



UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO

Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica

FINAL PROJECT REPORT

**Análisis de los incidentes de pérdida de
separación entre aeronaves desde la
perspectiva de Safety-II**

Curso 2022-2023

Alumna: Verónica Sanz Llorente

Tutor: Schon Z. Y. Liang Cheng

Índice

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN.....	3
ACRÓNIMOS	5
DEFINICIONES	5
1 INTRODUCCIÓN	7
2 ALCANCE Y OBJETIVO	9
3 METODOLOGÍA.....	11
3.1 Metodología FRAM	11
3.2 Principios de los modelos FRAM.....	12
3.3 Análisis de los modelos FRAM	13
4 TRANSFERENCIA DE CONTROL.....	17
4.1 El servicio ATC	17
4.2 Responsabilidad de control	18
4.2.1 Cartas de Acuerdo y Manual de Operaciones.....	19
4.2.2 Coordinación entre dependencias	19
4.3 Marco normativo.....	20
5 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO FRAM.....	23
5.1 Modelo base de Hollnagel.....	23
5.2 Entorno operativo del sector.....	24
5.3 Modelo extendido basado en las regulaciones	26
6 ANÁLISIS DEL MODELO	33
6.1 Escenarios de estudio.....	33
6.1.1 Escenario 1: Transferencia desde sector previo	33
6.1.2 Escenario 2: Transferencia a sector siguiente.....	35
6.2 Criterios del modelo	37
6.2.1 Consecuencia del modelo	37
6.2.2 Filtrado de las combinaciones.....	38
6.3 Resultados obtenidos	41
6.3.1 Escenario 1: Transferencia desde sector previo	43

6.3.2	Escenario 2: Transferencia al siguiente sector	49
6.4	Limitaciones del análisis	54
7	VERIFICACIÓN DEL MODELO CON CASOS REALES.....	57
7.1	Escenario 1: Transferencia desde sector previo	57
7.1.1	Descripción del suceso real	57
7.1.2	Analogía con el modelo FRAM	60
7.1.3	Conclusiones según modelo FRAM	61
7.2	Escenario 2: Transferencia al siguiente sector.....	62
7.2.1	Descripción del suceso real	62
7.2.2	Analogía con el modelo FRAM	64
7.2.3	Conclusiones del incidente según modelo FRAM	66
8	CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.....	69
	REFERENCIAS	71
	ANEXO 1: ESTUDIO NORMATIVO	73
	ANEXO 2: FUNCIONES DEL MODELO.....	84

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema de aparición de distintas metodologías de seguridad según los factores a los que hacen frente (técnicos, humanos, organizativos y sistémicos).	7
Figura 2. Metodología de trabajo para la construcción de modelo FRAM.	11
Figura 3. Representación de función en modelos FRAM.....	14
Figura 4. Esquema de los pasos para el análisis FRAM.....	16
Figura 5. Modelo FRAM de Hollnagel para la transferencia de control de aeronaves. .	24
Figura 6. Esquema de la transferencia de control a estudiar.	25
Figura 7. Modelo FRAM extendido para transferencia de areonaves.	27
Figura 8. Modelo FRAM con las funciones involucradas en la transferencia de la aeronave desde sector previo.	34
Figura 9. Dependencia de funciones involucradas en la transferencia de aeronave desde sector previo.	35
Figura 10. Modelo FRAM con las funciones involucradas en la transferencia de la aeronave al siguiente sector.	35
Figura 11. Dependencia de funciones involucradas en la transferencia de aeronave al siguiente sector.	36
Figura 12. Detalle de la ligadura entre las funciones Monitoring y Planning en modelo FRAM.	39
Figura 13. Situación inicial del suceso real.	58
Figura 14. Transferencia de la Aeronave 2 a ZML.	58
Figura 15. Sector ZML autoriza ascenso de Aeronave 2.	59
Figura 16. Aeronaves con distancias mínimas de 2.1NM y 200ft.	59
Figura 17. Asignación de estados de tiempo para Verificación del modelo FRAM en Escenario 1.....	60
Figura 18. Asignación de estados de precisión para Verificación del modelo FRAM en Escenario 1.....	61
Figura 19. Situación inicial del incidente.	62
Figura 20. Transferencia de Aeronave 1 a PP2 y primera autorización sin colación de Aeronave 1.....	63
Figura 21. Autorización descenso a FL210 a Aeronave 1.	63
Figura 22. Distancias mínimas de las aeronaves de 1.1NM y 800ft. Aeronaves siguiendo TCAS RA.	64
Figura 23. Asignación de estados de tiempo para Verificación del modelo FRAM en Escenario 2.....	65
Figura 24. Asignación de estados de precisión para Verificación del modelo FRAM en Escenario 2.....	66

Índice de Tablas

Tabla 1. Acoplamiento funciones según enfoque tradicional de variabilidad en tiempo y precisión (Eric Hollnagel, 2012)	15
Tabla 2. Normativa analizada para definición de las acciones relativas a la transferencia de control de aeronaves.	21
Tabla 3. Funciones del modelo base de Hollnagel para la transferencia de control de aeronaves.	23
Tabla 4. Funciones del Modelo FRAM extendido para la transferencia de aeronaves en ruta.	26
Tabla 5. Acoplamiento entre las funciones para la transferencia de aeronaves.	28
Tabla 6. Ponderación de la función FRAM en términos de tiempo y precisión.	37
Tabla 7. Combinaciones resultantes para Escenario 1 y Escenario 2.	38
Tabla 8. Criterios de filtrado de sucesos improbables para parámetro Time y Precision en Escenario 1.	39
Tabla 9. Criterios de filtrado de sucesos improbables para parámetro Time y Precision en Escenario 2.	40
Tabla 10. Sucesos posibles tras filtrado para Escenario 1 y Escenario 2.	42
Tabla 11. Consecuencias_SUM_Time obtenidas para Escenario 1.	43
Tabla 12. Estadísticos de la Curva_1 del Scenario_1_Time	44
Tabla 13. Estadísticos de la Curva_2 del Scenario_1_Time	45
Tabla 14. Consecuencias_SUM_Precision obtenidas para Escenario 1.	46
Tabla 15. Estadísticos de la curva del Scenario_1_Precision	47
Tabla 16. Consecuencias_SUM_Time obtenidas para Escenario 2.	49
Tabla 17. Estadísticos de la Curva_1 del Scenario_2_Time	50
Tabla 18. Estadísticos de la Curva_2 del Scenario_2_Time	51
Tabla 19. Consecuencias_SUM_Precision obtenidas para Escenario 2.	52
Tabla 20. Estadísticos del Scenario_2_Precision	53

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que me han apoyado durante toda mi carrera y en este cierre de mi vida universitaria. En especial, quiero agradecer a mi tutor, Schon, por su dedicación y orientación para la elaboración de este trabajo. Gracias él y su profundo conocimiento he podido acercarme a comprender mejor el campo de la seguridad aérea, que me ha abierto los ojos desde una nueva perspectiva.

Y por supuesto, quiero agradecer a toda la gente que he conocido en este máster, a los que parece que conozco desde siempre: Javi, Jesús, Iván, Lauri y Alberto. Muchas gracias por hacerme fácil las clases de viernes y los madrugones de los sábados, por nunca decir que no a unas cañas y por haber compartido conmigo no sólo vuestros apuntes y conocimientos sino vuestro cariño y amistad.

Por último, quiero agradecer a mis padres por su incondicional apoyo y sacrificio durante todos estos años para que pudiera seguir mis estudios y llegar a donde estoy hoy. Sin ellos esto no habría sido posible. Y cómo no, quiero agradecer a Jose, por apoyarme siempre, por animarme a seguir adelante cuando pensaba que iba a desistir y por echarme una mano cada vez que lo he necesitado.

¡Gracias a todos por ser parte de esta etapa de mi vida y por vuestro apoyo constante!



RESUMEN

En el presente documento se explica la construcción de un modelo FRAM para la aplicación al caso de transferencia de control de aeronaves en ruta desde un sector a otro. Para la identificación de las funciones que componen el modelo y el acoplamiento entre las mismas, se ha llevado cabo el estudio de la normativa asociada a través de las siguientes regulaciones: Reglamento de Circulación Aérea, Reglamento 923/2012 de la CE, Reglamento 373/2017 de la CE y Reglamento 1032/2006 de la CE.

Así mismo, se definen las características operativas en que se basará el modelo. Se considera la transferencia desde sector previo al actual, y desde éste al sector siguiente; que existen cartas de acuerdo y cobertura de vigilancia radar PSR y SSR en el área de responsabilidad del sector; no se consideran las situaciones de emergencia ni procedimientos operativos anormales ni fallos de los medios técnicos; no se considera RSVM; y se establece que el código SSR de la aeronave es invariante durante el vuelo.

En el documento se hace una explicación de la metodología FRAM y se explica la construcción del modelo partiendo de uno anterior definido por Hollnagel en 2008 (Ref. [9]). Tras esto, se analiza el modelo en dos escenarios distintos y considerando la variabilidad de salida de las funciones en términos de tiempo y precisión por separado.

Se define el parámetro “Consecuencia” del modelo como la suma de los “estados” de tiempo y precisión. Este parámetro es un equivalente para la medida de la severidad del modelo y se percibe como más positivo o “aceptable” cuanto menor es.

Los resultados del modelo se analizan y se estudia la distribución de los sucesos que dan lugar a un mismo valor de consecuencia. Se establecen patrones de funciones entre los sucesos y se observa que la distribución de los sucesos es Gaussiana, y que para la variabilidad de tiempo es una superposición de dos curvas normales.

Por último, el modelo se verifica mediante la comparación del modelo con dos incidentes de seguridad reales.



ACRÓNIMOS

- ACC: Air Control Center
- A/C: Aircraft
- ADS-B: ADS- Broadcast
- ADS-C: ADS-Contract
- ATC: Air Traffic Control
- ATS: Air Traffic Servies
- FPDS: Flight Data Processing System
- LoA: Letter of Agreement
- PSR: Primary Surveillance Radar
- RSVM: Reduced Vertical Separation Minimum
- TP: Transfer Point
- SSR: Secondary Surveillance Radar

DEFINICIONES

Área de control. Espacio aéreo controlado que se extiende hacia arriba desde un límite especificado sobre el terreno

Autoridad ATS competente. Autoridad apropiada designada por el Estado responsable de proporcionar los servicios de tránsito aéreo en el espacio aéreo de que se trate

Autorización del control de tránsito aéreo. Autorización para que una aeronave proceda en condiciones especificadas por una dependencia de control de tránsito aéreo.

Centro de control de área. Dependencia establecida para facilitar servicio de control de tránsito aéreo a los vuelos controlados en las áreas de control bajo su jurisdicción

Comunicaciones por enlace de datos. Forma de comunicación destinada al intercambio de mensajes mediante enlace de datos

Dependencia aceptante. Dependencia de control de tránsito aéreo que va a hacerse cargo del control de una aeronave.

Dependencia transferidora: la dependencia de control del tránsito aéreo en proceso de transferencia de la responsabilidad de prestar un servicio de control del tránsito aéreo a una aeronave a la dependencia ATC siguiente a lo largo de la ruta de vuelo

Dependencia de servicios de tránsito aéreo. Expresión genérica que se aplica, según el caso, a una dependencia de control de tránsito aéreo, a un centro de información de vuelo o a una oficina de notificación de los servicios de tránsito aéreo.

Punto de transferencia de control. Punto determinado de la trayectoria de vuelo de una aeronave en el que la responsabilidad de proporcionar servicio de control de tránsito aéreo a la aeronave se transfiere de una dependencia o posición de control a la siguiente.

Servicio de control de área. Servicio de control de tránsito aéreo para los vuelos controlados en las áreas de control.

Servicio de control de tránsito aéreo. Servicio suministrado con el fin de prevenir colisiones entre aeronaves y dentro del área de maniobras, entre éstas y obstáculos; y acelerar y mantener ordenadamente el movimiento del tránsito aéreo

Vigilancia dependiente automática — contrato (ADS-C). Medio que permite al sistema de tierra y a la aeronave establecer, mediante enlace de datos, las condiciones de un acuerdo ADS-C, en el cual se indican las condiciones en que han de iniciarse los informes ADS-C, así como los datos que deben figurar en los mismos.

Vigilancia dependiente automática — radiodifusión (ADS-B). Medio por el cual las aeronaves, los vehículos aeroportuarios y otros objetos pueden transmitir y/o recibir, en forma automática, datos como identificación, posición y datos adicionales, según corresponda, en modo de radiodifusión mediante enlace de datos

1 INTRODUCCIÓN

La navegación aérea y en concreto el sistema de Gestión del Tránsito aéreo (ATM) es un sistema sociotécnico muy complejo en el que existen múltiples componentes con relaciones que dependen de factores humanos, organizativos y tecnológicos. Para asegurar el funcionamiento adecuado del sistema es necesario que todos los actores implicados en el ATM actúen de forma correcta, ya que cualquier error de los sistemas, procedimientos operacionales o la actuación de controladores o pilotos, puede afectar al resto del conjunto y provocar incidentes de seguridad y en última instancia accidentes aéreos.

Tradicionalmente, el enfoque de seguridad adoptado en el ATM consistía en analizar los accidentes e incidentes ocurridos para investigar los errores y las fallas del sistema y proponer soluciones a los problemas mediante el establecimiento de barreras de mitigación. Esta metodología es conocida como Safety I. A partir del último tercio del siglo XX surge la llamada “Safety II”, un nuevo enfoque de seguridad centrado en las prácticas positivas y exitosas de los sistemas de aviación en vez de en simplemente los errores.

Safety II

La Safety II busca entender cómo funcionan las personas y los sistemas en condiciones normales y cómo se adaptan y recuperan de situaciones imprevistas o fallas. Este concepto de seguridad parte de la base de que no se pueden comprender todas las partes del sistema. Así, en lugar de orientar el estudio hacia la explicación del accidente (que es un hecho aislado), el concepto de Safety II se centra en el análisis del trabajo y las situaciones con las que se obtienen resultados provechosos diariamente.

En otras palabras, la seguridad no se entiende como la ausencia de eventos adversos sino por la presencia de éxitos diarios. Para poder identificar lo que funciona correctamente hay que realizar una descripción precisa y exhaustiva del sistema.

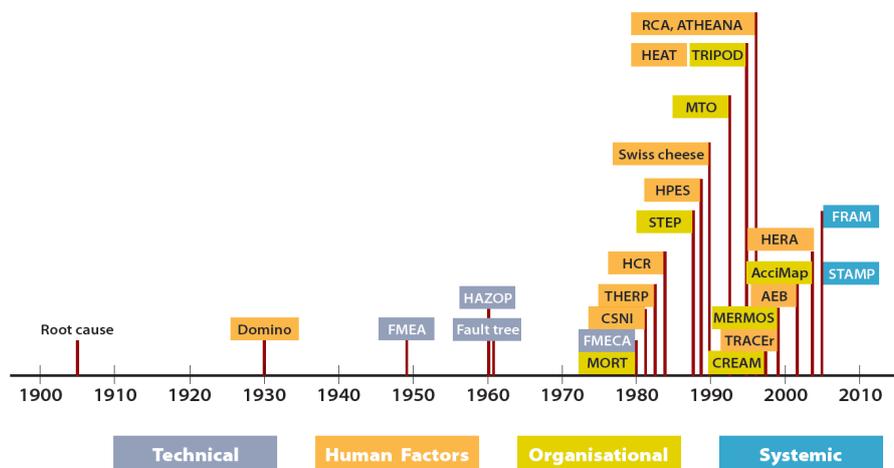


Figura 1. Esquema de aparición de distintas metodologías de seguridad según los factores a los que hacen frente (técnicos, humanos, organizativos y sistémicos).

Debido a la complejidad que presenta el sistema ATM, resulta muy útil el empleo de la metodología FRAM, desarrollada a partir de los años 2000 tal y como se aprecia en la Figura 1. El modelo FRAM se utiliza para entender cómo funcionan los sistemas complejos y cómo es la interacción entre los diferentes componentes, que afectará al desempeño y seguridad del sistema.

En estos modelos se estudia la resonancia funcional de acuerdo con los acoplamientos existentes entre las funciones del modelo para analizar la variabilidad del sistema en términos de tiempo y precisión.

Además, los modelos FRAM enfatizan la idea de que la obtención de resultados provechosos día a día se basa en que el comportamiento de los trabajadores y la organización es dinámico, es decir, que se ajusta a cada situación, por lo que resulta sencilla su aplicación a cualquier caso de estudio, como puede ser la transferencia de control de aeronaves entre sectores.

2 ALCANCE Y OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es la construcción de un modelo FRAM para su aplicación en el caso de transferencia control de aeronaves en ruta desde un sector a otro. Para ello será necesario:

- Estudio de la normativa que regula la transferencia de aeronaves entre sectores para identificar las acciones que deben realizarse y cualquier otro aspecto que pueda repercutir en el funcionamiento del sistema.
- Definición del escenario operativo de los sectores considerados para el modelo. Esta hipótesis operativa permitirá conocer los factores que deben tenerse en cuenta, como el tipo de vigilancia, si existe coordinación previa, cómo se llevan a cabo las comunicaciones, si se tienen en cuenta procedimientos de operación anormales, etc.
- Descripción de la metodología FRAM para el análisis de los sistemas y su posterior aplicación en la construcción del modelo del trabajo
- Estudio del modelo FRAM para la transferencia de aeronaves definido por Hollnagel en 2008 (Ref. [9]) y construcción del modelo extendido en base a las funciones identificadas del estudio de la normativa. Análisis del modelo para dos escenarios distintos y considerando variabilidad de las funciones en términos de tiempo y precisión por separado.
- Verificación del modelo con casos reales de incidentes de seguridad.

En análisis del modelo en términos de la variabilidad conjunta de la precisión y el tiempo quedan fuera del alcance del proyecto. Así mismo, dado que se desconocen las probabilidades de ocurrencia de los sucesos al no disponer de los datos reales de operación, no se estima el riesgo total de los distintos sucesos. Por tanto, el análisis del modelo se limita al estudio de las consecuencias de los sucesos, que son equivalentes a las severidades de estimación del riesgo.

En cuanto a los análisis matemáticos realizados, estos se han limitado a la realización de la prueba de Kolmogórov-Smirnov para conocer si una distribución puede ser normal.



3 METODOLOGÍA

En este trabajo se ha aplicado la metodología FRAM para el estudio del caso de transferencia de control de aeronaves entre sectores de ruta. Para llevarlo a cabo, ha sido necesario en primer lugar realizar un estudio de la normativa de referencia que permita extraer de la forma más realista y detallada las funciones que se realizan durante la transferencia de aeronaves.

Después, se ha aplicado la metodología FRAM para construir el modelo partiendo de un modelo base desarrollado por Hollnagel en 2008 (Ref. [9]). De esta forma, se incorporan nuevas funciones al estudio y se amplía el campo de análisis. Los criterios para la construcción de este modelo extendido se explican en el apartado 6 del presente documento, y se exponen las diferencias más importantes entre ambos modelos. Una de las diferencias principales es la consideración de tres sectores, que permite analizar las acciones tanto para asumir el control de una aeronave antes de que entre en el sector como las funciones que se realizan para transferir la aeronave al sector siguiente.

Con el modelo construido, se procede al análisis del mismo, teniendo también una serie de consideraciones que difieren de los criterios de análisis realizados por Hollnagel para el estudio modelo base del que se partía.

Por último, el modelo construido a lo largo del trabajo se verifica con dos incidentes reales para testar su funcionamiento.

En la siguiente Figura 2 se esquematiza la metodología de trabajo

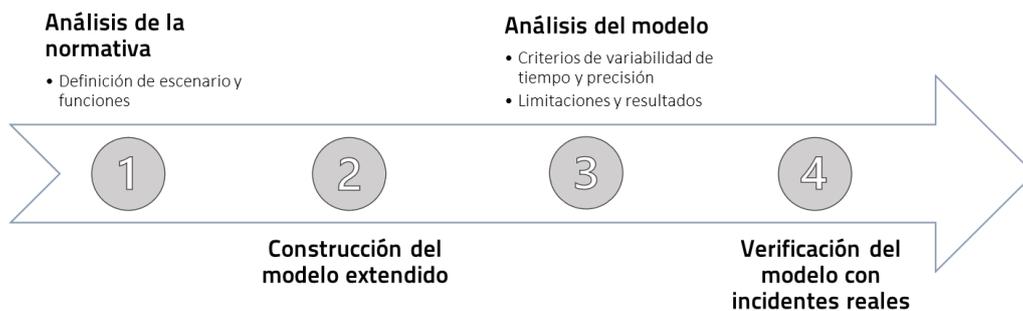


Figura 2. Metodología de trabajo para la construcción de modelo FRAM.

3.1 Metodología FRAM

El modelo FRAM (Functional Resonance Analysis Method) de Hollnagel es un marco teórico que permite analizar los sistemas complejos y cómo éstos responden a diferentes eventos y situaciones. Se basa en la idea de que los sistemas complejos están formados por múltiples

componentes interconectados que trabajan juntos para lograr un objetivo común. Estos componentes pueden ser tanto humanos como tecnológicos.

El modelo FRAM (Ref. [11]) es una aproximación sistemática de cómo una actividad se realiza de forma correcta, es decir, de forma habitual. Para realizar un modelo que describa una actividad, este método FRAM se vale de diferentes herramientas:

- **Funciones:** son los objetivos y tareas que deben realizarse para que el sistema funcione de forma correcta. La salida de cada función puede definirse según la variabilidad del tiempo y la precisión.
- **Aspectos:** son las características específicas mediante las cuales se explican las funciones. Los aspectos asociados a cada función son seis: Entrada, Salida, Recursos, Precondición, Control y Tiempo.
- **Actores:** son las personas que realizan las actividades y que están involucradas en el sistema.
- **Objetos:** son los elementos físicos que se utilizan en el sistema, como las aeronaves, equipos de manejo de carga, etc.
- **Condiciones:** son las circunstancias que rodean el sistema y que pueden afectar su funcionamiento, como el clima, la hora del día, el tráfico aéreo, etc.
- **Fallas:** son los errores o problemas que pueden ocurrir en el sistema y que pueden afectar su funcionamiento dando lugar a resultados no deseados.

3.2 Principios de los modelos FRAM

La Metodología de Análisis Funcional de la Resonancia (FRAM) (Ref. [15]) está basada en cuatro principios:

- **Equivalencia entre éxitos y fracasos.** Este principio se refiere a que los fallos no representan una alteración o mal funcionamiento de las funciones normales del sistema. Es decir, para unas mismas causas pueden obtenerse resultados correctos o no correctos.
- **Principio de los ajustes aproximados.** Las condiciones de trabajo nunca son exactamente las establecidas en el modelo por lo que a la hora de realizar el trabajo es necesario hacer ajustes en la ejecución de las tareas para aproximarse lo máximo posible a las condiciones reales (recursos, tiempo, información, etc.). Estos ajustes son realizados por individuos u organizaciones en todos los niveles.
En la mayoría de los casos los ajustes realizados son lo suficientemente aproximados y se obtienen los resultados deseados, sin embargo, en ocasiones pueden no serlo y contribuir a resultados no deseados
- **Principio de aparición.** Se basa en que no todos los resultados pueden ser explicados a través de una causa identificada. Por ello, tanto los fallos como el funcionamiento

normal no pueden atribuirse o explicarse simplemente haciendo referencia a las (mal)funciones de componentes o partes específicas.

- **Principio de resonancia funcional.** El FRAM sustituye la tradicional relación causa-efecto por la resonancia, que permite explicar relaciones no lineales. Esto explica cómo la variabilidad de una serie de funciones de vez en cuando puede resonar, es decir reforzarse mutuamente, dando lugar a una variabilidad excesiva en una o varias funciones posteriores. Las consecuencias pueden propagarse por el sistema mediante vínculos causa-efecto fácilmente identificables.

3.3 Análisis de los modelos FRAM

A continuación se explican los pasos que deben seguirse para realizar un análisis FRAM.

