

Panorama de la Vigilancia dependiente automática – emisión (ADS-B OUT)



International Civil Aviation Organization

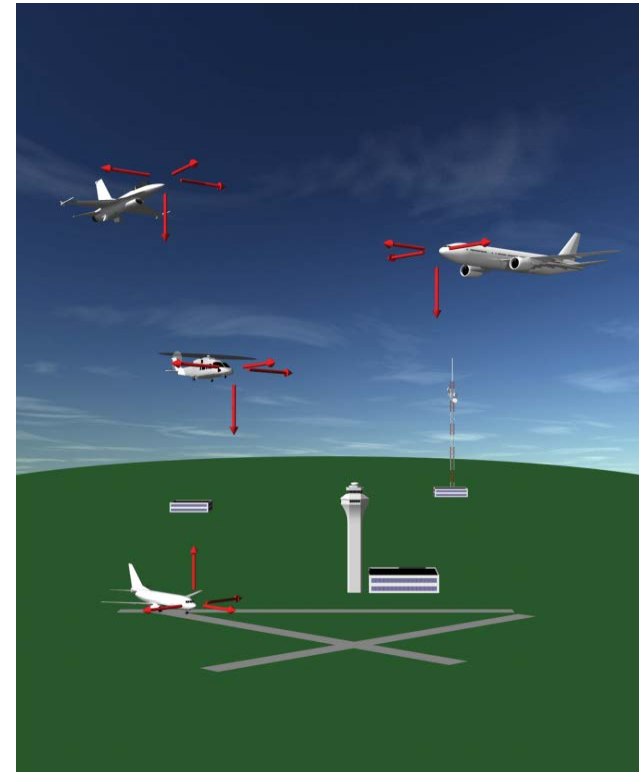


Objetivos del módulo

- Definición de ADS-B
- Panorama del ADS-B OUT
- Mensajes ADS-B
- Sistemas de aeronaves
- Desempeño y cumplimiento ADS-B

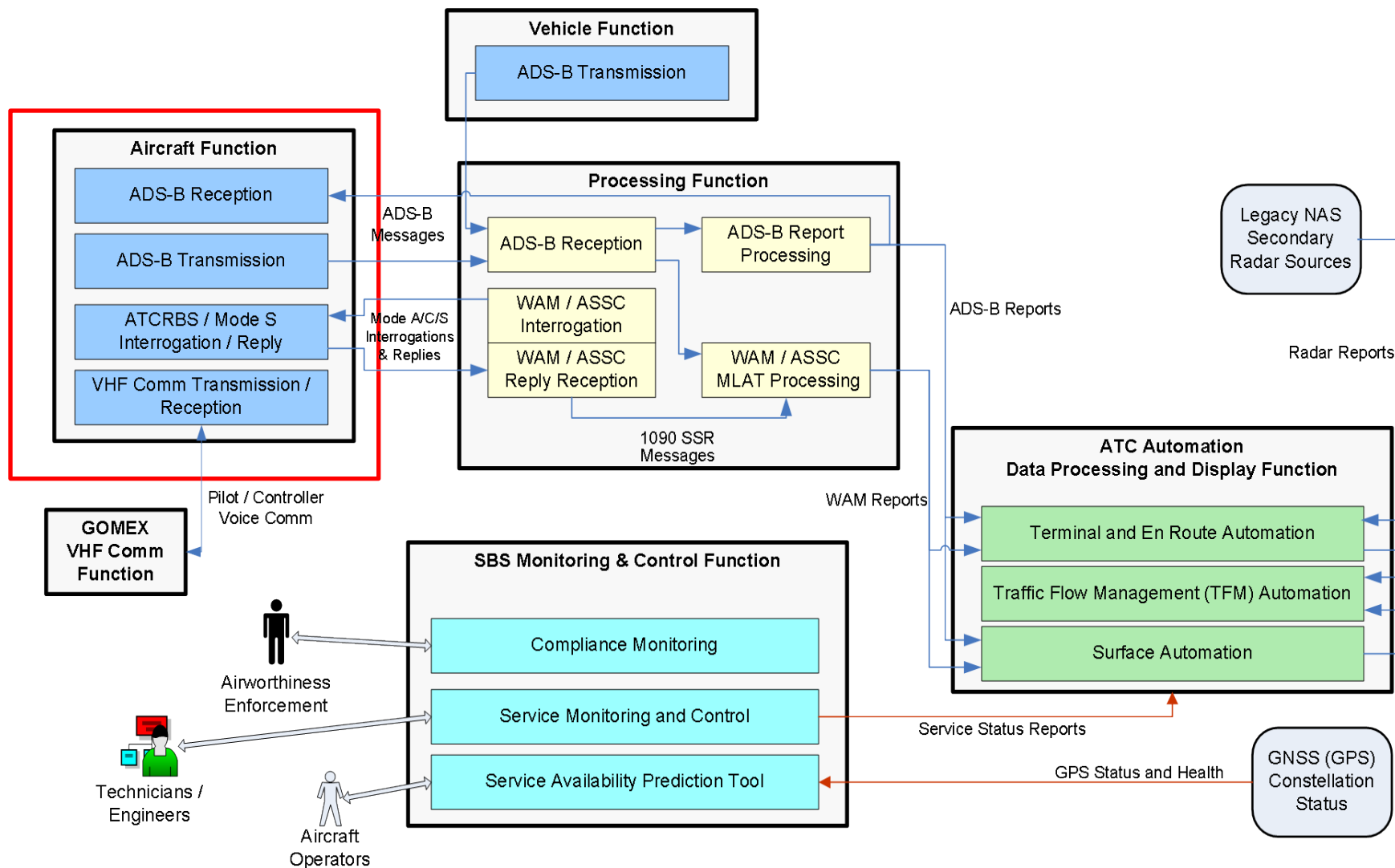
Vigilancia dependiente automática – radiodifusión (ADS-B)

- **Automática**
 - Transmite información periódicamente sin requerir el involucramiento de un piloto o un operador
 - **Dependiente**
 - Los vectores de posición y velocidad derivan de un sistema mundial de determinación de la posición (GPS) u otro sistema de navegación adecuado (i.e., FMS)
 - **Vigilancia -**
 - Un método para determinar 3 posiciones dimensionales e identificar aeronaves, vehículos, u otros activos.
 - **Radiodifusión**
 - Información transmitida disponible a cualquiera con el equipo de recepción adecuado
-
- **Tecnología de vigilancia cooperativa basada en satélites**
 - **Permite a pilotos y controladores tener una imagen común del espacio aéreo**
 - **Permite una conciencia situacional común para todos los usuarios equipados del espacio aéreo**

