

# EL SISTEMA QUE REVOLUCIONÓ EL CONCEPTO DE LA SEGURIDAD AÉREA

## THE SYSTEM THAT HAS REVOLUTIONIZED THE CONCEPT OF AIR SAFETY

Por: David Bernal Rodriguez  
david.bernal@aerocivil.gov.co

**ABSTRACT:** Technological advances in aviation offer daily air navigation improvements that strengthen the development of this great worldwide industry. These improvements gave way to new systems such as TCAS (Traffic alert collision avoidance system) which revolutionized history of the world aviation.

Aviation has caused greater reliance on procedures that require accurate and timely attention of the pilot when the aircraft presents risk of collision to avoid air accidents and incidents. This system has become in one of the aids that in some situations has supported communication and radar signal failures.

The use of TCAS systems, is es esencial for the entire flight security because it previews the possible approaches and the potential hazzards among aircrafts. It shows the surrounding air traffic to the aircraft.

**key words.** Advances, Standar, Investigation, System, Alarm, flight and Security.

**RESUMEN:** Los avances tecnológicos en la aviación ofrecen día a día mejoras a la navegación aérea, que fortalecen el desarrollo de esta gran industria a nivel mundial, estas mejoras dieron paso a nuevos sistemas como el TCAS (Traffic alert collision avoidance system) el cual revolucionó la historia del mundo aeronáutico.

La aviación ha originado mayor confiabilidad en procedimientos que requieren atención precisa y oportuna del piloto al momento en que la aeronave presente riesgo de colisión para evitar incidentes y accidentes aéreos, este sistema se ha convertido en una de las ayudas que en oportunidades ha soportado las fallas de comunicación y señal radar que se han presentado.

La utilización del sistema TCAS, es indispensable para la seguridad plena en vuelo pues prevé posibles acercamientos y amenaza potencial entre aeronaves, muestra el tráfico aéreo circundante a la aeronave.

**PALABRAS CLAVES.** Avances, Estándar, Investigación, Sistema, Alerta, Vuelo y Seguridad.

---

Fecha de recepción: 13 de noviembre de 2014

Fecha de aprobación: 28 de noviembre de 2014

---

Docente Escuela de Suboficiales Fuerza Aérea, Coordinador Unidad de instrucción Torre de control Aeropuerto Internacional Eldorado, Instructor en especialidades aeronáuticas Licencia IET 1291, Controlador tránsito aéreo aeropuerto Internacional Eldorado Licencia CTA 677, Tecnólogo en comunicaciones aeronáuticas Fuerza aérea Colombiana, Meteorólogo aeronáutico Universidad Nacional de Colombia, Psicólogo en formación, Politécnico Granacolombiano, "Estudiantes de la Tecnología Comunicaciones Aeronáuticas curso TCA 87".



## INTRODUCCIÓN:

El sistema de alerta de tráfico y evasión de colisión TCAS (Traffic alert and Collision Avoidance System o Traffic Collision Avoidance System), es un sistema a bordo de los aviones que informa a las tripulaciones de posibles colisiones entre aeronaves que circundan en espacios aéreos cercanos y su funcionamiento es independiente de los servicios de control de tránsito aéreo. El sistema TCAS, Se basa en el estándar teórico de OACI llamado ACAS.

“Rumbos aeronáuticos digital”, (2011) El sistema TCAS, es un sistema incorporado en la mayoría de los aviones comerciales actuales y cada día en más aeronaves deportivas y avionetas. Alerta a los pilotos sobre tráficos cercanos con el fin de evitar, como su propio nombre indica, colisiones y accidentes. Se podría decir que el desarrollo de este sistema comenzó en el año 1955 cuando el DR J. S Morell de Bendix Avionics publicó, en su ensayo "La Física de las colisiones", un algoritmo computable que relacionaba y definía diferentes proporciones entre el avión que se acerca y el avión amenazado. Este trabajo fue la base para todas las investigaciones posteriores que pretendieron diseñar un sistema para evitar colisiones aéreas. Durante los años 70 la empresa del doctor Morell presentó varios prototipos y a finales de los 80 obtuvieron la certificación de la máxima autoridad aeronáutica estadounidense (FAA, Federal Aviation Administration) para los primeros sistemas TCAS I. Podríamos dividir el TCAS en tres componentes: Un computador, que analiza la situación y calcula si existe o no riesgo de colisión (en caso afirmativo calcularía la maniobra evasiva pertinente), las antenas propias (normalmente 2) y las compartidas con otros sistemas y por último, el panel de control que incluye la representación gráfica de la situación y la interface entre piloto y equipo. Además el sistema va conectado a los altímetros, radioaltímetros y al transpondedor. Para entender

