

Tema 7

PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA VIGILANCIA AÉREA



La Vigilancia

Es el proceso de identificación y detección, en tres dimensiones, de la posición de las aeronaves.

Los sistemas de vigilancia aérea son uno de los pilares básicos sin los cuales el control del tráfico aéreo en áreas de alta densidad no sería posible.

La “vigilancia aérea” se basa en dos elementos que permitieron la denominación “**Vigilancia Convencional**”.

Vigilancia Convencional

Los elementos que caracterizan a la “vigilancia convencional” son:

- Planes de vuelo.
- Informes de posición y puntos de notificación.

‘Plan de Vuelo’, es una fuente básica de información para conocer la posición e intenciones de los pilotos, o sea es una declaración de intenciones que debe ser actualizada, especialmente al tiempo de paso por los diferentes puntos de la ruta programada, denominándose “puntos de notificación”.

A partir de la vigilancia convencional se ha desarrollado el actual ATC **“Control de la Circulación Aérea”** o **“Control de Tránsito Aéreo”**.

Servicios de Control de Tránsito Aéreo

Control de Tránsito Aéreo (ATC): es el responsable de separar el tráfico aéreo, evitando los conflictos entre aeronaves, manteniendo al mismo tiempo, la fluidez y eficiencia de los vuelos.

El objetivo principal de la circulación aérea es conseguir reducir a cero las cifras de conflictos entre aeronaves.

Esto se consigue ejecutando dos puntos básicos:

- Estructurar el espacio aéreo de forma que se disminuya el riesgo de conflicto.
- Establecer un sistema de vigilancia y control de las aeronaves.

- ❑ Estructurar el espacio aéreo de forma que se disminuya el riesgo de conflicto:
 - En el plano vertical se establecen criterios de asignación de nivel evitando la probabilidad de cruces.
 - En el plano horizontal, se definen rutas de modo que la vigilancia de separaciones entre aeronaves con el mismo nivel de vuelo asignado y la misma ruta, sea más sencilla.

- ❑ Establecer un sistema de vigilancia y control de las aeronaves.
 - La vigilancia le permite al controlador conocer la posición de las aeronaves bajo su responsabilidad.
 - Las telecomunicaciones aeronáuticas permiten la permanente comunicación entre piloto y controlador, necesarias para cumplir con estos objetivos.

□ **UIR** (Upper Information Region)

Abarca el espacio aéreo desde FL245 y sin límite vertical definido, con los mismos límites laterales que el FIR, y hay servicio de control de tráfico aéreo hasta FL460, por encima sólo se da información de vuelo y alerta.

La FIR/UIR se dividen en volúmenes de espacio aéreo denominados sectores de control.

“EL OBJETIVO FUNDAMENTAL DEL CONTROL DE TRÁFICO AÉREO EN LOS SECTORES DE CONTROL ES PREVENIR LAS COLISIONES ENTRE AERONAVES Y ACELERAR Y MANTENER ORDENADAMENTE EL FLUJO DE AERONAVES.”

ESPACIO AÉREO CONTROLADO Y NO CONTROLADO

El espacio aéreo en el que se facilita los servicios de tránsito aéreo ATS se clasifica en “espacio aéreo controlado” y “no controlado”.

Espacio Aéreo Controlado:

Comprende las áreas de control, aerovías y zonas de control, en función del tipo de vuelo y los servicios de tránsito aéreo suministrados.

Las tripulaciones deben informar de sus intenciones de vuelo al ATC, que es el responsable de su separación de otras aeronaves y del terreno.

Espacio Aéreo no Controlado:

Comprende el resto del espacio aéreo ATS, y en función del tipo de vuelo y los servicios de tránsito aéreo facilitados.

En el espacio aéreo no controlado los pilotos no están obligados a informar de sus intenciones de vuelo ni a comunicarse con el controlador del área que sobrevuelan, aunque si deben respetar las reglas generales de vuelo.

En el UIR, todo el espacio aéreo se considera espacio controlado.

En el FIR existen las dos categorías de espacio aéreo, controlado y no controlado.

OACI HA ESPECIFICADO A NIVEL INTERNACIONAL QUE EL ESPACIO AÉREO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE VUELO QUE LO TRANSITE (VFR o IFR), DEFINIÉNDOSE 7 CLASES DIFERENTES, DESDE CLASE A HASTA CLASE G.

Clase A: Espacio Aéreo Controlado

CLASE	TIPO DE VUELO	SEPARACIÓN PROPORCIONADA	SERVICIOS SUMINISTRADOS	LIMITACIONES DE VELOCIDAD	REQUISITOS DE RADIO-COMUNICACIONES	SUJETO A AUTORIZACIÓN ATC
A	Sólo IFR	Todas las aeronaves	ATC	No aplicable	Continua en ambos sentidos	Si

Clase B: Espacio Aéreo Controlado

CLASE	Tipo de vuelo	Separación Proporcionada	Servicios Suministrados	Limitaciones de Velocidad	Requisitos de Radio Comunicaciones	Sujeto a Autorización ATC
B	IFR	Todas las aeronaves	ATC	No se aplica	Continua en ambos sentidos	Si
	VFR	Todas las aeronaves	ATC	No se aplica	Continua en ambos sentidos	Si

Clase C: Espacio Aéreo Controlado

CLASE	Tipo de Vuelo	Separación Proporcionada	Servicios Suministrados	Limitaciones de Velocidad	Requisitos de Radio Comunicaciones	Sujeto a Autorización ATC
C	IFR	IFR/IFR IFR/VFR	ATC	No aplicable	Continua en ambos sentidos	Si
	VFR	VFR/IFR	<input type="checkbox"/> ATC para separación de IFR. <input type="checkbox"/> Información de Tránsito VFR/VFR (asesoramiento anticollisión a solicitud)	250 Kt IAS por debajo de FL 100	Continua en ambos sentidos	Si

Clase D: Espacio Aéreo Controlado

CLASE	Tipo de Vuelo	Separación Proporcionada	Servicios Suministrados	Limitaciones de Velocidad	Requisitos de Radio Comunicaciones	Sujeto a Autorización ATC
D	IFR	IFR/IFR	ATC, incluso información de tránsitos sobre vuelos VFR (y asesoramiento anticollisión y solicitud)	250 Kt. IAS por debajo de FL 100	Continua en ambos sentidos	Si
	VFR	Ninguna	ATC e información de tránsito VFR/VFR y VFR/IFR (y asesoramiento anticollisión a solicitud)	250 Kt. IAS por debajo de FL 100	Continua en ambos sentidos	Si

Clase E: Espacio Aéreo Controlado

CLASE	Tipo de Vuelo	Separación Proporcionada	Servicios Suministrados	Limitaciones de Velocidad	Requisitos de Radio Comunicaciones	Sujeto a Autorización ATC
E	IFR	IFR/IFR	ATC e información de tránsito sobre vuelos VFR en la medida de lo posible	250 Kt. IAS por debajo de FL 100	Continua en ambos sentidos	Si
	VFR	Ninguna	Información de tránsito en la medida de los posible	250 Kt. IAS por debajo de FL 100	No	No

