ctn advised due to

Fuente: Elaboración propia, 2022.

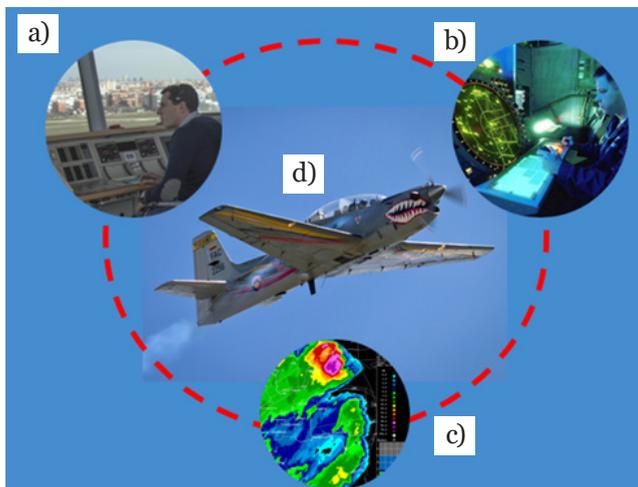


Uso de cartas desactualizadas

En muchas oportunidades, la información aeronáutica se encuentra disponible en portales de internet o en aplicaciones que generan un costo. En ocasiones, cuando no se cuenta con la conexión o algunos pilotos cancelan la suscripción; especialmente en la aviación general, el acceso a esta información se hace restringido. Si sospecha que va a estar en un lugar sin cobertura de internet, descargue del AIP en PDF o imprima las cartas o documentación que necesite para la seguridad del vuelo actualizada.

INFRACCIONES EN EL ESPACIO AÉREO Y COMUNICACIONES

Figura 30. Comunicaciones aeronáuticas y su interacción con la aeronave



Nota. Las comunicaciones permiten al piloto acceder a información importante del control de tránsito – ATC, vuelo y meteorológica, entre otros. En una interacción constante. a) *Torre de control.* Adaptado de Ferrovial Blog [Fotografía], por Manu Arenas, 2017, (<https://blog.ferrovial.com/es/2017/09/misterios-torre-de-control/>). b) *Pantallas de Radares 3D.* Adaptado de Webmar.com [Fotografía] por Mermar, 2011, (<https://www.webmar.com/archives/5177>). c) *Radar metereológico.* Adaptado de Wikipedia [Fotografía] por Environnement Canada, 2005. (https://es.wikipedia.org/wiki/Radar_meteorol%C3%B3gico#/media/Archivo:Radar-accumulations_eng.png). d) *T-27 Tucano Bastión del Poder Aéreo Nacional.* Adaptado de Revista Aeronáutica Fuerza Aérea Colombiana [Fotografía], por Fuerza Aérea Colombiana, 2020, <https://www.revistaaeronautica.mil.co/es/noticias/t-27-tucano-bastion-del-poder-aereo-nacional>



Una de las principales causas por la cual se llega a cometer una infracción en el espacio aéreo, es la falta de conocimiento e interpretación de las comunicaciones, especialmente a la hora de obtener autorizaciones para ingresar o cruzar por espacios aéreos controlados, o llegar a tener la autorización, pero no seguir los procedimientos dados para cruzar dicho espacio aéreo. Existen diversos factores que contribuyen con la complejidad del tema de comunicaciones, como lo es, congestión o saturación de frecuencias y la preocupación o falta de atención del piloto con otras tareas (Skybrary, 2020, párr. 3) (ver Figura 30).

Inadecuada comunicación, habilidades y disciplina

Un problema casual o factor muy común es cuando los pilotos no reciben información suficiente en entrenamiento de comunicaciones en aire-tierra. La combinación de la poca experiencia, ansiedad y estrés en el vuelo puede llevar fácilmente a una infracción en el espacio aéreo. Algunos pilotos reciben mejores entrenamientos simplemente teniendo la oportunidad de partir y aterrizar a través de un espacio aéreo controlado durante su entrenamiento inicial. Los pilotos que tienen un límite en las habilidades de comunicación son muy reacios para llamar al ATC.

INFRACCIONES EN EL ESPACIO AÉREO Y NAVEGACIÓN

La mala navegación es una de las situaciones en las que se puede ver inmerso un piloto para cometer una infracción en el espacio aéreo, lo cual conduce a ingresar a lugares no autorizados, peligrosos y prohibidos. Por lo general este tipo de situaciones ocurren debido a que los pilotos no están seguros de su posición, por la falta de experiencia en operar equipos GPS, por entrar en hábitos rutinarios y bajar la alerta situacional, por un mal clima e incluso por hacer uso de cartas de navegación desactualizadas (ver Figura 31).

Figura 31. *Espacios Aéreos*



Fuente: AOPA, 2017

Insuficiencia en las habilidades de navegación

Este problema se genera debido a la inexperiencia del piloto, donde no pueden usar de manera efectiva todas las herramientas suficientes durante su etapa de pre-vuelo. Además, existen tales cargas de trabajo que representan alto grado de dificultad, dando así que el piloto solo se enfoca en volar la aeronave y no en tener el tiempo para corregir su vuelo durante la navegación. Este problema es el más relevante para los pilotos que vuelan pocas horas en el año, además de ello el insuficiente entrenamiento sobre el uso del GPS podría llevar a una estimación incorrecta de la trayectoria. Recuerde que la habilidad en la navegación inicia en la planificación de esta.

Mal tiempo meteorológico

El tiempo es un problema que tiene gran importancia, vientos, visibilidad, tormentas, hielo entre otras. En particular son factores de crecimiento de estrés dentro de la cabina y contribuyen a cometer infracciones en el espacio aéreo.

Sobre carga de trabajo

Navegación, comunicación y trabajo con mal tiempo puede incrementar de manera repentina el nivel de presión en la cabina. Un factor que contribuye de manera directa en esta situación es un deficiente planeamiento de su vuelo. Tenga en cuenta que una planificación metódica de su ruta y vuelo en general, le permitirá gestionar las cargas de trabajo de manera más efectiva, haciéndolo, no solo más seguro, sino más eficiente en cabina.

Consecuencias de cometer Infracciones en el Espacio Aéreo

1. Cometer infracciones en el espacio aéreo desprende derivadas consecuencias, que afectan de manera negativa el mundo aeronáutico exponiendo un alto índice de inseguridad operacional y llevando a contribuir con la cadena de errores que desbordan en accidentes e incidentes, como resultado de lo anterior se destacan los siguientes:
2. Colisiones en el aire
3. Pérdidas de separación con respecto a otras aeronaves, que pueden provocar colisiones.
4. Interrupción de las operaciones aéreas, traducido a gastos y retrasos.
5. Aumento de la carga de trabajo tanto a pilotos como controladores generando distracciones.
6. También existen otras consecuencias con menos grados de ocurrencias entre las cuales se destacan:
7. Interrupción de actividades militares u otras actividades especiales
8. Exposición a los peligros militares, por ejemplo, radiación, disparos de armas o maniobras de aviones de alto rendimiento.
9. Prevención de Infracciones en el Espacio Aéreo en EMAVI

A continuación, se describe el área de responsabilidad que tiene la EMAVI y los métodos establecidos para el uso debido del espacio aéreo, haciendo énfasis en la prevención para evitar cometer infracciones en el espacio aéreo.

Área de responsabilidad y procedimientos de uso

Los servicios ATS son suministrados por el escuadrón de navegación aérea (ESNAE-715), dentro de las zonas restringidas, SKR5-SKE41-SKE42 SKP32 y el área del aeródromo, lo cual quiere decir que son

aéreas controladas, por ende los pilotos para entrar, operar y salir en dicho espacio aéreo deben establecer comunicación con la respectiva dependencia ATS correspondiente, a razón de tener las autorizaciones de control con el propósito de prevenir colisiones entre aeronaves, en el aérea de maniobras y orientar a las tripulaciones para operar de manera segura, aplicando las mínimas de separación horizontales y laterales de acuerdo a la reglamentación, en este caso la de la OACI como una de las referencias para la aviación de Estado. La clase de espacio aéreo para EMAVI es D permitiendo vuelos IFR y VFR (CACOM 7, 2019, p. GEN 3.1.9 – 1).

La efectividad de los servicios de control de tránsito aéreo en EMAVI se basa primordialmente en la precisión de los reportes de posición y altura suministrados por los pilotos. Sin embargo, el controlador debe llevar cálculos de estimados que ayuden a aumentar la alerta situacional y prevenir conflictos de tránsito aéreo, dar la adecuada separación, agilizar el movimiento de aeronaves y facilitar los servicios de alerta (Comando aéreo de combate 7, 2019, p. GEN 3.1.9 – 1).

Control de área

Este servicio es suministrado por una dependencia llamada Guabito control, cuenta con la frecuencia 129.0 y en él se prestan los servicios ATC, FIS y ALRS a todas las aeronaves que encuentre operando dentro del área SKR5, para mejorar su eficiencia se tiene una pantalla radar, pero no se presta el SERVICIO DE CONTROL RADAR esto con el propósito de minimizar los incidentes airprox y mejorar la seguridad operacional (Comando aéreo de combate 7, 2019, p. ENR 1.1 - 2).

Información previa al vuelo

La EMAVI cuenta con la oficina de información aeronáutica (OIA), la cual suministra información relativa a las condiciones meteorológicas como el METAR, SPECI, TAF, informes de tendencias a 3 horas y servicio de pronóstico a solicitud (DINAV), avisos a la navegación del aeródromo de destino, alternos, rutas o área de operación o cualquier dato de interés para planificar operaciones aéreas tales como NOTAM's, AIC's y suplementos AIP's, además de esto tiene disponible cartografía del aérea suroccidental del país (Comando aéreo de combate 7, 2019, p. ENR 1.1.5 – 2).



Figura 32. Logo del Sistema de Información Meteorológica de la Fuerza Aérea Colombiana – SIMFAC



Fuente: Simfac.mil.co (s.f.)

Sistema de Información Meteorológica de la Fuerza Aérea Colombiana – SIMFAC

El sistema de información meteorológica (SIMFAC) es un medio de difusión de los productos meteorológicos aplicados generados por la subdirección de meteorología aeronáutica, una plataforma creada para satisfacer las necesidades particulares de la Fuerza Pública y la Aviación de estado, en el conocimiento del estado pasado, actual o futuro de la atmósfera para el uso de la aviación de estado con desarrollo tecnológico de punta para satisfacer las necesidades de los usuarios haciendo de tal forma una capacidad distintiva de la FAC, maximizando de tal forma las oportunidades y minimicen los riesgos asociados al comportamiento atmosférico.

APP de navegación de la Fuerza Aérea Colombiana

Figura 33. Escudo de la Dirección de Navegación Aérea de la Fuerza Aérea Colombiana



Fuente: Simfac.mil.co (s.f.)



Con el fin de aprovisionar información aeronáutica y meteorológica, la APP de navegación de la FAC Es un derivado del término One Stop Shop Producto en el cual se integra la visualización del portal SIMFAC con el AIP Colombia y el AIP Aviación de estado, además de proporcionar información de cartas aeronáuticas con georreferenciación. Cumple con ser diseñado en un usuario amigable para manejar y proveer un fácil y pronto acceso que esté relacionada a cualquier información que el piloto pueda necesitar para su preparación.

Programa Mid Air Collision Avoidance – MACA

Figura 34 . *Mid Air Collision*



Fuente: indyrcsouth.org, 2007.

Un Mid Air Collision – MAC hace referencia a un accidente donde dos aeronaves entren en contacto entre sí, mientras se encuentran en vuelo. (Skybrary, s.f.) (ver Figura 34).

Desde luego que la velocidad de las aeronaves, cada vez mayor, y la congestión de tráfico aéreo son un factor contribuyente para que ocurran las colisiones entre aeronaves en vuelo, pero, sin lugar a duda, en los vuelos bajo reglas VFR la incapacidad del piloto de ver y evitar un tráfico, es el factor fundamental. Así lo presentó la Civil Aviation Authority – CAA del Reino Unido en 2011 en un estudio sobre el tema. Según un estudio hecho sobre mas de 200 reportes de colisiones en vuelo en Estados Unidos y Canadá, se pudo determinar que la mayor ocurrencia se presenta en las inmediaciones de aeródromos con tráfico VFR que se encuentran en ascenso o descenso, y en al patrón de tráfico. Exactamente, el escenario que se presenta a diario en la Escuela Militar de Aviación.



Es por esa razón que los pilotos deben prestar especial atención a las limitantes de la visión, como lo son la fatiga e ilusiones ópticas, entre muchos otros. Un problema evidente es la adaptación del ojo para enfocar objetos lejanos y cercanos, por ejemplo, al observar el panel de instrumentos en un entorno oscuro y luego tratar de enfocar una imagen lejana en un ambiente soleado, el ojo puede tardar varios segundos en lograr la adaptación, ese es el tiempo que necesita una aeronave para colisionar con otra.