el funcionamiento del TCAS es necesario comprender el principio de operación de los transpondedores activos y radares secundarios de vigilancia. Estos sistemas establecen comunicaciones electrónicas entre dos aeronaves o entre una aeronave y un centro de control en tierra. Sin entrar en detalles, podríamos decir que para ello el transpondedor, que hace la primera emisión, codifica una interrogación predefinida en forma de pulsos modulados en amplitud y la emite en 1030 MHz y que el transpondedor receptor es capaz de interpretar y contestar automáticamente con el mismo método pero a una frecuencia de 1090 MHz. Las interrogaciones que hace el transpondedor emisor tienen como respuesta alguna información que otro equipo del avión requiere. Centrándonos de nuevo en el TCAS, cabe destacar que los transpondedores actúan en este caso en el llamado modo S. Es decir, responden a la interrogación con 24 pulsos de dirección, un pulso de identificación de modo y de 56 a 112 pulsos de datos. De esa manera, con datos de distancia, rumbo y altitud entre aeronaves, conseguimos una representación en 3 dimensiones del espacio aéreo cercano a la aeronave. Si existiera riesgo de colisión el sistema TCAS podría actuar de diferentes maneras según el tipo: Si el sistema instalado es TCAS I (primera generación) advertirá del riesgo; si el sistema es TCAS II advertirá el riesgo y además propondrá una maniobra evasiva en el plano vertical (ascienda o descienda) opuesta en cada avión. Actualmente se ha paralizado el desarrollo del TCAS III que propondría también evasión en el plano horizontal porque existen alternativas mejores de cara al futuro.

## EL ESPACIO AÉREO COLOMBIANO:

El espacio aéreo Colombiano está dividido en diferentes áreas de control, uno de estos es el área terminal (TMA).

La TMA Bogotá, contiene diversos aeródromos, uno de ellos es el aeródromo de Guaymaral catalogado como el segundo en manejo de tránsito de vuelos visuales, allí un procedimiento de salida para vuelos VFR llamado WSW1 así:

Para aeronaves en plan de vuelo VFR cuyo origen o destino sea el aeropuerto Guaymaral Altitud máxima del corredor 10.500' con excepción del tramo Compreendido entre EL ROSAL Y BOJACÁ en el cual la

altitud máxima permitida es 9.500'. Requisito obligatorio disponer de respondedor radar equipado con modo "C" operativo. (Aerocivil, 2014).

Procedimiento que lleva los aviones de poco performance por una derrota que cruza por debajo de la senda de aproximación tramo entre El Rosal y Bojacá, pasando muy cerca de los aviones comerciales, privados y militares que pretenden llegar al aeropuerto internacional El Dorado, el cruce es relativamente cerca.

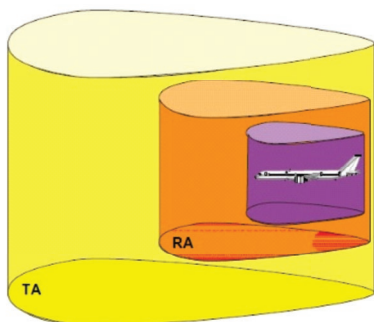
Así mismo, está el aeródromo de la Base Aérea Justino Mariño en Madrid Cundinamarca, ubicada dentro de la Zona de control CTR que protege las entradas y salidas de los vuelos instrumentales que llegan a El Dorado, la derrota de salida de una de las cabeceras de pista cruza la trayectoria de aproximación, convirtiéndose esto también en un factor de riesgo para las aeronaves que operan en la Base Aérea, como las que llegan a El Dorado.

El ACAS es el concepto teórico y el TCAS es la aplicación práctica, la función del ACAS es alertar a la tripulación de aquellos tráficos que representan riesgo de colisión con las aeronaves. Se basa en el TRANSPONDEDOR. Interroga a los aviones próximos y recibe una réplica de ellos. En función de esta respuesta, calcula el rumbo y la distancia y genera unos avisos que serán de TA (Traffic Advisory) o RA (Resolution Advisory) dependiendo de la proximidad de estos. "Existen 3 tipos de TCAS:

**TCAS I** Solo reposte TA

**TCAS II** Da información de TA y RA en el plano vertical

**TCAS IV** Es una modificación del TCAS III proporciona TA + RA + HRA (Horizontal Resolution Advisory) nos da avisos de resolución en el plano vertical y horizontal. Está en vías de desarrollo. Vallbona, (2011).