Clase F: Espacio Aéreo con Servicio de Asesoramiento

CLASE	Tipo de Vuelo	Separación Proporcionada	Servicios Suministrados	Limitaciones de Velocidad	Requisitos de Radio Comunicaciones	Sujeto a Autorización ATC
F	IFR	IFR/IFR siempre que sea factible	Servicios de asesoramiento de tránsito, servicio de información de vuelo	250 Kt. IAS por debajo de FL 100	Continua en ambos sentidos	Si
	VFR	Ninguna	Servicio de información de vuelo	250 Kt. IAS por debajo de FL 100	No	NO

Clase G: Espacio Aéreo Controlado

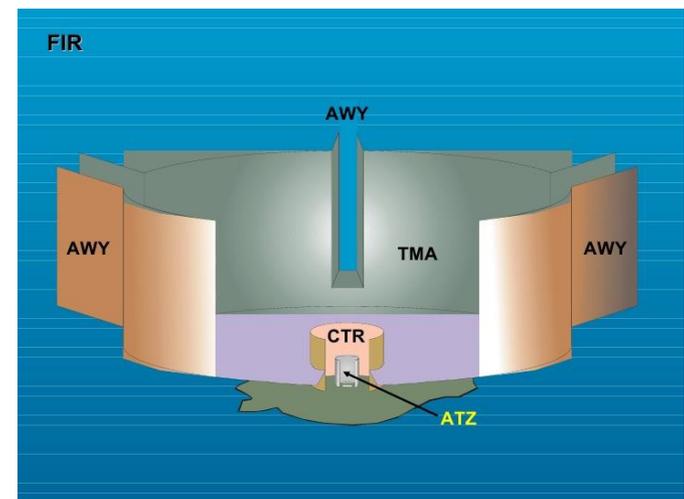
CLASE	Tipo de Vuelo	Separación Proporcionada	Servicios Suministrados	Limitaciones de Velocidad	Requisitos de Radio Comunicaciones	Sujeto de Autorización ATC
G	IFR	Ninguna	Servicios de Información de Vuelo	250 Kt. IAS por debajo de FL 100	Continua en ambos sentidos	No
	VFR	Ninguna	Servicios de Información de Vuelo	250 Kt. IAS por debajo de FL 100	No	No

- ❑ La gestión en tiempo real del tráfico aéreo en el espacio aéreo controlado corresponde al ATC, cuya responsabilidad es mantener un flujo de aeronaves seguro, fluido y rentable.
- ❑ La operación de una aeronave en un espacio aéreo controlado estará, en todo momento, bajo el control de una única dependencia de ATC.
- ❑ Dentro de ésta, el controlador ejecutivo que actúa sobre un sector ATC es el agente responsable.

ESTRUCTURA DEL ESPACIO AÉREO EN EL ENTORNO AEROPORTUARIO

El volumen de espacio aéreo sobre los que se realizan los movimientos de llegadas y despegues están definidos internacionalmente.

- Zona de Tránsito de Aeródromo, ATZ.
- Zona de Control, CTR.
- Área Terminal de Maniobras, TMA.



Zona de Tránsito de aeródromo, ATZ

Es la zona de control más pequeña que rodea al aeródromo, la gestión del flujo de aeronaves en su seno es responsabilidad de la torre de control.

Es un espacio aéreo de forma normalmente cilíndrico que parte desde el suelo hasta los 300 mts., cuya base es el propio aeródromo y el centro es el punto de referencia de aeródromo, ARP, con un radio de 5 NM, aunque estos valores son variables dependiendo del tipo de aeródromo.

Zona de control, CTR

Envuelve el ATZ y facilita la entrada y salida de vuelos IFR a y desde el aeropuerto.

Normalmente está bajo la responsabilidad del servicio de control de aproximación, APP.

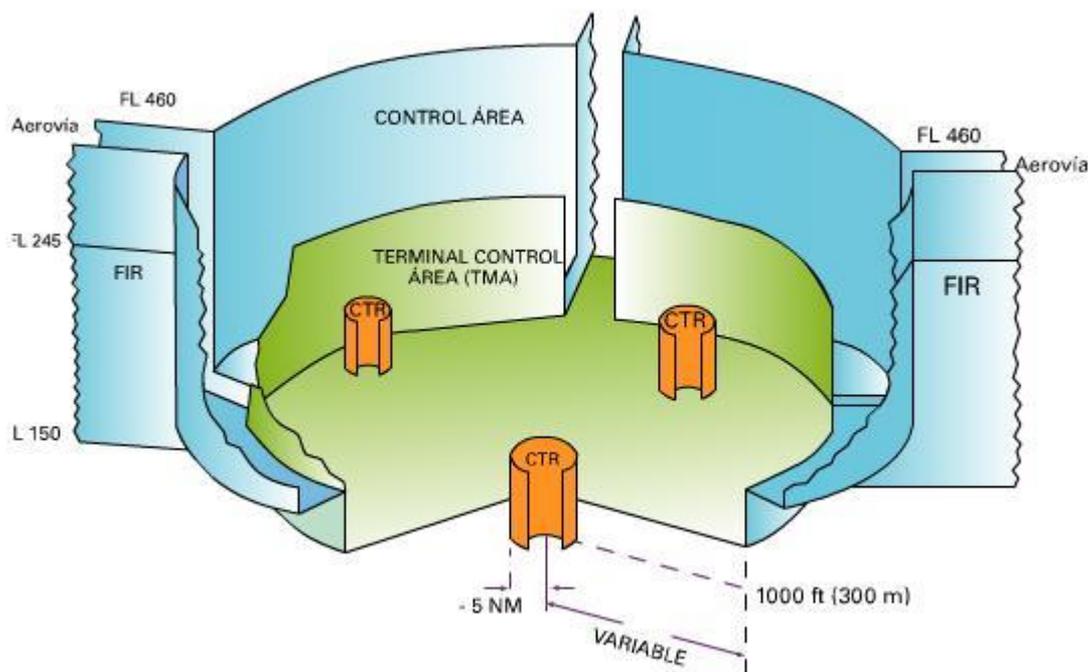
Área Terminal de Maniobras, TMA

Rodea al CTR y en él confluyen las aerovías, sirve de límite a la fase de ruta. Puede contener uno o varios aeropuertos próximos entre sí.

Este espacio aéreo tiene un límite inferior de 1000 ft sobre el terreno.

Por debajo se encuentra un espacio aéreo no controlado denominado **‘Capa Libre de Circulación’**.

ESTRUCTURA DEL ESPACIO AÉREO EN EL ENTORNO AEROPORTUARIO



SEPARACIONES

Para mantener la seguridad operacional de la aeronave se define un volumen de control asociado a la misma, garantizando la no interferencia entre volúmenes de diferentes aeronaves.

Cuando dos aeronaves se encuentran operando en la misma ruta, para garantizar la seguridad de la operación, se aplican métodos de separación vertical y horizontal.

Las separaciones entre todas las aeronaves situadas dentro de un sector ATC es responsabilidad del controlador asignado a ese sector.

El controlador realiza las funciones de instrucción, asesoramiento e información a las aeronaves en el espacio aéreo del que es responsable para que las aeronaves bajo su responsabilidad no se acerquen por debajo del límite permitido.

Se definen normas específicas para la separación mínima aplicable para una navegación aérea segura.

Para aeronaves volando en un mismo espacio aéreo se especifican dos tipos de separaciones, en el plano vertical y en el plano horizontal.