1. Definir el propósito del análisis

El propósito del análisis puede ser la investigación de accidentes o la evaluación de riesgos. Mientras que un análisis de accidentes se basa en datos directamente de los sucesos, suele ser difícil determinar lo que debería haber ocurrido en lugar de lo que ocurrió. En la evaluación de riesgos, los responsables de la toma de decisiones se ven obligados a tener en cuenta que los sistemas sociotécnicos suelen responder de forma diferente a los acontecimientos externos, y a continuación, analizar el comportamiento del sistema con respecto a toda la variabilidad de la función.

2. Identificación y descripción de las funciones del sistema

El FRAM permite analizar las funciones que permiten el éxito del sistema estudiado. Una función representa las actividades necesarias para un determinado resultado. Existen seis aspectos diferentes pueden caracterizar cada función:

- Entrada (I): lo que inicia la función o aquello que es procesado o transformado por la función.
- Salida (O): el resultado de la función, puede ser una entidad o un cambio de estado y sirve de entrada a las funciones
- Precondición (P): condiciones obligatorias que deben existir antes de realizar la función. Las precondiciones no tienen por qué limitarse a la ejecución de la función.
- Recurso (R): lo que la función necesita cuando se lleva a cabo o consume para producir la salida. Existen dos tipos de Recursos, aquellos que se consumen mientras la función se lleva a cabo, y los que no se consumen pero es necesario que existan mientras la función está activa.
- Control (C): lo que controla y supervisa la función, regulando su rendimiento para que se ajuste a la Salida deseada.
- Tiempo (T): requisitos o restricciones temporales de la función, tanto en lo que respecta a la duración como al tiempo de ejecución.

Las funciones se representan en el modelo a través de un hexágono, con el nombre en el interior, de forma que se puede distinguir fácilmente de qué función se trata y qué tipo de vínculo mantiene con el resto de funciones. La Figura 3 muestra esta representación:

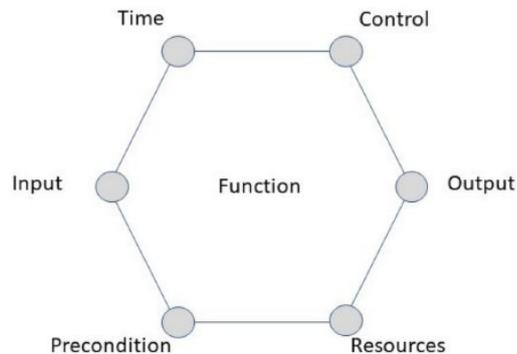


Figura 3. Representación de función en modelos FRAM.

Además, las funciones del método FRAM se clasifican en dos tipos: “de primer plano” y “de segundo plano” según el cometido que tengan en el modelo. Es decir, el modelo hace una distinción de las funciones según la importancia que tengan para el estudio que se esté llevando a cabo. La clasificación de las funciones variará dependiendo del foco del estudio. Por lo tanto, una función puede ser de primer plano y de segundo plano dependiendo del análisis que se esté realizando.

3. Identificación de la variabilidad potencial de cada función

En el tercer paso es necesario caracterizar cada función con la variabilidad potencial y real de su funcionamiento. Esta identificación proceso debe tener en cuenta tanto la variabilidad diaria como la anormal y, sobre todo, la variabilidad del funcionamiento.

El enfoque más tradicional estudia la variabilidad del sistema mediante la consideración de dos fenotipos: tiempo y precisión. La caracterización de la salida en términos de tiempo se traduce en que pueda ocurrir “demasiado pronto”, “a tiempo”, “demasiado tarde” o “nunca. Para la caracterización según la precisión se tiene que la salida puede ser “precisa”, “aceptable” o “imprecisa” (ver Tabla 1).

Tabla 1. Acoplamiento funciones según enfoque tradicional de variabilidad en tiempo y precisión (Eric Hollnagel, 2012)

Upstream Output variability		Possible effects on downstream function
Timing	Too early	False start; Precondition may be missed [V↑]
	On time	Possible damping [V↓]
	Too late	Possible loss of time [V↑]
	Omission	Increased improvisation, possible loss of time [V↑]
Precision	Imprecise	Possible loss of time (disambiguation); possible misunderstanding [V↑]
	Acceptable	No change [V↔]
	Precise	Possible damping [V↓]

Una salida “precisa” significa que se obtiene lo que se necesita para las funciones que ocurren aguas abajo, lo que ayuda a reducir la variabilidad de las siguientes funciones. Una salida “aceptable” podría ser utilizada por las funciones que se ejecutan después, pero estas funciones de aguas abajo requerirán de ajustes, lo que ocasiona que la variabilidad de las siguientes funciones se vea incrementada. Una salida “imprecisa” significa que no está completa, es incorrecta o ambigua, por lo que no pueden ser utilizadas por el resto de funciones como tal. Las funciones aguas abajo requerirán de una interpretación, verificación o comparación con otros datos o situaciones para poder usar este tipo de salidas, lo que hace que la variabilidad de las siguientes funciones aumente.

No obstante, en los últimos años los investigadores además proponen otras formas de caracterizar la variabilidad de la función tales como: velocidad, distancia, secuencia objeto, fuerza, duración, dirección, temporización (Ref. [11]).

4. Identificar dónde puede surgir la resonancia funcional.

Este paso estudia la manera en que la variabilidad de una función puede propagarse por el sistema. Se examina cómo la variabilidad potencial de cada función puede llegar a resonar resultados inesperados, tal y como establece el proceso de resonancia funcional.

Por lo tanto, es necesario identificar los acoplamientos funcionales ascendentes-descendentes. La variabilidad de una función resulta de la combinación de la variabilidad de la propia función y la variabilidad derivada de los resultados de las funciones anteriores, dependiendo del tipo de función y del tipo de aspectos vinculados.

5. Gestión de la variabilidad

Este último paso consiste en supervisar y gestionar la variabilidad del funcionamiento del modelo, identificada por la resonancia funcional en los pasos anteriores, es decir, la consecuencia de las combinaciones de sucesos. La variabilidad del funcionamiento puede dar lugar tanto a consecuencias positivas como negativas.

La estrategia de actuación consiste en amplificar los efectos positivos, es decir, facilitar que se produzcan sin perder el control de las actividades, y amortiguar los efectos negativos, eliminándolos e impidiendo que se produzcan. El proceso de amortiguación puede requerir cambios sustanciales, incluso permanentes, que afecten a las personas, la organización o evitar que las cosas vayan mal y contribuir a que vayan bien.

De una forma más tradicional, ayuda a crear barreras y defensas para evitar situaciones perjudiciales (Ref. [11]). Una vez identificadas las áreas críticas, FRAM propone definir indicadores de rendimiento indicadores para supervisar los procesos y desarrollos en curso.

La Figura 4 esquematiza los pasos a realizar en un análisis FRAM y que se han explicado en este apartado.

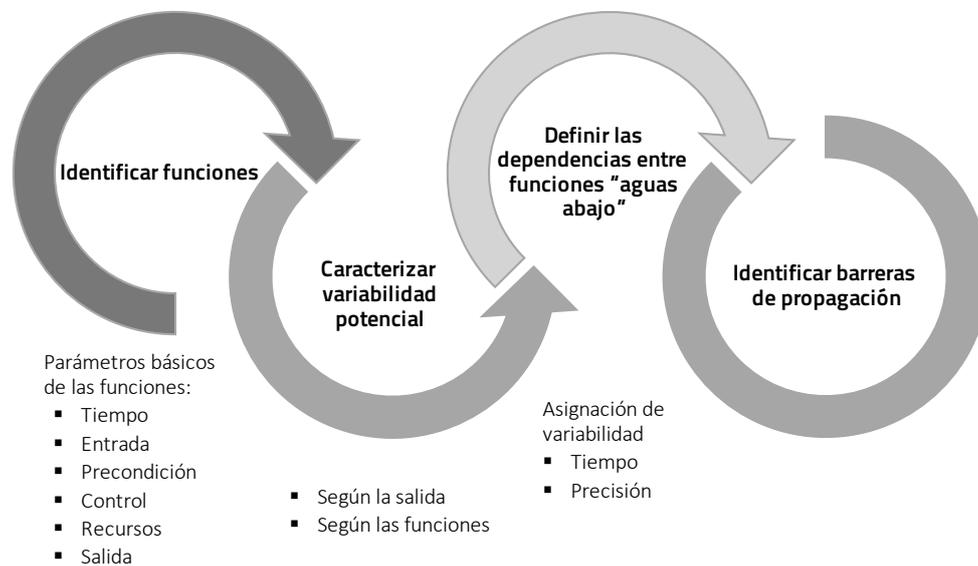


Figura 4. Esquema de los pasos para el análisis FRAM.

4 TRANSFERENCIA DE CONTROL

La transferencia de control de una aeronave entre dos sectores ATC es un proceso crítico en la gestión del tráfico aéreo, que implica la transferencia de control de un controlador de tráfico aéreo a otro a medida que la aeronave pasa de un espacio aéreo controlado a otro. Para garantizar una transferencia segura y efectiva, es necesario seguir procedimiento estándar y establecer comunicación clara y precisa entre los controladores de tráfico aéreo y con el piloto.

En el presente apartado se explican los conceptos relacionados con la transferencia de responsabilidad de control de la aeronave y se comenta el estudio de la normativa que se ha llevado a cabo en la elaboración de este trabajo.

4.1 El servicio ATC

Cuando una aeronave se encuentra en espacio aéreo controlado se le suministra el servicio de control ATC. El objetivo primordial del ATC es garantizar la separación entre las aeronaves para evitar incidentes y en última instancia, accidentes aéreos, pero también ordena los movimientos de tránsito aéreo, asesora e informa a las aeronaves y notifica en caso de que se necesite ayuda de búsqueda y salvamento.

El servicio ATC puede suministrarse desde distintas dependencias en función del tipo de control que se dé:

- Servicio de control de área desde el centro de control de área ACC.
- Servicio de control de aproximación desde el centro de control de aproximación APP o desde la misma torre.
- Servicio de control de aeródromo desde la torre de control TWR.

Estas dependencias disponen de la información sobre el movimiento de cada aeronave y de los datos sobre el progreso efectivo del vuelo. Con esta información, monitorizan de forma continua la evolución del vuelo, calculan sus posiciones relativas y planifican las instrucciones que emitirán para asegurar su separación.

Las autorizaciones de tránsito aéreo contienen la siguiente información:

- La identificación de la aeronave que figura en el plan de vuelo;
- El límite de la autorización;
- La ruta de vuelo;
- El nivel o niveles de vuelo para toda la ruta o parte de ella y cambios de nivel si corresponde. Si la autorización, por lo que respecta a los niveles, abarca únicamente parte de la ruta, es importante que la dependencia de control de tránsito aéreo especifique el punto hasta el cual afecta la parte de la autorización que atañe a los niveles.

- Instrucciones o información necesaria sobre otros aspectos, como las maniobras de aproximación o de salida, las comunicaciones y la hora en que expira la autorización. La hora de expiración de la autorización es aquella en que caduca automáticamente si no se ha iniciado el vuelo.

Para que las comunicaciones orales entre dependencia y aeronave sean adecuadas se asigna a cada sector una única frecuencia. Las autorizaciones del control de tránsito aéreo deben coordinarse con el resto de dependencias ATC, con el Servicio de Información Aeronáutica (AIS), el Servicio Meteorológico (MET), los Servicios de Comunicaciones y Vigilancia (CNS) y los Servicios de Tránsito Aéreo (ATS).

4.2 Responsabilidad de control

El Anexo 11 de OACI sobre los Servicios de Tránsito Aéreo (Ref. [16]) dice que “Todo vuelo controlado estará en todo momento bajo el control de una sola dependencia de control de tránsito aéreo”. Por tanto, la responsabilidad del control respecto a todas las aeronaves que operen dentro de un determinado bloque de espacio aéreo recae en una única dependencia ATC.

La responsabilidad del control de una aeronave se transferirá de una dependencia de control de tránsito aéreo a otra, de forma que la aeronave esté siempre controlada por una única dependencia. Esta transferencia debe estar en todo momento coordinada, debiendo tener el consentimiento de la dependencia aceptante. La aeronave se transferirá en el momento calculado de paso por el límite común de ambas áreas de control o en cualquier otro punto o momento que se haya convenido entre ambas dependencias.

La dependencia de control aceptante deberá indicar que se halla en situación de aceptar la aeronave en las condiciones expresadas por la dependencia transferidora, a no ser que, por previo acuerdo entre ambas dependencias, la ausencia de la indicación se entienda como aceptación. Igualmente, se debe especificar cualquier otra información referente a la parte siguiente del vuelo que la aeronave necesite durante la transferencia.

Durante la transferencia, se comunica toda la información del plan de vuelo actualizado, así como cualquier otra información pertinente. Por ejemplo, si se emplean datos radar o ADS-B, la información de control pertinente a dicha transferencia incluirá información referente a la posición y, si se requiere, la derrota y la velocidad de la aeronave observada por radar o ADS-B inmediatamente antes de la transferencia. Cuando los datos sean ADS-C, la información incluirá la posición en cuatro dimensiones.

La coordinación del equipo ATC resulta fundamental para el correcto desarrollo de la acción de control. Es necesario que exista coordinación tanto en el equipo de control de un sector (controlador planificador y táctico) como entre sectores adyacentes (que pueden pertenecer o no a la misma dependencia ATC).

Para facilitar la transferencia de control se establecen procedimientos de coordinación entre sectores. Si estos sectores pertenecen a distintas dependencias, se materializan en las cartas de acuerdo (LoA), mientras que, si ambos sectores están bajo la misma dependencia, los procedimientos de coordinación aparecen en el Manual de Operaciones de la dependencia. En ellos se definen también los puntos de transferencia del control.

4.2.1 Cartas de Acuerdo y Manual de Operaciones

Las cartas de Acuerdo (LoA) son el instrumento básico para la transferencia de responsabilidad de control de aeronaves. En ellas se definen los procedimientos de coordinación a aplicar entre dependencias cuando provean Servicios de Tránsito Aéreo. Se trata de procedimientos suplementarios a los especificados por OACI, los Reglamentos comunitarios, el Reglamento de la Circulación Aérea, el Reglamento de Ejecución (UE) Nº 923/2012, el RD 552/2014 y el AIP-España. Por ello, no son de carácter público.

En cuando a su contenido, tal y como se deriva de la guía de EUROCONTROL para las cartas de acuerdo (Ref. [6]), su estructura general se dispone en los siguientes puntos:

- Generalidades. Apartado introductorio donde se especifican los términos de las negociaciones y el objetivo de la LoA.
- Áreas de Responsabilidad del Suministro de ATS. Volúmenes de espacio aéreo en los que van aplicarse los procedimientos que se definan.
- Procedimientos que van a establecerse para la transferencia de aeronaves.
- Revisiones y desviaciones sobre los procedimientos acordados.
- Cancelación. Se enumeran las posibles causas que pudieran hacer que la LoA se cancelara o apartados de LoAs anteriores que se cancelan o modifican.
- Interpretación y Solución de Discrepancias.
- Validez. Se establecen periodos ordinarios para la próxima revisión de la LoA.

Por su parte, los Manuales de operaciones se establecen los procedimientos de operación para la prestación de servicios ATC en una dependencia. Por tanto, no solo incluyen los procedimientos de transferencia de aeronaves entre los sectores de esa dependencia, sino que son el documento operativo básico. El contenido de los Manuales de Operación depende de la propia dependencia y tiene en cuenta si se suministra servicio de control de área, aproximación o de aeródromo.

Por tanto, los Manuales tienen un objetivo interno para la provisión de los servicios ATS y no se limitan a definir procedimientos de transferencia como hacen las LoAs.

4.2.2 Coordinación entre dependencias

El traspaso de datos sobre cada vuelo, como parte del proceso de coordinación representa una tarea de apoyo fundamental en las dependencias ATS, en particular en los centros de control de área (ACC). Las dependencias ATC necesitan comunicarse para poder estar

coordinadas en todo momento. Para poder llevar a cabo dicha comunicación emplean el servicio Fijo Aeronáutico, pues son comunicaciones Tierra/Tierra.

Las comunicaciones pueden ser vía oral, para lo cual emplean líneas telefónicas directas entre dependencias (comúnmente llamadas líneas calientes) o radiofónicas entre las dependencias y otros centros.

La segunda forma de llevar a cabo las comunicaciones es mediante mensajes de datos, donde destacan los mensajes OLDI (Intercambio de Datos en Línea), en los cuales todo el proceso de la coordinación está automatizado y requiere poca intervención por parte del controlador.

Normalmente, la transferencia entre centros adyacentes para el control de los vuelos se inicia con la transmisión de datos de los planes de vuelo a través de mensajes ATFN y se complementa finalmente a través de las comunicaciones orales bilaterales entre los controladores de turno. Este proceso manual no automatizado es el origen de diversos percances operacionales.

4.3 Marco normativo

Para conocer de forma las acciones que se llevan a cabo durante la transferencia de control de aeronaves entre sectores, se lleva a cabo un estudio de la normativa que regula esta operación tan crítica. Existen regulaciones y estándares internacionales que establecen los requisitos mínimos para la gestión de la transferencia de aeronaves, con el objetivo de asegurar que hacerlo de manera segura y eficiente para garantizar la seguridad y la eficiencia del transporte aéreo.

La correcta definición de las funciones que se realizan en la transferencia de control permitirá construir un modelo lo más acertado posible, y el análisis posterior será veraz.

En la elaboración de este trabajo se ha realizado el estudio de la normativa internacional y europea que determinan las acciones que deben darse durante la transferencia de aeronaves. Los documentos estudiados han sido los siguientes:

- Reglamento de Circulación Aérea, por el que se desarrolla el Reglamento del aire y las disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea.
- Reglamento 923/2012 de la Comisión, de 26 de septiembre de 2012, por el que se establecen el reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea. Comúnmente conocido como el Reglamento SERA.
- Reglamento 373/2017 de la Comisión, de 1 de marzo de 2017, por el que se establecen requisitos comunes para los proveedores de servicios de gestión del tránsito aéreo/navegación aérea y otras funciones de la red de gestión del tránsito aéreo y su supervisión

- Reglamento 1032/2006 de la Comisión, de 6 de julio de 2006 por el que se establecen requisitos para los sistemas automáticos de intercambio de datos de vuelo a efectos de notificación, coordinación y transferencia de vuelos entre dependencias de control del tránsito aéreo.

A continuación, se presentan en la Tabla 2 los apartados de los documentos anteriores relacionados con la transferencia de control de aeronaves:

Tabla 2. Normativa analizada para definición de las acciones relativas a la transferencia de control de aeronaves.

Reglamento	Artículos
Reglamento 923/2012	Reg. 923/2012 SERA.8005 Operation of air traffic control service
	Reg. 923/2012 SERA.8010 Separation minima
	Reg. 923/2012 SERA.8015 Air traffic control clearances
	Reg. 923/2012 Appendix 1 to AMC1 SERA.14001 General
	Reg. 923/2012 SERA.14060 Transfer of VHF communications
Reglamento Circulación Aérea	RCA_LibroIII 3.3.6. Transferencia de la responsabilidad del control.
	RCA_LibroIII 3.3.6.2. Coordinación de la transferencia.
	RCA_LibroIII 3.6.2.2.3. Descripción de las instalaciones de comunicaciones .
	RCA_LibroIII 3.6.2.3. Comunicaciones entre regiones de información de vuelo.
	RCA_LibroIV 4.6.6.2.1. Establecimiento de identificación.
	RCA_LibroIV 4.6.6.3. Transferencia de identificación
	RCA_LibroIV 4.6.7.5. Transferencia de control.
Reglamento 373/2017	ATS.OR.150 Transfer of responsibility for control and transfer of communications
	GM2 transfer of communication
	ATS.OR.435 Aeronautical fixed service (ground-ground communications) – communication within a flight information region
	ATS.OR.440 Aeronautical fixed service (ground-ground communications) – communication between flight information regions
	ATS.TR.155 ATSSurveillance services
	AMC1 ATS.TR.155(c)(1) ATSSurveillance services
	AMC3 ATS.TR.155(c)(1) ATSSurveillance services
	GM1 to AMC3 ATS.TR.155(c)(1) ATSSurveillance services
	AMC1 ATS.TR.155(c)(2) ATSSurveillance services
	AMC1 ATS.TR.155(c)(3) ATSSurveillance services
AMC1 ATS.TR.155(c)(6) ATSSurveillance services	
GM1 to AMC1 ATS.TR.155(c)(6) ATSSurveillance services	
GM1 ATS.TR.210(d) Operation of air traffic control service	

Reglamento	Artículos
	ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control
	GM1 ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control
	AMC1 ATS.TR.230(a) Transfer of responsibility for control
	AMC1 ATS.TR.230(b)(2) Transfer of responsibility for control
	ATS.TR.235 ATC clearances
Reglamento 1032/2006	System requirements
	2.2.6 Initial coordination
	2.2.7 Initial coordination
	Revision of coordination
	The abrogation of Coordination

Además, en los Anexos 1 y 2 de este trabajo se presenta un resumen de los apartados más relevantes para la transferencia de control de los documentos nombrados. Así mismo, se reflejan en ellos diferentes casuísticas procedimientos que se darán en función de las condiciones operativas existentes en un sector, tales como el tipo de vigilancia, la existencia o no de cartas de acuerdo, la aplicación de separación vertical RSVM, etc.

5 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO FRAM

En este apartado se realiza la construcción de un modelo FRAM aplicado al caso de la transferencia de aeronaves entre sectores en ruta. Para ello, se partirá del modelo de Hollnagel creado en el 2008 (Ref. [9]) para la transferencia de aeronaves y se completará con las funciones y componentes identificados del análisis de la normativa referida al caso de estudio y explicada en el apartado anterior.

Dada la complejidad del entorno ATM, se hace necesario establecer un escenario de operación concreto, donde estén definidos los medios técnicos del sistema así como otros factores que determinarán las acciones y el modo de operar del controlador, tales como la existencia de acuerdos entre dependencias. Por ejemplo, la existencia o no de Cartas de Acuerdo establece si la dependencia aceptante debe comunicarse con la transferidora después de establecer contacto con la aeronave o no.

5.1 Modelo base de Hollnagel

Erik Hollnagel es un investigador del campo de la seguridad y la gestión de riesgos conocido por su trabajo en la aplicación de la teoría de la Resonancia Funcional (FRAM) a la seguridad de la aviación. La transferencia de control de aeronaves entre diferentes sectores de control de tráfico aéreo es una operación crítica que requiere la coordinación y la comunicación efectiva entre los controladores de tráfico aéreo y los pilotos. El modelo FRAM de Hollnagel aplicado a la transferencia de control de aeronaves ayuda a comprender de forma sencilla cómo interactúan los diferentes componentes del sistema durante esta operación y cómo pueden afectar la seguridad de la operación.

El modelo FRAM considera que cualquier sistema complejo consta de múltiples elementos interconectados que interactúan entre sí para lograr un objetivo común. En el contexto de la transferencia de control de aeronaves, estos elementos pueden incluir la comunicación entre controladores de tráfico aéreo, la coordinación entre diferentes sectores de control, el estado y la ubicación de la aeronave, la meteorología, etc.

El modelo base para la transferencia de control de aeronaves en ruta desarrollado por Eric Hollnagel y presentado en el año 2008 (Ref. [9]) se compone de las siguientes funciones:

Tabla 3. Funciones del modelo base de Hollnagel para la transferencia de control de aeronaves.

Funciones modelo base Hollnagel	
Provide MET Data	Coordination
Monitoring	Pilot-ATCO communication
Provide flight & radar data	Strip marking
Update FDPS	Sector to sector comm.
Issue clearance to pilot	Planning

En la Figura 5 se observa el modelo FRAM y la relación existente entre las funciones.