El TCAS II opera con el principio del radar secundario de vigilancia (SSR). Interroga a las aeronaves con una frecuencia de 1030 MHz y responde con 1090 MHz.

La única diferencia con el SSR es que la comunicación es aire - aire.

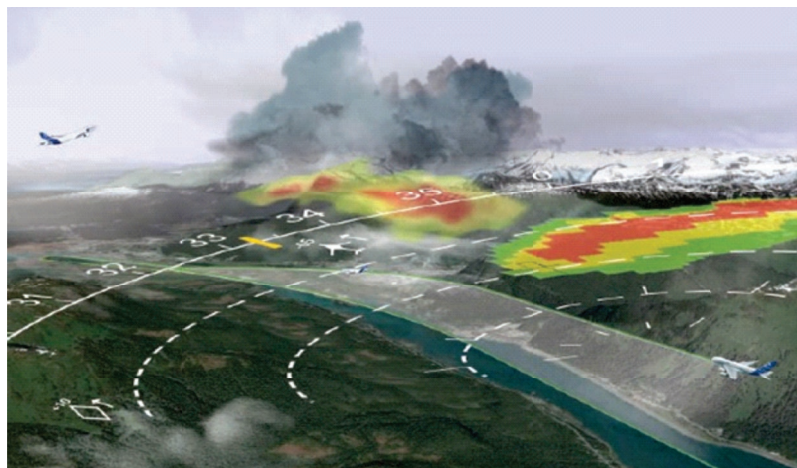
Usando este principio, el TCAS crea una burbuja de protección tridimensional alrededor de la aeronave. A esta burbuja se le llama TAU o umbral de protección. Este umbral depende de la distancia y el régimen de acercamiento (velocidad). Se mide en segundos. Vallbona, (2011).

$$TAU = \frac{\text{Distancia (NM)}}{\text{velocidad (kt)}} \times 3600$$

Desde la torre y centro de control Bogotá, se controlan y vigilan estas aeronaves, pero no es un secreto que existen factores como el mal tiempo, el factor técnico e incluso el factor humano que podrían complicar las cosas en espacios tan pequeños y con tanto tránsito de aeronaves, si se considera que en promedio cada tres minutos aproxima un avión a este aeropuerto internacional.

La experiencia aeronáutica mundial nos ha dejado conocimientos que han ayudado a ser más seguras las aeronaves, es el caso del sistema de abordaje ACAS, este instrumento permite visualizar el tránsito de aeronaves en las proximidades, convirtiéndose es una herramienta para los pilotos, alertando con tiempo de otras aeronaves circundantes.