Conocer y aplicar una correcta técnica de escaneo puede significar evitar un suceso como una colisión en vuelo. Antes del despague, verifique visualmente la pista y asegúrese de que no hay aeronaves, vehículos, objetos u otros factores que signifiquen un riesgo para usted. Monitoree el estado de los tráficos por la frecuencia de comunicaciones.

Una vez en el aire continúe con el escaneo visual constantemente, recuerde que las aeronaves tienen puntos ciegos, por ejemplo, en una aeronave de plano alto será más difícil ver un tráfico que se encuentra a mayor altitud, es válido maniobrar de manera que pueda verificar visualmente las áreas cubiertas por el punto ciego, por ejemplo, bajar un plano para tener mejor visual del espacio aéreo sobre el otro. Familiarícese con los puntos calientes – Hot Spot donde hay mayor riesgo de que ocurra una colisión en vuelo, en la torre de control o en la oficina de información aeronáutica encuentra esta información vital.

No olvide que el riesgo de una colisión solo termina cuando la aeronave se detiene en la zona de parqueo y el motor de encuentra apagado.

Otro factor muy importante para tener en cuenta son las áreas de entrenamiento y hace referencia a los parapentes. Si existe un (O1) reporte de parapentes en cualquier área de trabajo de las aeronaves de instrucción o aeródromo, se restringen inmediatamente todas las operaciones de instrucción y entrenamiento del GRUEV, esta restricción se mantendrá hasta que por parte de la torre de control se pueda verificar la seguridad del área de interés con las dependencias de control o autoridades competentes (Comando aéreo de combate 7, 2019, p. ENR 1.1.5 – 2).

CONCLUSIONES

La estructura del espacio aéreo está diseñada para facilitar la navegación con seguridad y el control efectivo del tráfico.

Las clases de espacio aéreo y sus restricciones deben ser tenidas en cuenta por las tripulaciones para hacer el planeamiento de la navegación y de esta manera evitar infracciones que generen conflictos de tránsito.

Las ayudas tecnológicas como navegadores satelitales son un gran aporte para la seguridad operacional, pero tenga en cuenta que son susceptibles de fallo y un buen planeamiento del vuelo le va a garantizar la tranquilidad de poder contar con un soporte en caso de que esto ocurra.

Igualmente, la consulta de información importante durante la prevuelo es de vital importancia para evitar estas infracciones, familiarícese con la lectura de los NOTAM y siempre consúltelos antes de iniciar una actividad aeronáutica.

REFERENCIAS

- Aircraft Owners and Pilots Association – AOPA, (2017). *Say it right, interactive course*. <https://www.aopa.org/training-and-safety>
- Arenas, M. (2017). *Torre de control* [Fotografía]. Ferrovial Blog. <https://blog.ferrovial.com/es/2017/09/misterios-torre-de-control/>
- Brindle, T. (2007). *Mid Air Colission* (Fotografía). Indianapolis RC South. [http://www.indyrcsouth.org/forum/index.php?topic=403.0%20%20\(11%20de%20marzo%20de%202022\)](http://www.indyrcsouth.org/forum/index.php?topic=403.0%20%20(11%20de%20marzo%20de%202022))
- Environnement Canada (2005). *Radar metereológico* [Fotografía]. Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Radar_meteorol%C3%B3gico#/media/Archivo:Radar-accumulations_eng.png
- European Aviation Safety Agency – EASA. (s.f.). *Avoiding airspace infringement. Reduce your risk of a midair collision*. <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Airspace%20infringement%20Flyer.pdf>
- European Aviation Safety Agency – EASA. (s.f.). *Easy Access Rules for Standardized European Rules*. <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Easy%20Access%20Rules%20for%20>



- Standardised%20European%20Rules%20of%20the%20Air%20%28SERA%29.pdf
- European Organization for Safety and Air Navigation – EUROCONTROL. (2010). *European Action Plan for Airspace Infringement Risk Reduction*. <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/1044.pdf>
- European Organization for Safety and Air Navigation – EUROCONTROL. (2007). *Airspace Infringement Risk Analysis – Part I. Safety Analysis Airspace Infringement in Europe*.
- Mermar (2011). *Pantallas de radares 3D* [Fotografía]. Webmar.com. <https://www.webmar.com/archives/5177>
- Organización de Aviación Civil Internacional - OACI. (1995). *Doc. 9426 - Manual de planificación de servicios de tránsito aéreo*. <https://apcae.files.wordpress.com/2009/05/documento-9426.pdf>
- Organización de Aviación Civil Internacional – OACI. (2007). *Documento 4444, Gestión de tránsito aéreo*. <https://www.icao.int/SAM/Documents/2010/ASTERIX/07%20%20DOC4444.pdf>
- Organización de Aviación Civil Internacional – OACI. (2010). *Circular 323, Directrices para los programas de enseñanza del inglés para la aviación*. https://www.icao.int/Meetings/lpr13/Documents/323_es.pdf
- Organización de Aviación Civil Internacional – OACI. (2016). *Anexo 11, Servicios de Tránsito Aéreo*. <https://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/anexos-oaci/anexo-11.pdf>
- Revista Aeronáutica Fuerza Aérea Colombiana (2020). T-27 Tucano Bastión del Poder Aéreo Nacional [Fotografía]. Revista aeronáutica. <https://www.revistaaeronautica.mil.co/es/noticias/t-27-tucano-bastion-del-poder-aereo-nacional>
- Skybrary, (20 de abril del 2020). *Airspace Infringement*. <https://skybrary.aero/articles/airspace-infringement>
- Skaybrary, (s.f.). *Mid Air Collision -MAC*. <https://skybrary.aero/articles/mid-air-collision> (29 de mayo de 2022)
- Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil – UAEAC. (2019). *RAC 211, Gestión de tránsito aéreo*. <https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%20%20211%20-%20Gesti%C3%B3n%20de%20Tr%C3%A1nsito%20A%C3%A9reo.pdf>
- Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil – UAEAC. (2020). *AIP Barranquilla*. <https://www.aerocivil.gov.co/servicios->



- a-la-navegacion/servicio-de-informacion-aeronautica-ais/ Documents/11%20SKBQ.pdf
- Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil – UAEAC. (2020a). *TMA Villavicencio*. <https://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/servicio-de-informacion-aeronautica-ais/Documents/67%20TMA%20VILLAVICENCIO.pdf>
- Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil – UAEAC. (2020b). *CTA Cali*. <https://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/servicio-de-informacion-aeronautica-ais/Documents/67%20TMA%20VILLAVICENCIO.pdf>
- Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil – UAEAC. (S.f.) *AIP Colombia. Zonas de maniobras e instrucción civil y militar*. <http://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/servicio-de-informacion-aeronautica-ais/Documents/32%20ENR%205.2.pdf>.
- Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil – UAEAC. (S.f.) *AIP Colombia, Zonas prohibidas, restringidas y peligrosas*. <http://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/servicio-de-informacion-aeronautica-ais/Documents/31%20ENR%205.1.pdf>.
- U.K. Civil Aviation Authority – CAA. (2011). *SafetySense Leflet 13, Collision Avoidance*. <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/413.pdf> (29 de mayo de 2022)
- Vásquez, N. (S.f.). *Nociones de Altimetría Aeronáutica. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM*. <http://www.ideam.gov.co/documents/290086/75945771/Gu%C3%ADa+altimetr%C3%ADa+aeron%C3%A1utica/4140fe37-34bb-41ce-bbbe-bb7aa5c1504f>



3. Estructura de aeronaves

ST. JASON ANDRÉS QUISOBONI SOLARTE
Escuadrilla entrenamiento vuelo avanzado - CACOM 3
Fuerza Aérea Colombiana
<https://orcid.org/0000-0002-0912-4750>

ST. JOHNNIER ALBEIRO RODRÍGUEZ JIMÉNEZ
Sección operacional gestión de riesgos de desastres
Fuerza Aérea Colombiana

OD18. ANDREA FALLA RUBIANO
Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”
Fuerza Aérea Colombiana
<https://orcid.org/0000-0002-4277-2143>

OD18. LUIS FERNANDO ESCOBAR NIETO
Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”
Fuerza Aérea Colombiana
<https://orcid.org/0000-0001-9213-1793>



INTRODUCCIÓN

Es fundamental para cualquier miembro del cuerpo de vuelo conocer y entender el tipo de estructura de la aeronave que se está operando, de esta manera se pueden prevenir daños debidos a sobreesfuerzos o maniobras no permitidas.

Igualmente, hace parte del conocimiento básico de un aviador identificar las partes que componen una aeronave y la manera en que estas están construidas. De esta manera se podrán tomar decisiones acertadas en momentos donde las tripulaciones se encuentren con averías que comprometan la seguridad del vuelo, inspecciones o mantenimientos que involucren la estructura o tantas situaciones que se pueden presentar en la operación aérea.

A continuación, podrá encontrar una explicación detallada de cómo está construida cada parte de la estructura de una aeronave, así como definiciones específicas y necesarias para poder abordar la lectura.

Desde luego la estructura de la aeronave obedece a requerimientos de diseño específicos y es imposible cubrir todas las posibilidades que se encuentran en el mercado, por lo tanto, se hará una explicación de los modelos más comunes y esto le permitirá al lector formar una idea clara para entender la aeronave que está volando, es muy importante conocer su aeronave a profundidad para asegurar una operación segura.

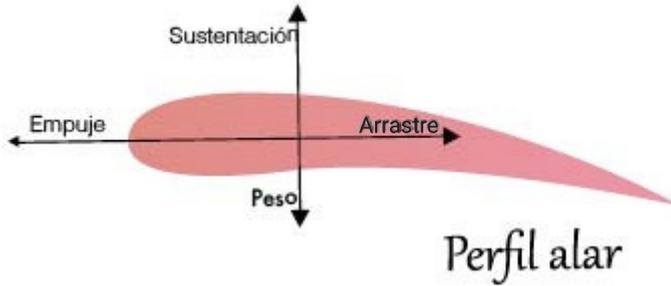
Los diferentes temas de aerodinámica que se tratan a continuación se hacen de manera breve y no remplazan un manual especializado en esta materia.

CONCEPTOS Y DEFINICIONES

- **Perfil Alar:** Forma transversal del área de un elemento el cual cuando se desplaza a través de un fluido genera sustentación (ver Figura 1).



Figura 1. Perfil Alar



Fuente: Elaboración propia, 2020.

- **Vórtice:** Flujo que rota en sentido de espiral, como un remolino o torbellino (ver Figura 2).

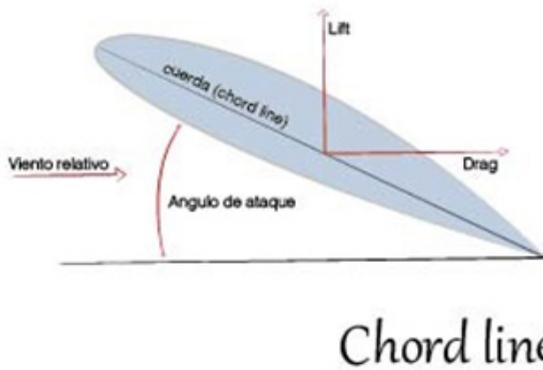
Figura 2. Vórtice



Fuente: Elaboración propia, 2020.

- **Chord line:** Línea imaginaria ubicada desde el borde de entrada al borde de salida del plano, entre más larga sea la chord line, mayor sustentación se verá reflejada (ver Figura 3).

Figura 3. *Chord Line*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

- **Actitud del avión:** Ángulo formado entre los ejes transversal y longitudinal con respecto al horizonte (ver Figura 4).

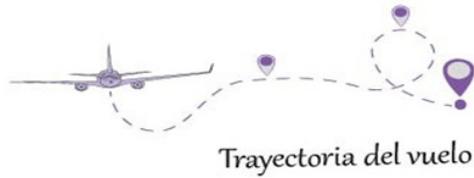
Figura 4. *Actitud del avión*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

- **Trayectoria del vuelo:** Dirección ordenada por el perfil aerodinámico durante su etapa de vuelo. Es decir, la misma trayectoria que tienen los planos (ver Figura 5).

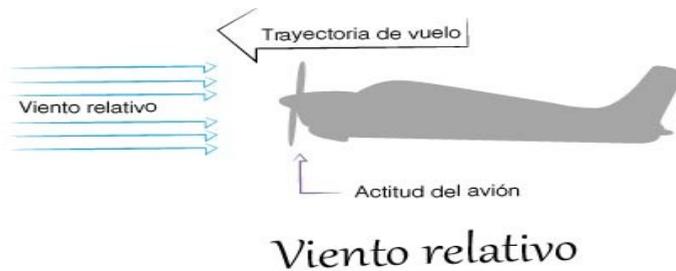
Figura 5. Trayectoria de vuelo



Fuente: Elaboración propia, 2020.

- **Viento relativo:** Aire en movimiento respecto al perfil aerodinámico. Este es siempre paralelo a la trayectoria y de dirección opuesta. (Ver Figura 6).