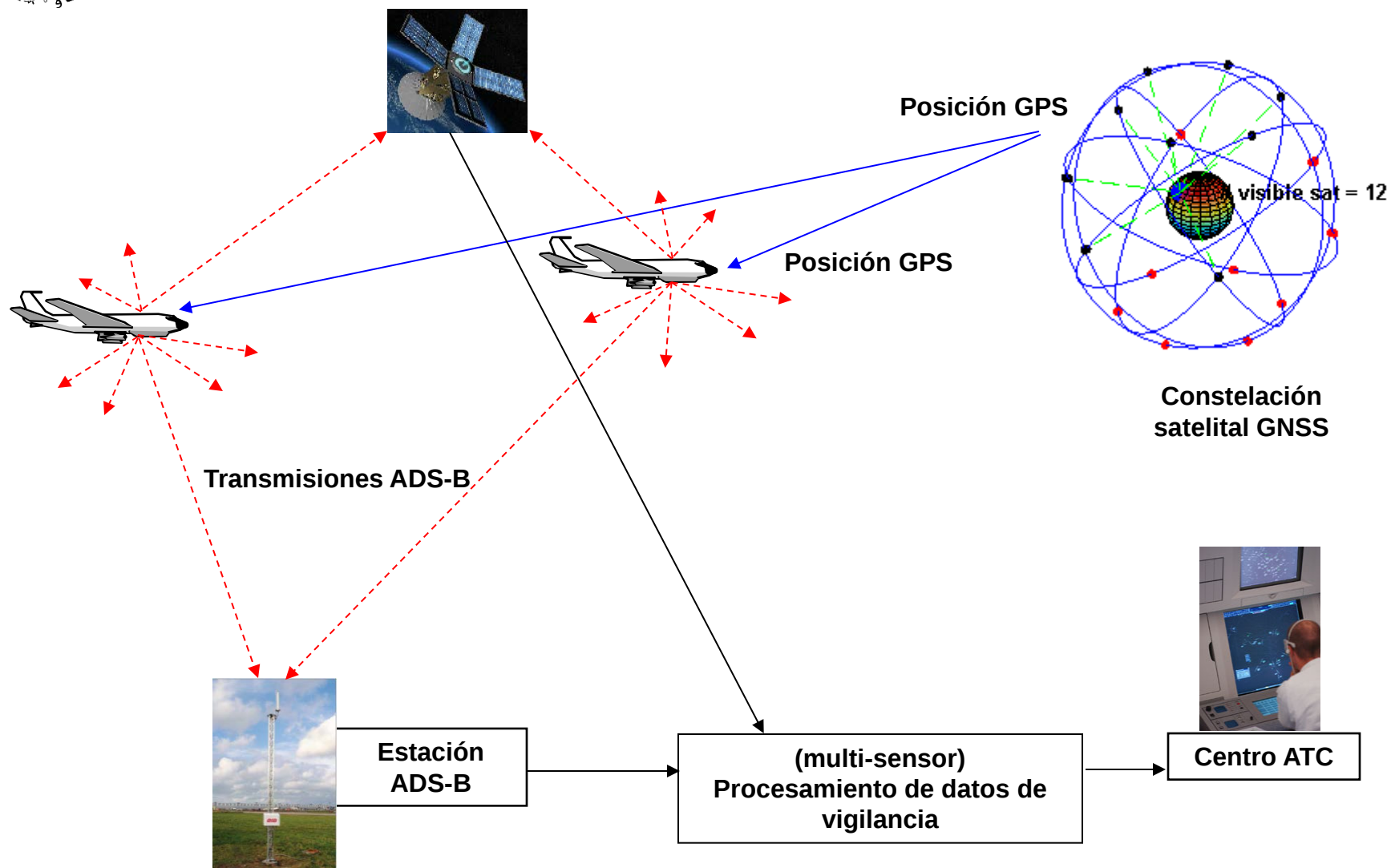




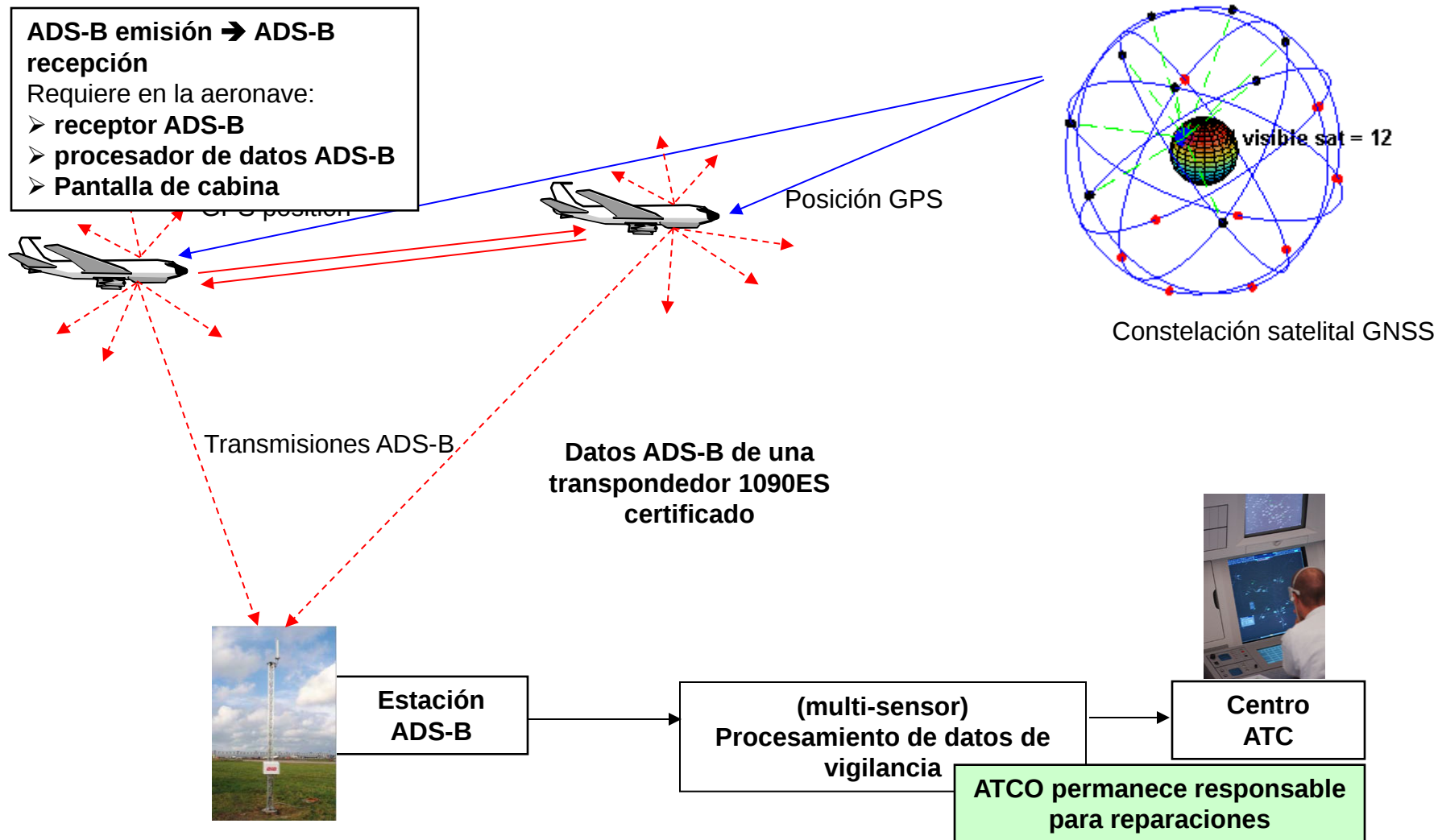
Arquitectura de vigilancia funcional de la FAA



ADS-B emisión



Panorama de ADS-B recepción



Componentes ADS-B

ADS-B OUT - *aerotransportado*

- Transpondedor Modo S
- Señales espontáneas ampliadas habilitadas



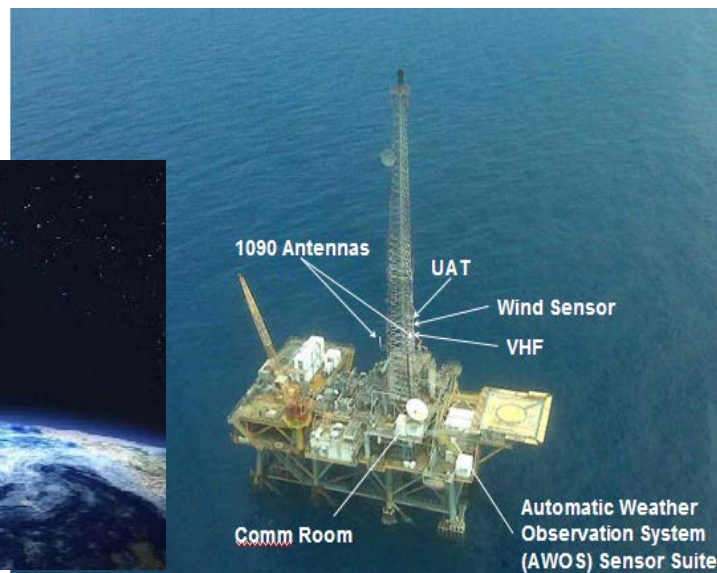
ADS-B OUT - *receptor*

- Antena + Receptor
- Procesador de vigilancia adaptado





Sistemas de recepción ADS-B de la FAA





Tecnologías ADS-B

- Señales espontáneas ampliadas de 1090 MHz (1090ES)
 - Ampliamente implementada en tránsito comercial
 - Transporte inicial facilitado por el mandato europeo del Modo S y las publicaciones de la regla final ADS-B OUT de la FAA
 - Señales espontáneas ampliadas de 1090 MHz es el vínculo internacional preferido
 - UAT
 - UAT = transceptor de acceso universal de 978 MHz
 - Utilizado en EEUU (principalmente para aeronaves de avión general)
 - Implementaciones regionales
 - VDL Modo 4
 - VDL = Vínculo digital VHF, Modo 4
 - Implementación regional
- * Es importante notar que 1090 MHz es la frecuencia internacionalmente aprobada**