## DESCRIPCIÓN DEL ACAS – TCAS





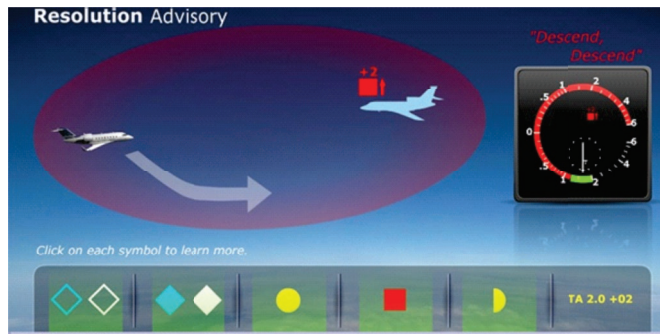
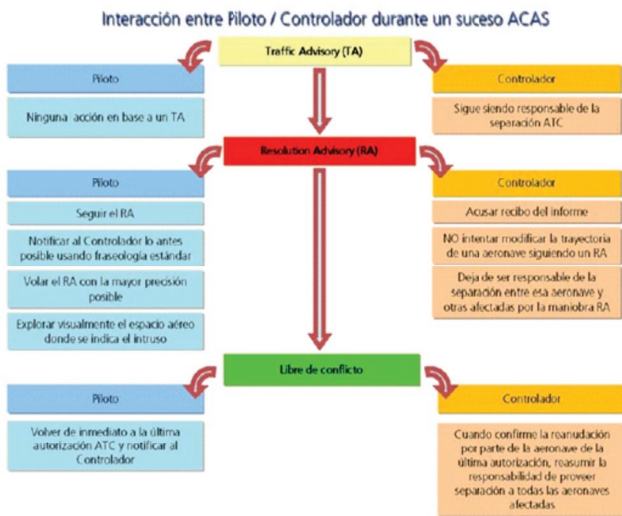
El concepto del sistema de anti-colisión, apareció a principio de 1950, con el continuo desarrollo de la aviación de la época, varias colisiones de aeronaves en vuelo permitieron el desarrollo del TCAS por la FAA en los estados Unidos de América. Al mismo tiempo, ICAO desarrolló los estándares de ACAS desde principios de 1980 y oficialmente fue reconocido en noviembre de 1993. ICAO publicó el Anexo 10, volumen IV describiendo los requerimientos de ACAS e ICAO los PANS-OPS Doc. 8168 ICAO-PANS ATM Doc. 4444 donde define la operación del ACAS. TCAS es la herramienta que asiste a las tripulaciones de vuelo, para identificar el tránsito de aeronaves circundantes. Las tripulaciones de vuelo No deben usar el TCAS para lograr su propia separación con las demás aeronaves. (Airbus, 2009).

INFORMACIÓN BRINDADA POR EL ACAS EN VUELO



	La aeronave no significa amenaza. Tráfico superior a 1200 ft. (330 mts.) y 6 NM.
	Intruso próximo dentro de 1200 ft. y 6 NM. Sin amenaza de colisión.
	TA: Con alarma de tráfico audible (TRAFFIC-TRAFFIC)
	RA: Alarma de resolución. Recomienda la resolución en cada caso.

El ACAS proporciona dos tipos de alerta. La primera de ellas se denomina Traffic Advisories (Tas) su finalidad es ayudar al piloto en la búsqueda visual de la aeronave intrusa y alertarle ante un potencial aviso de resolución (RA). La segunda se llama Resolution Advisories (RAs) y recomienda al piloto las maniobras adecuadas para evitar colisión entre las aeronaves en conflicto. En el caso de que la aeronave intrusa también disponga de ACAS, ambos sistemas coordinarán sus RAs a través del enlace de datos modo S para dar una respuesta conjunta, y reducir la posibilidad de colisión. (AENA, 2009).



Anónimo (2009). Seguridad en navegación aérea. [Grafica]. p9

Anónimo (2014). TCAS Fundamentals. [Grafica]. Recuperado de <http://www.flightsafety.com/elearning/tcas.php>

LAS FUNCIONES PRINCIPALES DEL ACAS EN LA AERONAVE SON:

- Vigilancia del espacio circundante a la aeronave.
- Rastreo de un objetivo identificado.
- Evaluación de amenaza potencial del objetivo identificado.
- Identifica el tráfico aéreo circundante a la aeronave.
- Cómputo y alerta de colisión con un objetivo identificado.
- Aviso de tráfico y/o de resolución.
- Alarma audible.
- Coordinación aire-aire para la resolución de conflictos.

ANTECEDENTES

“Rumbos aeronáuticos digital”, (2011). Se entiende por “colisión aérea” a un accidente de aviación en el que dos o más aeronaves chocan durante el vuelo. Debido a las velocidades relativamente altas y a su posterior impacto sobre la tierra o el mar, las aeronaves involucradas, en general, terminan con severos daños o en su total destrucción. Las posibilidades que un avión choque con otro son reducidas. Muchas personas que no entienden de aviación, a menudo se hacen la idea que el cielo es como un gran espacio abierto donde “los caminos” de dos aviones

coinciden y se encuentran en un punto. A pesar que esta especulación puede tener algo de veracidad, ya que las colisiones en el aire ocurren, la realidad es bastante distinta. A similitud de las carreteras terrestres donde, a pesar de la colocación de las señales de tránsito para guiar a los automovilistas, algunos no las respetan, lo mismo ocurre en el aire. Si bien aquí no se pueden establecer señales visibles, existen rutas perfectamente establecidas y normas que reglamentan el uso del espacio aéreo. Cuando algunas de estas dos cosas, que los pilotos deben conocer, se vulneran, las posibilidades de que ocurra una colisión aérea son grandes. Las colisiones aéreas tienen mucha mayor posibilidad de ocurrir cerca o en los aeropuertos, debido a una mayor cantidad de aviones que operan en el espacio adyacente al mismo.