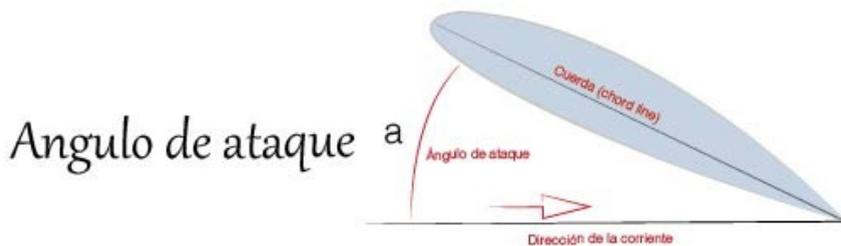
Figura 6. Viento Relativo



Fuente: Elaboración propia, 2020.

- **Ángulo de ataque:** Es el ángulo que forma la chord line (cuerda del ala) y la dirección del viento relativo (ver Figura 7).

Figura 7. Ángulo de ataque

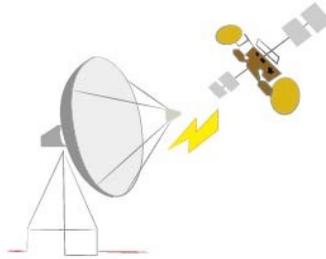


Fuente: Elaboración propia, 2020.



- **Propagación:** Se refiere a realizar algo que llegue a distintos sitios comenzando desde el que se produce, extender o dilatar hacia otras vías de reproducción. (Perez Porto y Merino, 2011) (ver Figura 8).

Figura 8. Propagación



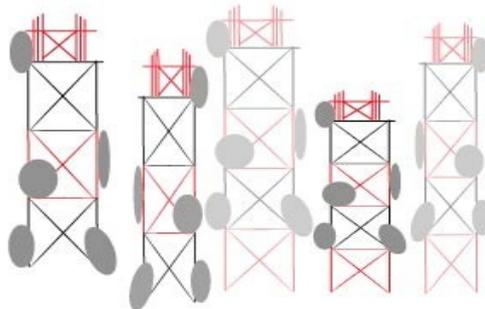
Propagación

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Antena de telecomunicación: Son aquellas en las que recae el servicio de telefonía e internet en el mundo, gracias a ellas es posible también realizar comunicaciones aéreas que contribuyan a la seguridad operacional (Ruesca, 2016) (ver Figura 9).

Figura 9. Antena de telecomunicaciones

Antena de telecomunicación

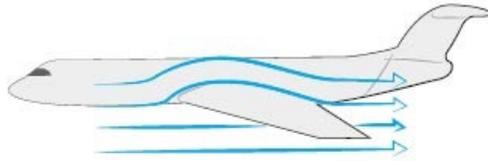


Fuente: Elaboración propia, 2020.

- **Fluido:** Cuerpo con partículas las cuales, al estar tan separadas y sin coherencia, tienden a tomar la forma del recipiente que las contiene (ver Figura 10).

Figura 10. *Fluido*

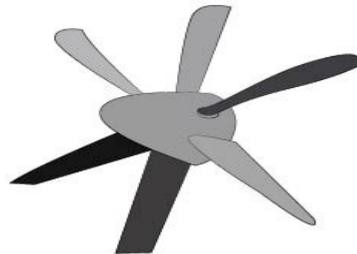
Fluido



Fuente: Elaboración propia, 2020.

- **Paso variable:** Tipo de hélice las cuales pueden girar en su eje con el fin de cambiar su ángulo de ataque y mejorando el rendimiento de la aeronave (Redacción, 2012) (ver Figura 11).

Figura 11. *Paso variable*

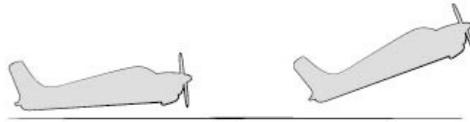


Paso variable

Fuente: Elaboración propia, 2020.

- **Performance:** Proviene del verbo inglés “perform”, el cual puede traducirse como “actuar”. Al referirse a instrumentos de performance se hace referencia a aquellos instrumentos que demuestran el comportamiento de la aeronave. (Ver Figura 12).

Figura 12. *Performance*



Performance

Fuente: Elaboración propia, 2020.

INTRODUCCIÓN A LA AERODINÁMICA

AERODINÁMICA I

Definición

Se le denomina Aerodinámica al conjunto de estudios que se realizan mediante un viento relativo que ejerce sobre un obstáculo externo en él. (De la Cavada, s.f)

Una superficie o perfil aerodinámico es una estructura elaborada con el fin de llegar a tener una reacción por medio del aire o el fluido a través del cual se mueve.

Por tanto, se puede concluir que cualquier parte del avión que convierte la resistencia del aire en una fuente principal para el vuelo es una forma de aerodinámica.

Fuerzas que actúan sobre una aeronave

Específicamente sobre un aeroplano, actúan ciertas fuerzas que ayudan o por el contrario desfavorecen el objeto al momento de desplazarse sobre un fluido. Las cuatro fuerzas principales que actúan (ver Figura 13) en un vuelo recto, nivelado y sin aceleración son:

SUSTENTACIÓN

PESO

EMPUJE

RESISTENCIA

Figura 13. Fuerzas que actúan sobre el avión



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Sustentación

Conocida en inglés como “lift”. Es la fuerza contraria al peso, pero aun así es mayor que esta misma.

Por otra parte, se conoce que la sustentación es esa fuerza que permite al avión desplazarse hacia arriba por medio del resultado de la diferencia de presiones entre el intradós y extradós; parte inferior y superior del plano respectivamente (Bejarano, 2016). Básicamente, es producida por el efecto Venturi, cuando las partículas de aire se estrechan y disminuye su presión, pero aumentando su velocidad, esta presión busca salir de allí hasta llegar al extradós produciendo así un vórtice que genera sustentación. Tenemos así que la sustentación creada por el ala está en función de:

$$L = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot C_l \cdot S$$

Donde:

- **Coeficiente de sustentación (Cl) y forma alar (S):** A mayor curvatura del perfil mayor diferencia de velocidad entre el intradós y extradós lo que concluye una mayor fuerza de sustentación. Altas curvaturas solo son beneficiosas en velocidades cercanas a la de pérdida, y alas muy grandes incrementan la resistencia del avión.

- **Densidad del aire (p):** Entre mayor sea la densidad, mayor será el número de partículas que cambian la velocidad por presión produciendo así mayor sustentación.
- **Velocidad (v):** En cuanto mayor sea la velocidad, mayor sustentación hay puesto que las partículas de aire se desplazan más rápido y su diferencia de presiones proporciona que se eleve de manera más rápida. Como se puede observar en la fórmula, entre mayor velocidad hay mayor sustentación puesto que está elevada al cuadrado.
- **Ángulo de ataque:** A mayor ángulo de ataque hay menos sustentación puesto que es similar a si la curvatura de un plano aumentara y no generara el normal flujo del aire y la diferencia de presiones (Muñoz Navarro, M. A., S.f.).

Peso

Conocida en inglés como "weight". El peso se define como la atracción por la fuerza gravitatoria sobre un cuerpo, se obtiene perpendicular a la tierra y en sentido hacia abajo. Su intensidad es proporcional a su masa. La fuerza que lo contrarresta es la sustentación evitando que se desplace hacia la tierra.

Cabe resaltar que cada avión tiene un peso máximo de operación y exceder sus limitaciones puede causar un accidente poniendo así en peligro la aeronave y la tripulación.

Empuje

Conocida en inglés como "thrust". Ésta es la fuerza contraria a la resistencia, demostrada en el impulso que mueve algo hacia adelante. Para que una aeronave pueda entrar en movimiento debe tener más empuje que resistencia. Es producido ya sea por una hélice debido a su forma y tamaño, o un avión de mayor tamaño por sus motores a reacción. Existen aeronaves que no tienen empujes como el planeador. (Redacción, 20121).

Al hablar de potencia se hace referencia al empuje, al aumentar la potencia genera que el empuje y la resistencia se igualen, pero también el aumento de la velocidad incrementará la fuerza de sustentación y hará que la aeronave comience a ascender en el espacio.



Resistencia

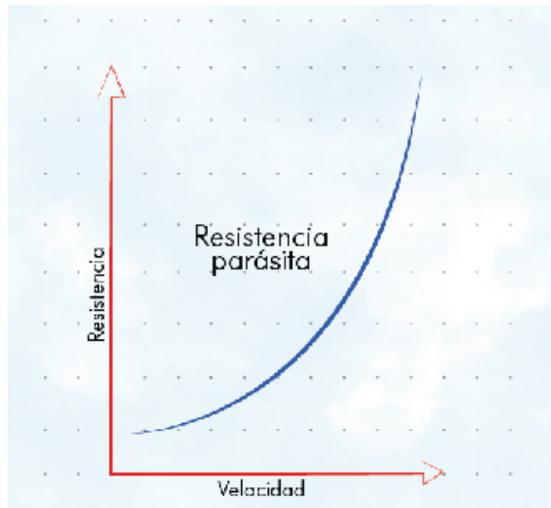
Conocido en inglés como “drag”, es una fuerza que actúa en contra del movimiento del avión impidiendo que este realice un movimiento normal hacia adelante por medio del aire. En otras palabras, retarda el movimiento de una aeronave que se desplaza de forma paralela y en la misma dirección que el viento relativo, es paralela y en dirección opuesta a la trayectoria (G. M, 2008).

La resistencia puede ser clasificada en dos tipos dependiendo de la forma en que actúen y la velocidad con la que se implique, estas son: resistencia parásita y resistencia inducida.

Resistencia parásita

Es la resistencia que se da debido a aquellas partes del avión que no contribuyen a la sustentación sino por el contrario inciden al peso y se caracteriza por aumentar al mismo tiempo que la velocidad (tren de aterrizaje, antenas, etc.) su relación respecto a resistencia vs velocidad se ve reflejada en la siguiente gráfica (ver Figura 14).

Figura 14. Gráfica de la resistencia parásita

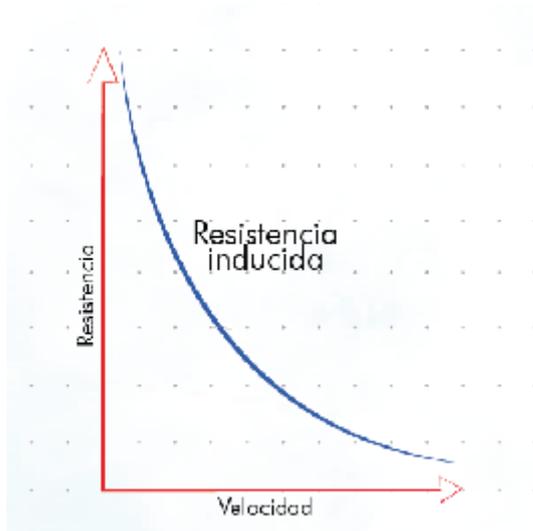


Fuente: Elaboración propia, 2020.

Resistencia inducida

Esta se ve reflejada y ligada a la sustentación, es decir la generación de sustentación genera resistencia inducida y puede ser observada en el instante donde la alta presión en la parte inferior del plano intenta fluir hacia la parte superior, generando así un vórtice detrás del borde marginal conocido como el "wind tip". También son aquellos elementos y efectos que no son sustentadores más, sin embargo, tienden a generar sustentación y reducir su resistencia al momento del aumento de la velocidad. Su relación respecto a resistencia vs velocidad se ve reflejada en la siguiente gráfica (Muñoz Navarro, M. A., s.f.). (Ver Figura 15).

Figura 15. Gráfica de la resistencia inducida



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Principios y efectos aerodinámicos

Para saber por qué vuela un avión es necesario conocer ciertos factores que afectan sobre sus superficies y hacen que estos produzcan que un objeto más pesado que el aire pueda mantener sobre él.



Principio de Bernoulli

Principio generado por Daniel Bernoulli que describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente. Se expresa en un fluido ideal sin rozamiento ni viscosidad, haciendo que la energía que posee el fluido permanezca constante a lo largo de su recorrido. Esta energía consta de tres componentes significativos los cuales son:

1. **Cinético:** Debida a la velocidad que posee el fluido.
2. **Potencial gravitacional:** Energía debida a la altitud que un fluido posea.
3. **Energía de un fluido:** Energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

Ecuación de Bernoulli:

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + z = \text{Constante}$$

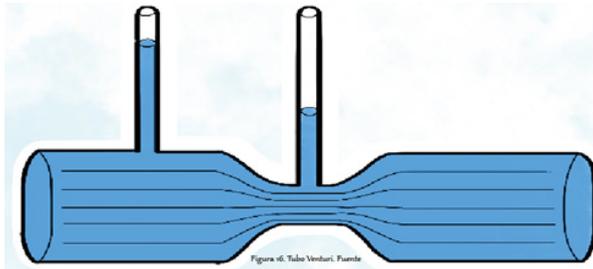
Donde: v= velocidad, g= gravedad, z=altura geométrica, P= presión, p= densidad. (Caballero J., s.f)

Efecto Venturi

Este efecto consiste en que un fluido que lleva un movimiento dentro de un lugar o circuito cerrado disminuye su presión cuando aumenta su velocidad en el momento donde el fluido transita por una zona de sección menor.