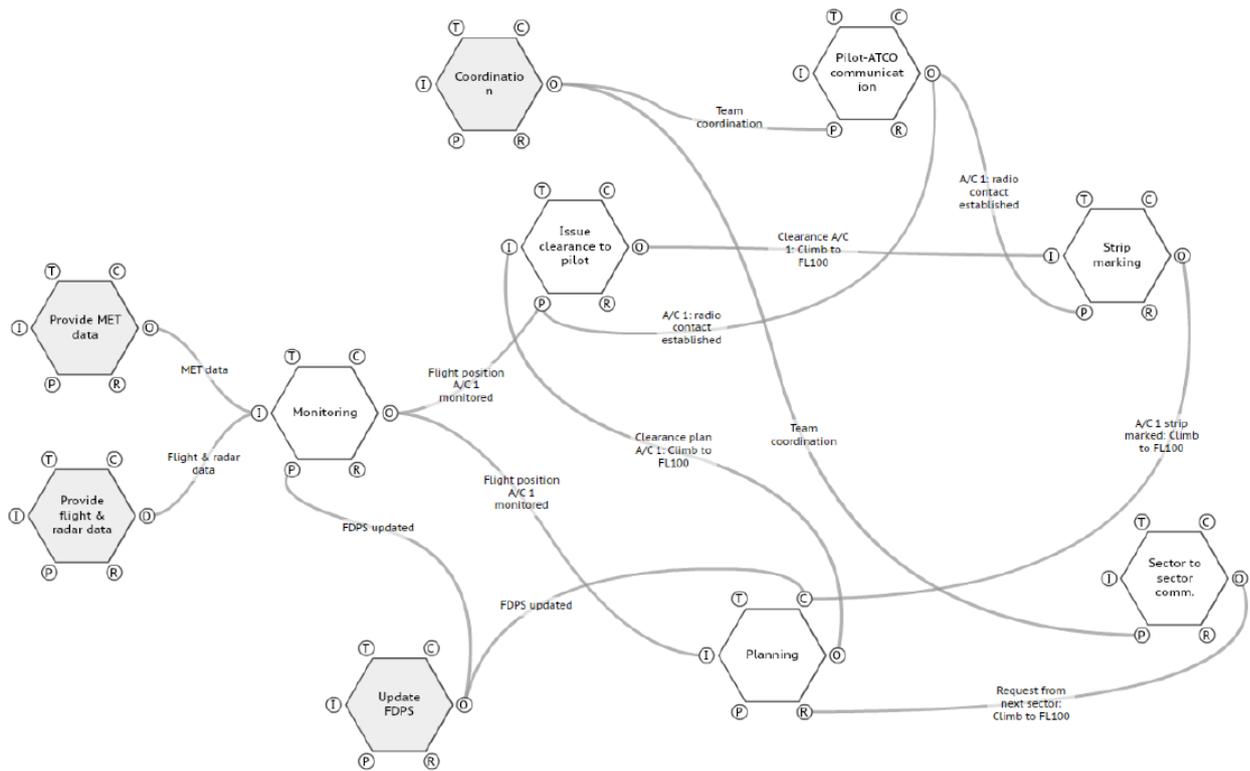


Figura 5. Modelo FRAM de Hollnagel para la transferencia de control de aeronaves.

Como se observa en la Figura 5, las salidas de las funciones actúan con un aspecto u otro según la función que tengan “aguas abajo”. Por ejemplo, la salida de “Update FPDS” actúa como control de “Planning” y como precondition de “Monitoting”.

5.2 Entorno operativo del sector

Para la construcción del modelo FRAM del trabajo y la definición de las funciones, se han considerado una serie de hipótesis en cuanto al entorno operativo del sector y a los medios técnicos del mismo. Además, para la construcción del modelo se tiene en cuenta tanto la transferencia desde el sector previo (por donde “entra” la aeronave), como su vuelo a lo largo del sector actual, como la transferencia al sector siguiente. Además, se considera que se emite una autorización a la aeronave durante su paso por el sector. La Figura 6 esquematiza esto último:

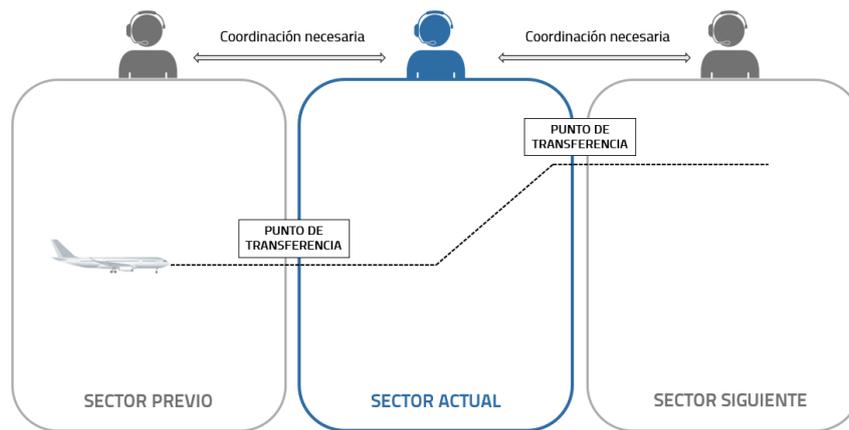


Figura 6. Esquema de la transferencia de control a estudiar.

A continuación se listan las condiciones operativas supuestas para el sistema:

- Tanto el sector actual, como el previo y el siguiente son sectores de control de área y proporcionan servicios ATS a la aeronave durante su fase de ruta. La altitud de la aeronave se establece en niveles de vuelo FL.
- Existen cartas de acuerdo con los sectores adyacentes o Manuales operativos si los sectores pertenecen a la misma dependencia. En esta coordinación previa se indica que el ATC aceptante no debe comunicar a la transferidora que ha establecido comunicación con la aeronave haya ni indicar que asume su control “transferencia silenciosa”.
- Existe cobertura de vigilancia radar PSR y SSR en el área de responsabilidad del sector.
- El punto de transferencia TP de la aeronave se establece en el límite de los sectores. La transferencia de las comunicaciones con la aeronave se realiza junto con la transferencia de la responsabilidad de control en el TP.
- Los sectores visualizan y comparten la información relativa al vuelo mediante un sistema automático que o bien la muestra en pantalla o bien transmite las fichas de progresión de vuelo actualizadas (FPDS).
- Todas las comunicaciones se realizan empleando fraseología adecuada en cada caso.
- Las comunicaciones entre sectores se realizan por vía oral a través de las líneas “calientes” de las dependencias.
- Las comunicaciones con el piloto son orales y requieren colación cuando se emiten autorizaciones que involucran la seguridad tales como cambios de nivel o la propia transferencia a otro sector. Se asigna a cada sector una única frecuencia.
- La identificación por código SSR de la aeronave es invariante a lo largo del vuelo.
- No se consideran situaciones de emergencia ni procedimientos anormales de operación ni en la aeronave ni en la dependencia ATC.
- No se consideran fallos de los medios técnicos (vigilancia y comunicaciones) ni de los sistemas del sector.

- Las distancias de separación mínimas entre aeronaves establecidas en cada sector son las mismas (5NM o 1000 ft) y no se contempla la separación vertical reducida (RSVM).
- No se contempla la operación de aeronaves en vuelo supersónico ni transónico. Los ajustes de velocidades se hacen de acuerdo con la IAS y no al número de Mach.

5.3 Modelo extendido basado en las regulaciones

Del análisis de la normativa y teniendo en cuenta las características operativas definidas para el caso de estudio, pueden establecerse nuevas funciones del modelo FRAM para llevar a cabo la transferencia de aeronaves. Las funciones deben constar de un nombre corto y claro que describa la actividad, como ya se ha mencionado, y generalmente se hará con un verbo o una frase corta.

Se han establecido las siguientes funciones para la transferencia de la aeronave:

Tabla 4. Funciones del Modelo FRAM extendido para la transferencia de aeronaves en ruta.

FRAM FUNCTION	DESCRIPTION
LOA establishment	Define the conditions under which the transfer of aircraft control is made (transfer point TP, flight level, minimum distances...) between two control sectors
Operative Manual of ACC	Define the internal operating procedures of the sector (including radio frequencies, surveillance system, etc.)
Strip marking from previous sector	Receive marked strips from previous sector
Provide MET Data	Provide meteorological Data to ATCO
Provide Flight Data	Provide aircraft Flight Plan and aircraft identification to ATCO
Provide SUR Data	Provide radar data to ATCO
Update FPDS	Flight Data System shows the lately information of the aircraft
Coordination	Coordinate with adjacent sectors and pilot for flight level, vectoring, route, etc.
PILOT- ATCO communication	Pilot-ATCO communication including communication establishment
SECTOR to SECTOR communication	Communication between controllers including the establishment of communication
Transfer A/C from previous sector	Transfer aircraft control from the previous sector when passing the Transfer Point (TP)
Accept control of A/C	Accept responsibility of control of the aircraft
Monitoring	Monitor sector space responsibility to anticipate traffic development
Planning	Develop a control plan to anticipate conflicts and manage traffic flow
Issue clearance to pilot	Issuing flight level change to pilots
Strip marking	Mark the issued clearances to aircraft by ATC sharing information system or by specific strips.

Conviene destacar también, que la función “Transfer A/C from previous sector” tiene un aspecto de tiempo en la función “Accept A/C”. Esto es debido a que existe una restricción temporal entre ambas, es decir, es necesario que la transferencia se haga previamente para que el sector pueda aceptar el control de la aeronave.

A continuación, se recoge mediante la Tabla 5 los ligamentos existentes entre las funciones y el tipo de acoplamiento que existe entre ellas.

Tabla 5. Acoplamiento entre las funciones para la transferencia de aeronaves.

Name of function	LOA establishment	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function
Input		
Output	LOA agreements	Coordination
		Transfer A/C from previous sector
Precondition		
Resource		
Control		
Time		

Name of function	Operative manual of ACC	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function
Input		
Output	ACC contact information	Coordination
	ACC transfer procedure	Transfer A/C from previous sector
Precondition		
Resource		
Control		
Time		

Name of function	Provide SUR Data	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function
Input		
Output	Radar data	Transfer A/C from previous sector
		Monitoring
Precondition		
Resource		
Control		
Time		

Name of function	Provide MET Data	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function
Input		
Output	MET Data	Monitoring
Precondition		
Resource		
Control		
Time		

Name of function		<i>Provide flight data</i>	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function	
Input			
Output	<i>Flight Data</i>	<i>Monitoring</i>	
Precondition			
Resource			
Control			
Time			

Name of function		<i>Update FPDS</i>	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function	
Input			
Output	<i>FPDS updated</i>	<i>Monitoring</i> <i>Planning</i>	
Precondition			
Resource			
Control			
Time			

Name of function		<i>Strip marking from previous sector</i>	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function	
Input			
Output	<i>A/C 1 strips marked from previous sector</i>	<i>Transfer A/C from previous sector</i>	
Precondition			
Resource			
Control			
Time			

Name of function		<i>Coordination</i>	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function	
Input	<i>LOA agreements</i>		
	<i>ACC contact information</i>		
Output	<i>ATCO coordination</i>	<i>Pilot-ATCO communication</i> <i>Sector to sector communication</i>	
Precondition			
Resource			
Control			
Time			

Name of function		<i>Sector to sector communication</i>	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function	
Input			
Output	<i>Request from next sector: Change FL</i>	<i>Planning</i>	
Precondition	<i>ATCO coordination</i>		
Resource			
Control			
Time			

Name of function		<i>Pilot-ATCO communication</i>	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function	
Input			
Output	<i>First radio contact with aircraft</i>	<i>Transfer A/C from previous sector</i>	
	<i>Confirmation before acceptance</i>	<i>Accept control of A/C</i>	
	<i>A/C 1 radio contact established</i>	<i>Issue clearance to pilot</i> <i>Strip marking</i>	
Precondition	<i>ATCO coordination</i>		
Resource			
Control			
Time			

Name of function		<i>Transfer A/C from previous sector</i>	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function	
Input	<i>LOA agreements</i>		
	<i>ACC transfer procedure</i>		
Output	<i>A/C crossing TP</i>	<i>Accept control of A/C</i>	
Precondition	<i>Radar data</i>		
Resource	<i>A/C 1 strip marked from previous sector</i>		
Control	<i>First radio contact with aircraft</i>		
Time			

Name of function		<i>Accept control of A/C</i>	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function	
Input			
Output	<i>Aircraft under ACC control</i>	<i>Monitoring</i>	
Precondition			
Resource			
Control	<i>Confirmation before acceptance</i>		
Time	<i>A/C crossing TP</i>		

Name of function		<i>Monitoring</i>	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function	
Input	<i>Radar data</i>		
	<i>Flight Data</i>		
	<i>MET data</i>		
Output	<i>Flight position A/C 1 monitored</i>	<i>Issue clearance to pilot</i> <i>Planning</i>	
Precondition	<i>FPDS updated</i>		
	<i>Aircraft under ACC control</i>		
Resource			
Control			
Time			

Name of function		<i>Planning</i>	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function	
Input	<i>Flight position A/C 1 monitored</i>		
Output	<i>Clearance plan A/C 1: Change FL</i>	<i>Issue clearance to pilot</i>	
Precondition			
Resource	<i>Request from next sector: change FL</i>		
Control	<i>FPDS updated</i>		
	<i>A/C 1 strip marked: change FL</i>		
Time			

Name of function		<i>Issue clearance to pilot</i>	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function	
Input	<i>Clearance plan A/C 1: change FL</i>		
Output	<i>Clearance A/C 1: change FL</i>	<i>Strip marking</i>	
Precondition	<i>Flight position A/C 1 monitored</i>		
	<i>A/C 1: radio contact established</i>		
Resource			
Control			
Time			

Name of function		<i>Strip marking</i>	
Aspect (coupling/stream)	Description of aspect	Downstream Function	
Input	<i>Clearance A/C 1: change FL</i>		
Output	<i>A/C 1 strip marked: change FL</i>	<i>Planning</i>	
Precondition	<i>A/C 1: radio contact established</i>		
Resource			
Control			
Time			



6 ANÁLISIS DEL MODELO

En el presente apartado se lleva a cabo el análisis del modelo FRAM mediante la evaluación de la variabilidad en términos de precisión y de tiempo. Para la realización del análisis es necesario contemplar las variables de fallo del sistema y el acoplamiento de las funciones, para lo cual se establecen dos escenarios de estudio.

Los resultados obtenidos para cada escenario se extraen para establecer patrones de repetición y características de las funciones que hacen que el sistema se comporte de forma aceptable o de forma no aceptable en tiempo y de manera precisa o no precisa durante la transferencia de control.

Dado que el análisis de este trabajo consiste en la evaluación de riesgos, hay que tener en cuenta que los sistemas sociotécnicos suelen responder de forma diferente a los acontecimientos externos para poder analizar el comportamiento del sistema respecto a la variabilidad, tal y como establece la metodología FRAM.

6.1 Escenarios de estudio

El análisis del modelo FRAM para la transferencia de aeronaves en ruta se va a realizar mediante el estudio del modelo en dos escenarios distintos:

- Escenario 1: Transferencia de control de la aeronave desde el sector previo al sector actual
- Escenario 2: Transferencia de la aeronave desde el sector actual al sector siguiente

Para establecer las funciones implicadas (funciones de primer plano) de cada escenario, se considera una acción principal o de fallo, y observan las funciones de las que depende. Para ello se tiene en cuenta el tipo de vínculo o ligadura que existe entre las funciones de las que depende la acción principal.

Es importante recalcar que solamente se estudiarán aquellas funciones en las que esté implícito el fallo humano, ya que en esta creación del modelo FRAM no se han considerado los fallos técnicos o situaciones de emergencia puedan ocurrir, tal y como se ha definido en el apartado 5.2. Entorno operativo del sector

6.1.1 Escenario 1: Transferencia desde sector previo

Se muestra a continuación las funciones de primer plano que se identifican a la hora llevar a cabo la transferencia de la aeronave desde un sector previo al actual. Existen seis funciones involucradas en este escenario.

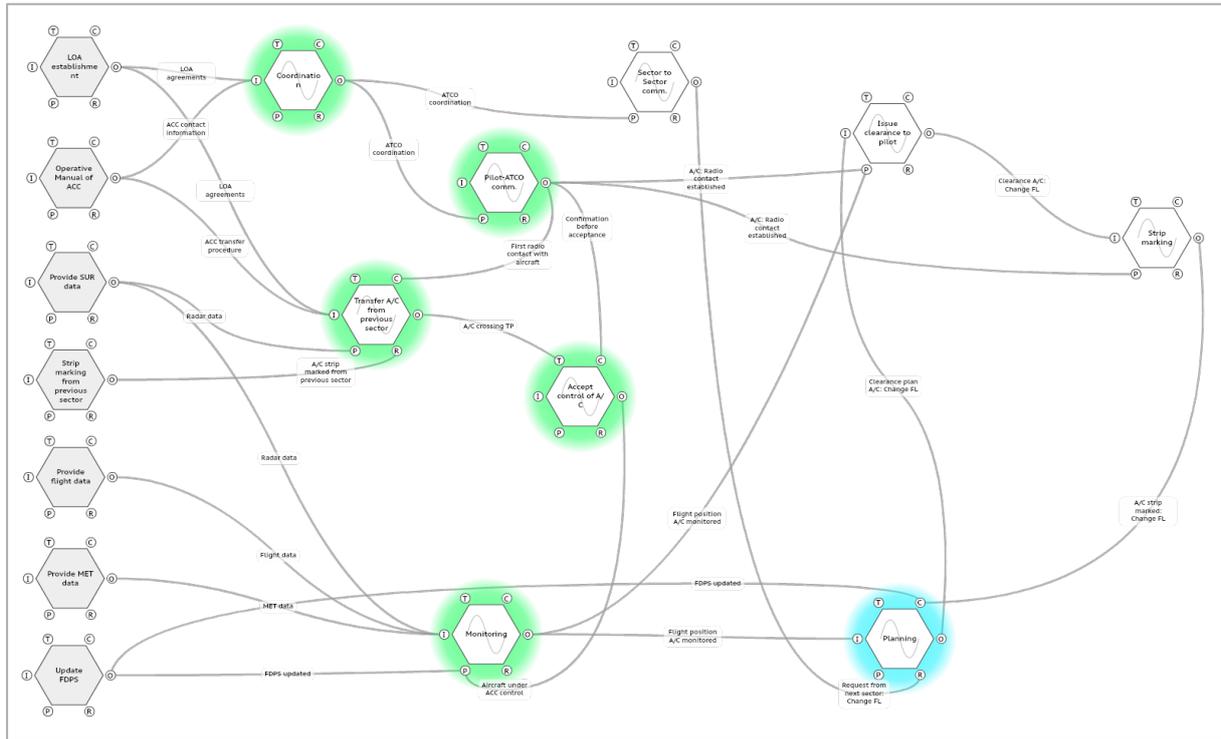


Figura 8. Modelo FRAM con las funciones involucradas en la transferencia de la aeronave desde sector previo.

Como se observa en la Figura 8, la acción principal de este escenario es la de Planificar, que depende de las siguientes acciones: monitorizar, aceptar la aeronave, transferencia de aeronave desde sector previo, Comunicación Pilot-ATCO y Coordinación.

Conviene destacar que la función “Sector to Sector Communication” no se considera en el Escenario 1 al suponer que la comunicación entre sectores debe establecerla el sector previo, ya que este modelo se centra en las funciones que realiza el sector “actual”. Además, la coordinación implica coordinación tanto con pilotos como con sectores adyacentes (que pueden no requerir comunicación oral si así figura en la LoA).

En la Figura 9 se muestra un esquema del Escenario 1 con las relaciones entre las funciones simplificadas. Esta figura permite establecer de forma rápida y visual la dependencia de unas funciones con otras.

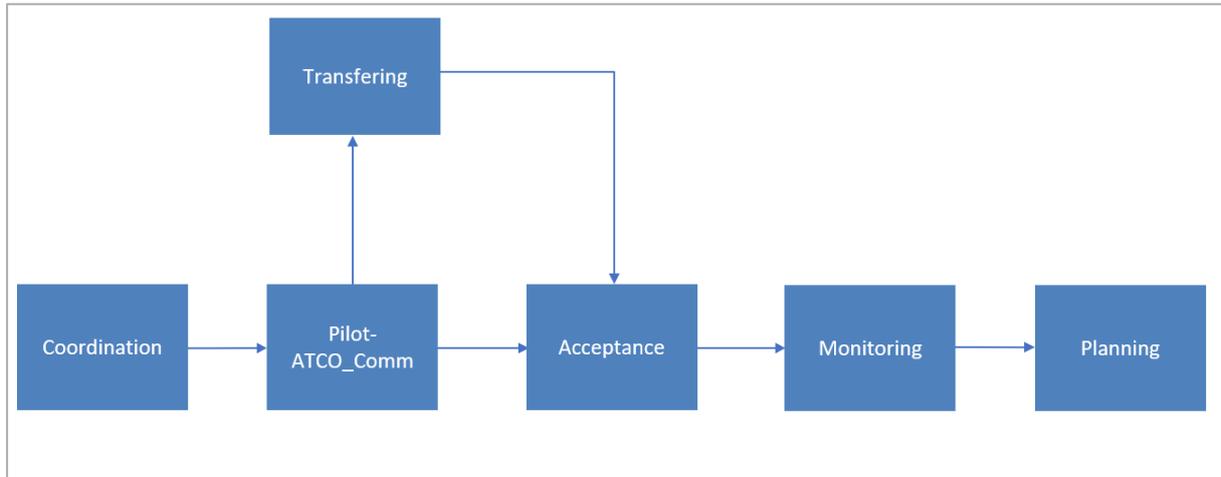


Figura 9. Dependencia de funciones involucradas en la transferencia de aeronave desde sector previo.

Como se observa en la Figura 9, casi todas las funciones del Escenario 1 tienen una dependencia lineal ya que dependen de una única función. Por lo tanto existe un “origen” (Coordination) y un “final” (Planning). Lo más significativo de este esquema es la existencia de una bifurcación en la salida de Pilot-ATCO_Comm, que alimenta tanto a Transferring como a Acceptance. A su vez, Acceptance depende de estas dos funciones.

6.1.2 Escenario 2: Transferencia a sector siguiente

Se muestran a continuación las acciones que se identifican a la hora transferir la aeronave desde el sector actual al sector siguiente. Existen siete funciones involucradas en este Escenario 2.

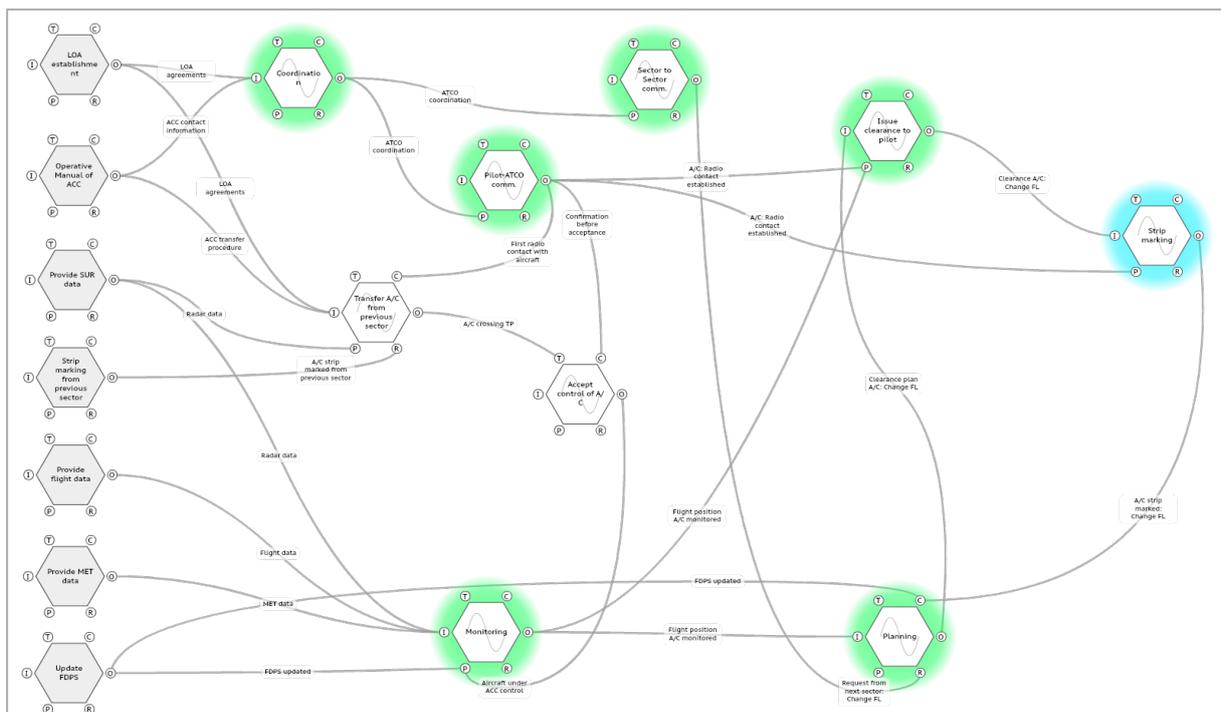


Figura 10. Modelo FRAM con las funciones involucradas en la transferencia de la aeronave al siguiente sector.