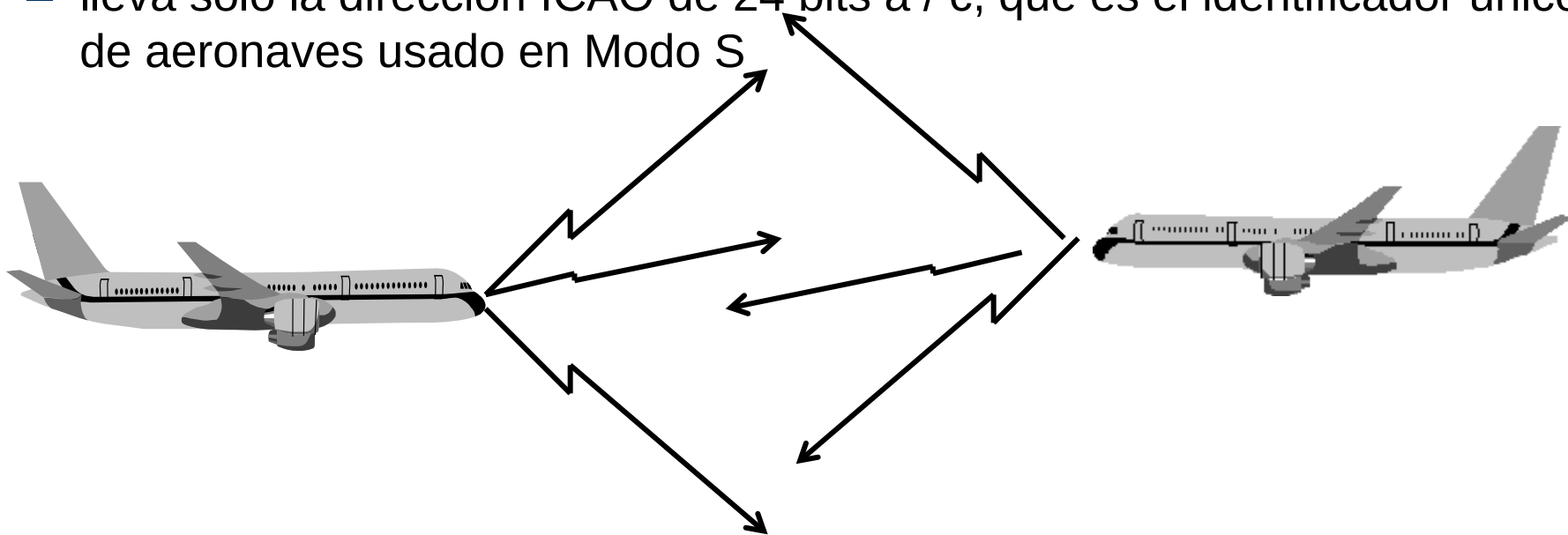
Mensajes ADS-B Out

- El equipo ADS-B Out está diseñado para transmitir dos conjuntos de mensajes diferentes:
 - “Señales espontáneas reducidas” (también conocidas como Adquisición de Señales espontáneas Modo S)
 - Señales espontáneas ampliadas
- Adquisición de Señales espontáneas incluye información mínima y permite a los sistemas en otras aeronaves (e.g., ACAS) adquirir un objetivo sin la necesidad de interrogar.
- Señales espontáneas ampliadas proporcionan información adicional basada en normas de performance operacional mínima (MOPS) para el cual están diseñados los sistemas de aviónica:
 - DO-260 (Versión 0)
 - DO-260A (Versión 1)
 - DO-260B (Versión 2)
 - DO-260C (Versión 3), aprobado en diciembre de 2020



Adquisición de señales espontáneas

- El transpondedor Modo S emite una transmisión no solicitada una vez por segundo para permitir al Sistema anticollisión de a bordo (ACAS) a adquirir aeronaves equipadas con Modo S
 - lleva solo la dirección ICAO de 24 bits a / c, que es el identificador único de aeronaves usado en Modo S



Señales espontáneas reducidas Modo S (56 BITS)

8 bit CONTROL	24 bit Dirección A/C	24 bit PARIDAD
------------------	-------------------------	-------------------

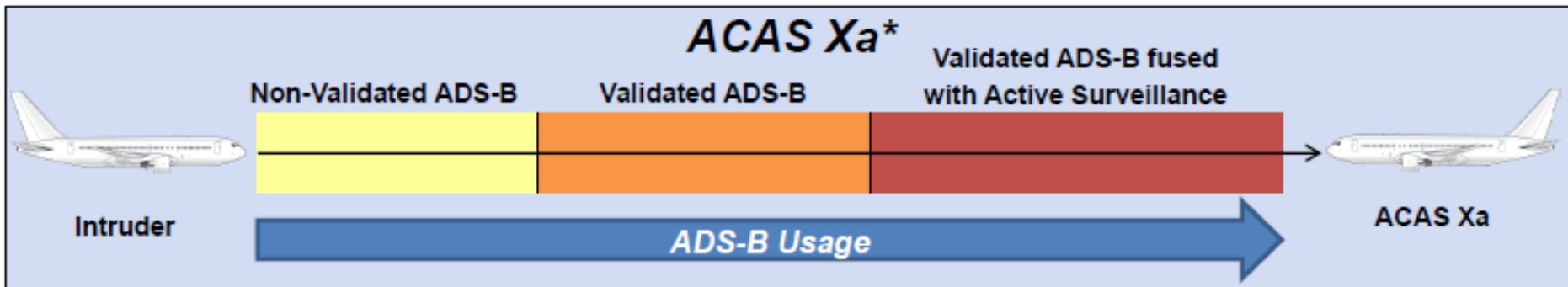
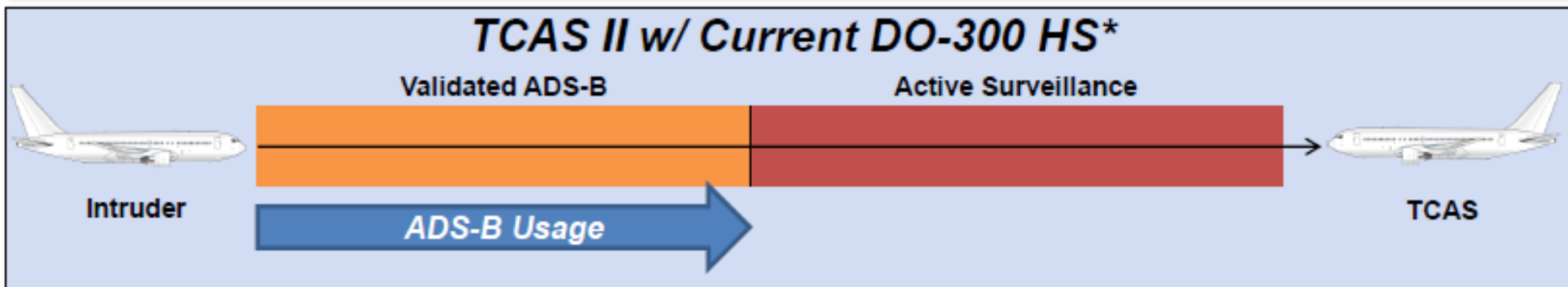
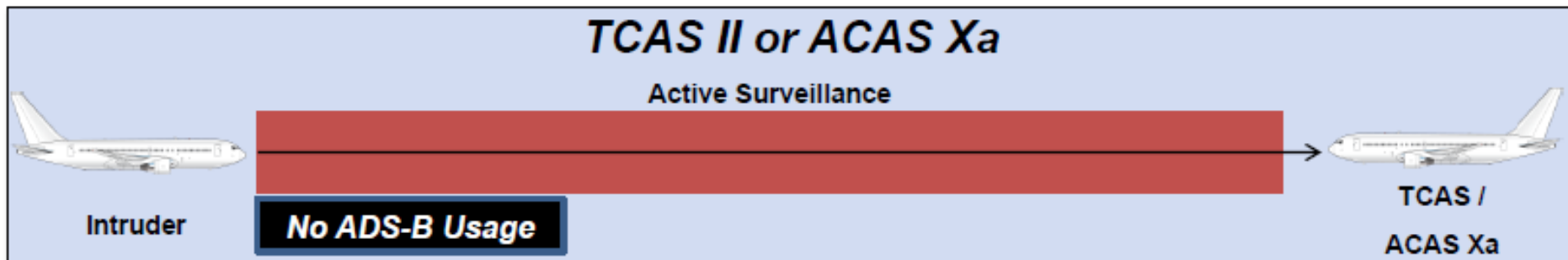
TRANSMITIDO UNA VEZ POR SEGUNDO