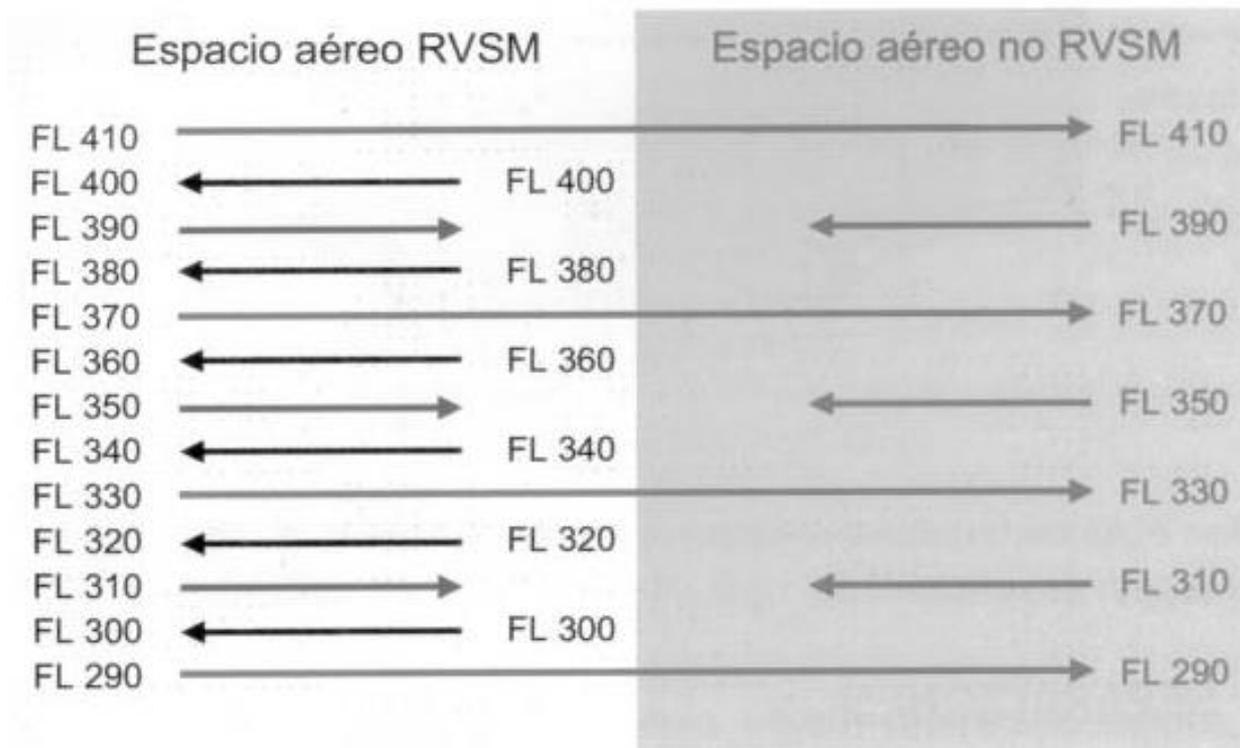
SEPARACIONES EN EL PLANO VERTICAL

Esta separación se consigue mediante asignación de niveles de vuelo. La distancia entre niveles de vuelo depende de si las aeronaves se encuentran volando en un espacio aéreo RVSM (Reduced Vertical Separation Minimum), o no.

El espacio aéreo RVSM es aquel comprendido entre FL290 y FL410 (ambos inclusive), en el que se aplica una separación vertical de 1000 ft en lugar de 2000 ft.

Se establece una separación vertical entre aeronaves, que garantice que no se produzca conflicto en el cruce de ambas.

SEPARACIÓN VERTICAL MÍNIMA (RVSM)



Por debajo de FL 290 la separación vertical debe ser al menos de 1000 pies, y entre FL 290 y FL 460 de 1000 pies en espacio aéreo RVSM o 2000 pies en espacio aéreo no RVSM.

Para aeronaves en régimen crucero, el espacio se organiza de forma que las aeronaves volando hacia el este (rumbos 0 a 179°), se les asigna niveles de vuelo impares, mientras que las que vuelan hacia el oeste tendrán asignados niveles pares.

SEPARACIONES EN EL PLANO HORIZONTAL

Se definen mínimos de separación, en tiempo o en distancias, de forma que se garantice que no se producen conflictos por el alcance entre aeronaves.

Estos mínimos dependen de los medios disponibles en el ATC.

En España se establece el mínimo de separación radar en 8NM en la fase de ruta, y de 3 NM en el TMA.

CONTROL

CONTROL DE TRÁFICO AÉREO

El espacio aéreo correspondiente a una determinada región de vuelo se reparte entre un conjunto de dependencias a las que se les asigna la responsabilidad de ejercer el control de las aeronaves que transitan dentro del mismo.

Se pueden identificar tres tipos diferentes de dependencias de control del tráfico aéreo, ATC:

- Centros de control de área o centros de control de tráfico aéreo (ACC).
- Torres de control de tráfico de los aeropuertos (TWR).
- Oficinas de control de aproximación (APP).

Las tareas de los servicios de control serán:

- Supervisar el cumplimiento y seguimiento del plan de vuelo,
- Actualizar el plan de vuelo cuando el desarrollo de la operación así lo requiera,
- Garantizar la seguridad de la operación a través de:
 - La separación entre aeronaves.
 - La separación de éstas con el terreno.
 - El cumplimiento de las restricciones al uso del espacio aéreo
- En el caso de las torres de control existen hasta tres funciones de control diferentes:
 - Autorizaciones.
 - Rodaduras.
 - Local.

Control de autorizaciones:

La función principal de una torre de control es la transmisión de información y expedición de autorizaciones de puesta en marcha de motores.

Control de rodadura:

El controlador de rodadura es responsable de las aeronaves que se encuentran en movimiento en la plataforma y en rodadura del aeropuerto.

Incluye la rodadura de la aeronave entre el puesto de estacionamiento y el punto de espera de la entrada o salida de pista, y a la inversa, desde la calle de salida hasta estacionar.