Como se puede observar en la Figura 10, la acción principal de este escenario es la de “Strip_Marking”, que consiste en emitir los datos relativos a la progresión de vuelo. Como ya se ha comentado antes, algunos sistemas como el SACTA introducen ya una funcionalidad que transfiere esa información de un sector a otro sin necesidad de marcar las fichas de progresión del vuelo físicamente.

La función “Strip_Marking” función depende directamente de las siguientes: dar una autorización al piloto (“Issue clearance to pilot”), planificar el tráfico de sector (“Planning”), monitorizar (“Monitoring”), la comunicación entre sectores (“Sector to sector Communication”, entendida como el establecimiento de la comunicación de la forma en la que se especifique en la LoA o se haya pactado previamente), la comunicación con el piloto (“Pilot-ATCO Communication”) y la coordinación (“Coordination” tanto con los sectores adyacentes como con el piloto).

En la Figura 11 se esquematiza la relación de las funciones nombradas anteriormente.

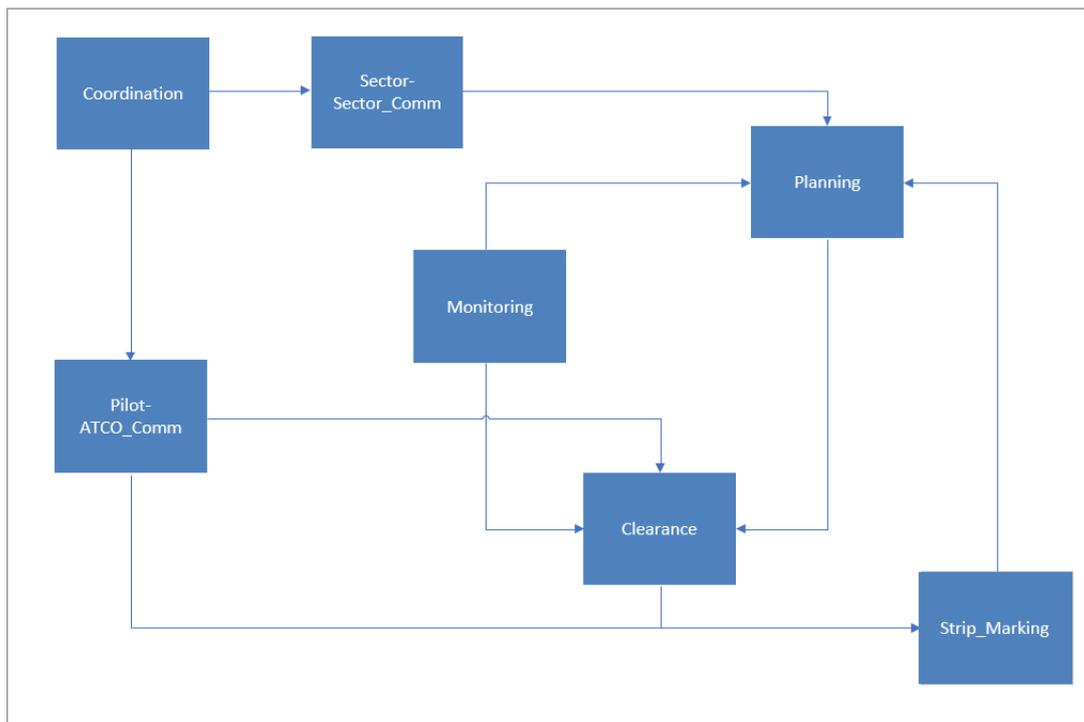


Figura 11. Dependencia de funciones involucradas en la transferencia de aeronave al siguiente sector.

Como se observa, existen dos funciones (Coordination y Monitoring) que no dependen de ninguna función del modelo, y que actúan como “orígenes”. Otro detalle significativo de este escenario es que existen funciones que dependen de más de una función:

- Planning depende de: Monitoring, Sector-Sector_Comm y de Strip_marking
- Clearance depende de: Monitoring, Planning y Pilot-ATCO_Comm

Además, existe un bucle triple, pues Strip_marking depende de Clearance, que se alimenta de la función Planning y que a su vez depende de Strip_marking.

Estas relaciones hacen que la complejidad de este Escenario 2 sea mayor que la del Escenario 1 y deban tenerse en cuenta muchos factores para el análisis del modelo.

6.2 Criterios del modelo

En este apartado se presentan los criterios e hipótesis consideradas en el análisis del modelo FRAM construido.

En cuanto a la variabilidad de las funciones, en este trabajo se consideran dos fenotipos de variabilidad: el tiempo y la precisión. En términos de tiempo se establece que una salida puede producirse demasiado “antes de tiempo”, “a tiempo”, “con retraso” o “nunca” si no llega a producirse.

En cuanto a la variabilidad de precisión, y a diferencia del modelo base de Hollnagel, en este trabajo se consideran solo dos “estados” de salida: “preciso” e “impreciso”. Se considerará preciso si la acción se realiza de acuerdo a los procedimientos operativos establecidos, por ejemplo, si la fraseología usada es la correcta se considera como preciso, y no preciso si la función no se hace de la forma estándar.

6.2.1 Consecuencia del modelo

Para el análisis posterior del modelo se establece una escala de puntuación que expresa el desempeño de cada función en términos de precisión y tiempo. Al considerar diferentes valores de cada función, se pueden generar distintos sucesos. La **consecuencia de cada suceso será la suma** de los valores de tiempo y precisión asignados a cada función.

Es importante destacar que en este trabajo se han analizado los parámetros tiempo y precisión por separado, por lo que cada escenario tendrá un número distinto de sucesos para tiempo y para precisión y habrá tantos sucesos como combinaciones.

En la siguiente Tabla 6 aparecen los valores asignados o “estados” para medir la variabilidad en tiempo y precisión. En términos de tiempo, se establecen 4 ponderaciones: a tiempo (1), antes de tiempo (2), con retraso (3) y nunca (4). Para los “estados” de precisión, se ha considerado establecer únicamente dos valores: preciso (1) o no preciso (2).

Tabla 6. Ponderación de la función FRAM en términos de tiempo y precisión.

Variabilidad_TIME		
A tiempo	Just in time	1
Antes de tiempo	Early	2
Con retraso	Dely	3
Nunca	Never	4
Variabilidad_PRECISION		
Preciso	Precise	1
No preciso	Non precise	2

Como se observa en la Tabla 6, las puntuaciones más bajas se asocian a acciones que se realizan a tiempo o de forma precisa, lo que se percibe como más “positivo”, ya que la salida satisface plenamente las necesidades y requisitos de su función posterior. Por otro lado, los valores mayores de variabilidad se asocian con lo “negativo”, al ser funciones no precisas o que no se hacen a tiempo, y que por tanto amplificarán la variabilidad de las funciones aguas abajo.

Considerando los estados posibles de cada función en tiempo y precisión se obtiene un número elevado de combinaciones para cada Escenario. Se tiene por ejemplo que para el Escenario 2, al haber 7 funciones implicadas, para el parámetro tiempo existen 16384 combinaciones posibles mientras que hay 128 para la precisión. En la siguiente Tabla 7 se presenta el número de sucesos posibles para cada escenario.

Tabla 7. Combinaciones resultantes para Escenario 1 y Escenario 2.

Escenario 1: Transferencia desde sector previo		Escenario 2: Transferencia a siguiente sector	
Funciones	6	Funciones	7
Nº combinaciones Tiempo	4096	Nº combinaciones Tiempo	16387
Nº combinaciones Precisión	64	Nº combinaciones Precisión	128

6.2.2 Filtrado de las combinaciones

Dado el elevado número de sucesos para cada escenario resulta necesario hacer un filtrado para descartar aquellas combinaciones de funciones que no son realistas debido a razonamientos de lógica ingenieril y a opiniones de expertos. Este razonamiento se basa en la capacidad humana asociada al margen de tiempo para aplicar un procedimiento, la secuencia al mostrar las informaciones en el sistema HMI, el propio funcionamiento de los equipos ATM, etc.

Este filtrado se realiza teniendo en cuenta la ligadura entre las funciones y considerando que la relación será muy fuerte si una función actúa como input de otra. Por ejemplo, la planificación del vuelo requiere una monitorización previa. Esto se representa en el modelo con el vínculo “output” de “Monitoring” que actúa como “input” de “Planning”. Por lo tanto, la combinación en la variabilidad tiempo de que “Monitoring” sea 4 (no hay monitorización) y “Planning” sea 1, 2 o 3 (planificación realizada justo a tiempo, con adelanto o con retraso) no se ajusta a la realidad por la propia construcción del modelo (Ver Figura 12)

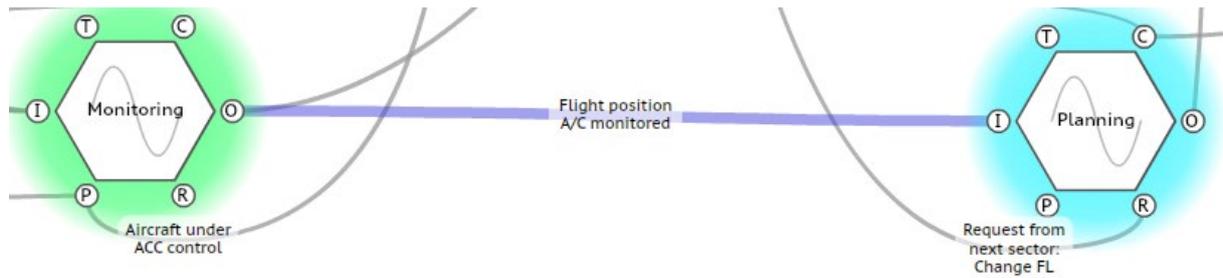


Figura 12. Detalle de la ligadura entre las funciones Monitoring y Planning en modelo FRAM.

El filtrado se lleva a cabo teniendo en cuenta el comportamiento del modelo en términos de tiempo y de precisión de forma separada y atendiendo a la dependencia de las funciones.

Escenario 1: Transferencia desde sector previo

En este escenario, como se ha comentado previamente, existen funciones con un vínculo muy fuerte, como pueden ser la monitorización (“Monitoring”) y la aceptación de la aeronave (Acceptance”), o la monitorización y la planificación del sector para evitar incidentes (“Planning”). Además, debe tenerse en cuenta que la función “Transferencia de la aeronave desde sector previo” (en el modelo FRAM “Transferring”) actúa como restricción temporal de la aceptación. A continuación se listan en la siguiente Tabla 8 las hipótesis de trabajo que se han establecido para el Escenario 1.

Tabla 8. Criterios de filtrado de sucesos improbables para parámetro Time y Precisión en Escenario 1.

Escenario_1_Time			
Si	Acceptance=1,2	∇ Monitoring=3,4	NO
Si	Acceptance=1,2,3	∇ Monitoring=4	NO
Si	Acceptance=3	∇ Planning=1,2	NO
Si	Acceptance=4	∇ Monitoring=1,2,3	NO
Si	Coordination=1,2 ∩ Pilot-ATCO_comm=1,2	∇ Transferring=3,4	NO
Si	Coordination=1,2,3 ∩ Pilot-ATCO_comm=1,2,3	∇ Transferring=4	NO
Si	Coordination=1,2,3 ∩ Pilot-ATCO_comm=1,2,3 ∩ Transferring=1,2,3	∇ Acceptance=4	NO
Si	Coordination=1,2	∇ Pilot-ATCO_comm=3,4	NO
Si	Coordination=3	∇ Pilot-ATCO_comm=1,2	NO
Si	Coordination=4	∇ Pilot-ATCO_comm=1,2,3	NO
Si	Coordination=4 ∩ Pilot-ATCO_comm=4	∇ Transferring=1,2,3	NO
Si	Monitoring=1	∇ Planning=2	NO
Si	Monitoring=3	∇ Planning=1,2	NO
Si	Monitoring=4	∇ Planning=1,2,3	NO
Si	Pilot-ATCO_comm=1,2 ∩ Transferring=1,2	∇ Acceptance=3,4	NO
Si	Pilot-ATCO_comm=3	∇ Acceptance=1,2	NO

Si	Pilot-ATCO_comm=4	∇ Transferring=1,2	NO
Si	Pilot-ATCO_comm=4	∇ Acceptance=1,2,3	NO
Si	Transferring=3	∇ Acceptance=1,2	NO
Si	Transferring=4	∇ Acceptance=1,2,3	NO
Escenario_1_Precision			
Si	Coordination=2	∇ Pilot-ATCO_comm=1	NO
Si	Monitoring=2	∇ Planning=1	NO
Si	Pilot-ATCO_comm=2	∇ Acceptance=1	NO
Si	Pilot-ATCO_comm=2	∇ Transferring=1	NO

Una vez descartados los sucesos no considerados como realistas, para el Escenario 1 se pasa de 4096 combinaciones en tiempo y de 64 en precisión, a 133 sucesos posibles de tiempo y 18 de precisión.

Escenario 2: Transferencia a siguiente sector

En el Escenario 2 existen también funciones que guardan una relación muy estrecha de forma que están directamente ligadas. Es el caso por ejemplo de las acciones de planificar (“Planning”) que actúa como input de dar la autorización al piloto (“Clearance”) y de ésta con el marcado de las fichas de progresión (“Strip_marking”).

También, la coordinación (“Coordination” entre los sectores y con el piloto) actúa como precondition para la comunicación entre sectores (“Sector-Sector_comm”) y entre el piloto y controlador (“Pilot-ATCO_comm”), por lo que guardan una fuerte relación.

La monitorización (“Monitoring”) actúa también como precondition de la autorización al piloto. Al igual que en el Escenario 1, aparece la dependencia entre la monitorización y la planificación.

En la siguiente Tabla 9 se presentan los criterios de filtrado del Escenario 2:

Tabla 9. Criterios de filtrado de sucesos improbables para parámetro Time y Precision en Escenario 2.

Escenario_2_Time			
Si	Clearance=3	∇ Strip_marking=1,2	NO
Si	Clearance=4	∇ Strip_marking=1,2,3	NO
Si	Coordination=1,2	∇ Pilot-ATCO_comm=3,4	NO
Si	Coordination=1,2	∇ Sector-Sector_comm=3,4	NO
Si	Coordination=3	∇ Pilot-ATCO_comm=1,2	NO
Si	Coordination=3	∇ Sector-Sector_comm=1,2	NO
Si	Coordination=4	∇ Pilot-ATCO_comm=1,2,3	NO
Si	Coordination=4	∇ Sector-Sector_comm=1,2,3	NO
Si	Monitoring=1	∇ Planning=2	NO
Si	Monitoring=3	∇ Clearance=1,2	NO
Si	Monitoring=3	∇ Planning=1,2	NO
Si	Monitoring=3 ∩ Planning=3 ∩ Clearance=3	∇ Strip marking=1,2	NO

Si	Monitoring=4	\forall Planning=1,2,3	NO
Si	Monitoring=4 \cap Planning=4	\forall Clearance \neq 4 \cup Pilot-ATCO_comm \neq 4 \cup Sector-Sector_comm \neq 4 \cup Coord \neq 4 \cup Strip_marking \neq 4	NO
Si	Monitoring=4 \cap Planning=4 \cap Clearance=4	\forall Strip_marking=1,2,3	NO
Si	Pilot-ATCO_comm=1,2	\forall Clearance=3,4	NO
Si	Pilot-ATCO_comm=1,2 \cap Clearance=1,2	\forall Strip_marking=4	NO
Si	Pilot-ATCO_comm=3	\forall Clearance=1,2	NO
Si	Pilot-ATCO_comm=3,4 \cap Clearance=3,4	\forall Strip_marking=1,2	NO
Si	Pilot-ATCO_comm=4	\forall Clearance=1,2,3	NO
Si	Planning=3	\forall Clearance=1,2	NO
Si	Planning=3	\forall Strip_marking=1,2	NO
Si	Planning=4	\forall Clearance=1,2,3	NO
Si	Sector-Sector_comm=3	\forall Planning=1,2	NO
Escenario_2_Precision			
Si	Clearance=2	\forall Strip_marking=1	NO
Si	Coordination=2	\forall Pilot-ATCO_comm=1	NO
Si	Coordination=2	\forall Sector-Sector_comm=1	NO
Si	Monitoring=2	\forall Clearance=1	NO
Si	Monitoring=2	\forall Planning=1	NO
Si	Planning=2	\forall Strip_marking=1	NO
Si	Pilot-ATCO_comm=2	\forall Clearance=1	NO

Tras el filtrado en el Escenario 2, quedan 203 sucesos posibles para la variabilidad en tiempo (anteriormente había 16384 combinaciones) mientras que para el parámetro precisión el número de sucesos factibles pasa de 128 a 21.

6.3 Resultados obtenidos

En este apartado se muestran y analizan los resultados obtenidos para todos los sucesos una vez realizado el filtrado en ambos Escenarios. Como se ha comentado, el filtrado se ha realizado de forma independiente en términos de tiempo y de precisión, por lo que los resultados obtenidos deben mirarse desde ambas perspectivas por separado.

A continuación se muestra en la Tabla 10 el número de sucesos factibles de ocurrir tras filtrar los no realistas.

Tabla 10. Sucesos posibles tras filtrado para Escenario 1 y Escenario 2.

Escenario 1: Transferencia desde sector previo		Escenario 2: Transferencia a siguiente sector	
Funciones	6	Funciones	7
Nº sucesos posibles Tiempo	133	Nº sucesos posibles Tiempo	203
Nº sucesos posibles Precisión	18	Nº sucesos posibles Precisión	21

Los resultados obtenidos se presentan en gráficas, representando en el eje de ordenadas la frecuencia de ocurrencia y en las abscisas el valor de la consecuencia del suceso. De este modo, se puede visualizar de forma rápida cuáles son las consecuencias (tanto de tiempo como precisión) más frecuentes y analizar el tipo de distribución a la que se asemejan. Además, podrán calcularse otros estadísticos que contienen información interesante para entender el comportamiento de la distribución.

Debido a la propia definición del sistema ATM y al nivel de seguridad objetivo establecido en aviación civil, el modelo debería reflejar que el número de sucesos con consecuencias “aceptables o positivas” es mayor que de “no aceptables o negativas”.

Para la variabilidad en tiempo, desde el punto de vista del factor humano, si se tiene retraso en un paso, éste se acumulará con el siguiente en un margen de tiempo más pequeño para los dos. El efecto que tiene en el controlador es el aumento de su carga de trabajo, lo que puede ser peligroso. Por tanto, se considera que los valores 3 y 4 son “negativos” ya que la acumulación de estos valores hace más probable la aparición de incidentes. Por ello, aquellos sucesos con mayoría de estados de 3 y 4 serán propensos a ser sucesos no aceptables. De forma contraria, la consecuencia total será menor para los sucesos en los que predominen los valores de 1 y 2 de las funciones, ya que estos parámetros se corresponden con la realización de las acciones a tiempo y con antelación. Por ello, la probabilidad de ocurrencia de fallos o incidentes será baja y estos sucesos se perciben como más “positivos” y serán considerados como aceptables.

Para la variabilidad en “precision” ocurre algo similar. Los valores de 1 se identifican con aquellos sucesos en los que existe precisión de la función, por lo que la acción se hace correctamente según los procedimientos establecidos. Por tanto, los sucesos en los que predominan los 1 se perciben como “positivos” y la probabilidad de ocurrencia de incidentes será baja. Por el contrario, aquellos sucesos en los que predominen las acciones no precisas tendrán consecuencias altas y serán más propensos a la ocurrencia de fallos percibiéndose como “negativos”.

En definitiva, a mayores valores de consecuencia, el suceso será más propenso al desarrollo de incidentes. A continuación se muestran y analizan los resultados obtenidos para cada Escenario.

6.3.1 Escenario 1: Transferencia desde sector previo

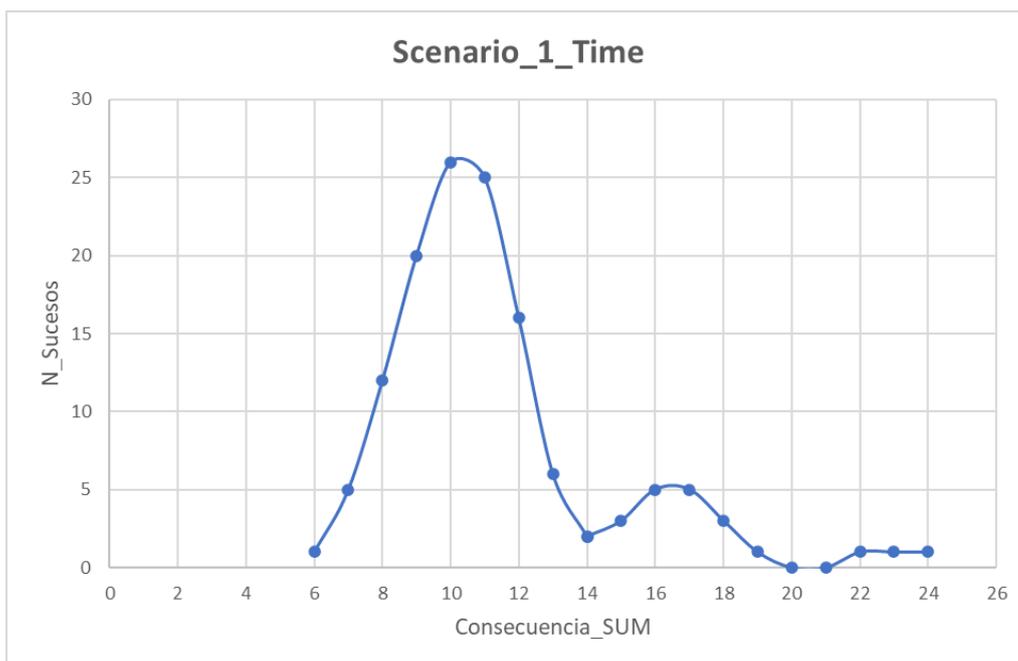
Variabilidad tiempo

En la siguiente Tabla 11 se presentan las consecuencias obtenidas, el número de sucesos que dan lugar a la misma consecuencia y el porcentaje estimado sobre el total. Dado que hay 6 funciones y los parámetros van de 1 a 4, la consecuencia mínima podrá ser 6 y la consecuencia máxima podrá ser 24.

Tabla 11. Consecuencias_SUM_Time obtenidas para Escenario 1.

Consecuencia_SUM_Time	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N_Sucesos	1	5	12	20	26	25	16	6	2	3	5	5	3	1	0	0	1	1	1
Porcentaje (%)	1	4	9	15	20	19	12	5	2	2	4	4	2	1	0	0	1	1	1

Para visualizar de forma más sencilla los datos de la tabla anterior, éstos se representan en la siguiente Gráfica 1 obteniéndose la siguiente curva de consecuencia del fenotipo “time” del Escenario 1.