PANORAMA DE ACAS X

- ACAS X es una familia de la siguiente generación de sistemas de anti colisión de aeronaves.
 - Compatible con versiones anteriores / posteriores
 - ACAS Xa y Xo MOPS han sido publicados (RTCA DO-385 MOPS)
- Proporciona el mismo rol general que TCAS II:
 - Vigilancia de aeronaves cercanas
 - Generación de avisos de tránsito / avisos de resolución
 - Coordinación con otros sistemas anticolidión de aeronaves
- Apoya nuevas capacidades:
 - Aprovecha fuentes de vigilancia adicionales (e.g., ADS-B)
 - Destinado a múltiples tipos de aeronaves anfitriónas (comercial, aviación general, helicópteros, UAS)

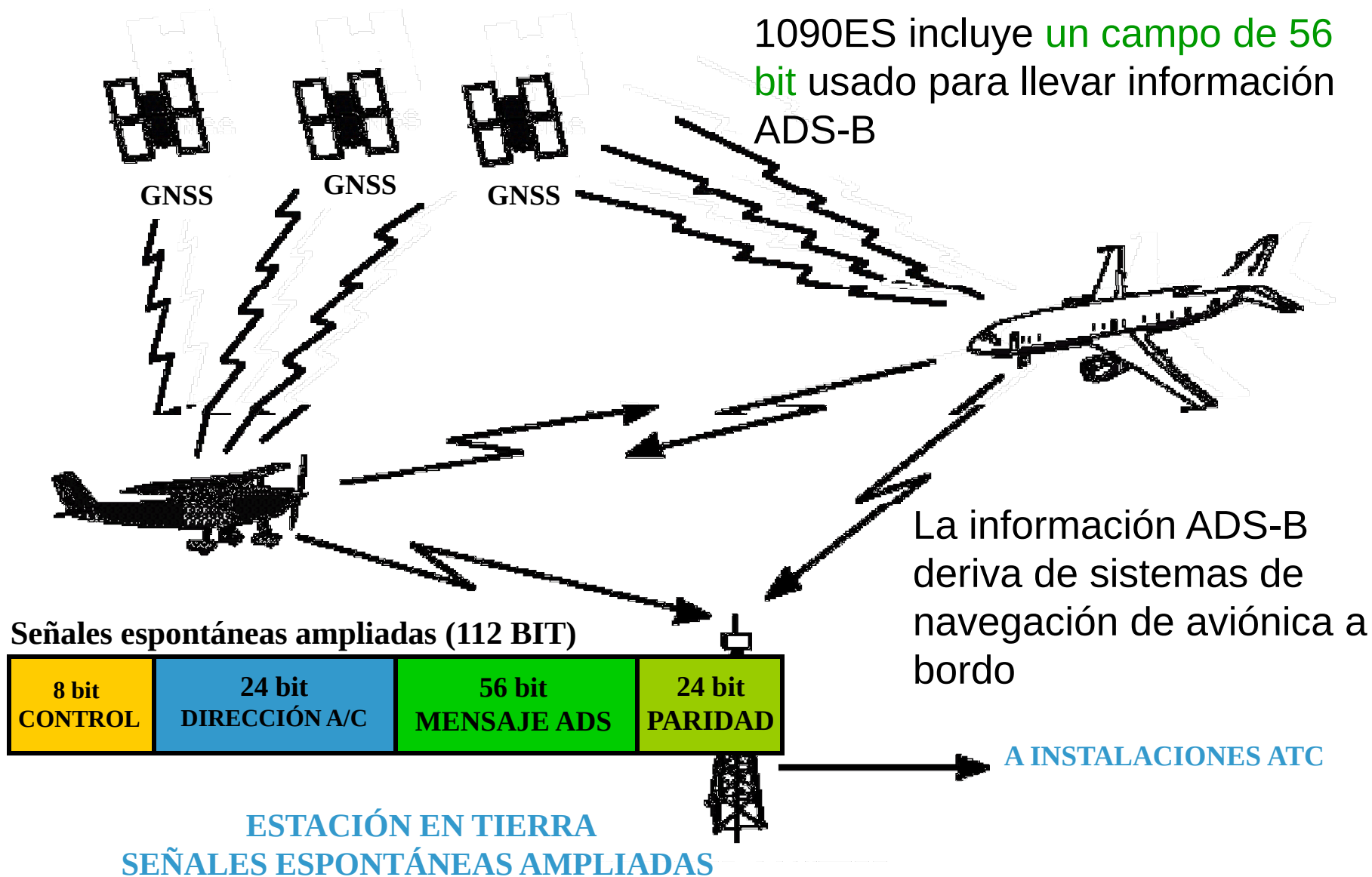
Uso de 1090ES para vigilancia



* Requires hardware that can receive and decode 1090ES DF17 messages



Formato de mensaje 1090ES





Registros BDS

- Registros BDS se especifican en el Doc 9871 de la OACI, Edición 2, y en las SARPs del Modo S
 - Registros BDS también se refieren como registros GICB porque pueden ser enlazadas vía “Intercambio de Comm B iniciadas en tierra”
- Cada registro contiene la carga útil de datos de una respuesta de Modo S o de Señales espontáneas ampliadas
- Los registros no actualizados dentro de un periodo fijo son borrados por el transpondedor
- Los registros son identificados por un número hexadecimal de dos dígitos
 - Por ejemplo BDS 05h o BDS 0,5 es la posición de señales espontáneas
- Ciertos registros BDS se refieren específicamente a 1090ES



Registros BDS en ED-102A/DO-260B

Tabla 2-79: 1090 MHz Tasa de transmisión de mensajes de Señales espontáneas ampliadas ADS-B

Transponder Register	Event-Driven Message Priority	1090ES ADS-B Message	Broadcast Rate		
			On-the-Ground, not moving	On-the-Ground and moving	Airborne
BDS 0,5	N/A	Airborne Position	N/A	N/A	2 / 1 second (0.4 – 0.6 sec)
BDS 0,6	N/A	Surface Position	LOW RATE 1 / 5 seconds (4.8 – 5.2 sec)	HIGH RATE 2 / 1 second (0.4 – 0.6 sec)	N/A
BDS 0,8	N/A	Aircraft Identification and Category	LOW RATE 1 / 10 seconds (9.8 – 10.2 sec)	HIGH RATE 1 / 5 seconds (4.8 – 5.2 sec)	HIGH RATE 1 / 5 seconds (4.8 – 5.2 sec)
BDS 0,9	N/A	Airborne Velocity	N/A	N/A	2 / 1 second (0.4 – 0.6 sec)
BDS 6,1	TCAS RA = 1 Emergency = 2	Aircraft Status (Emergency/Priority Status, Subtype=1) (TCAS RA Broadcast, Subtype=2)	TCAS RA or Mode A Code Change 0.7 – 0.9 seconds		
			No TCAS RA, No Mode A Change 4.8 – 5.2 seconds		
			No TCAS RA, No Mode A Change, No Emergency, Mode A Code set to 1000 _h No Transmission		
BDS 6,2	N/A	Target State and Status (TSS)	N/A	N/A	1.2 – 1.3 seconds
BDS 6,5	N/A	Aircraft Operational Status	4.8 – 5.2 seconds	No change NIC _{SUPP} /NAC/SIL 2.4 – 2.6 seconds	TSS being broadcast or not No change TCAS/NAC/SIL/NIC _{SUPP} 2.4 – 2.6 seconds
				Change in NIC _{SUPP} /NAC/SIL 0.7 – 0.9 seconds	TSS being broadcast Change in TCAS/NAC/SIL/NIC _{SUPP} 2.4 – 2.6 seconds
					TSS not broadcast ² Change in TCAS/NAC/SIL/NIC _{SUPP} 0.7 – 0.9 seconds