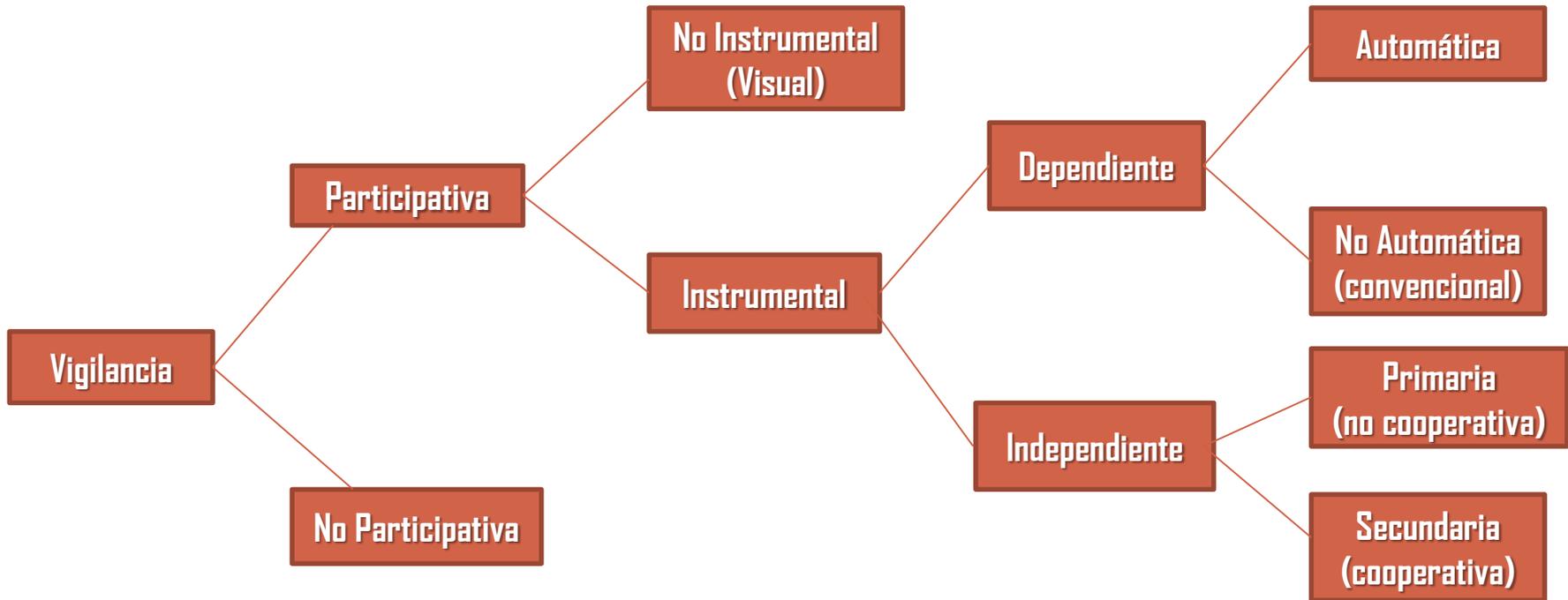
Control local:

El controlador es responsable de la separación de aeronaves que operan en el ‘lado aire’ del aeropuerto (pistas de operación y espacio aéreo circundante).

Su función principal es la separación del tráfico de llegada con las operaciones de salida, de acuerdo con el flujo establecido en la llegada.

Como norma, una aeronave podrá operar en una pista cuando la operación precedente la haya abandonado, teniendo en cuenta que un avión despegando o aterrizando siempre tiene preferencia sobre las aeronaves en rodadura en tierra.

El volumen de espacio aéreo sobre el que se ejerce el control de aeródromo (ATZ) es, en general, una pequeña porción del espacio aéreo utilizado por las aeronaves en sus diferentes fases de vuelo.



Clasificación de los diferentes tipos de vigilancia aplicables al tráfico aéreo

La vigilancia se puede clasificar en autónoma y no autónoma, según que dicho agente sea o no la propia tripulación de la aeronave.

Esta función puede contar con la participación voluntaria o no del sujeto a vigilar, dando lugar a la vigilancia participativa de una parte, y no participativa de la otra, sobreentendiéndose que en el ámbito del tráfico aéreo civil se aplica el primer caso.

La vigilancia participativa se divide en dos tipos diferentes: vigilancia visual y vigilancia basada en instrumental.

La **vigilancia visual**, (o no instrumental) utiliza como medio la propia visión dentro del alcance visual del agente.

Requiere un agente externo o no autónomo. Su alcance se reduce a volúmenes de espacio aéreo pequeño, como por ejemplo las zonas de tránsito de aeródromo (ATZ), que incluyen el área de maniobras, y el circuito de aeródromo, que son usualmente de 5 millas de radio y 1000 pies de altura sobre el punto de referencia del aeródromo.

Se requerirán condiciones visuales en el espacio aéreo correspondiente, conocida como VMC (Visual Meteorological Conditions).

Para aeronaves fuera del alcance visual del agente encargado de su vigilancia, ésta se tiene que realizar en base a informaciones de situación apoyadas en soportes técnicos. Estos sistemas pueden operar de dos formas diferentes, denominándose sistemas de:

- Vigilancia Dependiente.
- Vigilancia Independiente.

Un sistema es del tipo de “**vigilancia dependiente**” cuando, se requiere que cada aeronave disponga de medios para, por si misma, fijar su situación y ésta sea comunicada al controlador.

La vigilancia dependiente requiere de dos subsistemas, uno de posicionamiento a bordo, para poder establecer su propia situación y un sistema de comunicaciones que le permita transmitir al controlador, su posición e intenciones en todo momento.

Los sistemas de “**vigilancia independiente**” obtienen la situación de las aeronaves vigiladas con independencia de los sistemas de posicionamiento de a bordo.

Si este tipo de vigilancia se realiza sin requerir equipamiento específico a bordo, se denomina “**primaria o no cooperativa**”.

Si por el contrario se requiere de este equipamiento a bordo se denomina “**secundaria o cooperativa**”.

TÉCNICAS DE VIGILANCIA

TÉCNICAS DE VIGILANCIA	CARACTERÍSTICAS	MEDIOS TÉCNICOS
<p><u>Dependiente:</u> La posición se obtiene por la aeronave y se comunica a ATC.</p>	<p>Convencional: El vehículo comunica vía radiocomunicaciones orales su posición en los puntos de notificación y a petición del controlador.</p>	<p>Comunicaciones aeroterrestres en VHF, UHF o HF.</p>
	<p>Automática (ADS): El vehículo radiodifunde su posición (ADS-B) o lo comunica a ATC de forma predefinida (ADS-C).</p>	<p>Enlace de datos 1090ES, UAT o VDL-4 para ADS-B; ACARS, FANS-1/A y CNS/ATM-1 para ADS-C.</p>
<p><u>Independiente:</u> La posición se obtiene por un sensor terrestre.</p>	<p>Pasiva: El vehículo se detecta sin su participación activa (no requiere aviónica).</p>	<p>Radar Primario (PSR).</p>
	<p>Activa: La aeronave participa en el proceso de detección (requiere aviónica).</p>	<p>Radar secundario (SSR) o multi-lateración (MLAT).</p>

VIGILANCIA Y CONTROL

La vigilancia es un medio para conocer la situación o el estado de los sujetos sometidos a misma, pero su finalidad, como se ha mencionado, es mantener una situación “normal” en el ámbito correspondiente.