Gráfica 1. Curva de la consecuencia_Time para el escenario 1

En la curva se observan dos zonas diferenciadas: una curva más estrecha y esbelta y otra más achatada. Esto quiere decir que los sucesos se agrupan en torno a dos valores de consecuencia. Por un lado, para los valores de consecuencia 9, 10 y 11 hay 20, 26 y 25 sucesos, y mientras que hay 5 sucesos para las consecuencias de 16 y 17.

En los extremos de la gráfica aparecen los escenarios que dan los mínimos y máximos valores de la consecuencia, correspondientes al caso en que todas las acciones se hacen a tiempo (Suceso_T01) y el caso en que todas las acciones no se realizan nunca (Suceso_T4096).

Dado que la apariencia de las dos curvas de la gráfica es completamente diferente, se lleva a cabo el estudio de cada una por separado. La primera Curva_1 abarca los valores consecuencia de [6, 14] y la Curva_2 va desde]14,24]. En el estudio se van a determinar las características matemáticas de las curvas (tipo de distribución, media, desviación típica, etc) así como las características de los sucesos que las componen.

Curva_1: Distribución normal de sucesos “aceptables”

La Curva_1 aglutina 113 sucesos de los 133 del total, lo que equivale a más del 80% de los casos. Los sucesos que conforman esta curva están compuestos en la mayoría por parámetros de 1 y 2, por lo que se confirma que la mayoría de sucesos se establecen en torno a valores de consecuencia “positivos” o aceptables.

Además, para el valor de consecuencia que más se da (10), se observa que en todos los sucesos la única función que adquiere valores de 3 y 4 es Planning, siendo el resto de funciones 1 o 2.

Para conocer el tipo de distribución de esta curva, se calculan los siguientes estadísticos (Tabla 12), que permiten conocer si la distribución es Gaussiana o de Poisson.

Tabla 12. Estadísticos de la Curva_1 del Scenario_1_Time

promedio	10.17699115
desviacion estándar	1.637888931
Estadístico D	0.117114322
raiz n	10.63014581
alpha	0.02
Dn,alpha	0.142989572
¿Normal?	Puede ser Normal

Como se observa, se trata de una distribución que puede ser Gaussiana ya que el estadístico D es menor que el $D_{n, \text{Alpha}}$. El $D_{n, \text{Alpha}}$ es un valor tabulado que depende de alpha (nivel de significación elegido en 0.02 para todos los escenarios) y el número de sucesos (como es mayor de 50, se calcula con la raíz cuadrada de los n sucesos). Este estadístico D corresponde con la prueba de Kolmogórov-Smirnov.

La media de la Curva_1 es de 10.17 y la desviación estándar es de 1.63. Estos valores vuelven a sugerir la concentración de sucesos en torno a las consecuencias 9, 10 y 11.

Por tanto, se puede concluir que esta curva concentra los sucesos considerados como aceptables en términos de tiempo y que representan la mayoría del conjunto.

Curva_2: Distribución normal de sucesos “no aceptables”

La Curva_2 aglutina el resto de sucesos del Escenario 1. Los valores de consecuencia con mayor número de sucesos (5 cada uno) son 16 y 17. Estos sucesos tienen en común que la mayoría de acciones se realizan siempre tarde (Coordination, Pilot-ATCO_Comm y Acceptance siempre toman el valor 3), mientras que la única función que tiene valores de 4 es Planning (en 4 sucesos). Por su parte, Transferring y Monitoring van del 1 al 3.

Es llamativo que los valores 22, 23 y 24 se encuentran muy alejados “visualmente” de la curva al no haber sucesos de consecuencias 20 y 21. Los valores 22, 23 y 24 se corresponden con sucesos en que todas o casi todas las acciones no se llevan a cabo y el resto se hacen tarde. Sin embargo, pertenecen al conjunto y se han considerado para el cálculo de estadísticos.

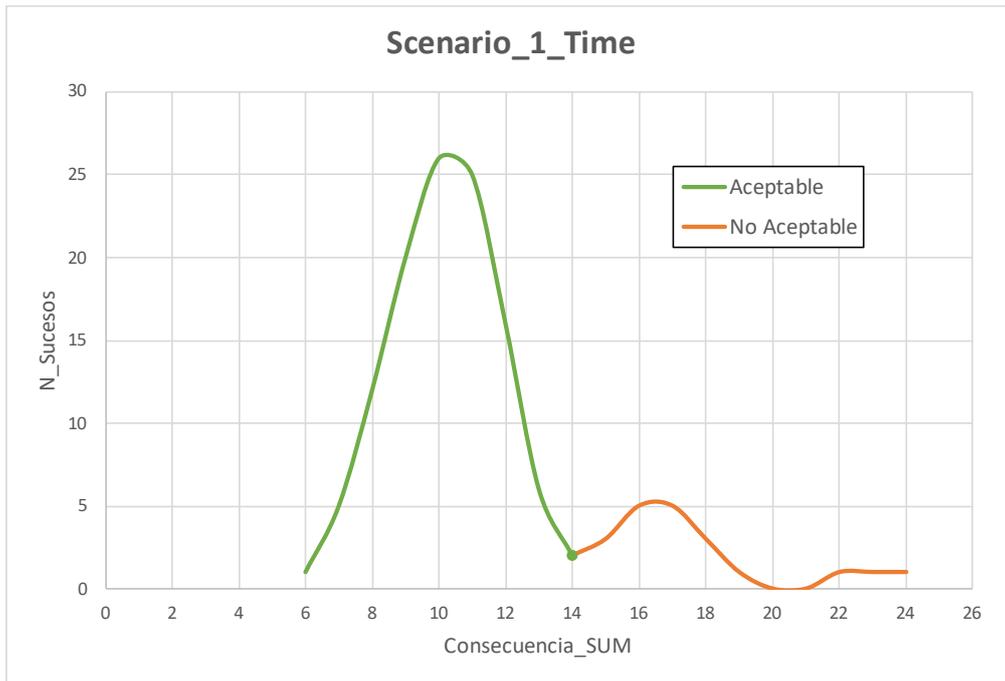
Los estadísticos de la curva se presentan en la siguiente Tabla 13, y confirman que la distribución de la curva puede ser normal empleando de nuevo la prueba de Kolmogórov-Smirnov. Además, se observa que el valor promedio está ligeramente desviado de los casos con mayor número de sucesos y que la desviación es alta. Esto puede ser debido al alejamiento antes comentado de los valores 22, 23 y 24 y también al achatamiento que presenta la propia curva.

Tabla 13. Estadísticos de la Curva_2 del Escenario_1_Time

promedio	17.6
desviacion estándar	2.583347482
Estadístico D	0.241830715
raiz n	4.472135955
alpha	0.02
Dn,alpha	0.32866
¿Normal?	Puede ser Normal

La gráfica por tanto de la distribución del Escenario_1_time es una superposición de dos distribuciones normales: una curva más predominante con los casos considerados como favorables o aceptables, y una segunda curva que agrupa los casos no aceptables o susceptibles de dar problemas de seguridad operacional. Tal y como se había vaticinado al principio de este apartado, los casos aceptables representan la mayoría.

En la siguiente Gráfica 2 se presenta la curva para el tiempo del Escenario 1 pero identificando las dos zonas nombradas y el tipo de sucesos asociados a cada una.



Gráfica 2. Distribución de los sucesos aceptables y no aceptables para el Escenario_1_Time

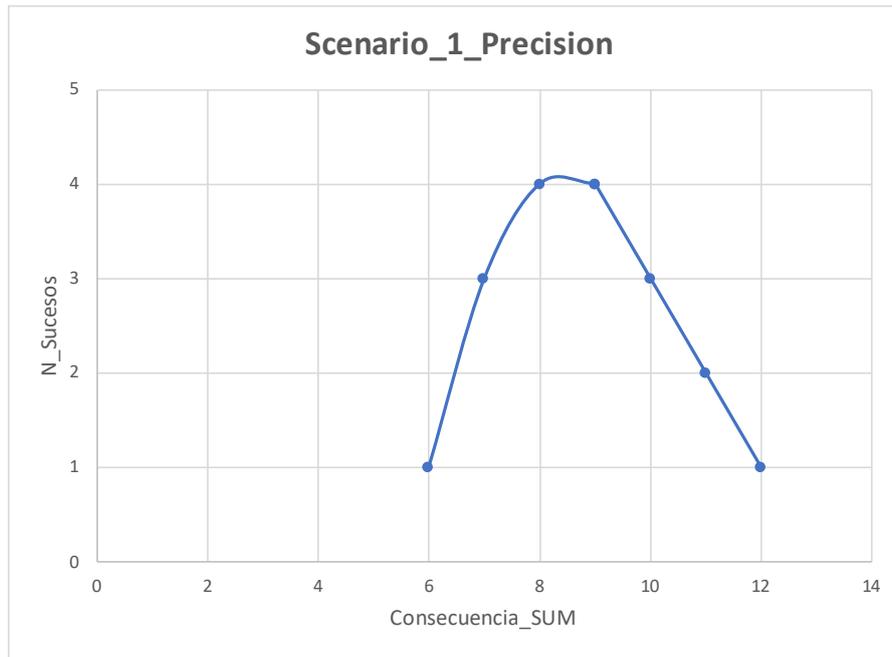
Variabilidad precisión

En la siguiente Tabla 14 se presenta el número de sucesos que tienen la misma consecuencia y porcentaje que representan, junto con el valor de la consecuencia para la variabilidad en precisión. Dado que hay seis funciones y los parámetros van de 1 a 2, la consecuencia mínima podrá ser 6 y la consecuencia máxima podrá ser 12.

Tabla 14. Consecuencias_SUM_Precision obtenidas para Escenario 1.

Consecuencia_SUM_Precision	6	7	8	9	10	11	12
N_Sucesos	1	3	4	4	3	2	1
Porcentaje (%)	6	17	22	22	17	11	6

Para visualizar de forma más sencilla los datos de la tabla anterior, éstos se representan en la Gráfica 3, obteniéndose la siguiente curva de consecuencia del fenotipo “precision” del Escenario 1.



Gráfica 3. Curva de la consecuencia_precision para el escenario 1

En la curva se observa que la distribución de los sucesos se concentra en torno a los valores de 8 y 9, para los cuales aparecen 4 sucesos respectivamente, representando más del 40% del total. Estos sucesos tienen como característica común que las funciones Coordination y Pilot-ATCO_Comm se hacen siempre de forma precisa, mientras que Planning y Acceptance son en la mayoría de casos no precisas.

A medida que aumentan las acciones no precisas, los sucesos se desplazan hacia la derecha de la curva. Por tanto se pueden asociar las combinaciones ubicadas en la parte derecha como “no precisas” o “negativas”.

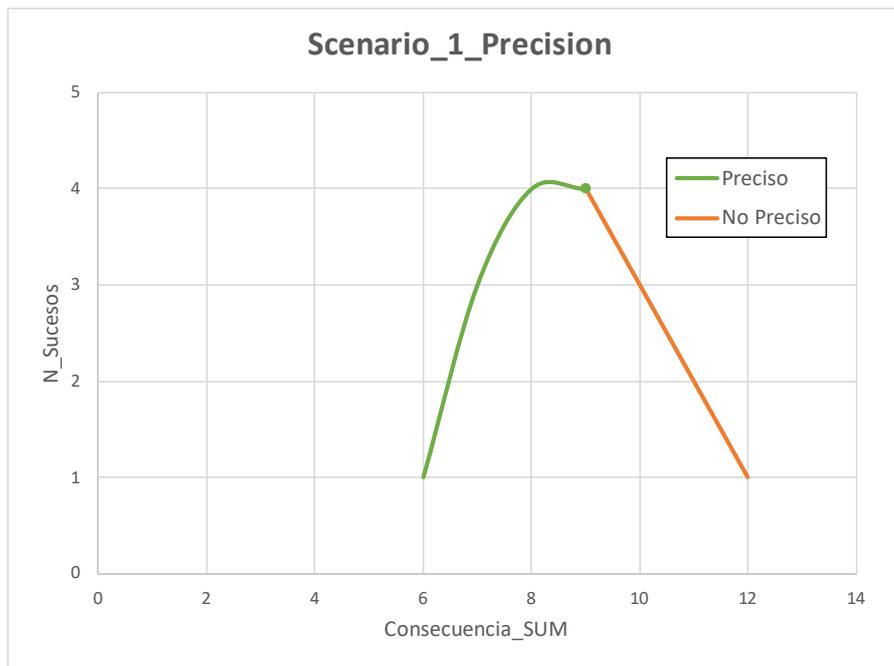
Se puede hacer el análisis matemático de la curva para comprobar que se trata de una distribución normal con la prueba nuevamente de Kolmogórov-Smirnov. En este caso, al ser en número de sucesos n menor de 50, se toma este valor. La prueba confirma que la curva puede ser normal (Tabla 15)

Tabla 15. Estadísticos de la curva del Scenari_1_Precision

promedio	8.833333333
desviacion estándar	1.617914416
Estadístico D	0.141191129
n	18
alpha	0.02
Dn,alpha	0.34569
¿Normal?	Puede ser Normal

Se observa que el promedio coincide con los valores que más aparecen, por lo que la gráfica es bastante simétrica, estando equilibrada. Además, la desviación estándar es 1.61, lo que podría confirmar la concentración de los sucesos en la parte central.

De forma análoga a la variabilidad tiempo, se pueden identificar en la curva una zona de sucesos “no precisos”, que abarca desde los valores 10 a 12, y otra de “precisos”, que va desde el 6 al 9. La distribución de la curva se muestra en la siguiente Gráfica 4:



Gráfica 4. Distribución de los sucesos precisos y no precisos para el Escenario_1_Precision

6.3.2 Escenario 2: Transferencia al siguiente sector

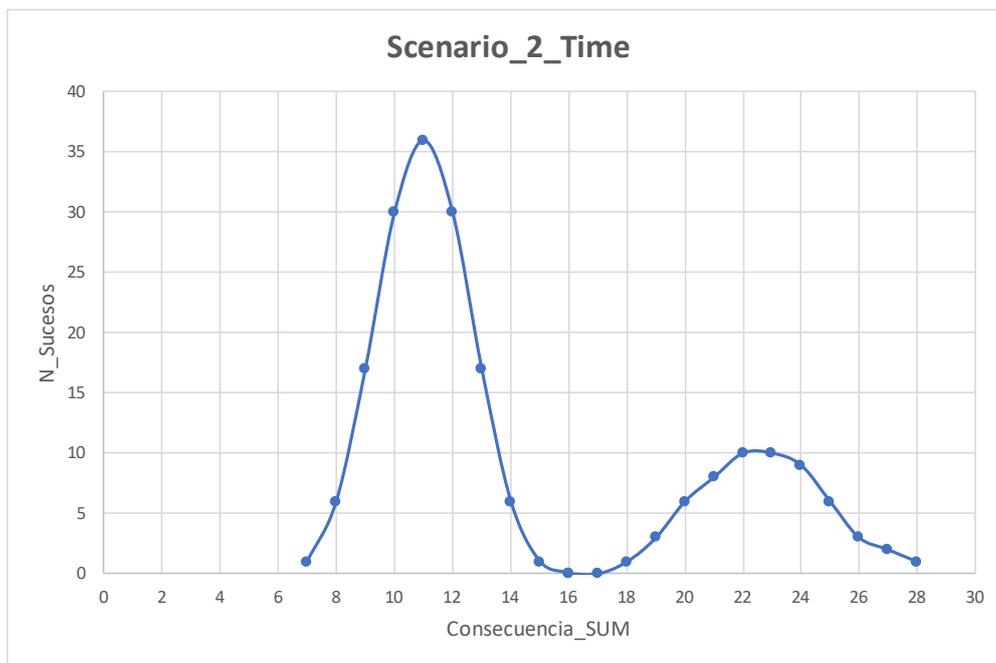
Variabilidad tiempo

En la siguiente Tabla 16 se presenta el número de sucesos que tienen la misma consecuencia junto con el valor de esta en términos de tiempo en el Escenario 2. Dado que hay siete funciones y los parámetros van de 1 a 4, la consecuencia mínima podrá ser 7 y el valor de la consecuencia máxima podrá ser 28.

Tabla 16. Consecuencias_SUM_Time obtenidas para Escenario 2

Consecuencia_SUM_Time	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
N_sucesos	1	6	17	30	36	30	17	6	1	0	0	1	3	6	8	10	10	9	6	3	2	1
Porcentaje (%)	0	3	8	15	18	15	8	3	0	0	0	0	1	3	4	5	5	4	3	1	1	0

Para visualizar de forma más sencilla los datos de la Tabla 16 anterior, éstos se representan en la siguiente Gráfica 5, obteniéndose la curva de la consecuencia del fenotipo “time” del Escenario 2.



Gráfica 5. Curva de la consecuencia_Time para el Escenario 2

De forma similar al Escenario 1, en la curva del Escenario 2 se observan dos zonas diferenciadas: una curva más estrecha y esbelta y otra más achatada con un valor pico de consecuencia menor. Esto quiere decir que los sucesos vuelven a agruparse en torno a dos valores de consecuencia. Por un lado están los valores 10, 11 y 12 que para los que hay 30, 36 y 30 número de sucesos; y por otro, los valores en torno al 22 y 23, que tienen un N_sucesos de 10 respectivamente.

En los extremos de la gráfica aparecen los sucesos que dan los valores de la consecuencia mínimos y máximos, correspondientes al suceso en que todas las acciones se hacen a tiempo (Suceso_T01) y el caso en que todas las acciones no se realizan nunca (Suceso_T16384).

También destaca que no hay sucesos con valores de consecuencias 16 y 17. Por tanto, a diferencia del Escenario 1, los valores de consecuencia que no se dan para ningún suceso se ubican la parte central de la distribución entre las dos curvas.

Dado que la apariencia de ambas curvas es completamente distinta, se lleva a cabo el estudio de cada una de ellas por separado. La primera Curva_1 abarca los valores consecuencia de [7, 16[y la Curva_2 de [16,28]. En el estudio se van a determinar las características matemáticas de las curvas así como los patrones de los sucesos que dan lugar a ellas.

Curva_1: Distribución normal de sucesos “aceptables”

La Curva_1 aglutina un total de 144 sucesos de los 203 totales, lo que equivale al 70% de los casos. Los sucesos que conforman esta curva están compuestos casi en su totalidad por parámetros de 1 y 2, por lo que se confirma nuevamente que la mayoría de sucesos factibles se establecen en torno a valores de consecuencia “positivos”.

Para el valor de consecuencia 10 y menores, absolutamente todas las funciones adquieren valores de 1 o 2.

Además, tanto para el valor más repetido de consecuencia 11, como para los valores 12, 13 y 14, se observa que la única función que adquiere valores de 3 es Strip_Marking mientras que el resto de funciones van de 1 a 2.

Es reseñable comentar que en la Curva_1 del Escenario 2 no hay ningún suceso con un parámetro de tiempo 4. Es decir, en este escenario, todas las funciones ocurren, la mayoría de ellas a tiempo o antes de tiempo, y solo aparecen retrasos en la función Strip_Marking.

Para conocer el tipo de distribución de esta curva, se calculan los siguientes estadísticos, que permiten conocer si la distribución es normal o no de acuerdo con la prueba realizada anteriormente.

Tabla 17. Estadísticos de la Curva_1 del Scenario_2_Time

promedio	11
desviacion estándar	1.532856924
Estadístico D	0.125
raiz n	12
alpha	0.02
Dn,alpha	0.126666667
¿Normal?	Puede ser Normal

Como se observa en la Tabla 17, la prueba de Kolmogórov-Smirnov indica que la distribución puede ser gaussiana, al ser de nuevo el estadístico D_n mayor que el estadístico D . Del análisis matemático, se observa que el promedio es 11 y coincide con el valor más repetido. De nuevo, la desviación indica que la curva es simétrica.

Por tanto, esta curva concentra aquellos sucesos considerados como aceptables en términos de tiempo y que representan la mayoría del conjunto.

Curva_2: Distribución normal de sucesos “no aceptables”

La Curva_2 aglutina el resto de sucesos del Escenario 2, incluyendo los sucesos ubicados en la parte de derecha de la gráfica, que solo aparecen 1 vez y que se corresponden con las consecuencias más elevadas. Estos sucesos se corresponden con las combinaciones en las que todas o casi todas las acciones no se llevan a cabo y se hacen tarde.

Los valores que más aparecen en la curva son 22 y 23 un total de 10 sucesos cada uno. Estos sucesos tienen en común que la mayoría de las acciones se realizan siempre tarde (como por ejemplo Coordination que en la mayoría de casos adquiere el valor 3) o no se realizan (como Strip_Marking, ya que solo existe una combinación en la que es 3 y no 4). La única función de la curva que adquiere valores de tiempo percibidos como “positivos” es Monitoring, que está equilibrada en la variabilidad de 1, 2 y 3.

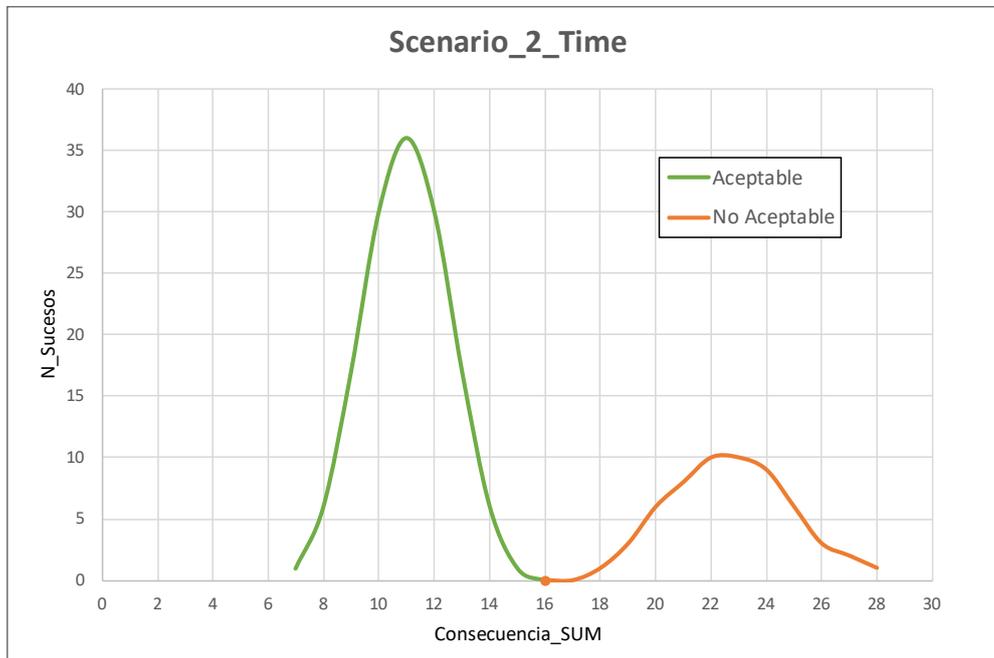
Los estadísticos de la curva se presentan en la siguiente Tabla 18, y confirman que la distribución de la curva es normal. Además, se observa que el valor promedio coincide con el valor de las consecuencias más repetidas y que la desviación es mayor que en el caso anterior, lo que puede justificarse por el achatamiento de la curva.

Tabla 18. Estadísticos de la Curva_2 del Scenario_2_Time

promedio	22.62068966
desviacion estándar	2.142531592
Estadístico D	0.096735431
raiz n	7.615773106
alpha	0.02
D_n, α	0.199585778
¿Normal?	Puede ser Normal

La gráfica por tanto de la distribución del escenario_2_time es una combinación de dos curvas normales. La Curva_1 se corresponde con las acciones consideradas como “positivas” siendo la zona de casos “aceptables”. Esta curva agrupa la mayoría del conjunto. En el otro lado, la Curva_2, aglutina las combinaciones que tienen mayor probabilidad de desarrollar incidentes, ya que las acciones se hacen tarde o no se hacen.