N/A = Not Applicable



Registros BDS en ED-102B/DO-260C

Tabla 2-79: 1090 MHz Tasa de transmisión de mensajes de Señales espontáneas ampliadas ADS-B

Transponder Register	1090ES ADS-B Message	Broadcast Rate		
		Surface, not moving	Surface and moving	Airborne
BDS 0,5	Airborne Position (see Note 5)	N/A	N/A	2 / 1 second (0.4 – 0.6 sec)
BDS 0,6	Surface Position	LOW RATE 1 / 5 seconds (4.8 – 5.2 sec)	HIGH RATE 2 / 1 second (0.4 – 0.6 sec)	N/A
BDS 0,8	Aircraft Identification and Category	LOW RATE 1 / 10 seconds (9.8 – 10.2 sec)	HIGH RATE 1 / 5 seconds (4.8 – 5.2 sec)	HIGH RATE 1 / 5 seconds (4.8 – 5.2 sec)
BDS 0,9	Airborne Velocity (see Note 6)	N/A	N/A	2 / 1 second (0.4 – 0.6 sec)
BDS 3,0	Aircraft Status (Subtype=2 “TCAS RA Broadcast”) (see Note 1)	N/A	N/A	0.7 – 0.9 seconds
BDS 6,1	Aircraft Status (Subtype=1 “Emergency/Priority Status and Mode A Code”)	Mode A Code Change/Emergency Active 0.7 – 0.9 seconds		
		No Mode A Change and No Emergency Active 4.8 – 5.2 seconds		
BDS 6,2	Target State and Status (TSS)	N/A	N/A	1.2 – 1.3 seconds
BDS 6,3	Aircraft Status (Subtype=4 “UAS/RPAS Contingency” Current/Next TCP) (see Notes 1, 2 and 7)	N/A	N/A	4.8 – 5.2 seconds
BDS 6,4				
BDS 6,5	Aircraft Operational Status	4.8 – 5.2 seconds	No change NIC _{SUPP} /NAC/SIL 2.4 – 2.6 seconds	TSS being broadcast or not No change CAS/NAC/SIL/NIC _{SUPP} 2.4 – 2.6 seconds
			Change in NIC _{SUPP} /NAC/SIL 0.7 – 0.9 seconds	TSS being broadcast Change in CAS/NAC/SIL/NIC _{SUPP} 2.4 – 2.6 seconds
				TSS not broadcast Change in CAS/NAC/SIL/NIC _{SUPP} 0.7 – 0.9 seconds

N/A = Not Applicable



Registros BDS en ED-102B/DO-260C

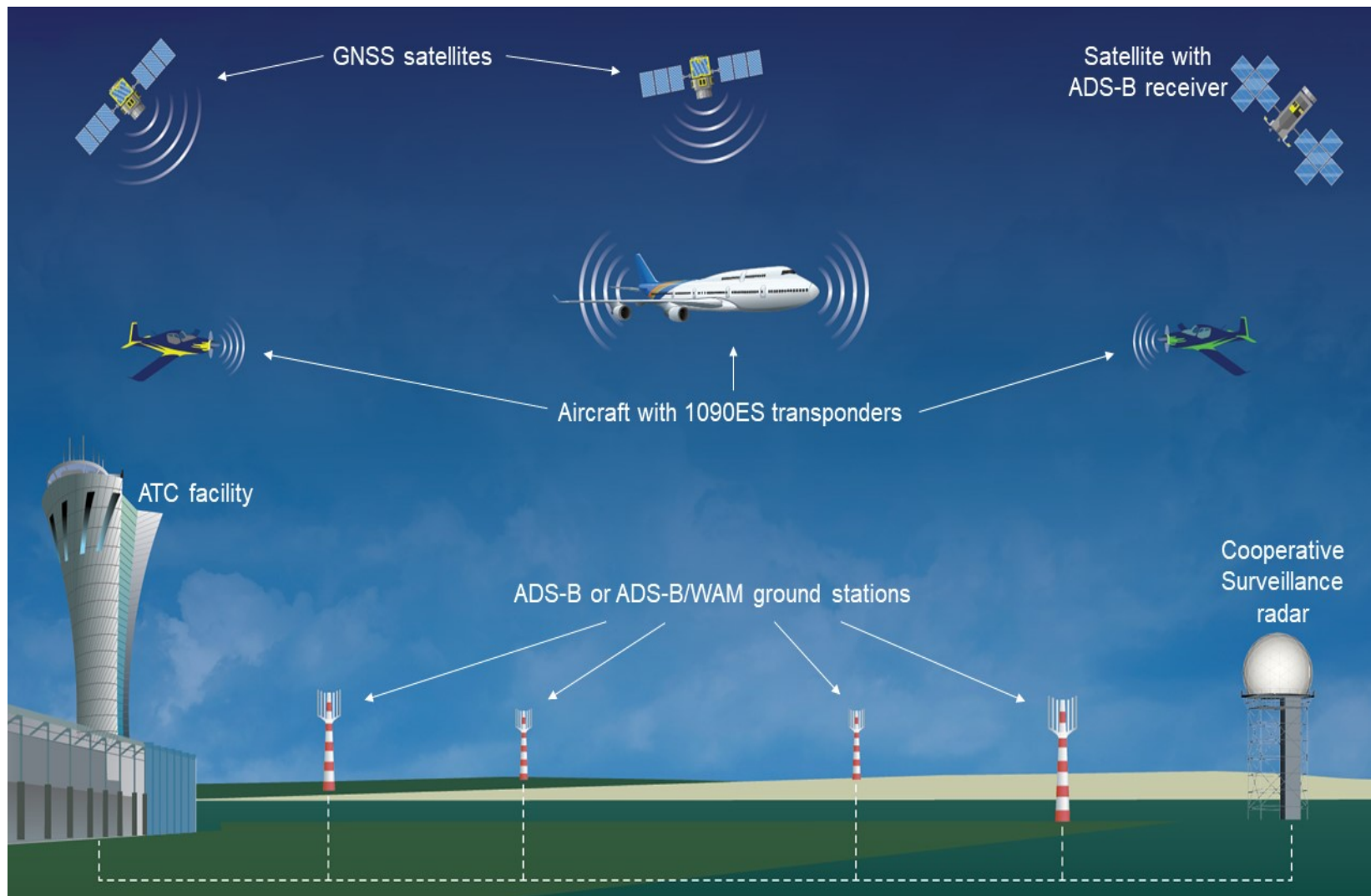
Table 2-79: 1090 MHz Tasa de transmisión de mensajes de Señales espontáneas ampliadas ADS-B