Este fenómeno lo podemos observar con mayor facilidad en el tubo Venturi (ver Figura 16), el cual se utiliza para medir las velocidades en condiciones y aceleración de fluidos, efectivamente, conociendo la velocidad antes del estrechamiento y midiendo la diferencia de presiones para hallar la velocidad en el punto crítico (“Efecto Venturi”, 2019).

Figura 16. *Efecto Venturi*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Leyes de Newton

Estas leyes son también conocidas como las leyes del movimiento y son aquellas por las cuales se explican gran parte de la mecánica y el movimiento de los cuerpos que revolucionaron los conceptos básicos de la física y el universo. En ellas se emplean 3 principios:

- **Primera ley (ley de la inercia):** Hace referencia a que un cuerpo permanecerá en reposo o se mueve con velocidad constante si sobre él actúa una fuerza igual a 0, y tendrá un movimiento o velocidad variada si una fuerza externa actúa sobre él.
- **Segunda ley (ley de la fuerza):** Un cuerpo sometido a una fuerza diferente a 0, tiene una aceleración en el mismo sentido de la fuerza y su fórmula es $F=m \cdot a$
- **Tercera ley (acción/ reacción):** Si dos cuerpos A y B interactúan en movimiento y A ejerce una acción sobre el cuerpo B, esta realiza sobre A otra acción igual y de sentido contrario. (Estela Raffino, 2020)

Efecto torque (par motor)

Se evidencia al momento de colocar potencia a un motor a pistón. Es una fuerza que hace girar a un objeto entorno a su eje puesto que, al aplicar potencia, el aire que rodea la hélice realiza un rozamiento y este genera una reacción en sentido contrario al de la hélice, es decir, hacia la izquierda visto desde la cabina, en el caso de motores de rotación en sentido horario.

A mayor potencia, mayor será el efecto torque y, por tanto, mayor será la resistencia que se genera con el movimiento de la hélice. Por tal motivo, a mayor potencia, mayor será la tendencia de desplazamiento del avión hacia la izquierda.

El efecto par motor, se manifiesta sobre la aeronave de manera distinta según la fase de vuelo en que se encuentre.

- Al aplicar potencia, estando en la pista y dado que el fuselaje no puede girar en tierra, el avión girará hacia la izquierda y su acción correctiva debe ser aplicando pedal derecho y así mantener la trayectoria deseada.
- En la fase de vuelo como tal, el par motor se ve reflejado en un alabeo de plano izquierdo y la forma de contrarrestarlo es con el contra alabeo, es decir el plano derecho.

Factor P

Es el término empleado para la carga asimétrica de la hélice, la cual causa que el avión guiñe hacia la izquierda cuando se usan altos ángulos de ataque. Su reacción es similar al efecto torque, su diferencia va en que sucede cuando la hélice no tiene suficiente aire impacto en una actitud de ascenso (despegue). Los aviones con trenes de aterrizaje triciclo suelen mantener una actitud requerida en el despegue, así mismo se ve reflejado en el despegue hasta que se llega a la altura deseada y se nivela. (Administrador, Aviator blue wings, 2018)

También, se da en ángulos de ataque negativos o en reducción de potencia. Allí, sucede un deslizamiento de la aeronave a la derecha. En todos los casos el efecto es menor que el efecto de la estela de la hélice (ver Figura 17).

Figura 17. Hélice T-90 Calima



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Flujo en espiral de la hélice

El flujo en espiral es generado por el flujo de aire que genera la hélice en movimiento hacia la parte posterior del avión, su trayectoria es en forma de espiral rodeando el fuselaje e impactando sobre la cola del avión (Administrador, Aviator blue wings, 2018)(ver Figura 18).

El aire que impacta sobre el estabilizador vertical genera una guiñada a la izquierda la cual es más efectiva en bajas velocidades y alta potencia. Con el piso húmedo se es más visible el espiral.

Figura 18. *Flujo en espiral T-90 Calima*



Nota. Aeronave T-90 Calima [Fotografía], por Jorge Orozco, 2017, Redacción El País. <https://www.elpais.com.co/colombia/las-10-mil-horas-de-vuelo-de-la-unica-aronave-ensamblada-en.html>.

Efecto giroscópico

Se le denomina efecto giroscópico ya que se comporta como un giróscopo. Un giróscopo es de forma circular y gira entorno a su eje de simetría. El giróscopo posee propiedades físicas que lo permiten girar con total libertad sobre los tres ejes del espacio.

Es justamente la precesión giroscópica la que induce tendencias de giros inesperados en el avión como:

- Cuando se sube el morro del avión (ejerce una fuerza descendente en el timón de profundidad.)
- Cuando se baja el morro del avión (se produce una fuerza hacia arriba en el timón de profundidad). (Administrador, Aviator blue wings, 2018)

Efecto de tierra

Es la alteración del flujo normal de los vórtices generados en los planos al momento de volar y se ve reflejado cuando se está volando próximo a la pista y aerodinámicamente influye en la reducción de la resistencia inducida (los vórtices no se desarrollan completamente por la interferencia del suelo) y así mismo el incremento de la sustentación (puesto que tenemos compresión de aire bajo las alas).

Es decir que debido al efecto de tierra es necesario menor velocidad o menor ángulo de ataque con el fin de obtener la misma sustentación estando tan próximo al suelo.

El efecto de tierra es más efectivo y notorio en aviones de plano bajo y su momento más crítico y de cuidado es al momento de aterrizar.

Cabeceo abajo por acción de los flaps

Cuando una aeronave se encuentra recta y nivelada, no se llegan a observar alteraciones, se encuentra estable, al momento de aplicar flaps una serie de efectos y cambios en la configuración del avión afecta dicha estabilidad. Esto debido a:

- Cambios en la superficie alar.
- Aumento de la sustentación y la resistencia.
- La chord line se hace más grande.

Se rompe el equilibrio de las fuerzas de peso y sustentación las cuales hacen un efecto de cabeceo.

El efecto de cabecero al momento de aplicar los flaps se diferencia dependiendo de los grados que se apliquen, así:

- **Flaps menor a 15 grados:** Producen mucha más sustentación que resistencia.
- **Flaps mayor a 15 grados:** Cabeceo más notable, en característica del avión será descendente y ascendente. (Administrador, Aviator blue wings, 2018)
-

Control del avión

Ejes del avión

Toda aeronave tiene la capacidad de ejercer movimientos a partir de 3 ejes perpendiculares entre sí, los cuales tienen en común que su punto de intersección se sitúa exactamente en el centro de gravedad de la aeronave. Dichos ejes se denominan: Eje lateral, eje vertical y eje longitudinal.

- **Eje lateral.** Tal como su nombre lo indica se extiende sobre el lateral de la aeronave, a lo largo de la envergadura, se le denomina cabeceo y es controlado por el timón de profundidad y los elevadores (ver Figura 19) situados en el empenaje del avión (Solis Muñante, 2013).

Figura 19. Elevador Aeronave T-90



Fuente: Elaboración propia, 2020.

- **Eje vertical.** Es aquel que cruza sobre el centro de gravedad y es perpendicular a los otros ejes, se le denomina guiñada y es controlada por el timón de dirección mediante los pedales oprimiendo el respectivo a los cuales se planea dirigir el avión (Solis Muñante, 2013).
- **Eje longitudinal.** Se extiende sobre la longitud del avión. Es decir, del morro hasta el empenaje y produce el alabeo o balanceo. Este eje es controlado por medio de los alerones haciendo balancearse de izquierda a derecha de manera más ágil siendo así el eje más estable.

Superficies de control primarias

Las superficies de control primarias son aquellas con las cuales podemos gestionar el direccionamiento y control de un objeto que se desplaza a través del aire, a partir de los 3 ejes del avión. Existen 3 superficies de control, una para cada eje: el timón de profundidad, los alerones y el timón de dirección.

- **Timón de profundidad.** Es la superficie móvil ubicada en la parte trasera de los estabilizadores horizontales en el empenaje. Su funcionamiento se basa en el movimiento de la cabrilla y con él se controla el ángulo de ataque.

Ejerciendo presión en la cabrilla hacia adelante, el timón de profundidad baja y ocasiona que el avión inicie un descenso.

Si por el contrario a la cabrilla se le hace presión hacia atrás, el timón subirá y la aeronave tomará altura.

- **Alerones:** Superficies móviles situadas en la parte extrema del plano, cerca al final de este (ver Figura 20). Su movimiento es en dirección opuesta (uno arriba y el otro abajo) y regularmente en la aviación son conectados hasta la cabina de mando mediante cables y poleas, su movimiento es limitado, hacia arriba pueden desplazar hasta 25 grados y hacia abajo aproximadamente 15 grados (Muñoz Navarro, M. A. (s.f.)).

Al llevar la palanca de mando (ver Figura 21) a la derecha, el alerón derecho subirá y el izquierdo deberá bajar y viceversa.

Figura 20. *Alerón Aeronave T-90*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Figura 21. *Palanca de mando aeronave T-90*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

- **Timón de dirección:** Es aquella superficie móvil que controla el eje vertical de la aeronave, se encuentra ubicada en el estabilizador vertical del empenaje. No es empleado para realizar virajes, más sin embargo ayudan a mantener el control, fuerzas en los virajes y mantener el rumbo que sea requerido. Se maneja mediante los pedales ubicados en el piso de la cabina (ver Figura 22).

Figura 22. *Timón de dirección o rudder aeronave T-90*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Figura 23. *Pedales aeronave T-90*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Si se realiza presión en el pedal derecho, el timón se dirigirá a la derecha, el morro del avión a la derecha y la cola hacia la izquierda (esto por una reacción aerodinámica).

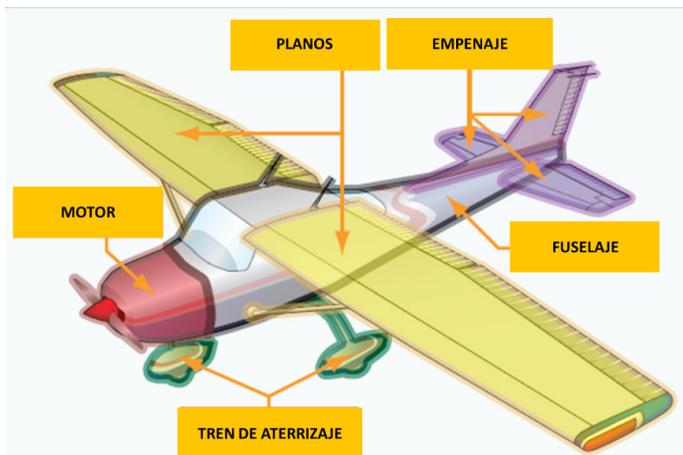
Oprimiendo el pedal izquierdo será lo contrario, el timón se dirigirá a la izquierda, morro a la izquierda y cola a la derecha (ver Figura 23).

COMPONENTES PRINCIPALES

Si bien se refiere a un avión, cualquier objeto capaz de mantenerse en el aire gracias a la propulsión que genera un motor, también se debe hacer referencia a sus parte y componentes estructurales. Estos, varían con respecto al uso específico por el cual se diseña cada avión, ya sea de uso deportivo, carga hidroaviones, de emergencia, fumigadores, etc. (Bembibre, 2010).

Los componentes a los cuales se hace referencia anteriormente son: Fuselaje, planos, tren de aterrizaje, empenaje y como mínimo una planta motriz o motor (ver Figura 24).

Figura 24. Componentes principales de la aeronave



Fuente: Adaptado de FAA, 2016.

Fuselaje

Es “la columna vertebral del avión” en donde se ubica la cabina del piloto, de los pasajeros y en su defecto la bodega, aquí, es donde se extraen los demás componentes de una aeronave, como son las alas, luces, tren de aterrizaje entre otros. A medida que la aeronáutica fue evolucionando, el esqueleto del avión también lo hizo. Para hablar de ello, se recalca que los primeros fuselajes fueron hechos bajo una cubierta de tela delgada fácil de detectar y destruir. Mas, sin embargo, al pasar de los años su estructura

fue siendo más fértil y compleja con el fin de generar menos resistencia aerodinámica (Oñate A. E., 2011). En aviones monomotor, el grupo motor propulsor se encuentra ubicado en el fuselaje, mientras que los aviones que contienen más de un motor los tienen dispuestos en los planos y/o en el empenaje. Dentro de sus funciones, transmite y soporta las diversas cargas a las que se enfrenta diariamente una aeronave.

Fuselaje semimonocasco o Semimonocoque

Este tipo de fuselaje es el más común en las aeronaves a nivel mundial, es caracterizado por tener un recubrimiento delgado que lo rodea completamente.