La eventualidad de una colisión aérea se incrementa por los siguientes motivos:

- FALTA DE COMUNICACIONES
- ERRORES EN LA NAVEGACION
- DESVIACIONES DE LOS PLANES DE VUELO

El tráfico aéreo en el mundo ha crecido de una manera tal que las aeronaves han tenido que modernizar sus sistemas electrónicos de navegación aérea (aviónica), en general, para evitar posibles accidentes. Entre estos sistemas se destaca uno que fue desarrollado con el objeto de mantener bien informada a la tripulación sobre la densidad de tráfico y que además, ayuda a evitar las colisiones. Este moderno sistema se conoce como TCAS.

### UN EQUIPO DE ANTICOLISION

El ACAS (airborne collision avoidance system) es un equipo de anticolidión que tienen las aeronaves abordo. Este equipo se vuelve indispensable para la navegación aérea cuya función es dar información y avisos sobre aeronaves que tengan riesgo de colisionar.

La zona de control CTR Bogotá, es un espacio aéreo pequeño para tan alto flujo de aeronaves que convergen al aeropuerto internacional El Dorado, máxime si se considera que los aeródromos de Guaymaral y Base aérea Justino Mariño también aportan sus operaciones aéreas a este tránsito aéreo.

Se hace entonces notable la importancia del ACAS (airborne collision avoidance system) para la evolución de todos los vuelos que entran y salen tanto del aeropuerto internacional el Dorado como de sus aeródromos cercanos.

**¿Cómo es que no se genera el pánico entre las tripulaciones y los controladores aéreos bajo estas circunstancias y la tecnología de un equipo que está alertando constantemente del tránsito cercano?**

Naturalmente, escuchar en cabina alertas simultaneas de cercanía, observar equipos con anuncios rojos de peligro anunciando la proximidad de una aeronave intrusa en la trayectoria de vuelo o estar viendo en la pantalla radar la proximidad de dos aviones a un mismo nivel en conflicto, genera en el ser humano un exceso de adrenalina lo cual se traduce en pánico, aparece acompañado de cambios significativos del comportamiento del individuo y de una preocupación o angustia continua, esto a su vez se denomina estrés.

El estrés se refiere a los hechos que se perciben como amenazadores para el propio bienestar físico o psicológico. Estos hechos se denominan estresores y la reacción de las personas a los mismos se llama respuesta al estrés. (Smith, 2003).

Para mitigar un poco estas situaciones de estrés, la Unidad administrativa de aeronáutica civil, División de los servicios a la navegación aérea publicó la circular C-07 del 2009:

Procedimientos aplicables a las aeronaves dotadas de sistema anticolidión de abordaje ACAS en ella se resalta que:



Anónimo (2014). Operating Practices. [Grafica]. Recuperado de <http://www.flightsafety.com/elearning/tcas.php>

Las aeronaves en los tramos de aproximación intermedia y final, en el despegue y en el circuito de tránsito de aeródromo el sistema ACAS se utilizará únicamente en función TA (Traffic advisory). (Aerocivil, 2009).

Según el AIP (Aeronautic Information Publication) cuando la aeronave este rodando en plataforma o por las calles de rodaje el equipo ACAS debe estar en posición "Stand by".

En promedio son cerca de 1000 operaciones aéreas por día entre aterrizajes, despegues y sobrevuelos en el aeropuerto El Dorado que interaccionan con las operaciones de los aeródromos cercanos, gracias a las funciones de los controladores de tránsito aéreo militares y civiles se hacen coordinaciones que permiten que estos movimientos sean meticulosamente ejecutados por las tripulaciones de vuelo, y como soporte a esta operación el valioso sistema ACAS.