N/A = Not Applicable

N/A = Not Applicable		Broadcast Rate		
Transponder Register	1090ES ADS-B Message	Surface, not moving	Surface and moving	Airborne
BDS 6,8	ADS-Wx AIREP (Subtype=0 "Aircraft State") (see Note 7)	LOW RATE 1 / 10 seconds (9.8 – 10.2 sec)	HIGH RATE 1 / 5 seconds (4.8 – 5.2 sec)	HIGH RATE 1 / 5 seconds (4.8 – 5.2 sec)
BDS 6,9	ADS-Wx AIREP (Subtype=1 "Weather State") (see Notes 4 and 7)	N/A	N/A	1 / 2.2 seconds (2.1 – 2.3 seconds)
BDS 6,A	ADS-Wx AIREP (Subtype=2 "Alternate Weather State") (see Notes 4 and 7)			
BDS 6,B	ADS-Wx PIREP (Subtype=0 "Flight Weather") (see Notes 1, 3 and 7)	PIREP Active 3 / 10 seconds (3.1 – 3.5 seconds)		
BDS 6,C	ADS-Wx PIREP (Subtype=1 "Temp, Wind & Turbulence") (see Notes 1, 3 and 7)			
BDS 6,D	ADS-Wx PIREP (Subtype=2 "Hazardous Weather") (see Notes 1, 3 and 7)			
BDS 6,E	High Velocity and/or Altitude (Subtype=0 "HVA Position") (see Notes 5 and 7)	N/A	N/A	2 / 1 second (0.4 – 0.6 sec)
BDS 6,F	High Velocity and/or Altitude (Subtype=1 "HVA Velocity") (see Notes 6 and 7)	N/A	N/A	2 / 1 second (0.4 – 0.6 sec)

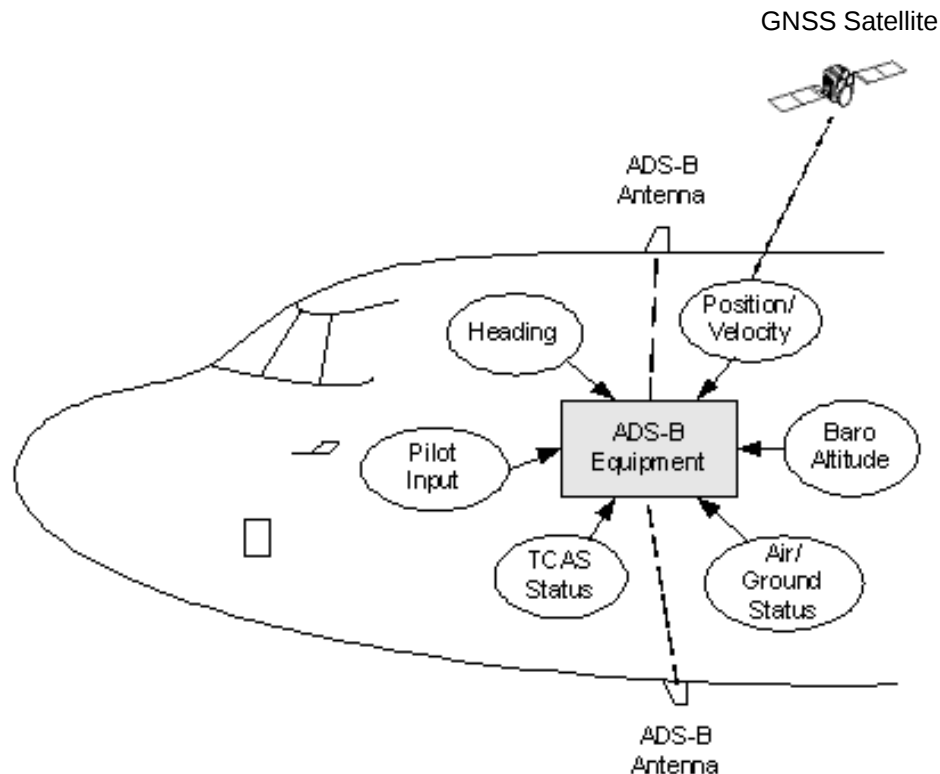
Notes for Table 2-79:

1. Aircraft Status – Subtype 2, Aircraft Status – Subtype 4, and the ADS-Wx PIREPs are On-Condition Messages that are only transmitted when certain conditions apply (see §2.2.3.3.2.7).
2. The UAS/RPAS Contingency Message alternates transmission of the Current and Next TCP until the last TCP has been sequenced.
3. If more than one PIREP subtype message is valid, the messages are interleaved as specified in §2.2.3.3.2.7.3).
4. The ADS-Wx AIREP Weather State and Alternate Weather State Messages are not transmitted concurrently (see §2.2.3.3.2.6.4.2).
5. The Airborne Position and HVA Position Messages are not transmitted concurrently.
6. The Airborne Velocity and HVA Velocity Messages are not transmitted concurrently.
7. The HVA Position & Velocity, UAS/RPAS Contingency, ADS-Wx AIREP and ADS-Wx PIREP Messages are optional.



Sistemas de aeronaves

- Para poder llenar cada uno de los mensajes, el dispositivo ADS-B depende de los sistemas de la aeronave
- El siguiente es un ejemplo de algunos de los sistemas de aviónica que proporcionan información a la aviónica ADS-B





Equipamiento de la aeronave

- El equipamiento de la aeronave es un elemento clave que debe ser considerado por la Autoridad de aviación civil (AAC) y los Proveedores de servicio de navegación aérea (ANSPs)
- El tipo de implementación ADS-B podría conducir a consideraciones adicionales en el tipo de equipamiento requerido a fin de asegurar la detección apropiada de la aeronave
- Por ejemplo:
 - Implementaciones en sistemas en tierra serían satisfechas con una sola antena inferior
 - La implementación basada en el espacio requeriría que las aeronaves cuenten con una antena visible para los satélites



Indicadores de calidad

- Los indicadores de calidad son utilizados por el Sistema de procesamiento ATC para determinar
 - si los informes de vigilancia ADS-B (y, por lo tanto, la posición derivada) se pueden utilizar para respaldar las diversas funciones en la prestación de servicios de tránsito aéreo, y en particular,
 - si se puede utilizar el estándar de separación de vigilancia ATC definido
- Estos indicadores son calculados ya sea por el dispositivo ADS-B (e.g., NIC/NUCp) o configurado en la instalación (e.g., SIL, SDA, Código de largo / ancho)

Categoría de integridad de navegación (NIC)

Airborne Position Message “ME” Field								
Msg Bit #	33 - 37	38 ----- 39	40	41 ----- 52	53	54	55 ---- 71	72 ---- 88
“ME” Bit #	1 - 5	6 ----- 7	8	9 ----- 20	21	22	23 --- 39	40 --- 56
Field Name	TYPE Code [5]	Surveillance Status [2]	NIC Supplement-B [1]	Altitude [12]	Time (T) [1]	CPR Format (F) [1]	CPR Encoded Latitude [17]	CPR Encoded Longitude [17]
	MSB LSB	MSB LSB		MSB LSB			MSB LSB	MSB LSB

Aircraft Operational Status ADS-B Message “ME” Field Format														
MSG BIT #	33 - 37	38 - 40	41 - 52	53 - 56	57 - 72	73 - 75	76	77 - 80	81 - 82	83 - 84	85	86	87	88
“ME” BIT #	1 - 5	6 - 8	9 - 20	21 - 24	25 - 40	41 - 43	44	45 - 48	49 - 50	51 - 52	53	54	55	56
FIELD NAME	TYPE=31 [5]	Subtype=0 [3]	Airborne Capability Class (CC) Codes [16]		Airborne Operational Mode (OM) Codes [16]	MOPS Version Number [3]	NIC Supplement-A [1]	NAC _P [4]	GVA [2]	Source Integrity Level (SIL) [2]	NIC _{BARO} [1]	HRD [1]	SIL Supp [1]	Reserved [1]
		Subtype=1 [3]	Surface CC Codes [12]	L/W Codes [4]	Surface Operational Mode (OM) Codes [16]				Reserved [2]		TRK/HDG [1]			
	MSB LSB	MSB LSB	MSB LSB	MSB LSB	MSB LSB	MSB LSB		MSB LSB	MSB LSB	MSB LSB				

- El NIC es calculado solamente basado en la contención del radio
- Este valor en combinación con el Suplemento A & B del NIC determina el Tipo de código a ser transmitido en el Mensaje de posición aéreo