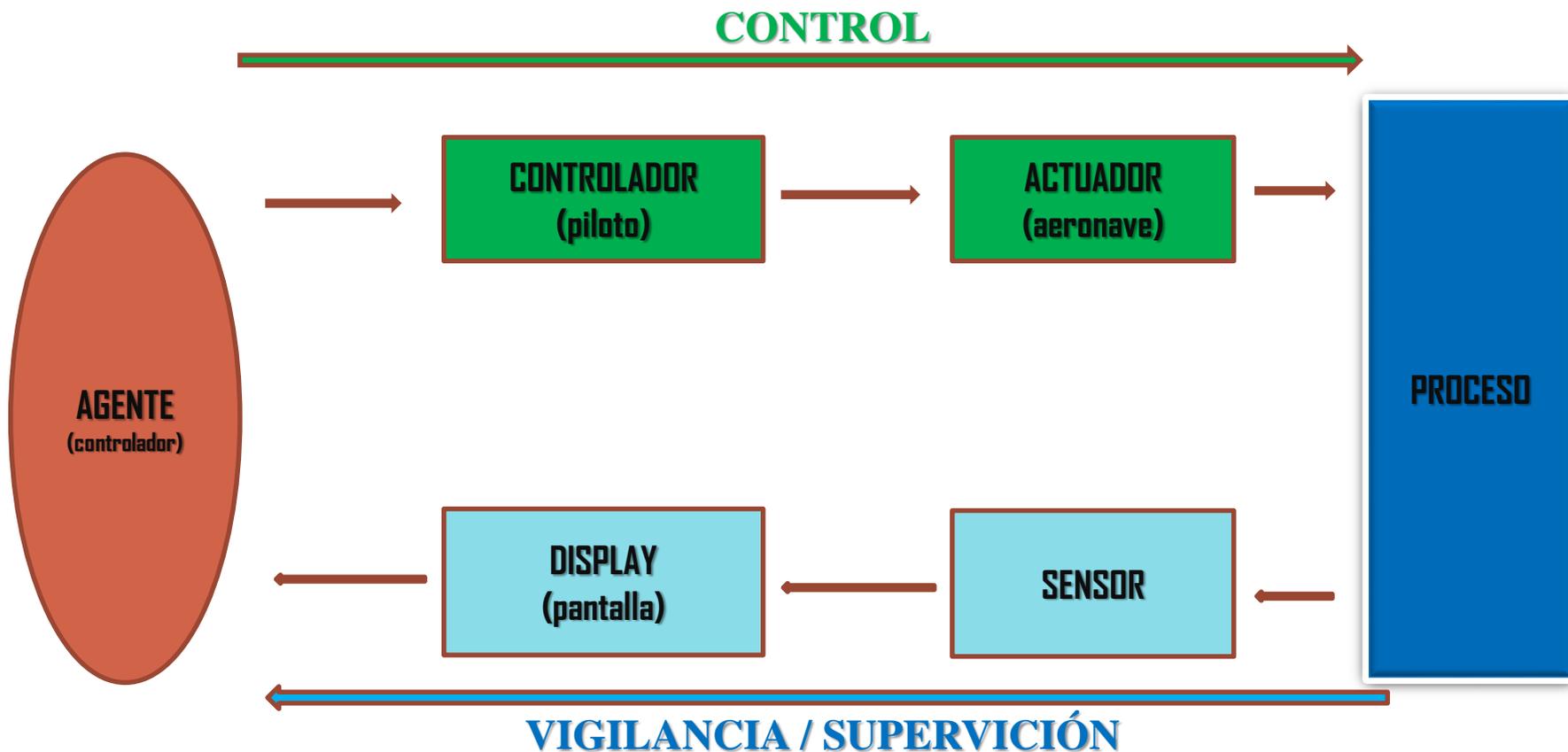
La vigilancia requiere los medios necesarios para suministrar al agente que vigila y controla (autónomo o externo), la información de entrada necesaria y suficiente para poder ejercer su función de control.

El control es una tarea realizada por el agente y que tiene como misión identificar, transmitir y, en su caso, producir las acciones precisas para que el correspondiente proceso controlado evolucione apropiadamente.

En el contexto actual del tráfico aéreo civil, la vigilancia aérea sirve para que el agente (controlador de la circulación aérea) conozca el estado de las aeronaves (posición e intenciones) de forma que esta información le sirva para iniciar las acciones adecuadas de control para mantener un flujo de aeronaves seguro, fluido y eficiente.

Los procesos controlados, en los que el agente es una persona y es ésta la que ejerce, la acción de control se denominan “**procesos no automatizados o con control manual**”.

En la siguiente transparencia se muestra un diagrama típico de control manual de un proceso cualquiera, utilizando la terminología propia del control supervisado de procesos aplicados al control del tráfico aéreo.



ESQUEMA BÁSICO DE UN PROCESO CONTROLADO POR AGENTE (NO AUTOMATIZADO)

Según este diagrama hay dos procesos: la función de vigilancia o supervisión que constituye la información de retorno, y la función de control directo, que está constituida por las acciones sobre el proceso vigilado.

Un sistema, como el de la circulación aérea es un sistema de gran escala que implica en general cuatro clases de procesos:

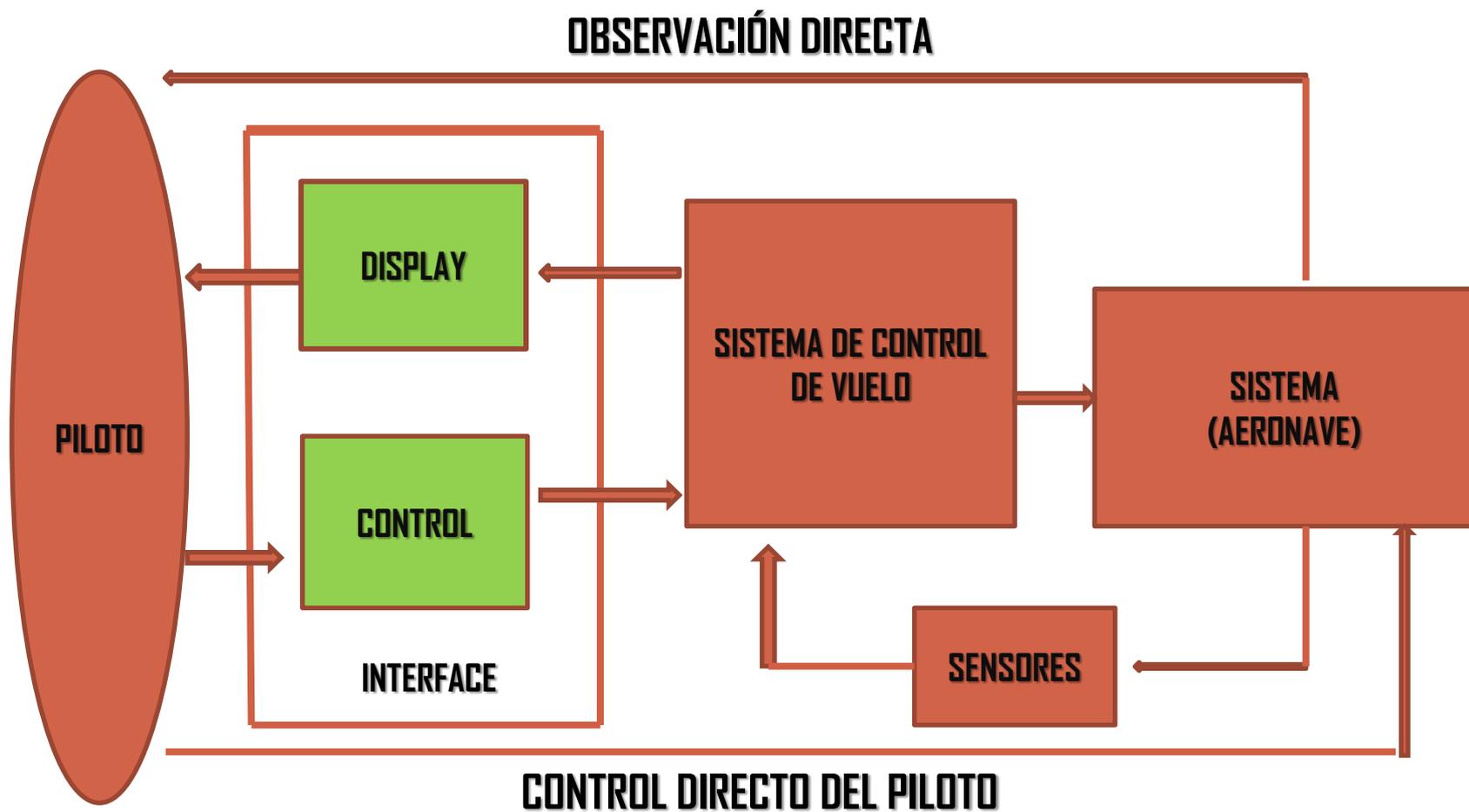
- Adquisición de información.
- Análisis de la información.
- Decisión sobre las acciones a tomar.
- Implementación de esas acciones.