Este, es soportado por diferentes componentes como lo son las cuadernas que son las encargadas de dar la forma aerodinámica requerida a las secciones transversales del fuselaje.

Otro de sus componentes son los larguerillos, estos están plenamente unidos a las cuadernas y son los encargados de disminuir la fatiga y posterior el deterioro del material. Si se habla en cuanto a la construcción o reparación del fuselaje es ideal, esto puesto que las piezas son de fácil reparación y no será necesario de una reparación completa del componente (Tribe, 2017).

El semimonocasco fue inventado con base en la estructura monocasco debido a la crisis por mejorar la forma y composición de este. Gracias a esto, fue necesario aumentar los componentes internos, los cuales, tienen la función de soportar el revestimiento delgado, y fue por esta razón que el fuselaje tipo semimonocasco fue creado con cuadernas que son utilizadas para dar la forma, también se compone de larguerillos que son varillas perpendiculares y longitudinales al fuselaje las cuales logran soportar el revestimiento (Oñate A. E., 2011).

Además del fuselaje, se distribuye su trabajo estructural a la mayoría de los componentes de la aeronave, como lo es empleado en los planos, ya que evita de igual manera la fatiga y alarga la vida útil de sus estructuras basadas en metal (ver Figura 25).

El fuselaje semimonocasco soporta las fuerzas de compresión, torsión y flexión, lo cual, hace referencia a su eficiencia sin importar los medios en los cuales se realice cualquier operación aérea.

Figura 25. Fuselaje T-41



Fuente: Elaboración propia, 2020.

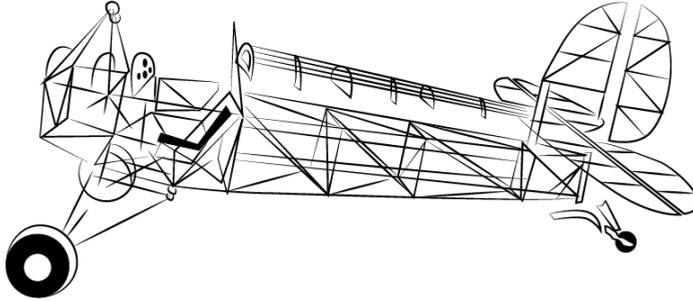
Fuselaje entramado

En cuanto a la construcción del fuselaje entramado, largas partículas de madera en forma de tramos y tubos soldados en acero son los principales componentes.

Para el, los mamparos y larguerillos laterales son utilizados para soportar la cubierta exterior debido a que esta era hecha a base de tela y posterior de madera contrachapada fina y metal corrugado (ver Figura 26).

Debido a su forma un poco rectangular o cuadrada, no producía sustentación suficiente, cabe resaltar que la construcción del fuselaje entramado dio a conocer a la humanidad que podían ser utilizados aquellos materiales existentes como la madera y el acero para producirlos en masa y así puedan llegar a utilizarse de una manera distinta a lo común (Stephens, 2018).

Figura 26. *Fuselaje entramado*



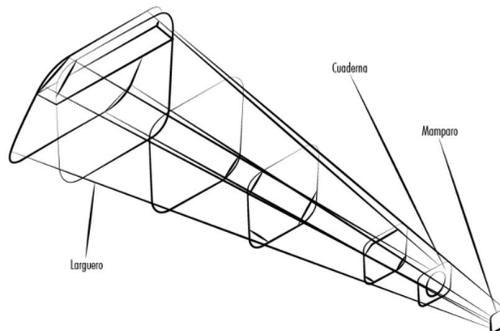
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Fuselaje reticular

El fuselaje reticular o tubular se fabrica mediante tubos de acero los cuales son sostenidos mediante cuerdas ya que éstas son las que permiten la rigidez de la estructura.

En él se resalta su recubrimiento externo puesto que a pesar de no ser lo suficientemente compacto ni tener la estructuración requerida para soportar distintas fuerzas aerodinámicas, es utilizado para aeronaves pequeñas y que su función se realice a bajas alturas debido a que la presión que es generada a altas altitudes no sea un factor que le impida desplazarse sobre un fluido (Oñate A. E., 2011). (Ver Figura 27).

Figura 27. *Fuselaje reticular*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

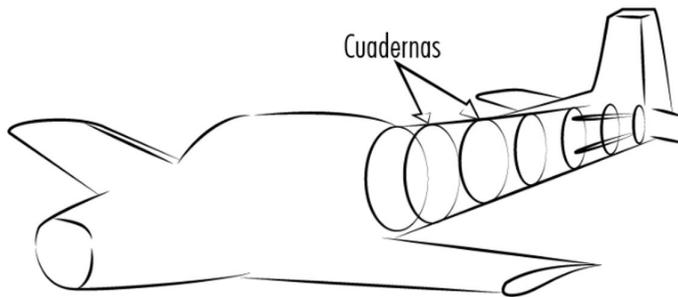
Fuselaje Monocasco o Monocoque

El término monocasco hace referencia a "todo en una sola pieza" (ver Figura 28).

Fuselaje creado por revestimiento grueso, creado a base de madera y materiales compuestos. La construcción estructural de este es basada en mamparos ubicados en cada uno de los extremos, además de esto también se ubican anillos a una distancia determinada con el fin de mantener su forma y estructura (Oñate A. E., 2011).

Gracias a la no utilización de materiales internos, la construcción de este es mucho más ligera. Más, sin embargo, debido a sus faltas de componentes este fuselaje no permite resistir las fuerzas de torsión y compresión haciendo así que las aeronaves que contengan un fuselaje monocasco sean vulnerables a cualquier deformación de impacto los cuales pueden llegar a un colapso total de la estructura.

Figura 28. *Fuselaje monocasco*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Fuselaje de construcción compuesta

Este es creado recientemente debido a la aparición de materiales compuestos.

La construcción de aeronaves con materiales compuestos origina de la segunda guerra mundial al momento de encontrar una estructura

compacta haciendo parte del fuselaje del B-29, avión diseñado por su habilidad en actos del combate (ver Figura 29).

En este tipo de fuselaje, no se ve evidenciado los compuestos metálicos, puesto que priman en ellos materiales compuestos tales como la fibra de carbono y/o el plástico. Estos, juegan un papel importante cuando de aviones pequeños se trata, haciendo como reconocimiento el avión ensamblado en Colombia T-90 Calima, cuya fabricación, se basa en envolver con muchas capas de filamentos de carbono sobre una base formando así el barril del fuselaje (entre ellos también son utilizados compuestos como lo son la resina de polímero). (Eximbanker.com, 2019)

El resultado obtenido es tan efectivo que no necesita de estructuras internas y esto genera que se reduzca el peso total del mismo. Se concluye que la fibra de carbono reforzada con plástico CFRP (Carbon fiber reinforced plastic) es más compacta que el aluminio y con el tiempo y la fatiga no se deteriora como lo hace el metal, en aviones de gran tamaño se han utilizado paneles individuales de materiales compuestos incrustados sobre una base de metal que hace la forma del fuselaje (Stephens, 2018).

Figura 29. Avión B-29



Fuente: transponder1200.com, 2019.

La aeronave T-90 Calima cuenta con un fuselaje monocasco diseñada en materiales compuestos como la fibra de Carbono y fibra de vidrio (ver Figura 30).

Figura 30. Fuselaje aeronave T-90



Fuente: Elaboración propia, 2020.

- **Fibra de carbono:** La fibra de carbono se obtiene con base del polímero Poliacrilonitrilo. La composición de miles de filamentos da como resultado un material compuesto tan fuerte y compacto como el acero, incluso es más ligero que este, puede ser comparado como la madera y/o el plástico. La importancia de su estructura es tan vital debido a sus propiedades y características, a continuación, algunas de ellas:
 - Resistencia mecánica alta con índice de elasticidad elevado.
 - Baja densidad comparando frente a materiales como el acero o aluminio.
 - Componente duradero y duro, con diseños atractivos y elegantes resistente a cambios bruscos de temperatura, de baja expansión térmica.
 - La fibra de carbono principalmente se creó para ser utilizada en la industria espacial y el fin aeronáutico. Sin embargo, hoy en día ha pasado a utilizarse en objetos del diario vivir como también en el automovilismo. (KITFIBRADECARBONO, s.f)

- **Fibra de vidrio:** La fibra de vidrio, descubierta 3800 años a.C, es un patrón o superficie compacta creada gracias a la intervención de algunos hilos de vidrio diminutos los cuales al unirse entre sí de forma compacta forman esta dicha malla. Este tipo de material es utilizado cuando se transporta material de comunicación y/o rayos láser.

Dentro de sus características que lo hacen formar parte de uno de los materiales compuestos en fuselajes de aviones son la fragilidad, flexibilidad, transparencia y también su dureza, esto siempre y cuando se encuentre en un estado de fundición ya que así puede ser moldeable.

Además del fuselaje, su uso se ve reflejado en algunas antenas de telecomunicaciones para la transmisión de señales luminosas producidas por medio de láser. Los daños ocasionados estructuralmente en piezas fabricadas de materiales compuestos se clasifican en 3 grupos (Administrador, Tecnología de Plásticos, 2011), estos son:

- Daños mayores: Son esos daños que sufre la estructura y hace que su carga de trabajo no sea efectiva, cuando suceden estos daños, se deben reparar de inmediato antes de iniciar cualquier actividad de vuelo.
- Daños menores: Este tipo de daño puede llegar a soportar las cargas de trabajo, sin embargo, son contadas las horas de operación para que llegue a ocasionar daños mayores. De igual manera si se trata la novedad de inmediato se evita la propagación de desperfectos y para tratarlo el principal des laminador de las capas de tejido del material compuesto es el agua.
- Daños despreciables: Son aquellos daños que requieren únicamente una operación cosmética debido a que son solo daños de abolladuras ligeras y rayones. Son de relevancia ya que estos pueden llegar a afectar alguna parte interna como una costilla o un larguero.

Planos

Los planos son un pilar fundamental en cualquier aeronave, en ellas se generan las distintas fuerzas que hacen posible que un avión pueda volar, es aquí donde se evidencia la diferencia de presiones que permite que un avión se desplace a través de un fluido, es por esto por lo que los planos se destacan por la forma de su perfil alar donde recorre una capa laminar del aire que los impacta (ver Figura 31).

Figura 31. Plano derecho aeronave T-90



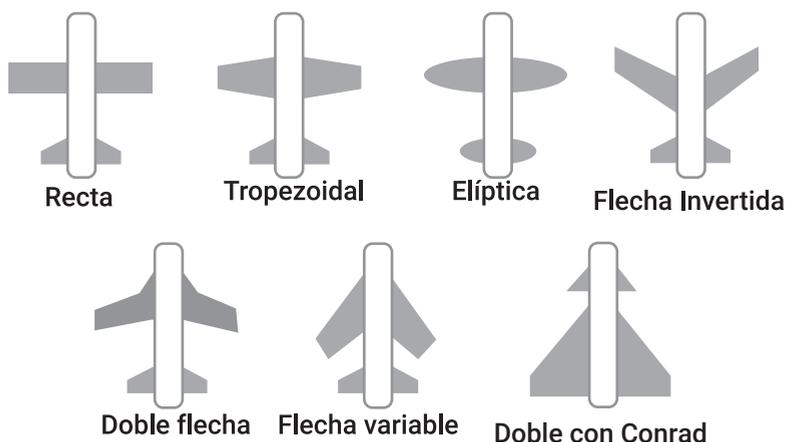
Fuente: vanguardia.com, 2013.

Formas de los planos

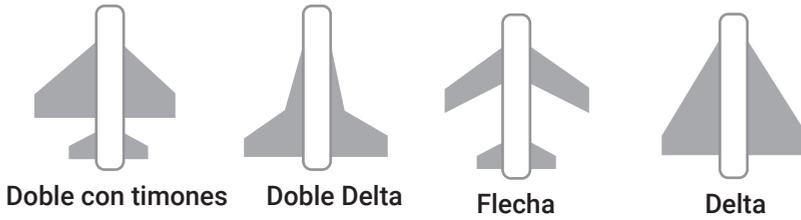
Para referenciar la forma del plano, se tiene en cuenta la visual desde un punto alto, es decir viendo hacia abajo. En la Figura 32 se ven evidenciados los tipos generales.

Están ordenados de acuerdo con la velocidad generada cuando son desplazados sobre un fluido; siendo el plano recto el de menor velocidad y la delta compleja el plano con mayor desplazamiento en menor tiempo (ver Figura 32). Cabe resaltar que el velocímetro en los distintos tipos es vital, pero así mismo, el cambio de los planos tiene efectos aerodinámicos que contribuyen al vuelo (Oñate A. E., 2011).