Conversión NUCp a NIC

Horizontal Protection Limit (DO-260)	Nuc _p (DO-260)	Type Code (DO-260)	Horizontal Containment Radius (Rc) (DO-260A)	NIC (DO-260A)	NIC Supplement (DO-260A)	Type Code (DO-260A)	Horizontal Containment Radius (Rc) (DO-260B)	NIC (DO-260B)	NIC Supplement A,B (DO-260B)	Type Code (DO-260B)
HPL < 7.5 m	9	9	Rc < 7.5 m and VPL < 11 m	11	0	9	Rc < 7.5 m	11	0,0	9
HPL < 25 m	8	10	Rc < 25 m and VPL < 37.5 m	10	0	10	Rc < 25 m	10	0,0	10
HPL < 0.1 NM	7	11	Rc < 75 m and VPL < 112 m	9	1	11	Rc < 75 m	9	1,1	11
HPL < 0.2 NM	6	12	Rc < 0.1 NM	8	0		Rc < 0.1 NM	8	0,0	
HPL < 0.5 NM	5	13	Rc < 0.2 NM	7	0	12	Rc < 0.2 NM	7	0,0	12
HPL < 1.0 NM	4	14	Rc < 0.6 NM	6	1	13	Rc < 0.3 NM	6	0,1	13
HPL < 2.0 NM	3	15	Rc < 0.5 NM	6	0		Rc < 0.5 NM	6	0,0	
HPL < 10 NM	2	16	Rc < 1.0 NM	5	0	14	Rc < 0.6 NM	6	1,1	
HPL < 20 NM	1	17	Rc < 2 NM	4	0	15	Rc < 1.0 NM	5	0,0	14
HPL ≥ 20 NM	0	18	Rc < 4 NM	3	1	16	Rc < 2 NM	4	0,0	15
			Rc < 8 NM	2	0		Rc < 4 NM	3	1,1	16
			Rc < 20 NM	1	0	17	Rc < 8 NM	2	0,0	
			Rc ≥ 20 NM or unknown	0	0	18	RC < 20 NM	1	0,0	17
							Rc ≥ 20 NM or unknown	0	0,0	18

Airborne Position



Mensaje de posición ADS-B

<i>Horizontal Protection Limit (DO-260)</i>	<i>Nuc_p (DO-260)</i>	<i>Type Code (DO-260)</i>	<i>Horizontal Containment Radius (DO-260A)</i>	<i>NIC (DO-260A)</i>	<i>NIC Supplement (DO-260A)</i>	<i>Type Code (DO-260A)</i>	<i>Horizontal Containment Radius (DO-260B)</i>	<i>NIC Supplement A,C (DO-260B)</i>	<i>NIC (DO-260B)</i>	<i>Type Code (DO-260B)</i>
HPL < 7.5 m	9	5	Rc < 7.5 m	11	0	5	Rc < 7.5 m	0,0	11	5
HPL < 25 m	8	6	Rc < 25 m	10	0	6	Rc < 25 m	0,0	10	6
HPL < 0.1 NM	7	7	Rc < 75 m	9	1	7	Rc < 75 m	1,0	9	7
HPL ≥ 0.1 NM	6	8	Rc < 0.1 NM	8	0	7	Rc < 0.1 NM	0,0	8	
			Rc ≥ 0.1 NM or unknown	0	0	8	Rc < 0.2 NM	1,1	7	8
							Rc < 0.3 NM	1,0	6	
							RC < 0.6 NM	0,1		

Surface Position



Monitoreo de cumplimiento regulatorio

- La FAA* utiliza una herramienta llamada Monitor de desempeño ADS-B (APM) para detectar:
- Operaciones no equipadas en espacios aéreos con requerimiento ADS-B Out
 - Incluyendo aeronaves no apropiadamente equipadas (e.g., Versión 0 o Versión 1)
- Operación inapropiadas del sistema ADS-B
 - El equipo debe estar encendido en todo momento
 - Sujeto a revisión 91.225 (f)
 - Procedimientos apropiados para información ingresada por el piloto (e.g., Flight ID)
 - Distinción del distintivo de llamada (CSMM)
- Equipo o instalación defectuoso(NPE)
 - Problemas de aeronavegabilidad, monitoreados por los estándares de vuelo de la FAA

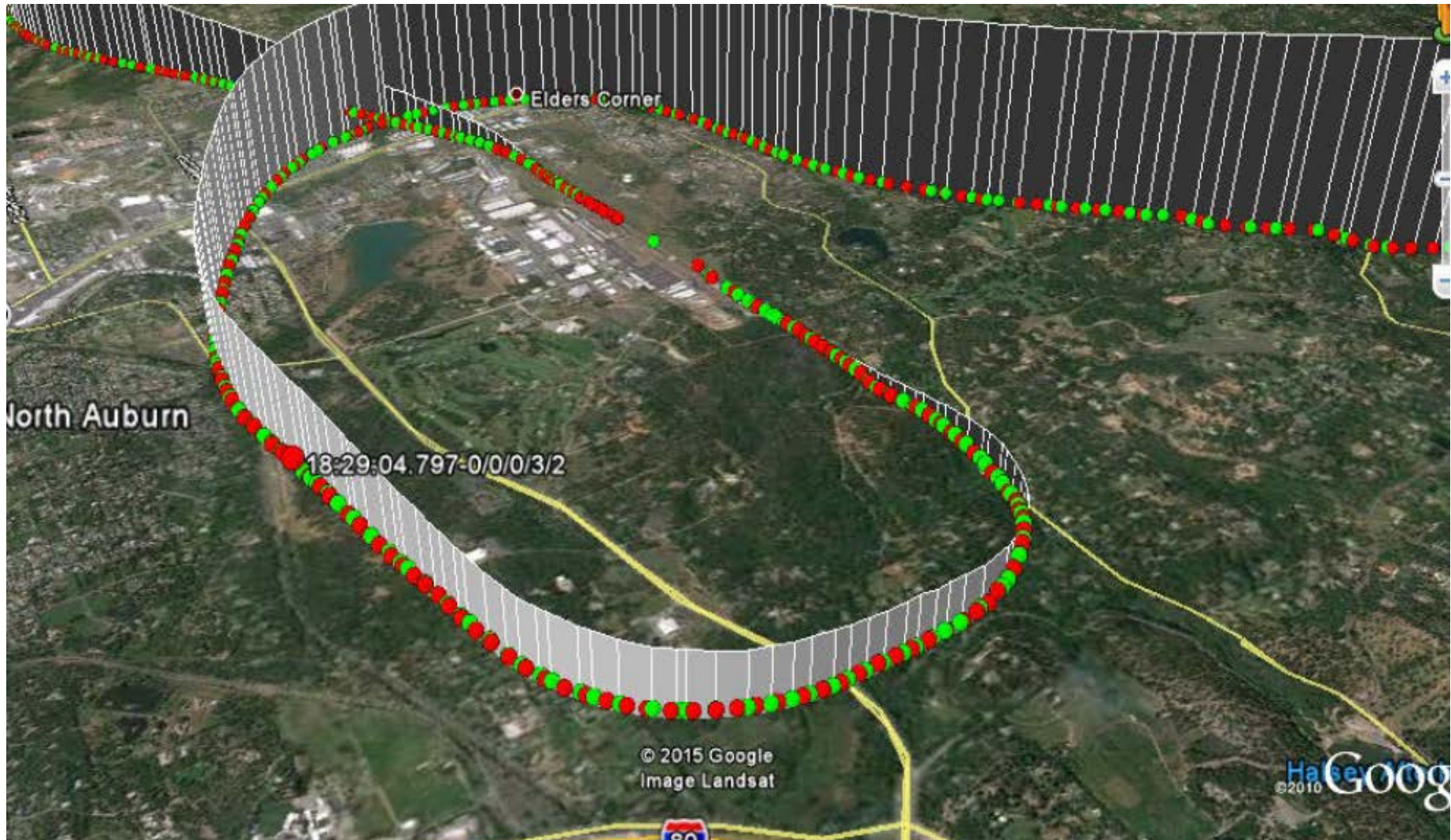
*Inspectores de mantenimiento aéreo y de tecnologías de vuelo y la división de procedimientos en la Oficina de estándares de seguridad operacional