Los dos primeros están relacionados con la función vigilancia, los dos últimos con la función control.

El nivel de automatización, o sea el grado de utilización de máquinas para la ejecución de las tareas antes mencionadas, se ha clasificado siguiendo la escala de ocho grados de automatización:

1. La máquina no ofrece ninguna ayuda; el ser humano lo hace todo.
2. La máquina sugiere alternativas de cómo hacer la tarea.
3. La máquina selecciona la tarea a realizar.
4. La máquina ejecuta la tarea seleccionada.
5. Permite al ser humano un periodo restringido de tiempos de veto antes de la ejecución automática.
6. Ejecuta la tarea seleccionada automáticamente, informando necesariamente después al ser humano.
7. Ejecuta la tarea seleccionada automáticamente, informando al ser humano solamente si se lo requiere.
8. La máquina selecciona el método, ejecuta la tarea, e ignora al ser humano.

PROCESO DE CONTROL MANUAL O AUTOMÁTICO



En esta figura el piloto es el agente del proceso de control de su propia aeronave.

A diferencia del controlador, ejerce su función sobre el lazo de control de forma no automática, puede observar como de forma automática el sistema de control de vuelo, utilizando el A/P acoplado a los modos LNAV y VNAV y auto empuje, hace evolucionar a la aeronave satisfactoriamente.

Cuando la tripulación utiliza los recursos del sistema de control de vuelo A/P, ésta actúa sobre el proceso de control de la aeronave a través de la superposición del comportamiento del bucle automático de control.

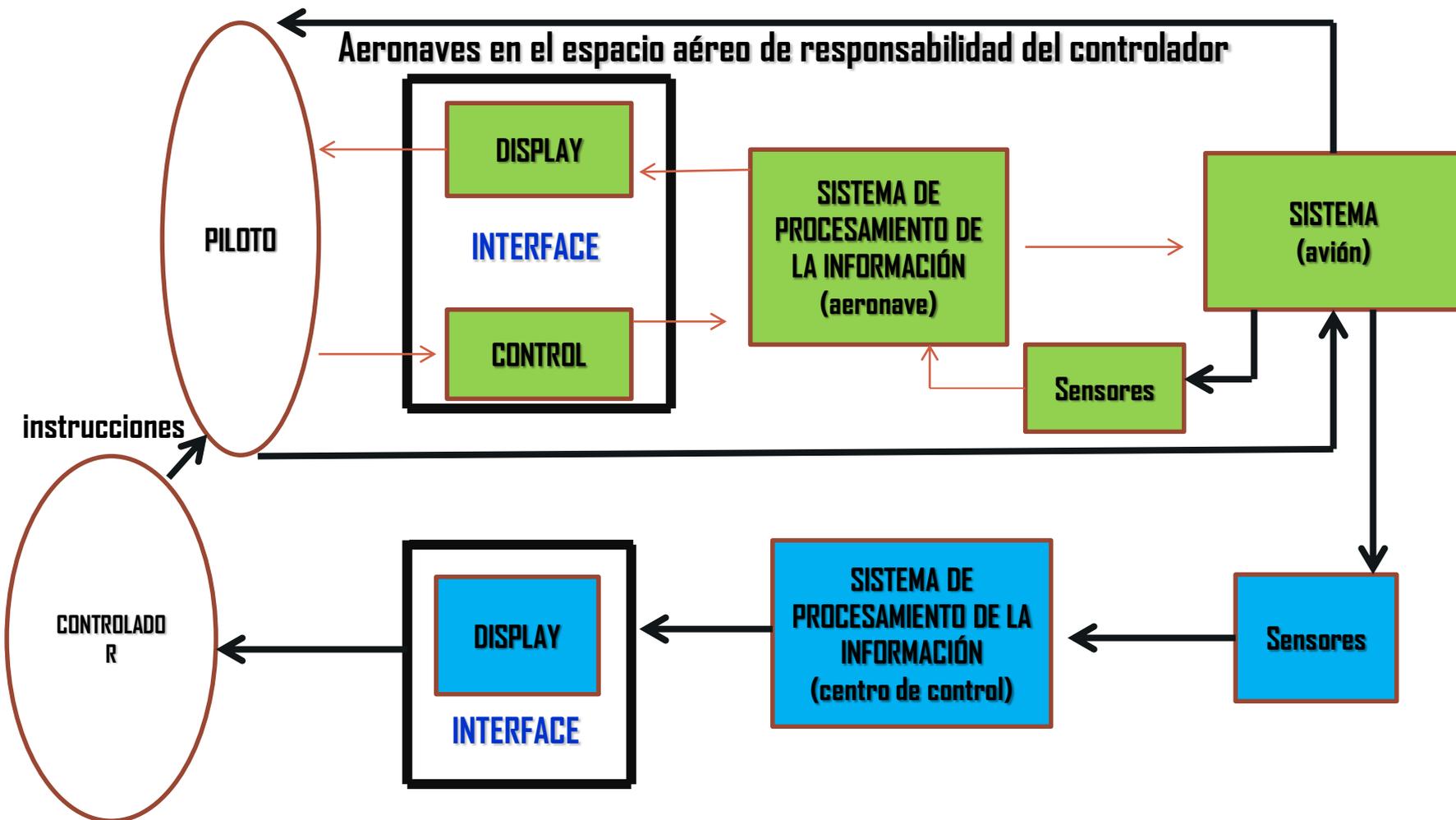
Solo controla el proceso directamente, cuando este sistema no responda apropiadamente, o en cualquier circunstancias necesarias puede recuperar el control manual de la aeronave.

Retomando el caso del ‘Control de Tráfico Aéreo’, o ATC, realizado sobre las aeronaves en el interior de un volumen dado de espacio aéreo, las tareas mencionadas tanto para controlador y piloto están integradas, es decir, el controlador imparte instrucciones a la tripulación de cada aeronave, y en función de ellas ésta última actúa ejecutando las acciones correspondientes.

En la figura siguiente podemos observar como el bucle de control de la aeronave se cierra con la participación en secuencia de dos agentes en serie:

- ❑ El controlador que vigila el tráfico, analiza conflictos, identifica problemas y emite las necesarias instrucciones conteniendo las acciones de control, y
- ❑ la tripulación de cada aeronave o aeronaves involucradas, que deben ejecutar dichas instrucciones, de manera que los conflictos reales o potenciales queden resueltos.

Vigilancia y Control del espacio Aéreo, con doble eslabón humano



Las instrucciones impartidas por el controlador, indicando las acciones de control requeridas, son transmitidas desde tierra a una aeronave específica, utilizando un enlace tierra aire.

Normalmente se lleva a cabo con un canal de voz en VHF del tipo acceso múltiple concurrente que comparten controlador y todas las aeronaves bajo su responsabilidad.

Para usar este canal se requiere:

- ❖ Comunicaciones ascendentes, con el mensaje que contiene las instrucciones, iniciado con el indicativo de la aeronave específica.
- ❖ Comunicación descendente, con el mensaje que colaciona la instrucción recibida.