Estadística Aeropuerto Internacional Eldorado:

ESTADISTICAS TERCER TRIMESTRE 2014

MES	FECHA	CLASE DE VUELO			Operaciones Aereas pasajeros y carga		
		INTERNACIONAL	NACIONAL	GRAN TOTAL	Aterrizajes	Despegues	TOTAL
JULIO		359,780	808,649	1,168,429	11,662	11,683	23,345
AGOSTO		415,253	829,426	1,244,679	12,021	12,080	24,101
SEPTIEMBRE		366,904	815,354	1,182,258	11,937	11,992	23,929
Total general		1,141,937	2,453,429	3,595,366	35,620	35,755	71,375

Opain SA. (2014). Estadísticas y graficas [Grafica]. Recuperado de <http://eldorado.aero/sobre-el-aeropuerto/estadisticas-y-graficas/>

RECIENTEMENTE:

El pasado mes de noviembre, el Señor Director de la Aerocivil Doctor Gustavo Lenis, anunció a la opinión pública que: un fallo en las comunicaciones y la señal radar de El Dorado dejo a la deriva a casi 60 aeronaves en el TMA de Bogotá por 8 minutos, la herramienta que asistió a los pilotos en estos críticos momentos fue el sistema ACAS.

El ACAS se ha convertido en el equipo salva vidas del tránsito aéreo, aumentando la seguridad de los vuelos, disminuyendo los accidentes aéreos, y haciendo de la aviación una actividad CADA DÍA MÁS SEGURA.



Torre Eldorado (2014). Operación nocturna. [Fotografía]. Recuperado de Unidad de instrucción Torre Eldorado UNITED

CONCLUSIONES

- La epistemología aeronáutica, condujo al estudio de los conocimientos que se formaron con base en las experiencias aeronáuticas que han dejado huellas lamentables en la humanidad; pero gracias a ellas, hoy día podemos tener la plena seguridad de que el espacio por donde a diario hacemos nuestros vuelos es más seguro.
- La distribución del espacio aéreo Colombiano, se diseñó para que contenga rutas que convergen a los aeropuertos, la globalización ha incrementado en gran medida la cantidad de aeronaves que arriban y despegan del Aeropuerto Internacional de El Dorado, en la misma medida se espera que la tecnología tanto en tierra como en las aeronaves estén a la altura de tan importante necesidad de Seguridad Aérea.
- La experticia de los Controladores aéreos militares y civiles ha demostrado que el tránsito aéreo puede evolucionar de manera segura, ordenada y rápida en espacios aéreos conflictivos, no obstante la seguridad aérea demanda la participación de las tripulaciones y las máquinas para lograr el éxito en las operaciones aéreas.

## BIBLIOGRAFIA:

1. AENA, (2009). Cómo funciona el TCAS. SEGURIDAD EN NAVEGACIÓN AÉREA (Número 1)
2. Aeronáutica civil, (2009). Procedimientos aplicables a las aeronaves dotadas de sistemas anti-colisión de a bordo – ACAS. Bogotá. Recuperado de [http://www.aerocivil.gov.co/AIS/AIC/AIC%202009/AIC\\_C07\\_A06\\_2009.pdf](http://www.aerocivil.gov.co/AIS/AIC/AIC%202009/AIC_C07_A06_2009.pdf) .
3. Aeronáutica civil, (2014). Publicación de información aeronáutica aeródromo Flaminio Suarez Camacho SKGY. Recuperado de <http://www.aerocivil.gov.co/AIS/AIP/AIP%20Generalidades/Aerodromos/21%20SKGY.pdf>.
4. Airbus, (2009). Flight Operations Support & Services - Getting to grips with Surveillance.
5. Colisiones aéreas. (2011, 5 de octubre). Rumbos aeronáuticos digital, Recuperado de <http://www.eam.iaa.edu.ar/rumbos/Revista-23/RevistaRumbos23-SAeronautica.htm>
6. Smith, E, Nolen, S, Fredrickson, B, & Loftus, Geoffrey. (2003). Introducción a la psicología, edición (14ª). Madrid, Thomsom, p459
7. Vallbona, (2011). Conocimiento teórico para el alumno de piloto de transporte de línea aérea. CESDA Instrumentación de cabina. TCAS. Tipos de sistemas. Recuperado de [http://www.avia-co-va.es/WP/Instrumentacion\\_cabina.pdf](http://www.avia-co-va.es/WP/Instrumentacion_cabina.pdf)
8. Vallbona, (2011). Conocimiento teórico para el alumno de piloto de transporte de línea aérea. CESDA Instrumentación de cabina. TCAS. Principios del TCAS II. Recuperado de [http://www.avia-co-va.es/WP/Instrumentacion\\_cabina.pdf](http://www.avia-co-va.es/WP/Instrumentacion_cabina.pdf)