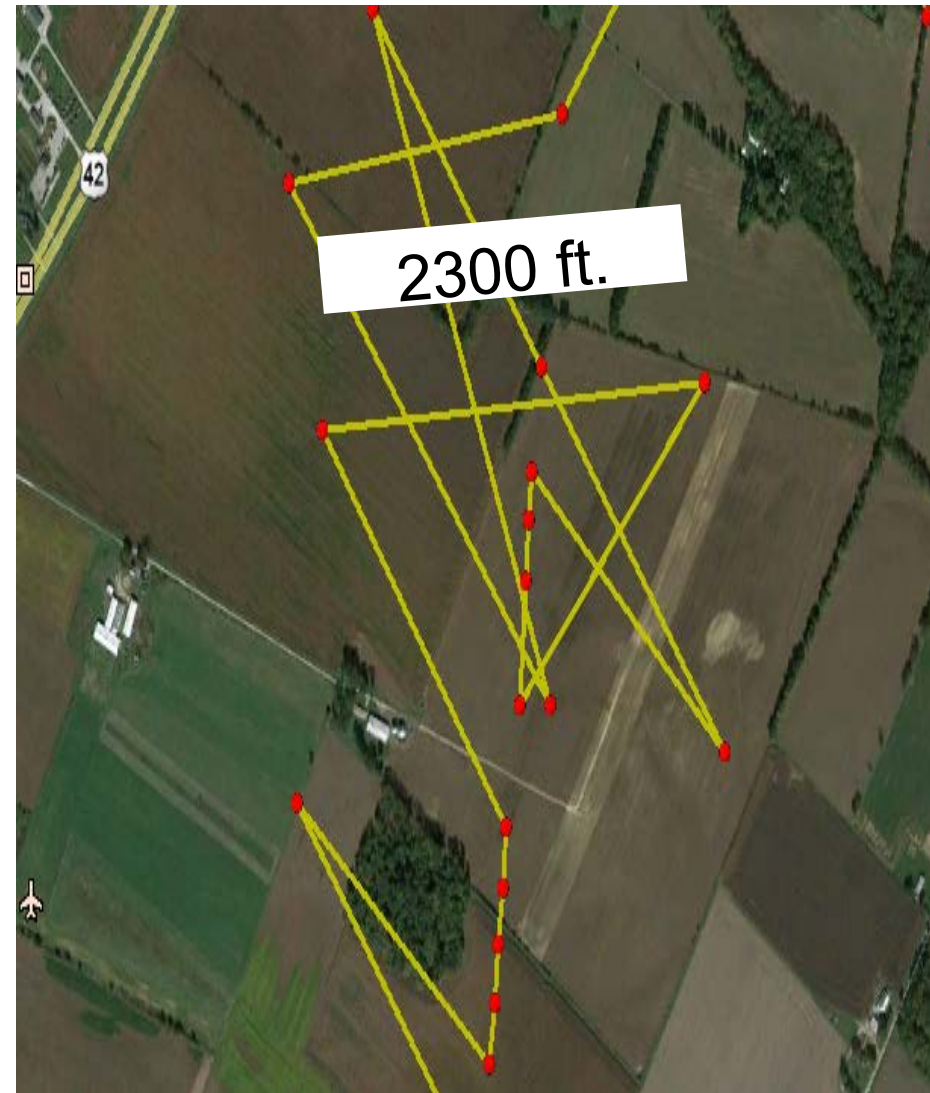
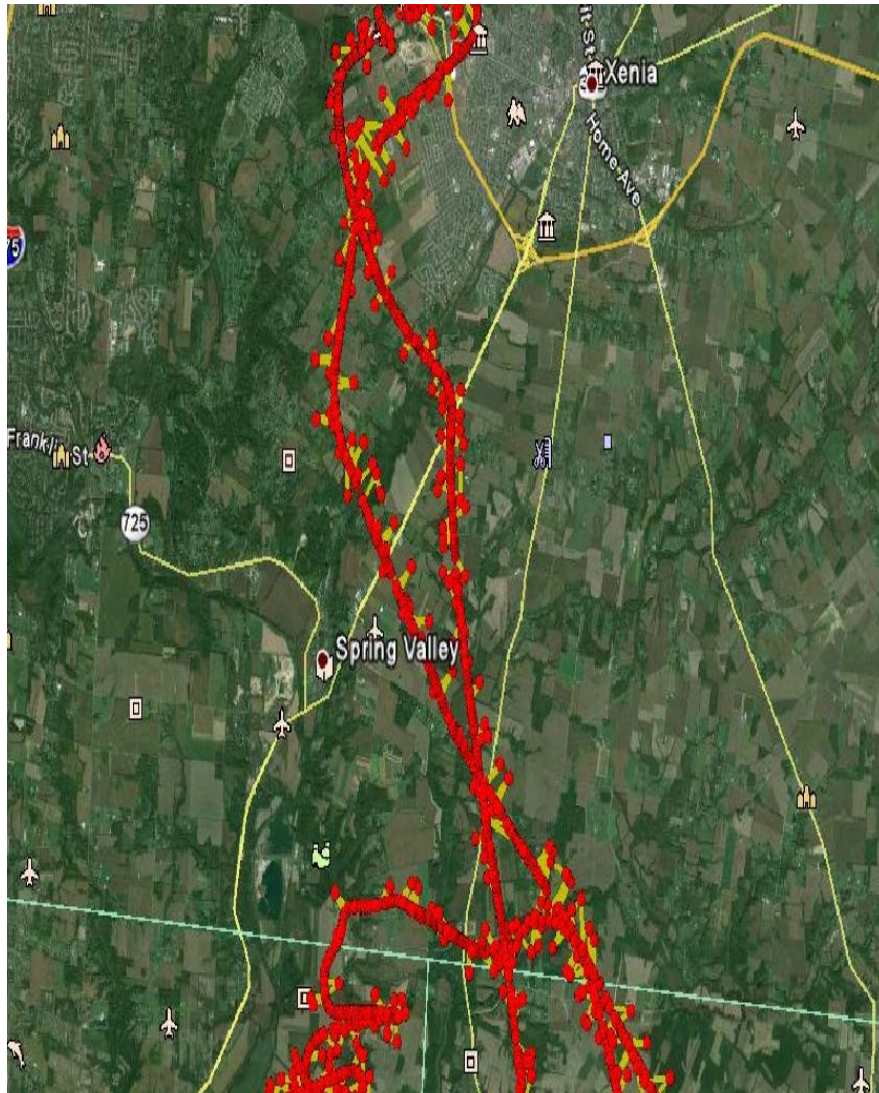
Monitoreo de cumplimiento regulatorio

- Para poder identificar NPE's, el APM aprovecha la información de ADS-B Out para identificar las aeronaves que operan en el espacio aéreo de EE. UU. que no cumplen con los estándares de desempeño especificados en 14 CFR 91.227.
 - Revisa integridad y exactitud de la información de la posición
 - Cumple con NIC, NACp, NACv, SIL, SDA
 - Revisiones para elementos de mensaje requeridos
 - Lat/Long, Velocidad, Baro & Geo Altitud, Modo 3/A, ID de vuelo, dirección de 24-bit de la OACI apropiada, Categoría de emisor, Código de largo / ancho, etc.
 - Realiza una revisión de validación (Cinemática) sobre posición, velocidad y altitud

Monitor de desempeño ADS-B



Monitor de desempeño ADS-B





Monitoreo de cumplimiento regulatorio

- Cuando la FAA se entera de una posible infracción, a través de APM u otros medios, se inicia lo siguiente:
 - Se envía información relevante a una oficina de investigación (e.g., Oficina distrital de estándares de vuelo (FSDO), Oficina de gestión de certificados (CMO), u Oficina de campo internacional (IFO))
 - Si es detectada por APM, la información será enviada de la División de mantenimiento de aeronaves o de la División de Procedimientos y tecnologías de vuelo
 - La oficina responsable de la FAA realiza la investigación siguiendo los procedimientos establecidos en las órdenes de la FAA 8900.1 y 2150.3C
- Después de que la investigación ocurre, la oficina responsable de la FAA toma acciones apropiadas para corregir las aparentes violaciones
 - Acciones para el cumplimiento administrativo o legal de acuerdo con las políticas establecidas



Arquitectura funcional de vigilancia de la FAA