SISTEMAS DE ALERTA EN LA FUNCIÓN DE VIGILANCIA: BARRERAS DE SEGURIDAD ATC

El ATC es un sistema de control supervisado con doble intervención humana, tiene un bajo nivel de automatización.

Demanda de los controladores y pilotos una atención especial en donde el tiempo de respuesta y la probabilidad de fallo son pequeños, requiriéndose altos niveles de seguridad operacional.

Para esto se han desarrollado sistemas que suministran señales de alerta para controladores y pilotos, de situaciones de riesgo o conflictos potenciales donde los tiempos de reacción son muy cortos.

Las señales de alerta se obtienen de los sistemas de vigilancia, dependencia automática (ADS), o independientes (radar secundario).

Estas se vinculan a un tiempo o una distancia.

ESQUEMA GENERAL DE UN SISTEMA DE ALERTA



En los últimos años se han desarrollado diversos tipos de sistemas de alerta los más representativos según el actor o agente, el cual es alarmado, se clasifican de la siguiente manera:

Controlador:

Alerta de conflicto a medio plazo (*MTCA - Medum Term Conflict Alert*).

Alerta de conflicto a corto plazo (*STCA - Short Term Conflict Alert*).

Aviso de baja altitud (*MSAW - Minimum Safe Altitud Warning*).

Aviso de proximidad a área peligrosa (*APW - Area Proximity Warnings*).

Aviso de pérdida de nivel de vuelo (*Flight Level Bust Warning*).

Piloto:

Sistema de anticolisión de abordaje (*ACAS - Aircraft Collision Avoidance System*
TCAS - Traffic Collision Avoidance System).

Aviso de proximidad del terreno (*GPWS - Ground Proximity Warning System*).

Información a bordo sobre espaciamiento lateral en aproximaciones paralelas (*AILS - Airborne Information for Lateral Spacing parallel approach*).

MTCA y STCA, suministra información predictiva a los controladores sobre eventos de proximidad que tendrán lugar en un futuro próximo, sino se toma acción correctora.

Los algoritmos usados se basan en información radar e información de los planes de vuelo actualizados, identificando el evento de Proximidad, en consecuencia el instante en que se producirá la mínima separación (t_{cpa} – *Time Closest Point of Approach*), y la distancia mínima a la que esto sucederá, sin embargo no se da información de acciones correctoras para su resolución.

El ACAS o TCAS, por el contrario, es un sistema autónomo que suministra información al piloto y en el que no intervienen ni sistemas ni agentes externos a las aeronaves involucradas, se utiliza el transpondedor, equipo característico de los radares secundarios de a bordo a los efectos de poder obtener distancia y velocidad relativa entre aeronaves y diferencia de alturas, así se puede calcular el tiempo de llegada al instante de mínima separación t_{cpa} .

La directividad de las antenas permite obtener información angular de la situación de la otra aeronave.

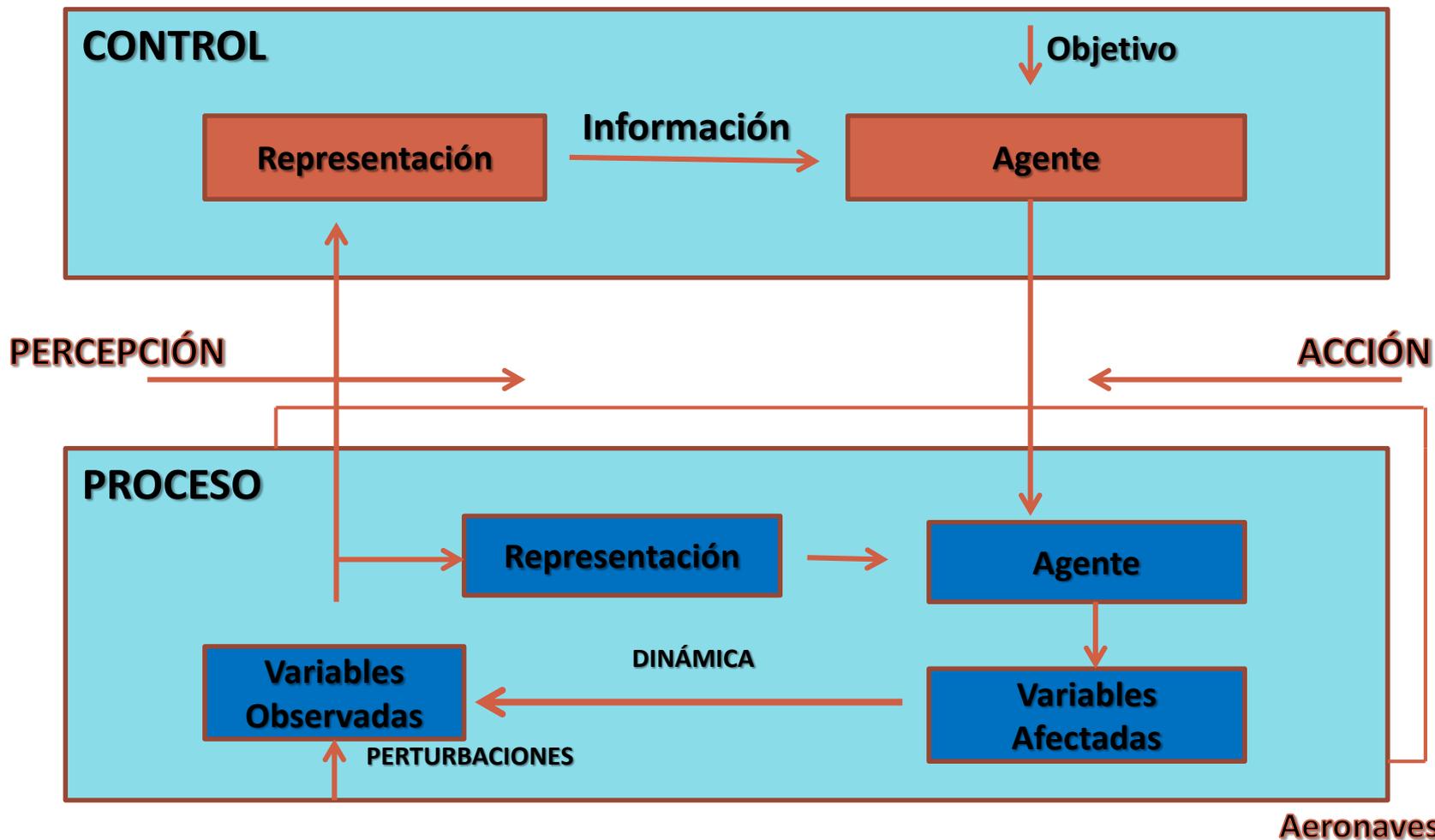
Los tiempos característicos de avisos para la resolución de situaciones conflictivas, están determinados por lo que se conoce como ‘barrera de seguridad ATC’, estas se miden con relación al instante en que se alcanzaría la mínima separación entre aeronaves tCPA, y son:

- ❑ Alarma de acción táctica del controlador con MTCA, alerta de conflicto a medio plazo (≈ 4 minutos de antelación).
- ❑ Alarma de acción táctica urgente del controlador con STCA, alerta de conflicto a corto plazo (90 segundos a 2 minutos).
- ❑ Alarma de tráfico próximo, TA, al piloto basada en ACAS, dependiendo de la cinemática del encuentro y la altitud (≈ 48 seg.).
- ❑ Alarma de aviso de resolución, RA, al piloto, basado en ACAS, indicando al piloto la acción correctora que debe ejecutar, (tiempo de antelación 35 segundos).