Figura 32. Formas de los planos



Capítulo 3.
Estructura de aeronaves

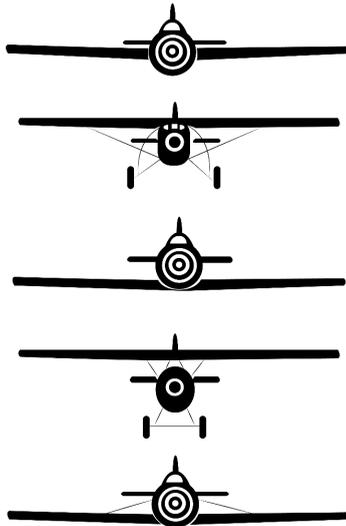


Fuente: Elaboración propia, 2020.

Posición: haciendo énfasis en la posición de los planos, se tienen 4 tipos, los cuales son: plano alto, plano medio, plano bajo y plano parasol (Éste último es utilizado en aviones poco convencionales, no es muy frecuente) (ver Figura 33).

Entre más arriba del fuselaje se encuentren estos planos, menos velocidad necesitan para su inestabilidad.

Figura 33. Posiciones de los planos



Fuente: Elaboración propia, 2020.

El número de planos también varía. Aviones con un plano son conocidos como monoplano, mientras que si se tiene dos planos se le denomina avión biplano como lo es la PT-17 de la Fuerza Aérea Colombiana (ver Figura 34).

Figura 34. *Avión PT-17*



Nota. Boeing PT-17 Kaydet (FAC62) [Fotografía], por Zenon Sanchez, 2015, Aviationcorner.net (http://www.aviationcorner.net/show_photo.asp?id=411233&set_lang=true). Todos los derechos reservados.

Funciones no aerodinámicas

Es claro que su principal función es generar sustentación. Sin embargo, a medida que la aviación evoluciona, se van derivando ciertas funciones diferentes a la sustentación que contribuyen a los distintos sistemas aeronáuticos. La aeronave T-90 Calima cuenta con estas funciones insertadas por dentro y fuera del plano, así:

- **Alojamiento de combustible:** El combustible equipado para el vuelo es ubicado en los planos debido a que no afecta su centro de gravedad (ver Figura 35).

Figura 35. *Abastecimiento de combustible en el plano de la aeronave*



Fuente: Loginews, 2014.

- **Luces y señalización:** Son denominadas luces de navegación y están situadas en los extremos del plano así: rojas plano izquierdo, verde plano derecho, estas sirven para indicar la posición relativa del avión y su dirección. También las luces de carreteo y aterrizaje están situadas en ambos planos y sirven para alumbrar el camino por el cual se planea realizar un taxeo y/o realizar un aterrizaje (ver Figura 36). De igual manera se cuenta con luces estroboscópicas las cuales cumplen la función de evitar colisiones en vuelo cuando no se cuenta con buena visibilidad, estas luces parpadean de 2 a 3 veces por segundo (ver Figura 37).

Figura 36. *Luz de aterrizaje y carreteo*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Figura 37. *Luz de navegación y estrobe*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

- **Alojamiento del tren de aterrizaje:** Ambos trenes principales se encuentran bajo los planos sobre una estructura fértil capaz de soportar el peso de la aeronave (ver Figura 38).

Figura 38. *Tren de aterrizaje aeronave T-90*



Fuente: Elaboración, 2020.

Partes del plano

- **Borde de ataque:** Es la parte frontal del plano, es aquella parte que enfrenta al aire y está formada por una serie de costillas. Se puede observar en todo el plano, y su forma es ovalada debido a efectos aerodinámicos.
- **Borde de salida:** Se encuentra unido al cajón central mediante costillas.

Pueden ser de dos tipos: fijos o desmontables. También se puede definir como la parte del plano donde el aire saliente del extradós y del intradós fluyen y abandonan el contacto con el ala. Allí, se encuentran elementos tales como flaps y estabilizadores.

- **Cajón central:** Es el componente estructural donde se sostiene el plano del fuselaje.

Es la zona más fuerte del avión y es allí donde se ve reflejado la tensión de corte ya que al estar cerca de la raíz alar también se ubica el tren principal y la resistencia que él conlleva.

- **Punta alar o wing tip fence:** Se encuentra en el extremo del plano y su misión es aumentar lo más rápido posible la sustentación generada en este sitio del ala.

Asimismo, disminuir la resistencia causada aerodinámicamente por los torbellinos en la punta alar.

- **Wing cuff:** Se ubica en el borde ataque, ayuda al control del vuelo a pesar de ser una estructura fija y su diseño permite que el flujo del aire se adhiera mejor a la parte superior del ala reduciendo así la velocidad de pérdida del avión. Cabe resaltar que en la etapa de crucero este disminuye el rendimiento total del avión (ver Figura 39). (Mark, R. 2018)

Figura 39. *Wing Cuff*



Nota. Leading edge cuff [Fotografía], por Ahunt, 2005, Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Leading-edge_cuff. Public domain

Superficies flexibles de los planos

Dependiendo de la aeronave, su funcionamiento, su peso, y su forma, se encuentran varias superficies móviles las cuales cumplen distintas funciones, las dos principales superficies de control situadas en los planos son los alerones y los flaps.

Alerones

Es vital en una aeronave ya que con esta superficie se controla el eje longitudinal, se encuentran ubicadas en el borde trasero de los planos cerca de las puntas.

En aviones comerciales existen dos Alerones en cada plano y se utilizan dependiendo del Mach que lleve la aeronave. Definido como Mach a la medida de velocidad relativa que se define como el cociente entre la velocidad de un objeto y la velocidad del sonido en el aire o cualquier medio (Natalia, 2009).

Flaps

Son superficies hipersustentadoras ubicadas en la parte central del plano y en el borde de salida. Son accionados en aviones pequeños de forma mecánica y eléctricamente. Para aviones de gran tamaño requiere de un sistema hidráulico para su funcionamiento. Los flaps, debido a ser superficies hipersustentadoras, son utilizadas para generar sustentación cambiando la forma alar especialmente en fases críticas del vuelo como el despegue y el aterrizaje (ver Figura 40). Haciendo referencia al despegue, los flaps se despliegan hacia abajo y hacia afuera, solo unos pocos grados con el propósito de tener un mayor desvío del aire que pasa por el plano y de acuerdo con la aerodinámica generar sustentación y elevarse.

Figura 40. Flaps aeronave T-90 Calima



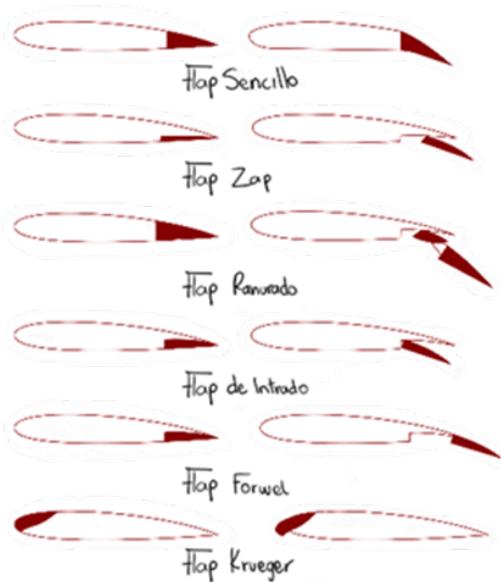
Nota. Flaps extendidos 40° de la aeronave T-90 Calima.
Fuente: Elaboración propia, 2020

Todos los flaps tienen en común que mediante su movimiento generado hacia abajo efectúa una curvatura que permite aumentar la chord line y con ella los efectos que esta trae.

A continuación, se detallan los tipos de flaps y donde son encontrados frecuentemente (ver Figura 41).

- **Sencillo:** utilizado en aeronaves pequeñas y de instrucción.
- **Ranurado:** utilizado en aeronaves jet. En aviación comercial se utilizan hasta triple flap ranurado.
- **Intradós:** utilizado en bimotores de pistón.
- **Fowler:** utilizado en aeronaves turboprop y algunos jets.
- **Krueger:** conocidos también como slats, visto en aviones comerciales. (Gil y Manuel, 2010)

Figura 41. Tipos de Flaps



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Compensadores o Trim

Es una superficie flexible situada sobre el alerón. Dicha superficie tiene como función liberar cargas de trabajo para tener así un vuelo estable y nivelado. Específicamente el compensador que actúa sobre el plano libera cargas en el eje transversal del avión (ver Figura 42).

Figura 42. Compensadores – Trim



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Otras superficies flexibles

En aeronaves de gran tamaño, aquellas que requieren de componentes adicionales para mantener su total control, se ven evidenciadas superficies flexibles como:

- Slats o alas ranuradas. Su funcionamiento consiste en generar mejores condiciones por parte de la corriente de aire a elevados ángulos de ataque, cambiando la curvatura normal del plano mediante una superficie pequeña pero aerodinámica situada en el borde de ataque y funcionan mediante interruptores ubicados en la cabina, que permiten que se extiendan o se retraigan. Es indispensable en despegues y aterrizajes ya que además de generar más sustentación facilitan el control del movimiento lateral. Además de aumentar la sustentación mediante la curvatura del plano, este dispositivo permite el paso del aire de la parte inferior (intradós) a la superior (extradós) acelerándolo y generando un aumento en la energía del flujo laminar (ver Figura 43).

Figura 43. *Slats - Alas ranuradas*



Nota. Alas ranuradas [Fotografía], por Stephen Dorey ABIPP, 2018, Alamy. <https://www.alamy.es/>

- Spoilers. Superficies ubicadas en el extradós del ala, son utilizados en la fase del aterrizaje: para generar un descenso más prolongado y al momento de tocar tierra los cuales funcionan como un Aero freno debido a que al momento de desviar el aire, genera resistencia e impide simultáneamente la sustentación trasladando todo el peso del avión a las ruedas facilitando tu total dominio en tierra al momento de accionar los frenos de pedal (ver Figura 44).

Figura 44. Spoilers



Nota. Spoiler de un Embraer 170 [Fotografía], por Radosław Drożdżewski 2010, Wikcionario. <https://es.wiktionary.org/wiki/spoiler>. CC BY-SA 3.0

- **Slots:** Estos también son superficies hipersustentadoras y funcionan de manera similar a los slats, abarcados anteriormente. La diferencia principal es que estos son fijos, no se pueden controlar desde la cabina. Sin embargo, su funcionamiento es idéntico al permitir cambiar la curvatura del plano y aumentar el flujo laminar en el extradós (Mark, R. 2018). (Ver Figura 45).

Número NACA

La forma del plano de los aviones es desarrollada por el Comité Consultivo Nacional de Aeronáutica (Número NACA). En él se ven plasmados 4 dígitos los cuales describen las características principales y el cómo se comportará el plano una vez instalado en un avión. (El vuelo de la Gran Avutarda, 2017)

- **Primer número:** Desnivel máximo como porcentaje con respecto a la chord line
- **Segundo número:** Distancia de curvatura desde el borde de ataque en decenas de porcentaje.

Figura 45 . Slots



- *Nota.* A leading-edge slot on a STOL aircraft (Una ranura en el borde de ataque de un avión STOL), (2021). Wikipedia. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Leading-edge_slot&oldid=1052936109

- **Últimos dos números:** espesor máximo del perfil alar en porcentaje.

Ejemplo: Sustentación de perfil alar NACA 3413: (curvatura de 3 % situado a 40 % (0.4 acordes) desde el borde de ataque tiene espesor de 13 % de la cuerda). (El vuelo de la Gran Avutarda, 2017)

Empenaje

El empenaje o cola de una aeronave puede variar en su diseño y funcionamiento. Dependiendo cada tipo de aeronave se establece el empenaje más recomendable para el vuelo.

Primordialmente es vital entender que el empenaje es una de las partes más importantes para poder desplazarse sobre un fluido.

En esta podemos encontrar la primera estabilidad en el vuelo. Sus superficies de control y diseños aerodinámicos permiten un vuelo controlado.

Tipos de empenaje

Dentro de sus diseños y funciones se tiene 3 empenajes clásicos que se ven plasmados en las distintas aeronaves.

Empenaje en T: Este se caracteriza por sus estabilizadores horizontales que están ubicados en la parte superior del estabilizador vertical (ver Figura 46).

Figura 46. Empenaje en T Beechcraft-1900



Fuente: es.academic.com, (s.f.).

- Empenaje en V: Este es distinto a los demás puesto que su forma no define un estabilizador vertical y uno horizontal. Se encuentran dos estabilizadores en forma de V y el ángulo formado entre ellos permite descomponer las fuerzas que allí se generan, para que sean resultantes y equivalentes a las generadas por un timón de dirección y uno de profundidad (ver Figura 47).

Figura 47. *Empenaje en V - F-117*



Fuente: Avionesdecombate.org, (s.f.).

- Empenaje convencional: En él, los estabilizadores horizontales están en la parte final del fuselaje mientras que el estabilizador vertical se encuentra sobre este último (Oñate A. E., 2011)

El T-90 Calima fue diseñado con un empenaje tradicional (ver Figura 48). Su estructura está hecha con base en las alas, ya que está compuesto de costillas, largueros, recubrimientos y perfiles alares que permiten el control total del aire. Cabe resaltar que el control del flujo de aire es disminuido también gracias a dispositivos ubicados bajo el estabilizador horizontal, los cuales generan vórtices que se originan en la punta laminar, demorando así el desprendimiento del aire en la superficie.