En la siguiente Gráfica 6 se presenta de nuevo la curva de distribución para el Escenario 2 en términos de tiempo, identificando las zonas anteriormente comentadas y los sucesos asociados a cada una.



Gráfica 6. Distribución de los sucesos aceptables y no aceptables para el Escenario_2_Time

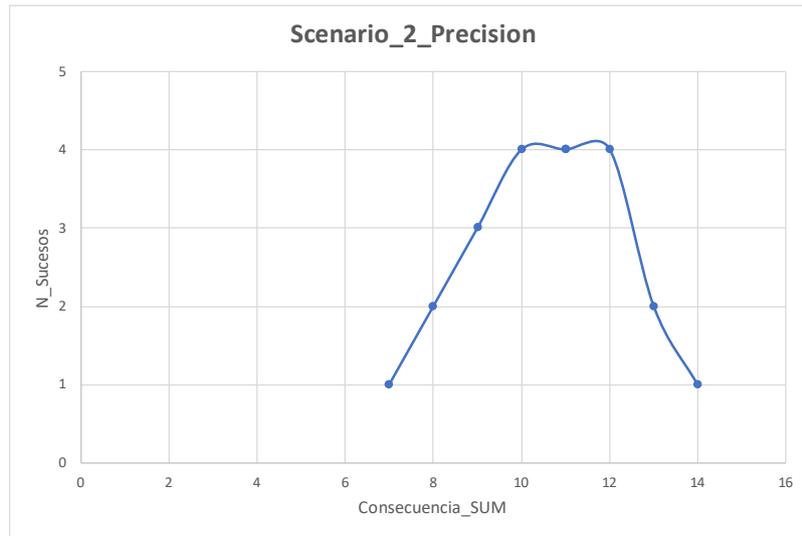
Variabilidad precisión

En la siguiente Tabla 19 se presenta el número de sucesos que tienen la misma consecuencia junto con el valor de esta en términos de precisión para el Escenario 2. Dado que hay siete funciones y los parámetros van de 1 a 2, la consecuencia mínima podrá ser 7 y la consecuencia máxima podrá ser 14.

Tabla 19. Consecuencias_SUM_Precision obtenidas para Escenario 2.

Consecuencia_SUM_Precision	7	8	9	10	11	12	13	14
N_sucesos	1	2	3	4	4	4	2	1
Porcentaje (%)	5	10	14	19	19	19	10	5

Para visualizar de forma más sencilla los datos de la Tabla 19 anterior, éstos se representan en la siguiente Gráfica 7, obteniéndose la siguiente curva de consecuencia del fenotipo “precision” del Escenario 2.



Gráfica 7. Curva de la consecuencia_precision para el escenario 2

De la Gráfica 7 se observa que la distribución de los sucesos se concentra en torno a los valores de 10, 11 y 12, para los cuales hay 4 sucesos respectivamente, representando más de la mitad de combinaciones posibles.

Estos sucesos tienen como característica común que la función Strip_Marking es siempre imprecisa, mientras que el resto de funciones toman distintos valores. Además, las funciones Clearance y Planning son casi siempre 2. Esto tiene mucho sentido ya que del esquema de funcionamiento del Escenario 2, se observa que la dependencia entre Clearance, Planning y Strip_Marking es muy fuerte, y que conforman un bucle. Por tanto, si el valor de Strip_Marking es siempre 2 para los sucesos centrales de la distribución, afectará a los parámetros de las funciones Planning y Clearance.

Los valores de consecuencia 11 y 12 se obtienen con una combinación mayoritaria de funciones no precisas, mientras que para el 10 predominan las acciones precisas. A medida que más acciones se consideran imprecisas, los sucesos se desplazan hacia la derecha de la curva, al ser el valor de consecuencia mayor. Por tanto se pueden asociar las combinaciones ubicadas en la parte derecha como “no precisas” o “negativas”.

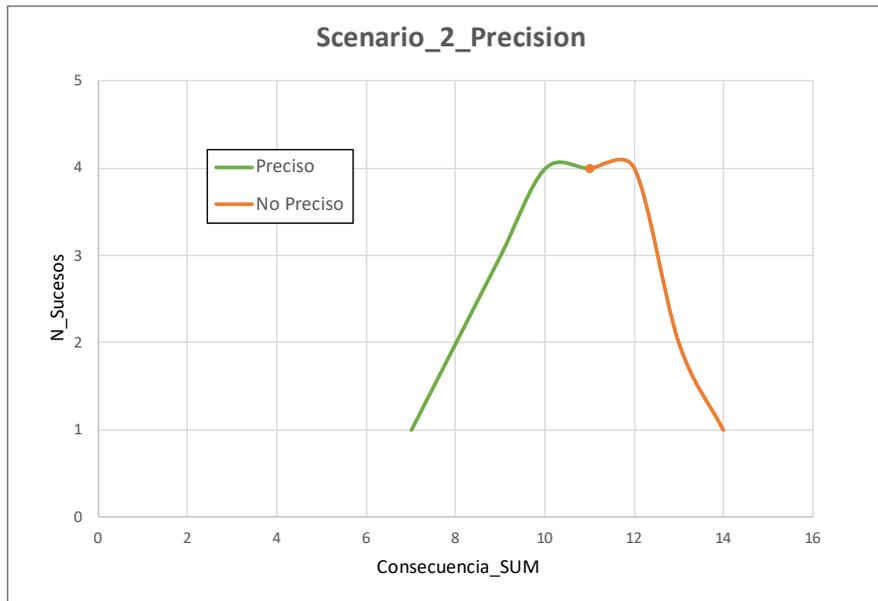
Se puede hacer el análisis matemático de la curva para comprobar que se trata de una distribución normal.

Tabla 20. Estadísticos del Scenari0_2_Precision

promedio	10.57142857
desviacion estándar	1.832250763
Estadístico D	0.098621754
n	21
alpha	0.02
Dn,alpha	0.31394
¿Normal?	Puede ser Normal

En la Tabla 20 se observa que el valor promedio coincide con los valores más repetidos. Además, la desviación estándar es 1.83, lo que podría confirmar la concentración de los sucesos en la parte central.

De forma análoga a la variabilidad en tiempo, se pueden identificar en la curva una zona de sucesos “no precisos” y otra de “precisos”. La frontera entre estos se ha establecido 11, ya que para ese valor y superiores la mayoría de acciones son no precisas. La distribución quedaría de la siguiente forma (Gráfica 8):



Gráfica 8. Distribución de los sucesos precisos y no precisos para el Escenario_2_Precision

6.4 Limitaciones del análisis

De acuerdo con la definición del Riesgo de Seguridad Operacional (Safety Risk) recogida en el Manual de Gestión de Seguridad de Operacional de OACI – Doc 9859 (Ref. [17]):

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Severidad}$$

Por tanto, para evaluar el riesgo se necesita conocer la probabilidad de ocurrencia de los sucesos y la severidad. Dado que no se disponen de los datos reales de operación de aeronaves para estimar las probabilidades de ocurrencia, no es posible calcular el Riesgo total. Por ello, el análisis de este trabajo se centra en la evaluación de las consecuencias, que se toman como equivalente a las severidades de los sucesos.

Respecto al parámetro severidad, en este trabajo se considera que la severidad y la consecuencia son equivalentes y que, por tanto, la severidad del modelo se puede analizar a través del estudio de la “Consecuencia_SUMA_TIME” y “Consecuencia_SUMA_Precision” para cada variabilidad tiempo y precisión por separado. Sin embargo, no se ha establecido

ninguna correspondencia entre los valores de consecuencia calculados y las categorías de Severidad, por lo que no es posible medir la severidad cada suceso de forma estricta.

Por otro lado, podría considerarse para este estudio que la probabilidad de ocurrencia de fallo de cada suceso está en el orden de 10^{-8} de acuerdo al criterio establecido por EUROCONTROL sobre la máxima probabilidad tolerable de no ocurrencia de un incidente en el sistema ATM (Ref. [7]). Sin embargo, no se ha incluido esta estimación de probabilidad en el análisis porque implicaría que todas las caracterizaciones y combinaciones de las funciones son igual de probables. Sin los datos reales, este planteamiento no se podría verificar puesto que hay combinaciones de los parámetros tiempo y precisión de las funciones que son ser extremadamente improbables.

Tal y como se ha visto en el apartado anterior, es posible obtener el porcentaje estimado de ocurrencia de cada consecuencia una vez se ha realizado el filtrado de las combinaciones no realistas. Sin embargo, este valor no debe confundirse con la probabilidad de ocurrencia del suceso, ya que solamente representa cuántos sucesos tienen una misma consecuencia dentro del muestreo considerado, que tampoco es representativo al no estar basado en datos reales de operación. Este porcentaje permite saber cuántos sucesos tienen la misma consecuencia, para analizar sus características y establecer patrones entre sus funciones.



7 VERIFICACIÓN DEL MODELO CON CASOS REALES

En el presente apartado se lleva a cabo una serie de verificaciones del modelo FRAM mediante la comparación con incidentes reales. Los casos reales con los que se contrasta el modelo dieron lugar a dos incidentes de pérdida de separación entre aeronaves en el año 2016 y 2012 respectivamente.

Para la verificación del modelo, se estudia cada caso, analizando las acciones que se sucedieron en la ocurrencia del incidente. Estas acciones se encuadran con las funciones del modelo FRAM y se les asigna un “estado o puntuación” en tiempo y precisión, para obtener la consecuencia de cada suceso. De este modo, se puede comprobar que:

- El caso real se corresponde con un suceso que sí está contemplado por el modelo FRAM como factible.
- El suceso real se puede encuadrar en las gráficas de resultados del análisis. Se comprobará en qué parte de la gráfica de “Aceptable o no Aceptable” y “Preciso o no preciso” se encuadra el incidente. Por lógica del modelo, una de las consecuencias (“Consecuencia_TIME” o “Consecuencia_Precision”) debería estar encuadrada en la zona de las gráficas en más probable que ocurran fallos de seguridad operacional. En caso contrario, el incidente no debería haberse producido de acuerdo al modelo FRAM.

A continuación se explican los incidentes reales con los que se ha realizado la verificación del modelo para los dos escenarios de estudio del trabajo. .

7.1 Escenario 1: Transferencia desde sector previo

7.1.1 Descripción del suceso real

El incidente de pérdida de separación entre dos aeronaves se produjo el día 19/05/2016 debido a fallos en la transferencia de control de la aeronave 2 al sector ZML. En el incidente se vieron implicados 3 sectores de control (ZMU, ZML y NWL) y dos aeronaves que llegaron a alcanzar unas distancias mínimas de separación de 2.1 NM y 200ft en un espacio aéreo donde la separación mínima prescrita es de 5NM o 1000ft. Ambas aeronaves tuvieron avisos TCAS TA. A continuación se describen los hechos:

Situación inicial y evolución

La Aeronave 2 volaba dentro del espacio aéreo del sector ACC Madrid NWL en ascenso al FL320 y en la frecuencia de dicho sector. La Aeronave 1 volaba la aerovía UN733 establecida a FL 350 y se encontraba en frecuencia de ACC Madrid Sector ZMU. La siguiente Figura 13 esquematiza la situación inicial de las aeronaves.

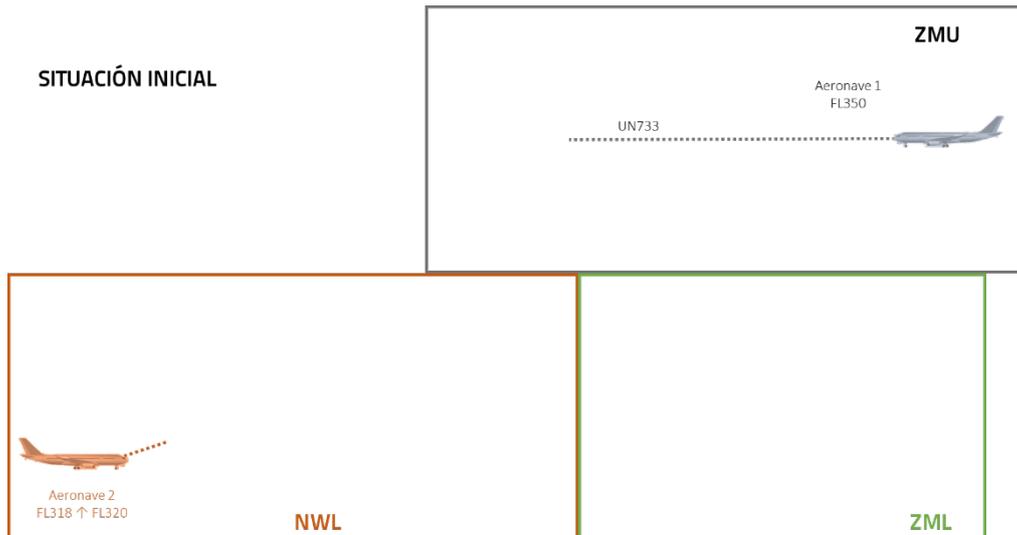


Figura 13. Situación inicial del suceso real.

- 15:17:20.- ACC Madrid Sector ZMU autoriza a la Aeronave 1 a descender a FL330.
- 15:18:09.- ACC Madrid Sector NWL transfiere a la Aeronave 2 a ACC Madrid Sector ZML. (mucho antes del punto de transferencia)

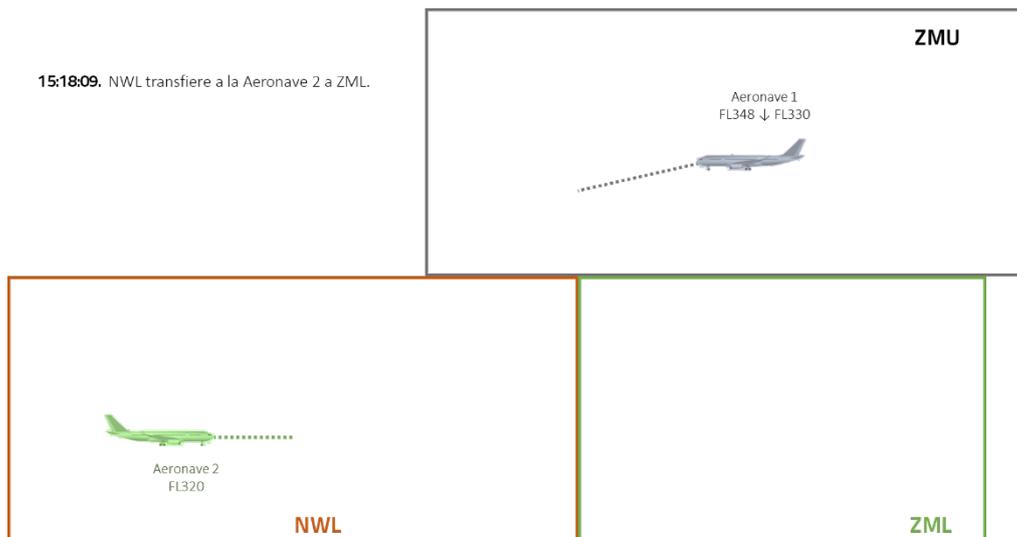


Figura 14. Transferencia de la Aeronave 2 a ZML.

- 15:18:14.- Sector ZMU transfiere a la Aeronave 1 a ACC Madrid Sector NWL.
- 15:18:24.- La Aeronave 1 llama a Sector NWL en descenso a FL 330. Sector NWL le da información de tráfico en sentido opuesto y nivel inferior.
- 15:18:25.- ACC Madrid Sector ZML instruye a la Aeronave 2 a volar directo a un punto. La aeronave colaciona correctamente y solicita ascenso a FL 360.
- 15:19:45.- Sector ZML autoriza a la Aeronave 2 a ascender a FL 340.

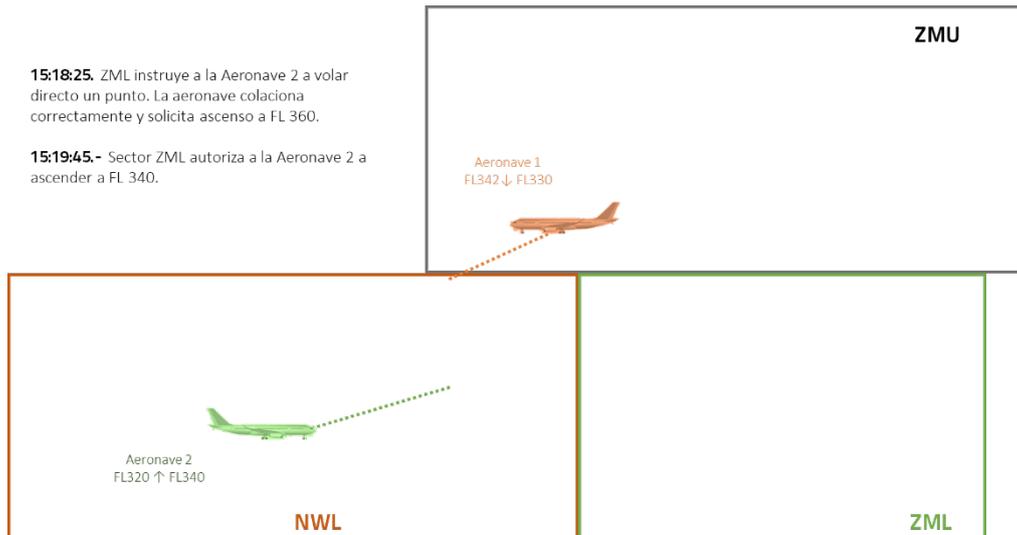


Figura 15. Sector ZML autoriza ascenso de Aeronave 2.

- 15:20:25.- Sector ZML instruye a la Aeronave 2 a **virar por su izquierda 15º**. Sector ZML pregunta con quién está la Aeronave 1.
- 15:20:39.- Sector ZML llama en su frecuencia a la Aeronave 1 sin obtener respuesta, ya que se encuentra en Sector NWL.
- 15:20:52.- Sector NWL instruye a la Aeronave 1 a virar 10º por su izquierda e inmediatamente corrige el sentido de viraje a la derecha. La aeronave responde que vira a la derecha y que tiene el tráfico a la vista.

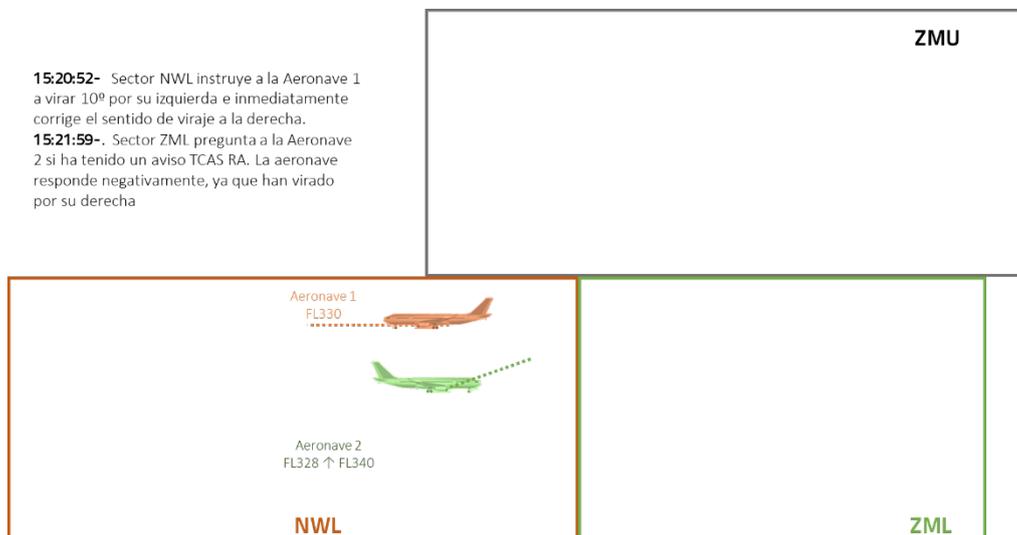


Figura 16. Aeronaves con distancias mínimas de 2.1NM y 200ft.

Conclusiones del incidente

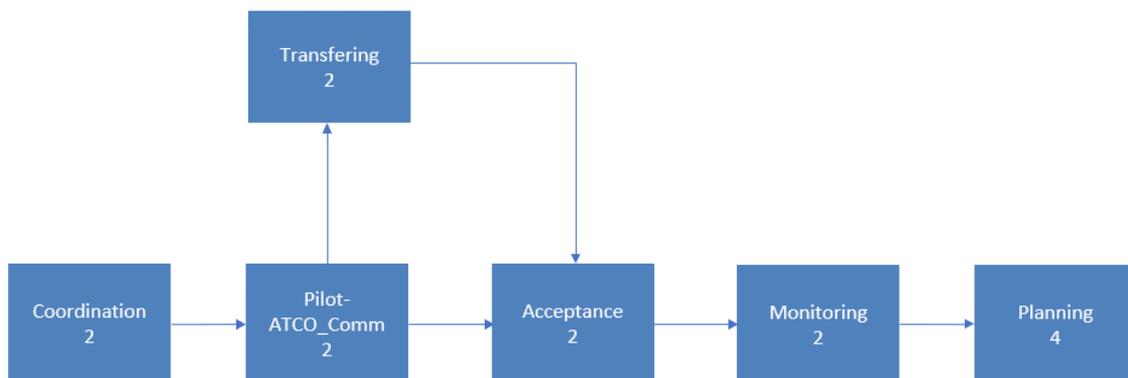
Las conclusiones de la investigación sugieren que la transferencia anticipada de la aeronave 2 al sector ZML mucho antes del límite del sector, motivó las autorizaciones que dieron lugar a la pérdida de incidente ya que no había detectado la presencia de la Aeronave 1.

Además, contribuyeron otros factores como que el sector NWL era de reciente creación y que el sector ZML estuvo coordinando la emergencia de otra aeronave no implicada en el incidente.

7.1.2 Analogía con el modelo FRAM

Teniendo en cuenta las acciones que se llevan a cabo en el sector ZML para aceptar el control de la aeronave 2, y atendiendo a la descripción de los hechos realizada anteriormente, se puede establecer una analogía del suceso real con el modelo FRAM. Para ello, se establecen los “estados” de tiempo y precisión para las acciones del modelo.

La siguiente Figura 17 muestra los valores de tiempo que se asignan a cada función. Como se observa, todas las acciones tienen asignado un 2 puesto que la transferencia de control se lleva a cabo mucho antes del momento estimado de cada acción. A la planificación se le asigna un valor de 4 porque se considera que no llega a hacerse al estar la aeronave fuera del área de responsabilidad del sector ZML. Por tanto, el controlador no puede planificar sobre un sector en el que no tiene conciencia situacional del resto de aeronaves.



Suceso Tiempo T_1368
Consecuencia_Time_SUM= 14

Figura 17. Asignación de estados de tiempo para Verificación del modelo FRAM en Escenario 1.

Con los parámetros escogidos, se tiene que el suceso real se corresponde con el suceso de tiempo “Suceso_T_1368” para el Escenario 1. Este suceso es un suceso considerado como factible durante el filtrado de combinaciones del escenario, y tiene una consecuencia de 14.

Para la variabilidad de la precisión, se considera que todas las acciones son no precisas dado que no se han realizado de acuerdo con los procedimientos operativos establecidos entre ambos sectores, al no haberse hecho la transferencia en el TP. A la función Monitoring se le asigna 1 porque el monitoreo inicial que se hace de la aeronave se hace de forma correcta, y el controlador está monitorizando su evolución continuamente. La siguiente Figura 18 muestra lo anteriormente comentado.