LOS FACTORES HUMANOS EN EL ATC

El control del tráfico aéreo actualmente tiene un bajo nivel de automatización, el controlador y el piloto (agentes), son utilizados en el bucle de control, como podemos observar en la siguiente figura.

SISTEMA DE CONTROL DE UNA AERONAVE



Cada aeronave, en espacio aéreo controlado, es percibida por el sistema y representada a través de la información que se le suministra al agente (controlador).

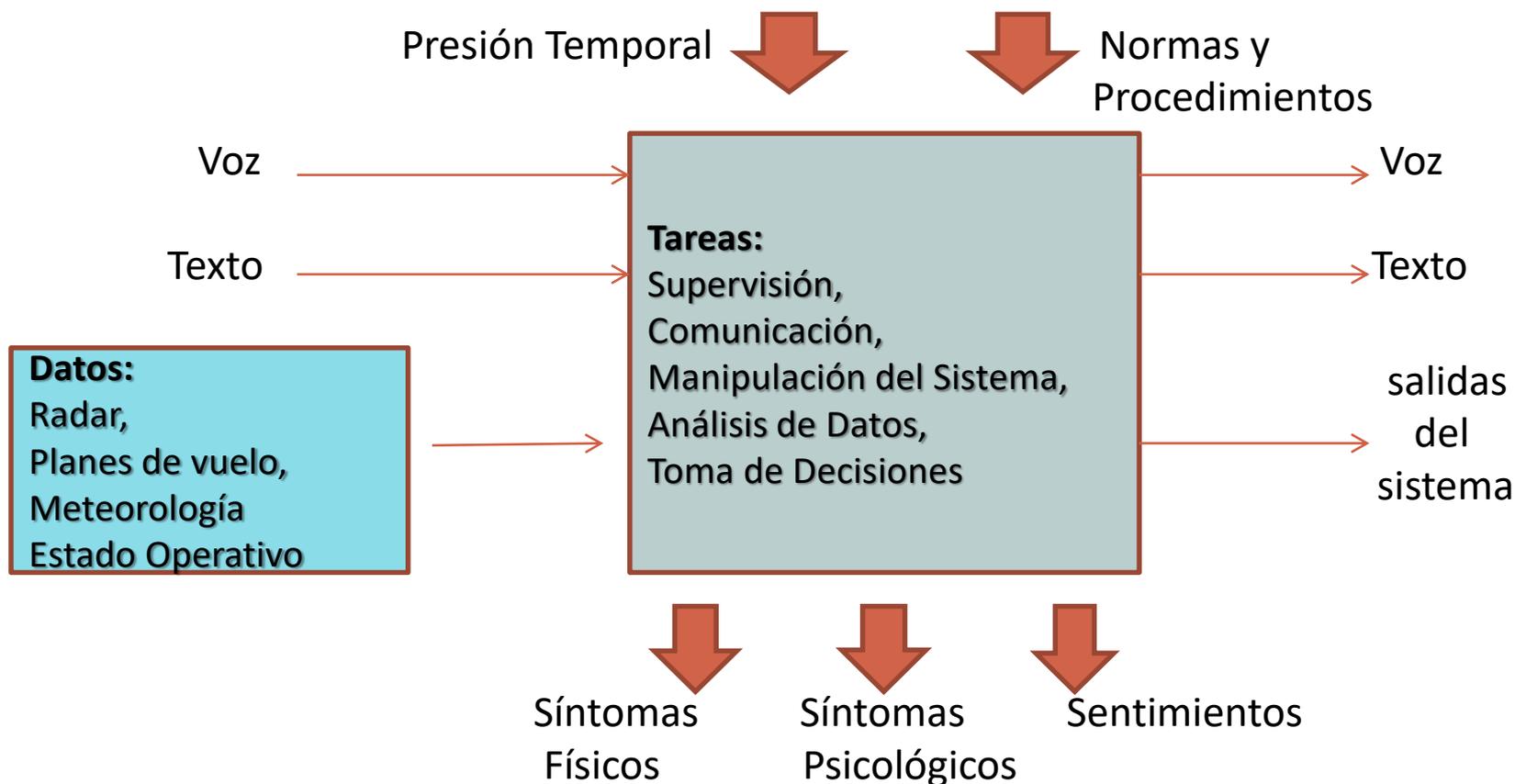
Por el proceso cognitivo, el controlador actuará sobre el tráfico si el objetivo perseguido no se satisface.

Uno de los problemas más críticos del control de del tráfico aéreo, en áreas de alta densidad de tráfico, es la carga de trabajo generada por tener que atender a varias aeronaves simultáneamente.

Gran parte de los esfuerzos del controlador no es medible a través de su actuación sobre el proceso, por eso se recurren a formas indirectas para poder evaluar la carga de trabajo de un controlador.

Es importante diferenciar, carga de tareas (task load) y carga de trabajo (work load). La **primera** se refiere al número de tareas, o su frecuencia de ocurrencia, asociadas a la descripción de un trabajo específico y el tiempo consumido por ellas. La **carga de trabajo** es el efecto total sobre el trabajador, de todas las actividades físicas, sensoriales y mentales requeridas para realizar dichas tareas.

CAUSAS Y EFECTOS DE LA CARGA DE TRABAJO DEL CONTROLADOR



La forma de ejecución de las tareas por parte del controlador, está condicionada por la presión temporal, normas y procedimientos que deben cumplirse para no violar los requisitos de seguridad, criterios de fluidez y economía de los vuelos.

Además, las decisiones que el controlador toma para la ejecución de las mismas depende de los recursos y influye en su carga de trabajo.

Las tareas que desempeña el controlador producen dos efectos sobre éste: uno objetivo, condicionado por los factores antes mencionados, y otro subjetivo, dependiendo de la experiencia, habilidades y destreza.

El ponderado de estos efectos se ha intentado establecer en diferentes estudios realizados, destacándose los siguientes:

❖ Observaciones '*subjetivas*' de la carga de trabajo:

- ✓ Síntomas físicos, medidos por la respuesta fisiológica.
- ✓ Síntomas psicológicos, medidos por la carga de trabajo observada, y por la tarea secundaria.
- ✓ Sentimientos, medidos por test subjetivo o carga de trabajo percibida.

❖ Observaciones '*objetivas*' de las actuaciones del controlador a través de la tasa de actividad.

La determinación de la carga de trabajo del controlador es extremadamente compleja, como ya se ha mencionado.

No existe modelo de referencia aceptado globalmente para este fin.

Un modelo referido al comportamiento del controlador es el denominado “Modelo de Wickens”, el mismo considera como actividad primaria del controlador el procesamiento de la información, que consume recursos de atención, requeridos para sus tareas específicas.

De acuerdo con este modelo los recursos del controlador se consumen en:

- ❑ *La percepción de los estímulos, recibidos y almacenados en la memoria sensorial a corto plazo (STSS).*
- ❑ *Manejar su memoria de trabajo que interactúa con la memoria permanente, en donde están los conocimientos y destreza del controlador, y con sus percepciones y decisiones.*
- ❑ *Tomar decisiones y seleccionar las respuestas a los estímulos.*
- ❑ *Ejecutar las respuestas.*