Figura 48. *Empenaje T-90 Calima*



Nota. En la figura se observa el estabilizador vertical y horizontal del T-90 Calima. Fuente: Elaboración propia.

Dentro del empenaje, se encuentran distintas superficies fijas y móviles que cumplen una función especial con el fin de mantener el control de la aeronave en vuelo. Sus partes más importantes son las encargadas de regular y nivelar las fuerzas del viento, las cuales, al tener fricción con el aire, harán que el vuelo se mantenga recto y nivelado, estas son:

- **Estabilizador horizontal:** Se encarga del movimiento vertical de la aeronave
- **Estabilizador vertical:** Se encarga del movimiento horizontal de la aeronave.

El empenaje va unido a la aeronave mediante el mamparo principal del fuselaje, en el cual se unen los estabilizadores anteriormente mencionados (Oñate A. E., 2011). Cabe resaltar que con solo los estabilizadores no es posible mantener el control y vuelo nivelado en la aeronave y por esta razón en ellos se encuentran partes flexibles conocidas como superficies de

control de vuelo: timón de dirección y timón de profundidad. Explicadas en el apartado de controles de vuelo.

- **Compensador o trim:** Superficie flexible situada en el estabilizador horizontal izquierdo del empenaje, a diferencia del compensador situado en el alerón, este libera cargas en el eje vertical del avión haciendo ejecutar así un vuelo controlado

Funciones no aerodinámicas

Su principal función es mantener un avión estabilizado y controlado. Sin embargo, en él se añaden ciertos accesorios que contribuyen a un buen vuelo como sistemas anticolidión:

- **Luz de navegación:** Esta, es la luz blanca ubicada en la punta del estabilizador vertical y hace conjunto con la luz verde y roja ubicada en los planos del avión.

Tren de aterrizaje

Figura 49. *Tren de aterrizaje C-5 Galaxy*



Fuente: transponder1200.com, 2021.

El tren de aterrizaje absorbe las cargas generadas en el aterrizaje hasta el momento en el cual la resistencia de la estructura del avión llega a su fin.

El tren de aterrizaje es un componente vital de las aeronaves, y consta de un conjunto de ruedas, amortiguadores, soportes, sistema de frenado y diferentes equipos que son requeridos al momento de realizar operaciones aéreas. (Administrador, 2017) .(Ver Figura 49).

Función

El tren de aterrizaje es el encargado de juntar la energía cinética producida en el impacto al momento de tocar tierra en un aterrizaje o al realizar maniobras en tierra.

Permite el desplazamiento en superficie de una aeronave puesto que gracias a sus ruedas este pueda realizar movimientos sin mayor complejidad.

Amortigua impactos haciendo reducir energía cinética. De igual manera disminuye vibraciones y oscilaciones vertical y horizontalmente en la cabina (Administrador, 2017) .

Por medio de las ruedas, la aeronave tiene la capacidad de dirigir el rumbo (Mediante la parte inferior de los pedales de cabina) y frenado en caso de ser requerido (accionados en la parte superior de los pedales de cabina).

Características del tren de aterrizaje

El tren de aterrizaje debe tener alto nivel de estabilidad direccional en altas velocidades debido a que mediante esta pieza se mantiene el control en despegues y aterrizajes.

Su silueta es mínima y aerodinámica evitando lo mayor posible generar con él resistencia parásita.

Así mismo, debe ser liviano, el tren de aterrizaje no supera el 5 % del peso total de la aeronave.

Entre menor velocidad entre una aeronave al momento de aterrizar, menor energía cinética generará y evitará así su deterioro (Administrador, 2017) .

Su ubicación ensamblada en una aeronave varía con respecto al centro de gravedad. El lugar establecido es asignado teniendo en cuenta las mejores condiciones en fases de vuelo vitales como lo son el despegue y el aterrizaje.

El tren de aterrizaje del T-90 es de clasificación fija, esto quiere decir que, durante el vuelo, mantiene en la misma posición que en tierra. Este tipo de sistema es utilizado en aeronaves pequeñas en las cuales no afecta este tipo de resistencia, puesto que el empuje y la sustentación son superiores. Cabe resaltar que debido al liviano peso del Calima, no es posible incluir un sistema que retraiga el tren, pues quedaría muy pesado y generaría una disminución en el rendimiento (ver Figura 50).

La disposición del tren de aterrizaje es un tren triciclo ya que este brinda estabilidad y un mejor performance. La denominación y posicionamiento consiste en tres patas, una situada al frente, justo debajo de la nariz del avión (denominado tren de nariz) y las otras dos situadas entre los planos y el fuselaje (denominados trenes principales).

En este tipo de tren, las llantas principales cargan un 90 % del peso total de la aeronave, mientras que la llanta de nariz es la responsable del otro 10 % ya que en él se posee un dispositivo de dirección ejecutado mediante los pedales ubicados en la cabina de mando (Oñate A. E., 2011).

Figura 50. *Tren de aterrizaje tipo triciclo T-90*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Ventajas del tren triciclo

Este tipo de tren de aterrizaje es ventajoso ya que la estabilidad que genera permite aterrizajes seguros sin importar fuertes vientos o condiciones meteorológicas adversas ya que su posición es basada teniendo en cuenta el adelantado centro de gravedad de la aeronave, permitiendo un despegue y aterrizaje horizontal y seguro.

Dentro de sus cualidades de seguridad se resalta que este tipo de ubicación de las llantas mejora la visibilidad del piloto y su tripulación al exterior durante las fases de taxeo, despegue y aterrizaje. De igual manera esta ubicación genera un frenado efectivo y seguro especializado en pistas cortas, ya que al realizar dicha acción se tiende a inclinar el morro del avión hacia adelante aumentando el peso en tren de nariz (Oñate A. E., 2011).

MOTOR DE AVIONES

Un motor aeronáutico es aquel mecanismo que transforma la energía química presente en ellos mediante el combustible a una energía mecánica. Éste es utilizado para la propulsión que genera el empuje para poder realizar un desplazamiento a través de un fluido.

A diferencia de un motor utilizado en automóviles y demás, los motores de aviación están certificados por obtener características vitales que hacen del motor el objeto más importante y de mayor cuidado a la hora de volar (Oñate A. E., 2011).

Funcionan con la potencia máxima durante extensos periodos de tiempo, específicamente en despegues y ascensos.

Un motor de un avión monomotor es como mínimo 50 % más grande comparándolo con un motor de automóvil, de igual manera son refrigerados por aire impacto, lo cual conlleva a eliminar algún otro sistema de enfriamiento lo que generaría mayor peso y complejidad. (Geocities.ws., s.f.).

La aeronave T-90 Calima está equipada con un motor Lycoming 390 A1A6 de 210 HP (Horse Power). (Ver Figura 51).

Figura 51. Planta motriz T-90



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Dentro de sus características, es un motor de 2700 rpm con hélice de paso variable, es refrigerado por aire.

Contiene un sistema de inyección de combustible ensamblado en la válvula de admisión la cual se ubica en cada uno de los 4 cilindros que lo componen. Básicamente la combustión de la mezcla compuesta por aire y combustible produce un aumento en la presión del interior del cilindro sobre el émbolo. El movimiento lineal del émbolo asciende y desciende en el cilindro, cumple su ciclo y finalmente mediante articulaciones externas a los cilindros hacen girar el eje del motor (William, 2009).

Cilindros horizontales y opuestos

Para aeronaves pequeñas, es el más adecuado por su ubicación y la baja potencia que requieren en su funcionamiento. Este tipo de motor contiene mínimo 4 cilindros situados horizontalmente, y es por ello que presenta ventajas con respecto a un motor con cilindros en línea ya que su longitud se vuelve menor, por tanto ocupa menos espacio en su estructura y esto hace un avión más eficaz; también forma un objeto más compacto y con

esto genera menor vibración de sus componentes al momento de iniciar operación, y, por último, debido a su perfil estrecho disminuye de gran manera la resistencia parasita del avión generando que la aeronave se mantenga en vuelo con menor esfuerzo del motor. Una característica para resaltar es el orden de encendido de los cilindros puesto que se distribuye de tal forma que los pistones opuestos no se comparten en la misma posición al cigüeñal y todos se encuentran a destiempo con el fin de que la energía utilizada para prenderlos se utilice uno a uno (Oñate A. E., 2011). Ver sección sistemas del avión.

Este motor se ensambla a la estructura de la aeronave con la ayuda de una grúa (ver Figura 52), la cual se engancha a la parte superior del motor (ver Figura 53). Éste se conecta en sus 4 puntos, dos superiores y dos inferiores que van enganchados a la bancada (ver Figura 54); mediante pernos donde también se conecta el tren de nariz, que es sujetado por los tubos balinera pivot block bearing, (ver Figura 55), que son balineras excéntricas que tiene la función de que esté sujeto y no tenga un contacto rígido y agregar flexibilidad evitando que se quiebre.

Figura 52. *Planta motriz T-90 enganchada a la grúa*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Figura 53. Gancho de motor T-90



Fuente: Elaboración propia, 2020.

El motor cuenta con 2 aisladores de vibración que reciben el nombre de shock mount (ver Figura 56), estos son amortiguadores que absorben la vibración generada por el motor las cuales tienen que ser cambiadas de acuerdo a su estado; estos amortiguadores están sujetos mediante pernos que son sujetos al momento de ensamblarlos.

Figura 54. Bancada del motor T-90



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Figura 55. Enganche tren de nariz T-90



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Figura 56. *Shock mount del motor T-90*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Pared de fuego

Es una placa ubicada tras el motor, entre el motor y la cabina, como su nombre lo indica está diseñada para contrarrestar una emergencia por fuego, su función es contener el calor evitando lesiones a los ocupantes específicamente en aviones monomotor. Hecha en aluminio, materiales compuestos y acero evitando el traslado de cualquier elemento que pueda ser filtrado en la cabina (ver Figura 57).

Figura 57. Pared de fuego aeronave T-41



Fuente: Elaboración propia, 2020.

SUMARIO

La estructura de la aeronave determina su forma y la capacidad de generar sustentación y mantener el control en vuelo.

Conocer los límites y demás características derivadas de la construcción, es muy importante para la seguridad del vuelo y debe ser una prioridad para el piloto.

La resistencia a las fuerzas generadas en vuelo dependerá directamente del tipo de estructura con que se diseñó la aeronave y debe ser tenido en cuenta permanentemente por las tripulaciones para entender la razón de contar con algunas maniobras prohibidas o restringidas en los procedimientos.

REFERENCIAS

- Alamy. (19 de enero de 2018). *Alas ranuradas*. <https://www.alamy.es/foto-los-flaps-y-frenos-de-aire-totalmente-empleadas-en-un-airbus-321-de-aterrizar-en-el-aeropuerto-de-fuerteventura-islas-canarias-174479770.html?imageid=CE9345F4-D590-4254-B1CD-67D07A143BC7&p=67903&pn=1&searchId=a46c3e935b204103c698fb565d5fcc54&searchtype=0>
- Administrador. (07 de 03 de 2018). *Caymans SEO*. <https://caymansseo.com/tren-de-aterrizaje-partes-caracteristicas-como-funciona>
- Administrador. (06 de 12 de 2011). *Tecnología de Plásticos*. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html>
- Administrador. (Septiembre 19, 2017). *7 Efectos Aerodinámicos que debes conocer para mejorar de modo inmediato como piloto*. Aviator blue wings. <https://aviatorbluewings.com/efectos-aerodinamicos/>
- Administrador. (s.f.). *LOT*. <https://www.lot.com/ch/pl/embraer-170>
- Aerobcn.com*. (10 de 10 de 2014). *EL T90 Calima será una de las atracciones de la feria colombiana Expodefensa*. <https://www.aerobcn.com/defensa/990-el-t90-calima-sera-una-de-las-atracciones-de-la-feria-colombiana-expodefensa/>
- Aircraft Owners and Pilots Association – AOPA. (2017). *Say it right, interactive course*. <https://www.aopa.org/training-and-safety>
- Armendáriz, Mtz. R. (19 de agosto de 2017). *¿Cómo funcionan las superficies hipersustentadoras?*. <https://www.transponder1200.com/como-funcionan-las-superficies-hipersustentadoras/#:~:text=T%C3%A9nicamente%20conocidas%20como%20superficies%20hipersustentadoras,sustentaci%C3%B3n%20y%20resistencia%20al%20avance.>
- Avionesdecombate.org. (s.f.). *F-117 Nighthawk*. <https://avionesdecombate.org/bombarderos/lockheed-f-117-nighthawk/> (14 de marzo de 2022)