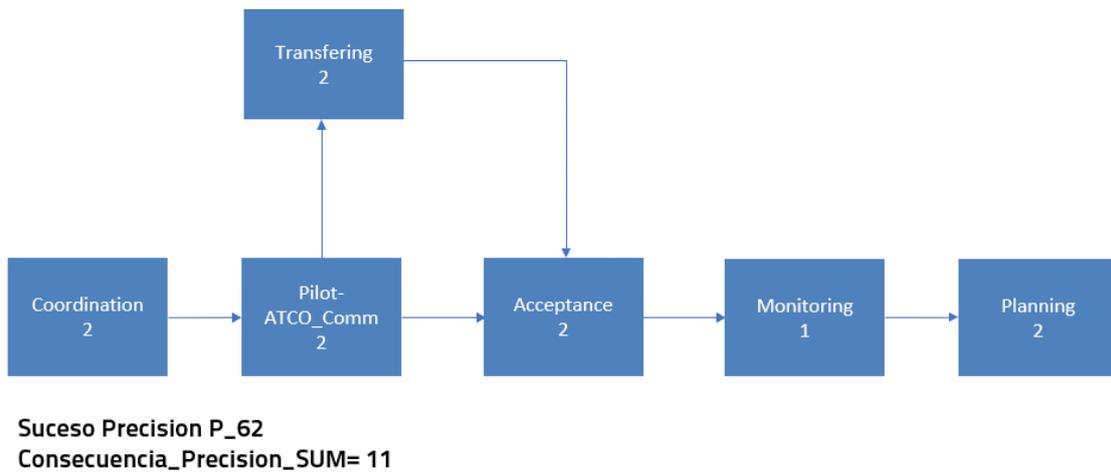
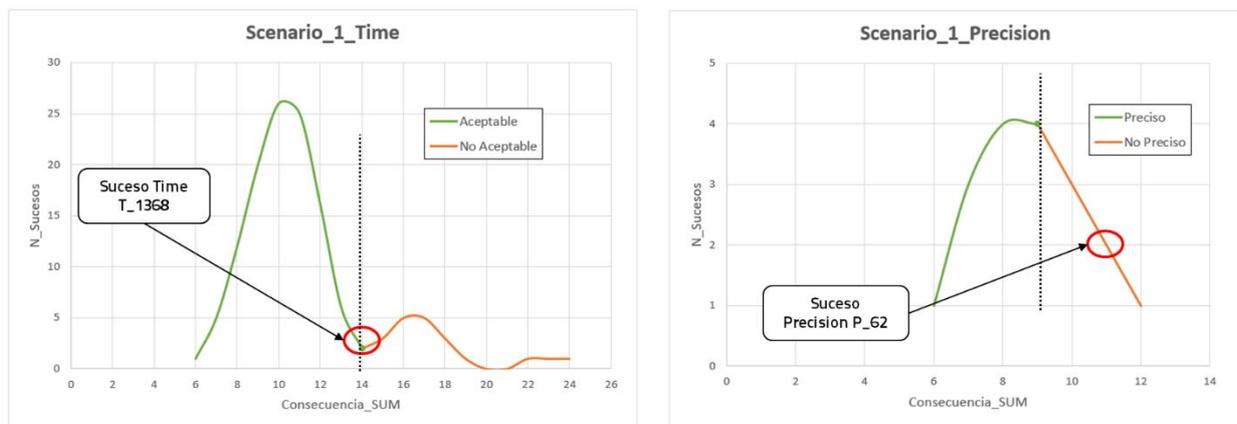


Figura 18. Asignación de estados de precisión para Verificación del modelo FRAM en Escenario 1.

La combinación de parámetros de precisión hace que el caso real se asigne con el “Suceso_P_62” que tiene una consecuencia de 11.

7.1.3 Conclusiones según modelo FRAM

Los sucesos T_1368 y P_62 pueden ubicarse en las siguientes zonas de las curvas de distribución de sucesos de tiempo y precisión del Escenario 1 .



Gráfica 9. Correspondencia del suceso real con las curvas de distribución de casos aceptables/no aceptables y precisos/no precisos.

Como se puede observar en Gráfica 9, a tenor de la zona de las curvas en que aparece el suceso estudiado, puede concluirse que es probable que ocurra un incidente debido tanto a problemas de precisión como de tiempo. Esto es así ya que para la variabilidad en términos de tiempo aunque el suceso se considera aceptable, está en la frontera entre los sucesos aceptables y no aceptables, por lo que no es de extrañar que aparezcan fallos en el sistema debidos a este indicador.

En términos de precisión, el suceso se considera como “no preciso” al estar en dicha zona de la curva. Por lo tanto, la posibilidad de que aparezcan incidentes o fallos debidos a este fenotipo es grande.

En conclusión, según el modelo FRAM construido, los acontecimientos que se sucedieron durante el día 19 de mayo de 2016 en el sector ZML eran propicios a desarrollar incidentes seguridad operacional, como así ocurrió al no mantenerse la separación mínima requerida entre aeronaves.

7.2 Escenario 2: Transferencia al siguiente sector

7.2.1 Descripción del suceso real

Este incidente ocurrió el 24/04/2012 en la transferencia de la aeronave 1 desde el sector PP2 al sector DDI. Se produjo la pérdida las mínimas de separación establecidas para este tipo de espacio aéreo, siendo la distancia mínima producida de 1.1NM y 800 ft. En el incidente se vieron implicadas dos aeronaves y dos sectores (DDI y PP2). Ambas aeronaves se separaron por la activación de sus avisos TCAS RA.

A continuación se detallan los hechos del caso:

Situación inicial y evolución

La Aeronave 1 volaba la aerovía UM601 en descenso para FL 320 a través de FL 337 en contacto con ACC Madrid. La Aeronave 2 volaba la aerovía UM601 con rumbo opuesto y manteniendo FL 290 en contacto con ACC Barcelona Sector DDI (Figura 19).

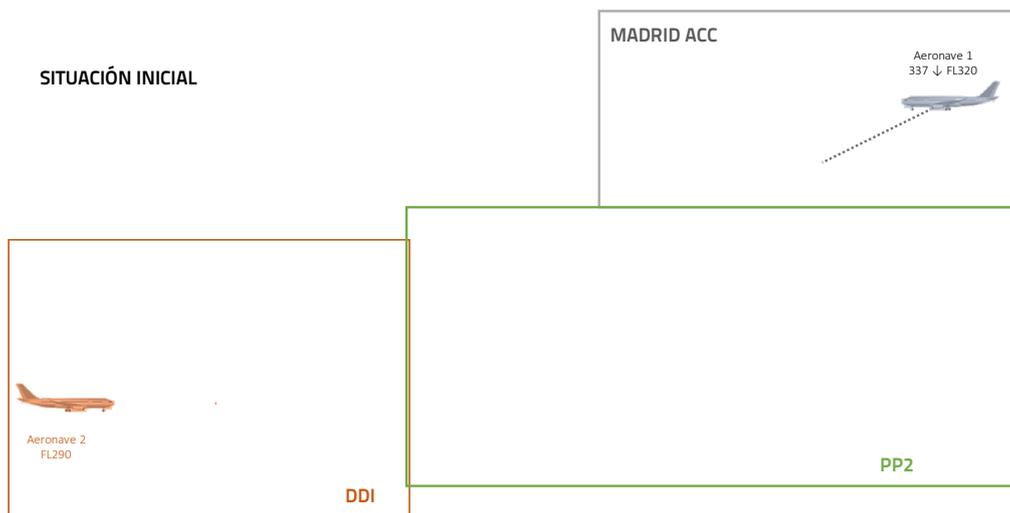


Figura 19. Situación inicial del incidente.

- 06:28:55.- ACC Madrid transfiere a la Aeronave 1 con ACC Barcelona Sector PP2.
- 06:29:17.- La Aeronave 1 notifica a Sector PP2 que se encuentra abandonando FL 330 para FL 320. Seguidamente Sector PP2 autoriza a descender a la Aeronave 1 a FL 310 sin que la Aeronave 1 colacione.

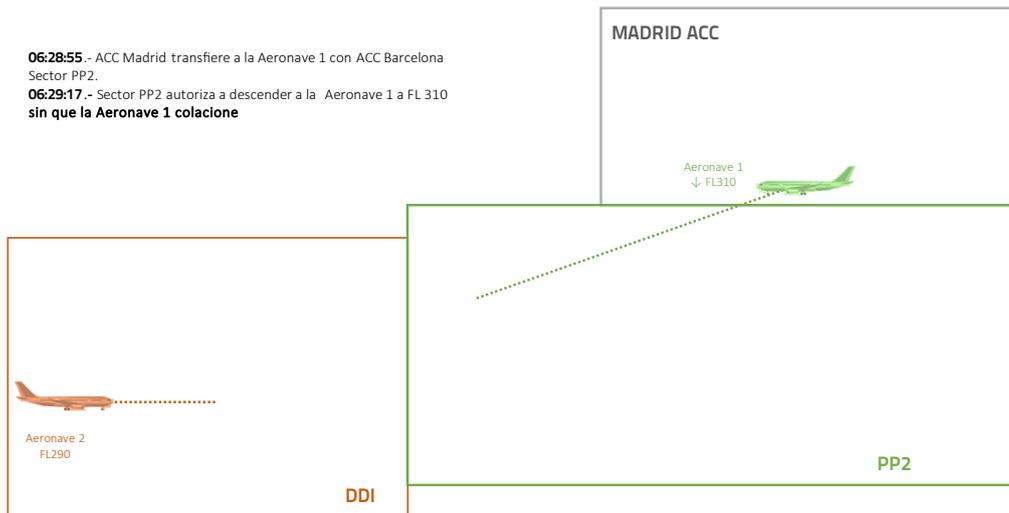


Figura 20. Transferencia de Aeronave 1 a PP2 y primera autorización sin colación de Aeronave 1.

- 06:29:38.- Sector PP2 vuelve a contactar con la Aeronave 1 y la **autoriza a descender a FL 210** transfiriéndola a continuación a la frecuencia de Sector DDI. La Aeronave 1 colaciona correctamente.

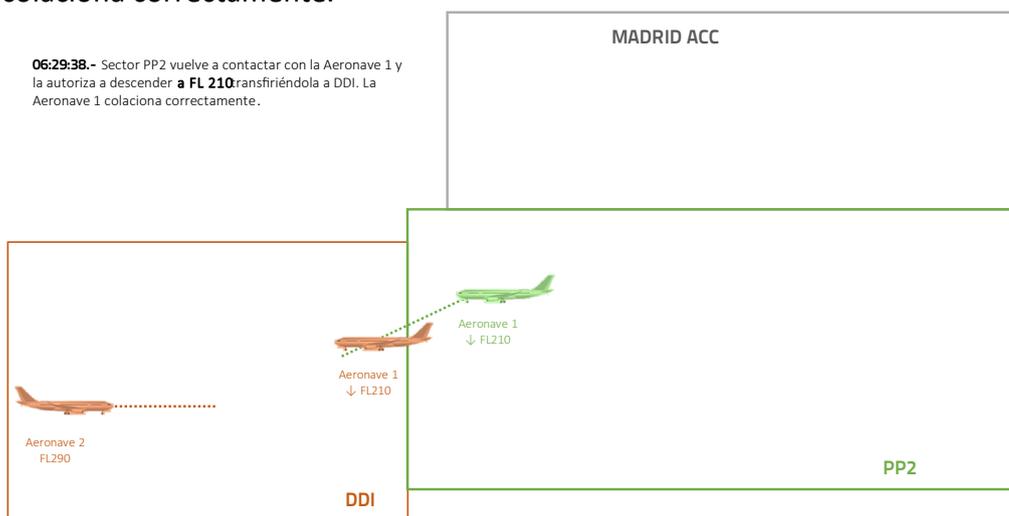


Figura 21. Autorización descenso a FL210 a Aeronave 1.

- 06:30:44.- ACC Barcelona Sector DDI llama a la Aeronave 1. La Aeronave 1 responde informando que se encuentra en descenso para FL 210 a través de FL 300. A continuación, Sector DDI instruye a la Aeronave 1 a detener su descenso a FL 290 debido a un tráfico situado a 10 NM en dirección opuesta respondiendo la Aeronave 1 de manera ininteligible
- 06:30:59.- Sector DDI instruye a la Aeronave 2 a virar de manera inmediata 50º a su derecha debido a un tráfico situado a 8 NM con rumbo opuesto. La Aeronave 2 notifica que está siguiendo un aviso TCAS RA “Descend” e informa segundos más tarde que está libre de tráfico.
- 06:31:47.- Sector DDI informa a la Aeronave 2 que ha sido un malentendido y la autoriza a ascender de nuevo a FL 290.

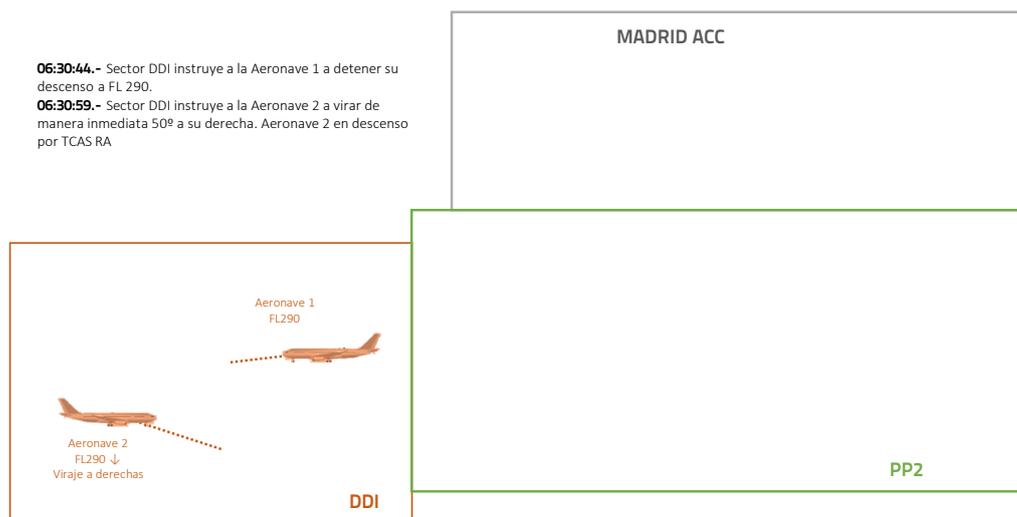


Figura 22. Distancias mínimas de las aeronaves de 1.1NM y 800ft. Aeronaves siguiendo TCAS RA.

Conclusiones del incidente

La conclusión final de la investigación indica que el sector PP2 autorizó inicialmente a la aeronave 1 a descender a FL310, pero no obtuvo colación de la aeronave. Al volver a contactar, autorizó el descenso a FL210 y la transfirió al sector DDI. Además, en la pantalla del sector PP2 aparecía que la aeronave estaba autorizada a FL310, por lo que DDI no fue consciente del descenso real que estaba siguiendo la aeronave 1 hasta que se comunicó con ella.

7.2.2 Analogía con el modelo FRAM

Teniendo en cuenta las acciones que se realizaron por parte del controlador del sector PP2 durante la transferencia de la aeronave al sector siguiente DDI se pueden establecer los parámetros de tiempo y precisión de las funciones que componen el modelo FRAM para el Escenario 2.

Como se ha explicado en el apartado previo, las acciones se sucedieron a tiempo y la transferencia se produjo en el momento estimado. Por ello, todas las funciones involucradas en términos de variabilidad de tiempo tienen un valor de 1 (ver Figura 23).

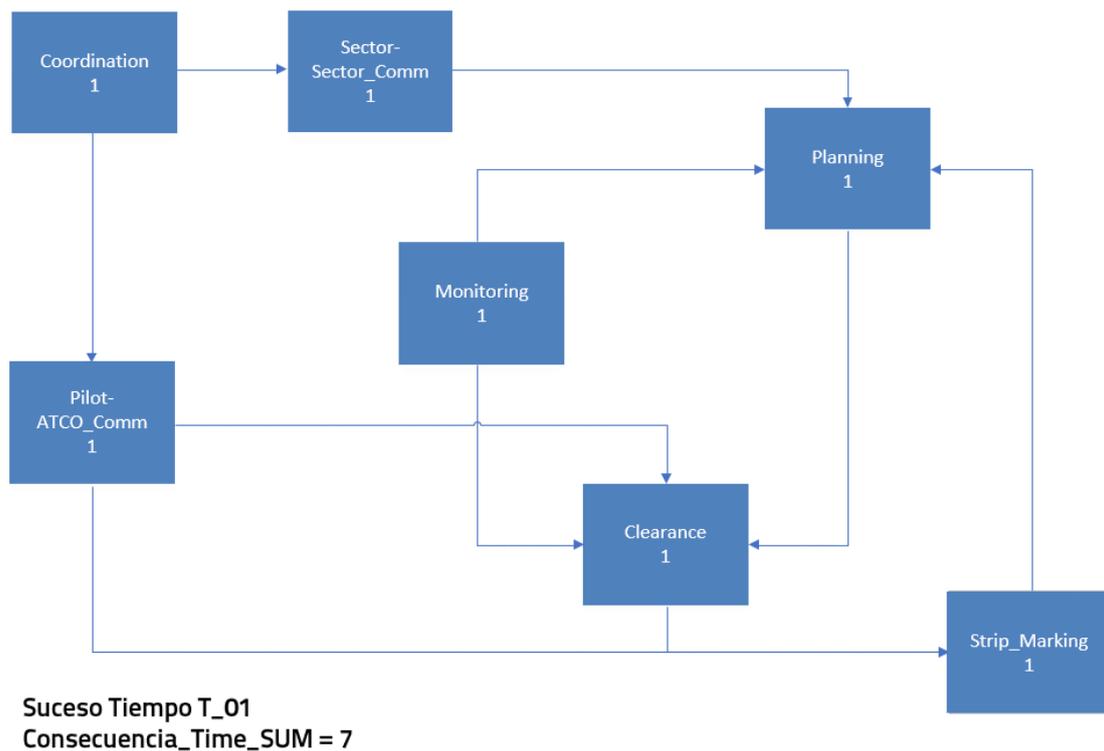


Figura 23. Asignación de estados de tiempo para Verificación del modelo FRAM en Escenario 2.

Esta combinación de parámetros se corresponde con el suceso “Suceso_T_01”, que es la combinación que determina la consecuencia más baja de todas las posibles. El valor de la consecuencia en términos de tiempo es 7.

Sin embargo, en términos de precisión, se considera que todas las funciones del modelo no se hacen de forma precisa, a excepción de la monitorización y la planificación, que son ejecutadas de forma correcta por el controlador del sector.

No obstante, la no colación por parte del piloto a la primera emisión de autorización, y la equivocación en el FL autorizado durante la segunda comunicación con él (la que obtiene respuesta de la aeronave), hacen que tanto la Coordinación, como la comunicación con el piloto y la Autorización dadas no sean precisas, al no corresponderse con lo planificado.

Además, a la hora de actualizar la ficha de vuelo en el sistema, el controlador introduce el primer FL al que autorizó a la aeronave. Por ello, esta acción se considera también no precisa, al haberse rellenado sin tener la colación de la aeronave y no haberse actualizado con la autorización real dada.

En cuanto a la comunicación con el otro sector, se considera también no precisa ya que la transferencia no se hizo según los acuerdos de coordinación entre los sectores y no hubo ninguna notificación al sector siguiente para informar del nuevo FL autorizado.

Por tanto, todas las acciones tienen asignado un valor de precisión de 2, excepto la monitorización y la planificación, cuyo parámetro es 1 (Figura 24).

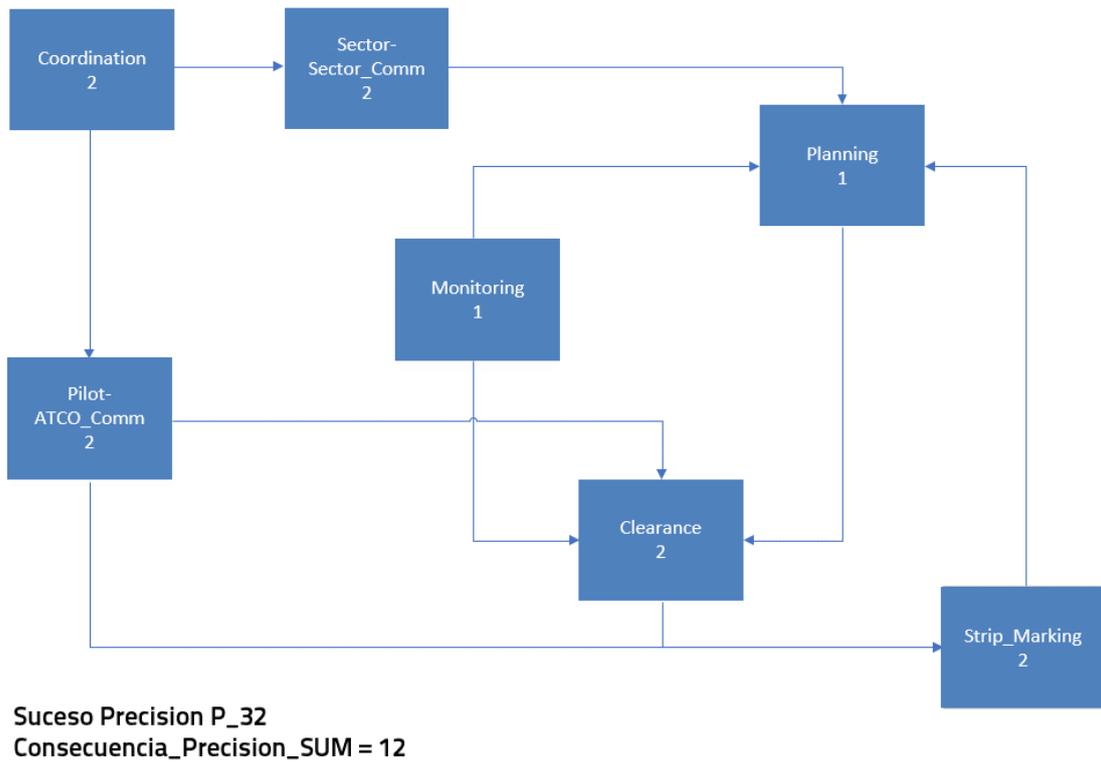
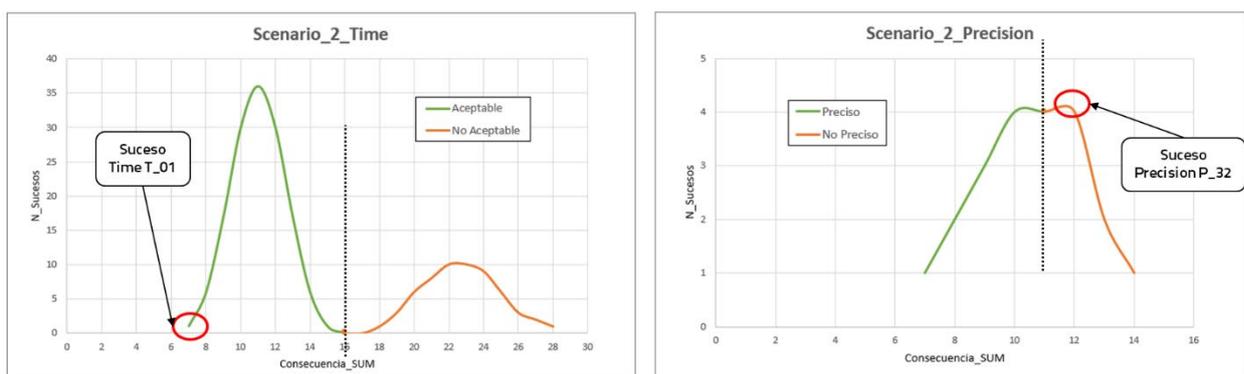


Figura 24. Asignación de estados de precisión para Verificación del modelo FRAM en Escenario 2

Los valores de precisión asignados hacen que el suceso real se corresponda con el “Suceso_P32”, que tiene una consecuencia de 12.

7.2.3 Conclusiones del incidente según modelo FRAM

Al introducir la correspondencia del suceso real con los sucesos FRAM T_01 y P_32 en las curvas de distribución de tiempo y de precisión se obtiene lo siguiente:



Gráfica 10. Correspondencia del suceso real con las curvas de distribución de casos aceptables/no aceptables y precisos/no precisos.