- Bajo mi ala. (November 29, 2014). *Beechcraft bonanza*. <https://bajomiala.blogspot.com/2014/11/beechcraft-bonanza.html>
- Bejarano, P. (22 de 09 de 2016). *blogthinkbig.com*. Obtenido de <https://blogthinkbig.com/los-principios-que-hacen-volar-a-un-avion>
- Chile, F. A. (s.f.). *Manual para pilotos*. Obtenido de file:///C:/Users/RODRIGUEZ/Desktop/MANUALES/vdocuments.site_manual-piloto-privado-fedach.pdf
- De la Cavada, I. (s.f.). *Aerodinámica*. Obtenido de <http://oa.upm.es/13758/1/C14.pdf>
- Derecho Aeronáutico. (s.f.). OACI. Obtenido de Derecho Aeronáutico: <https://derechoaeronauticoiuac.wordpress.com/oaci/>
- Derecho aeronáutico. (s.f.). OACI. Obtenido de Derecho Aeronáutico1: <https://derechoaeronauticoiuac.wordpress.com/oaci/>
- Es.academic.com (14 de marzo de 2022). *Cola en T*. <https://es-academic.com/dic.nsf/eswiki/1277831>
- Efecto Venturi. (Agosto 7, 2019). *En Ecured*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Efecto_Venturi
- El vuelo de la Gran Avutarda. (Enero 15, 2017). *El código NACA de 4 y 5 dígitos*. <https://greatbustardsflight.blogspot.com/2017/01/el-codigo-naca-de-4-y-5-digitos.html>
- Estela Raffino, A. M. (22 de 06 de 2020). Concepto.de. Obtenido de <https://concepto.de/leyes-de-newton/>
- European Aviation Safety Agency – EASA. (s.f.). Avoiding airspace infringement. Reduce your risk of a midair collision. <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Airspace%20infringement%20Flyer.pdf>
- European Aviation Safety Agency – EASA. *Easy Access Rules for Standardized European Rules*. <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Easy%20Access%20Rules%20for%20Standardised%20European%20Rules%20of%20the%20Air%20%28SERA%29.pdf>
- European Organization for Safety and Air Navigation – EUROCONTROL. 2010. European Action Plan for Airspace Infringement Risk Reduction. <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/1044.pdf>
- Eximbanker.com. *Tipos de fusilaje de avión*. Obtenido de <https://www.eximbanker.com/tipos-de-fuselajes-de-aviones/>
- Dispositivo hipersustentador. (25 oct 2022) En *Wikipedia* https://es.wikipedia.org/wiki/Dispositivo_hipersustentador
- FAA. (2011). *Manual de Sistemas de Aviónica Avanzada*.
- FAA. (2012). *Instrument Flying Handbook*. U.S. Department of Trans-

- portation. Flight Standards Service
- FAA. (2012). *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge*. Obtenido de https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/media/FAA-H-8083-15B.pdf
- FAA. (2016). *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge*.
- G. M. (septiembre, 2008). *Definición de Resistencia Aerodinámica*. Definición ABC. Desde <https://www.definicionabc.com/motor/resistencia-aerodinamica.php>
- Gallo, C. (28 de marzo de 2018). *Heliflycolombia*. Obtenido de <http://heliflycolombia.com/blog/breve-resena-historia-de-la-aviacion-colombiana-los-inicios-de-un-sector-apasionante/>
- Geocities.ws. (s.f.). *Los motores certificados en aviación*. <http://www.geocities.ws/aviaciondeportivaecuador/Losmotoresdeaviacion.htm>
- Gil, F. y Manuel. (19 de 10 de 2010). *Revista IVAO*. Obtenido de <https://ivaomx.wordpress.com/2010/10/19/tipos-de-flaps/>
- Hernández, D. (16 de Noviembre de 2018). Historia de la aviación. Obtenido de <http://historiasdelaviacion.blogspot.com/2018/11/la-aviacion-colombiana-en-la-guerra.html>
- KITFIBRADECARBONO. (s.f.). *¿Qué es la fibra de carbono?*. https://www.kitfibradecarbono.com/fibra-de-carbono/#Estructura_quimica_de_este_compuesto_de_carbono
- Leading-edge slot. (octubre 31, 2021). En *Wikipedia*. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/74/Leading_edge_slot.jpg/1200px-Leading_edge_slot.jpg
- Leading-edge cuff. (May 1, 2005). *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Leading-edge_cuff#/media/File:DroopedLeadingEdgeCuff01.JPG
- Mark, R. (2018). How Wing Cuff Work. En *FLYING*. <https://www.flyingmag.com/how-wing-cuffs-work/>
- Martín Palma, R. J. (24 de 05 de 2017). *Avión y piloto*. Obtenido de <http://avionypiloto.es/secciones/instrumentos/sistema-de-referencia-de-actitud-y-rumbo-ahrs/>
- Muñoz Navarro, M. A. (s.f.). *Principios básicos. Fuerzas que actúan en vuelo*. Obtenido de https://manualvuelo.es/1pbav/13_fuerz.html
- Natalia. (22 de 11 de 2009). Blog de Física. Obtenido de <https://natalia-fisica.blogspot.com/2009/11/que-es-mach.html>
- Loginews (2014). *La renovación de licencias de asistencia de combustible será en 2 fases*. <https://noticiaslogisticaytransporte.com/transporte/25/07/2014/renovacion-de-licencias-de-asistencia-de-combustible-sera-en-2-fases/27435.html>



- Oñate, A. E. (2007). Conocimientos del Avión. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Oñate, A. E. (2011). Conocimientos del avión. Madrid: Paraninfo S.A.
- Organización de Aviación Civil Internacional – OAC. (2007). *Documento 4444, Gestión de tránsito aéreo*. [https://www.icao.int/SAM/Documents/2010/ASTERIX/07 %20 %20DOC4444.pdf](https://www.icao.int/SAM/Documents/2010/ASTERIX/07%20%20DOC4444.pdf)
- Organización de Aviación Civil Internacional – OACI. (2016). Anexo 11, Servicios de Tránsito Aéreo. <https://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/anexos-oaci/anexo-11.pdf>
- Organización de Aviación Civil Internacional – OACI. (2010). Circular 323, Directrices para los programas de enseñanza del inglés para la aviación. https://www.icao.int/Meetings/lpr13/Documents/323_es.pdf
- Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), 1995, Doc. 9426 - Manual de planificación de servicios de tránsito aéreo. <https://apcae.files.wordpress.com/2009/05/documento-9426.pdf>
- Orozco, J. (2015). Aeronave T-90 Calima. El País.
- Ortega, P.A. (24 de febrero de 2006). *Volavi*. Obtenido de <https://volavi.co/aviacion/historia/historia-de-la-fuerza-aerea-colombiana-fac>
- Redacción. (3 de 12 de 2012). Pasión por volar. Obtenido de <http://www.pasionporvolar.com/la-helice/>
- Redacción. (Última edición:6 de febrero del 2021). Definición de Empuje. Recuperado de: <https://conceptodefinition.de/empuje/>. Consultado el 3 de noviembre del 2022
- Ruesca, P. (25 de 09 de 2016). radiocomunicaciones. Obtenido de <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/teoria-de-antenas/>
- Skybrary, (20 de abril del 2020). *Airspace Infringement*. <https://skybrary.aero/articles/airspace-infringement>
- Solis Muñante, F. (15 de 08 de 2013). Ejes del avión. En *SlideShare*. <https://es.slideshare.net/flordemariasolismunante/eje-25295683>
- Sistema electrónico de instrumentos de vuelo - (Electronic flight instrument system). (Marzo 2, 2022). En *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Electronic_flight_instrument_system&oldid=1074807769
- Transponder1200.com, (2021). *¿Cuántos neumáticos tiene el Galaxy C-5?* <https://www.transponder1200.com/video-cuantos-neumaticos-tiene-el-c-5-galaxy/> (14 de marzo de 2022)
- Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil – UAEAC. (05 de 2019). *RAC 1 Definiciones*. Obtenido de [file:///C:/Users/RODRIGUEZ/Downloads/http___www.aerocivil.gov.co_normatividad_RAC_RAC%20 %201 %20-%20Definiciones.pdf](file:///C:/Users/RODRIGUEZ/Downloads/http___www.aerocivil.gov.co_normatividad_RAC_RAC%20%201%20-%20Definiciones.pdf)

- Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil – UAEAC. (2019). *RAC 211, Gestión de tránsito aéreo*. <https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%20%20211%20-%20Gesti%C3%B3n%20de%20Tr%C3%A1nsito%20A%C3%A9reo.pdf>
- Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil – UAEAC. (2020). *AIP Barranquilla*. <https://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/servicio-de-informacion-aeronautica-ais/Documents/11%20SKBQ.pdf>
- Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil – UAEAC. (2020a). *TMA Villavicencio*. <https://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/servicio-de-informacion-aeronautica-ais/Documents/67%20TMA%20VILLAVICENCIO.pdf>
- Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil – UAEAC. (2020b). *CTA Cali*. <https://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/servicio-de-informacion-aeronautica-ais/Documents/67%20TMA%20VILLAVICENCIO.pdf>
- Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil – UAEAC. (s.f.) *AIP Colombia. Zonas de maniobras e instrucción civil y militar*. <http://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/servicio-de-informacion-aeronautica-ais/Documents/32%20ENR%205.2.pdf>
- Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil – UAEAC. (s.f.) *AIP Colombia, Zonas prohibidas, restringidas y peligrosas*. <http://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/servicio-de-informacion-aeronautica-ais/Documents/31%20ENR%205.1.pdf>
- Ureña Durán, M. (06 de 02 de 2018). *ADF*. Obtenido de <http://live4flight.blogspot.com/2018/02/automatic-direction-finder-adf.html>
- Vanguardia.com. (2013). *Colombia construyó el T-90 Calima, su primer avión militar*. <https://www.vanguardia.com/colombia/colombia-construyo-el-t-90-calima-su-primer-avion-militar-BBv1221321> (11 de marzo de 2022)
- Vásquez, N. (s.f.). *Nociones de Altimetría Aeronáutica. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM*. <http://www.ideam.gov.co/documents/290086/75945771/Gu%C3%ADa+altimetr%C3%ADa+aeron%C3%A1utica/4140fe37-34bb-41ce-bbbe-bb7aa5c1504f>
- Wicho. (2012). *Microsiervos*. Obtenido de <https://www.microsiervos.com/archivo/ciencia/por-que-vuela-un-avion.html>
- Wikcionario. (13 de junio de 2010). *Spoiler de un Embraer 170*. <https://es.wiktionary.org/wiki/spoiler>
- Zenon Sanchez. (2015). *Boeing PT-17 Kaydet (FAC62)*. Aviationcorner.net. (http://www.aviationcorner.net/show_photo.asp?id=411233&set_lang=true)

Diagramación y Diseño:
Paola Andrea Bolaños Dorado
Correo: paola6553@gmail.com
Cel: (+57) 323 595 57 51

Este libro fue diagramado utilizando fuentes tipográficas Georgia en sus respectivas variaciones a 11 puntos para el contenido, y Fira Sans para títulos a 13 pts. Para los capitulares se usó Playfair Display a 18 pts.

Impreso en el mes de diciembre de 2022.

200 ejemplares

Just Services S.A.S

Av. Carrera 19 # 97-31

Oficina 503, Bogotá, Cundinamarca

Colombia

Cel: (57+) 300 760 2388

Este instructivo está dirigido especialmente para las tripulaciones de la Fuerza Aérea Colombiana, con el fin de estandarizar los conocimientos enseñados para una certificación en vuelo IFR, teniendo como referencia principal las regulaciones del espacio aéreo colombiano y las características del territorio nacional ya sean geográficas o climáticas. Sin embargo, debe ser complementado con los apartados específicos de espacio aéreo y operación de aeródromos.

El primer volumen está compuesto por tres capítulos, que abordan los temas básicos fundamentales que requiere un alumno de vuelo para llegar a ser un piloto certificado en vuelo, bajo reglas instrumentales: Toma de decisiones aeronáuticas, conocimientos sobre el espacio aéreo y la estructura de las aeronaves. Está organizado para que, de tal manera, sea de fácil entendimiento de forma completa y explicativa. El contenido aeronáutico está adaptado bajo el reglamento colombiano, sin necesidad de acudir hacia otros manuales como consulta de estas regulaciones, siendo un documento propio del país, y para la aviación nacional del Estado. Sin duda este instructivo lo formará y le servirá al Piloto como su carta de navegación, para tener un vuelo eficiente y seguro.

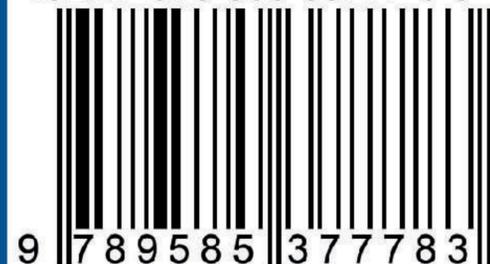
**FUERZA AÉREA
COLOMBIANA**



**ASÍ SE VA A LAS
ESTRELLAS**



ISBN: 978-958-53777-8-3



9 789585 377783