Se observa en la Gráfica 10 que para el fenotipo tiempo, el suceso tiene una consecuencia muy baja, y se ubica por tanto en la parte izquierda de la curva de sucesos aceptables. Esto

quiere decir que la probabilidad de que ocurra un fallo debido a la variabilidad en tiempo es baja según el modelo FRAM.

No obstante, en términos de precisión, el suceso se encuentra en la zona de casos no precisos, y que son susceptibles de tener incidentes de seguridad.

Se puede concluir que según el modelo FRAM, el incidente producido durante la transferencia al sector DDI se debe a un problema de precisión de las acciones del controlador. Esto es debido a que el valor de consecuencia en términos de precisión se encuentra muy cerca del máximo posible, por lo que la contribución a la aparición de incidentes es alta.

Por ello, a pesar de que las acciones se producen a tiempo, los problemas de precisión hacen que el suceso no se perciba como completamente positivo, y pueda tener pérdidas de separación como así ocurrió.



8 CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS

Tras la construcción y análisis del modelo FRAM del trabajo para el caso de transferencia de control de aeronaves en ruta entre sectores, se han podido identificar numerosas consideraciones que resultan interesantes desde el punto de vista de la seguridad operacional en aviación.

En primer lugar, la filosofía de la Safety II permite la mejora continua de los sistemas complejos sin necesidad de que ocurran fallas para establecer barreras de mitigación. Por lo tanto, conocer de forma rigurosa cómo interactúan los elementos involucrados en el vuelo cuando una aeronave cambia de sector de control es esencial para garantizar la seguridad en la navegación aérea. La utilización de modelos como el FRAM permite identificar las interacciones críticas y los posibles riesgos potenciales, lo que permite desarrollar medidas de mitigación para prevenir errores y mejorar la seguridad de la operación.

El modelo FRAM desarrollado en este trabajo, aunque partía del modelo base de Hollnagel (Ref. [9]), aporta nuevos puntos de vista al análisis tales como la consideración de transferencia desde el sector previo y al sector siguiente. El estudio de ambos escenarios permite conocer y tener una visión más clara de las etapas de control que lleva a cabo el controlador, así como comprender los distintos tipos de acoplamiento entre funciones.

Además, se han identificado aquellas funciones que tienen una resonancia elevada en el sistema. Estas funciones tienen una variabilidad en términos de precisión y tiempo que afecta de forma considerable al resto de funciones. Esto ha permitido establecer patrones en la distribución de los sucesos que son factibles de ocurrir.

Se ha analizado también la severidad del modelo a través del parámetro de la consecuencia, que es la suma de los “estados” de tiempo y precisión de las funciones. Este parámetro es un equivalente para la medida de la severidad del modelo y es más “aceptable” cuanto menor es ya que los “estados” de tiempo van de 1 a 4 si la función se realiza a tiempo, con antelación, con retraso o nunca; y para la precisión se les asigna 1 si se realiza de forma precisa y 2 si es imprecisa.

El cálculo de la consecuencia permite agrupar los sucesos que dan lugar un mismo valor de consecuencia para estudiar su distribución. Se ha visto que la distribución de los sucesos es Gaussiana para todos casos y además, que para el indicador del tiempo, la distribución de los sucesos es la superposición de dos curvas Gaussianas.

En las gráficas de distribución pueden identificarse dos zonas: la zona de “sucesos aceptables” donde se concentran los sucesos con mayoría de funciones valores de la variabilidad percibidos como “positivos”, y la de “sucesos no aceptables”, donde abundan los estados percibidos como “negativos” de las funciones. Para la variabilidad de tiempo cada una de las curvas se corresponde con una zona, mientras que para la precisión, la parte derecha de la curva se corresponde con los sucesos “no precisos” y la central e izquierda con los precisos.

En todos los casos, se observa que el porcentaje de ocurrencia de los sucesos “aceptables” es mayor que el de los “no aceptables”.

Sería conveniente para desarrollos futuros de este proyecto el análisis del modelo teniendo en cuenta los sucesos no realistas para la combinación conjunta de los parámetros tiempo y precisión. Por ejemplo, una hipótesis trivial para el futuro filtrado podría ser el considerar que aquellas acciones que no se lleguen a realizar (Time es 4) deben ser imprecisas (Precision es 2). De este modo, la consecuencia del suceso conjunto (Consecuencia total) sería la combinación de la suma de los parámetros de tiempo y precisión de todas las funciones.

El modelo construido ha podido verificarse mediante su comparación con incidentes de seguridad reales. Para los dos incidentes contrastados, se observa que para ambos casos el modelo FRAM construido en el trabajo sí predice probabilidad de ocurrencia de fallo en términos de alguna de las variabilidades. Por lo tanto, de acuerdo modelo FRAM construido, los hechos que desencadenaron los incidentes de seguridad eran propicios a desarrollar fallos, tal y como ocurrió.

En cuanto a las limitaciones del análisis, al no disponer de datos de operación reales, no es posible obtener la probabilidad de ocurrencia de los sucesos, y por tanto no puede estimarse el Riesgo total. Por ello, el análisis del modelo se limita a la evaluación de la severidad o consecuencia del suceso.

En resumen, la aplicación del modelo FRAM de Hollnagel a la transferencia de control de aeronaves puede ayudar a comprender mejor cómo interactúan los componentes del sistema durante esta operación y cómo pueden afectar la seguridad de la operación. Además, la identificación de interacciones críticas del sistema ayuda a tomar medidas para mejorar el sistema y contribuir a la seguridad.

REFERENCIAS

- [1] Abreu Saurin, T., & Patriarca, R. (2020). A taxonomy of interactions in socio-technical systems: A functional perspective. *Applied Ergonomics*, 82(102980), 102980. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102980>
- [2] de Carvalho, P. V. R. (2011). The use of Functional Resonance Analysis Method (FRAM) in a mid-air collision to understand some characteristics of the air traffic management system resilience. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(11), 1482–1498. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2011.05.009>
- [3] DGAC. (2014). CONSOLIDACIÓN Reglamento de Circulación Aérea.
- [4] EASA. Easy Access Rules for Standardised European Rules of the Air (SERA).
- [5] EASA. (2022). Easy Access Rules for Air Traffic Management/Air Navigation Services (Regulation (EU) 2017/373).
- [6] EUROCONTROL (2019). Common format Letter of Agreement between ATS Units.
- [7] EUROCONTROL. ESARR 4: RISK ASSESSMENT AND MITIGATION IN ATM.
- [8] Furniss, D., Nelson, D., Habli, I., White, S., Elliott, M., Reynolds, N., & Sujana, M. (2020). Using FRAM to explore sources of performance variability in intravenous infusion administration in ICU: A non-normative approach to systems contradictions. *Applied Ergonomics*, 86(103113), 103113.
- [9] Hollnagel, Erik & leonhardt, jorg & Macchi, Luigi & Kirwan, Barry. (2009). White Paper on Resilience Engineering (Eurocontrol). 10.13140/RG.2.1.3676.7206.
- [10] Hollnagel, Eric. (2018). FRAM The Functional Resonance Analysis Method. A brief Guide on how to use the FRAM.
- [11] Hollnagel, Erik. (2012). Fram: The functional resonance analysis method. Ashgate Publishing.
- [12] Hollnagel, Erik. (2016). Resilience engineering: A new understanding of safety. *Daehan in'gan Gonghag Hoeji*, 35(3), 185–191. <https://doi.org/10.5143/jesk.2016.35.3.185>
- [13] Hollnagel, Erik, & Fujita, Y. (2013). The fukushima disaster – systemic failures as the lack of resilience. *Nuclear Engineering and Technology*, 45(1), 13–20. <https://doi.org/10.5516/net.03.2011.078>
- [14] Hollnagel, Erik, Woods, D. D., & Leveson, N. G. (Eds.). (2012). Resilience Engineering: Concepts and Precepts. Ashgate Publishing.
- [15] Hollnagel, R. W. A. (2008). Functional modeling for risk assessment of automation in a changing air traffic management environment.
- [16] ICAO. Anexo 11: Servicios de Tránsito Aéreo.

- [17] ICAO. Documento 9859. Manual de Gestión de Seguridad de Operacional de OACI
- [18] Nemeth, C. P. (2016). Resilience engineering perspectives, volume 1: Remaining sensitive to the possibility of failure (Erik Hollnagel, Ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315244396>
- [19] Nemeth, C. P., & Hollnagel, E. (Eds.). (2014). Resilience engineering in practice, volume 2: Volume 2: Becoming resilient. Ashgate Publishing.
- [20] Patriarca, R., Di Gravio, G., Woltjer, R., Costantino, F., Praetorius, G., Ferreira, P., & Hollnagel, E. (2020). Framing the FRAM: A literature review on the functional resonance analysis method. *Safety Science*, 129(104827), 104827. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104827>
- [21] Patriarca, Riccardo, Di Gravio, G., & Costantino, F. (2017). A Monte Carlo evolution of the Functional Resonance Analysis Method (FRAM) to assess performance variability in complex systems. *Safety Science*, 91, 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.07.016>
- [22] Raben, D. C., Viskum, B., Mikkelsen, K. L., Hounsgaard, J., Bogh, S. B., & Hollnagel, E. (2018). Application of a non-linear model to understand healthcare processes: using the functional resonance analysis method on a case study of the early detection of sepsis. *Reliability Engineering & System Safety*, 177, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.res.2018.04.023>
- [23] Salihoglu, E., & Bal Beşikçi, E. (2021). The use of Functional Resonance Analysis Method (FRAM) in a maritime accident: A case study of Prestige. *Ocean Engineering*, 219(108223), 108223. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.108223>
- [24] Woltjer, R., Smith, K., & Hollnagel, E. (2007). Functional modeling and constraint management in command and control: Two microworld studies. *IFAC Proceedings Volumes*, 40(16), 456–461. <https://doi.org/10.3182/20070904-3-kr-2922.00081>

ANEXO 1: ESTUDIO NORMATIVO

A continuación se muestran los artículos de la normativa estudiada y la asignación de funciones del modelo FRAM según la normativa.

Reglamento	Artículos	Actividad/Función	FUNCIONES DEL MODELO
REGLAMENTO 923/22012	Reg. 923/2012 SERA.8005 Operation of air traffic control service	ATS ACEPTANTE DEBE Recibir información FP de aeronave Calcular posiciones relativas Coordinar clearances para evitar conflictos Dar clearances a pilotos Coordinar clearances con otras unidades ATS antes de transferir aeronave o si pudiera haber conflicto con aeronaves de otro sector	MONITORING PLANNING COORDINATION STRIP MARKING FROM PREVIOUS SECTOR PROVIDE MET DATA PROVIDE FLIGHT DATA ISSUE CLEARANCE TO PILOT SECTOR TO SECTOR COMMUNICATION PILOT-ATCO COMMUNICATION
	Reg. 923/2012 SERA.8010 Separation minima	Establecer mínimas de separación equivalentes entre sectores/unidades transferencia para asegurar compatibilidad en la ejecución de la transferencia o para poder adecuar la separación en ambos sectores	COORDINATION OPERATIVE MANUAL LOA ESTABLISHMENT
	Reg. 923/2012 SERA.8015 Air traffic control clearances	Cuando le informe ATC, el piloto debe contactar unidad ATS siguiente para recibir órdenes antes de cambio transferencia (debiendo mantener comunicaciones con la unidad ATS actual hasta ser transferido)	PILOT-ATCO COMMUNICATION ISSUE CLEARANCE TO PILOT
	Reg. 923/2012 Appendix 1 to AMC1 SERA.14001 General	ATC informa piloto de la frecuencia de ATC siguiente que debe contactar en un determinado punto/nivel/etc. ATC informa de que debe mantenerse mientras en la frecuencia actual	PILOT-ATCO COMMUNICATION
	Reg. 923/2012 SERA.14060 Transfer of VHF communications	ATS actual debe advertir a piloto de cambio de frecuencia	PILOT-ATCO COMMUNICATION
RCA	RCA_LibroIII	Establecer puntos de transferencia entre países	LOA COORDINATION

Reglamento	Artículos	Actividad/Función	FUNCIONES DEL MODELO
	RCA_LibroIII 3.3.6. Transferencia de la responsabilidad del control.	Calcular momento de paso por punto de control de aeronave o establecer punto/nivel de transferencia	MONITORING PLANNING TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C
	RCA_LibroIII 3.3.6. Transferencia de la responsabilidad del control.	Acordar punto /nivel de transferencia de un sector a otro si es la misma dependencia	COORDINATION TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C
	RCA_LibroIII 3.3.6.2. coordinación de la transferencia.	La ATC siguiente debe aceptar la transferencia de control La ATS actual debe proveer la información apropiada del plan de vuelo de la transferencia solicitada (si radar o ADS-B será información de posición, si es ADS-C será posición en 4D y otra información) La ATC siguiente debe aceptar el control a no ser que haya un acuerdo previo en la LOA	TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C STRIP MARKING FROM PREVIOUS SECTOR PROVIDE FLIGHT DATA LOA ESTABLISHMENT
	RCA_LibroIII 3.3.6.2. coordinación de la transferencia.	Informar a ATC aceptante del plan de vuelo actualizado (incluyendo datos proporcionados por el tipo de vigilancia que haya)	STRIP MARKING COORDINATION STRIP MARKING FROM PREVIOUS SECTOR
	RCA_LibroIII 3.3.6.2. coordinación de la transferencia.	El ATC aceptante debe indicar que acepta control en las condiciones acordadas y especificar cualquier otra información importante	TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C SECTOR TO SECTOR COMMUNICATION
	RCA_LibroIII 3.3.6.2. coordinación de la transferencia.	La ATC aceptante notifica a la transferidora que se ha comunicado con aeronave (a no ser que tengan otro acuerdo de coordinación) y que asume su control	SECTOR TO SECTOR COMMUNICATION TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C PILOT-ATCO COMMUNICATION
	RCA_LibroIII 3.3.6.2. coordinación de la transferencia.	En la LOA reflejar procedimientos de coordinación	LOA ESTABLISHMENT
	RCA_LibroIII 3.6.2.2.3. Descripción de las	Las comunicaciones entre dependencias podrán proporcionar:	SECTOR TO SECTOR COMMUNICATION

Reglamento	Artículos	Actividad/Función	FUNCIONES DEL MODELO
	instalaciones de comunicaciones .	comunicaciones orales, por enlace de datos, impresas	
	RCA_LibroIII 3.6.2.3. comunicaciones entre regiones de información de vuelo.	Las ATS colindantes tendrán comunicaciones orales directas y datos cuando corresponda	SECTOR TO SECTOR COMMUNICATION
	RCA_LibroIV 4.6.6.2.1. Establecimiento de identificación.	Antes de dar servicio ATS: - Establecer identificación - Informar piloto Durante el servicio ATS : -Mantener identificación hasta finalizar vigilancia (ADS-B; SSR y MLAT; PSR) - si se pierde identificación : informar piloto	MONITORING PILOT-ATCO COMMUNICATION PROVIDE SUR DATA TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C STRIP MARKING FROM PREVIOUS SECTOR PROVIDE FLIGHT DATA UPDATE FPDS
	RCA_LibroIV 4.6.6.3. Transferencia de identificación	Formas de transferir la identificación: - Medios automatizados si hay punto designado - notificando código SSR o dirección aeronave - notificando SSR modo S - notificando que ADS-B y su código	STRIP MARKING FROM PREVIOUS SECTOR PROVIDE FLIGHT DATA PROVIDE SUR DATA
	RCA_LibroIV	No dar guía vectorial a menos que se acerque a 2,5NM del límite del sector ATC	N/A
	RCA_LibroIV	Proveer separación adecuada si el sector adyacente tiene control por procedimientos	N/A
	RCA_LibroIV	Proveer separación adecuada si el sector adyacente tiene control por procedimientos	N/A
	RCA_LibroIV	Favorecer que el tipo de control no cambie de un sector a otro	N/A
	RCA_LibroIV 4.6.7.5. Transferencia de control. SSR y/o ADS-B y/o MLAT	Si hay SSR, y/o ADS-B y/o MLAT habrá transferencia de control sin previa coordinación si: - se indica a la aeronave contactar ATC aceptante	TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C PILOT-ATCO COMMUNICATION SECTOR TO SECTOR

Reglamento	Artículos	Actividad/Función	FUNCIONES DEL MODELO
		<ul style="list-style-type: none"> - al ATC aceptante se le haya presentado la aeronave antes de la transferencia de la identificación, y se haya identificado - existan acuerdos entre ambas dependencias - en la LOA se especifica que el ATC aceptante puede dar por terminada la transferencia de control tras un aviso - el controlador aceptante esté informado continuamente de las instrucciones que está siguiendo la aeronave y que modifiquen su previsión de vuelo para llegar al punto de transferencia 	<p>COMMUNICATION COORDINATION LOA ESTABLISHMENT</p>
	RCA_LibroIV	Determinar separación mínima según condiciones antes de la transferencia	N/A
	RCA_LibroIV	Transferencia silenciosa de aeronave si existe acuerdo bilateral, hay separación mínima acordada	<p>COORDINATION TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C</p>
	RCA_LibroIV	<p>Esquema de coordinación para transferencia de control:</p> <ul style="list-style-type: none"> - notificar al piloto - coordinar condiciones con ATC aceptante - coordinar con transferidora para aceptar condiciones de transferencia - transferir control 	<p>PILOT-ATCO COMMUNICATION COORDINATION TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C</p>
	RCA_LibroIV	Transmitir información del vuelo a la dependencia aceptante con actualización y anticipación suficiente a la transferencia	<p>PROVIDE FLIGHT DATA COORDINATION STRIP MARKING FROM PREVIOUS SECTOR</p>
	RCA_LibroIV	<p>La responsabilidad de control se transmite en el momento de cruce del límite de sectores o en el punto acordado</p> <ul style="list-style-type: none"> - notificar a dependencia aceptante que la aeronave 	<p>TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C</p>

Reglamento	Artículos	Actividad/Función	FUNCIONES DEL MODELO
		está en condiciones de ser transferida	
	RCA_LibroIV	La transferencia de comunicaciones se hará 5 mínima antes de la hora prevista de paso por el límite de las dependencias (a no ser que acuerden otra cosa) No se requerirá que la dependencia aceptante notifique a la transferidora que ha establecido comunicaciones por radio y que asume el control	TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C
373/2017	ATS.OR.150 Transfer of responsibility for control and transfer of communications	Los ATS deben aplicar procedimientos de transferencia de control y comunicaciones en LOAs y manuales operativos	LOA ESTABLISHMENT OPERATIVE MANUAL OF ACC
	GM2 transfer of communication	(a y b) Las comunicaciones se transfieren inmediatamente despues de que la ATS aceptante haya acordado asumir el control si la separación minima se base en sistema de vigilancia radar, ADS-b o MLAT, o en estela turbulenta). En el resto de casos las comunicaciones se transfieren 5 mínima antes del momento de paso estimado por el límite del sector (d) La ATS aceptante debe notificar a ATS 1 si no se establece comunicación con piloto (E) En sectores con tiempos de paso muy pequeños, la ATS de dicho sector debe estar informada en todo momento de la situación de la aeronave para separarla del tráfico bajo su responsabilidad	TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C SECTOR TO SECTOR COMMUNICATION MONITORING
	ATS.OR.435 Aeronautical	Debe asegurarse que las comunicaciones entre	SECTOR TO SECTOR COMMUNICATION

Reglamento	Artículos	Actividad/Función	FUNCIONES DEL MODELO
	fixed service (ground-ground communications) – communication within a flight information region	dependencias no tarden más de 15seg en llevarse a cabo	
	ATS.OR.440 Aeronautical fixed service (ground-ground communications) – communication between flight information regions	Debe asegurarse que las comunicaciones entre dependencias no tarden más de 15seg en llevarse a cabo	SECTOR TO SECTOR COMMUNICATION
	ATS.TR.155 ATSSurveillance services	Los procedimientos de transferencia deben tener en cuenta el tipo de vigilancia existente	PROVIDE SUR DATA
	AMC1 ATS.TR.155(c)(1) ATSSurveillance services	La identificación y transferencia de aeronave puede ser mediante: ADS-b; SSR o MLAT; PSR	MONITORING PROVIDE SUR DATA
	AMC3 ATS.TR.155(c)(1) ATSSurveillance services	Transferencia de la identificación - Cuando ATS 2 pueda vigilar aeronave al estar dentro de su cobertura de vigilancia - Métodos de transferencia de identificación por distintos medios	MONITORING PROVIDE SUR DATA
	GM1 to AMC3 ATS.TR.155(c)(1) ATSSurveillance services	Transferencia de la identificación - Cuando se haga la identificación indicando con el dedo directamente deben tenerse en cuenta posibles errores - Cuando se haga referenciando la aeronave a algún punto, o referencia de navegación, deben tenerse en cuenta aeronaves cercanas y ineficiencias del sistema radar	PROVIDE FLIGHT DATA PROVIDE SUR DATA
	AMC1 ATS.TR.155(c)(2)	La aeronave debería ser informada de su posición en	N/A

Reglamento	Artículos	Actividad/Función	FUNCIONES DEL MODELO
	ATSsurveillance services	la transferencia de la identificación	
	AMC1 ATS.TR.155(c)(3) ATSsurveillance services	No deberían darse guías vectoriales si el avión está cerca del límite o si la separación mínima es mayor de 5NM	N/A
	AMC1 ATS.TR.155(c)(6) ATSsurveillance services	Transferencia de control debería hacerse para permitir prestación ininterrumpida de servicios ATS	TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C
	AMC1 ATS.TR.155(c)(6) ATSsurveillance services	Si ADS-B, MLAT o SSR la transferencia de control se hace previa coordinación si: -el plan de vuelo esta actualizado -la cobertura de vigilancia de sector 2 engloba aeronave - si se establecen comunicaciones en los 2 sentidos entre las unidades ATS - el punto o puntos de transferencia y todas las demás condiciones de aplicación se hayan dado instrucciones específicas o incluidas en la LOA a la aeronave - las instrucciones o LOA especifique que la acción de transferencia finaliza con un preaviso acordado - el ATS 2 esté al tanto de las instrucciones de la aeronave antes de la transferencia	UPDATE FPDS MONITORING SECTOR TO SECTOR COMMUNICATION COORDINATION PROVIDE SUR DATA TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C
	AMC1 ATS.TR.155(c)(6) ATSsurveillance services	Las mínimas de separación de cada sector determinan la operación	COORDINATION
	GM1 to AMC1 ATS.TR.155(c)(6) ATSsurveillance services	Se puede evitar el uso de comunicaciones bidireccionales si se especifica en el acuerdo, se cumplen unas mínimas determinadas entre aeronaves	N/A

Reglamento	Artículos	Actividad/Función	FUNCIONES DEL MODELO
	GM1 ATS.TR.210(d) Operation of air traffic control service	El ATS 2 debe asegurarse una separación adecuada antes de aceptar el control El ATS 1 debe asegurar que la aeronave a transferir está separada correctamente antes de que llegue a los límites del sector o al punto d transferencia	STRIP MARKING FROM PREVIOUS SECTOR COORDINATION MONITORING PLANNING
	ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control	La responsabilidad de control se transfiere en el límite del sector, o en el punto o momento acordado	TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C
	ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control	Coordinación de la transferencia control: - ATS 2 debe consentir - ATS 1 informa del plan de vuelo y otra información importante - debe incluirse la información relativa a la posición para usarla en los sistemas de vigilancia (si es ADS-C, debe incluirse información 4D) - el ATS 2 debe indicar que acepta control en los términos indicados o no indicar nada si la LOA así lo dice - el ATS 2 no notifica al ATS 1 que ha establecido comunicación con la aeronave y asume su control (a no ser que se especifique que sí en la LOA) - uso de fraseología normalizada	COORDINATION UPDATE FPDS MONITORING LOA ESTABLISHMENT SECTOR TO SECTOR COMMUNICATION PROVIDE FLIGHT DATA TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C
	GM1 ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control	Transferencia de control debe incluir: - notificación del vuelo - coordinación de las condiciones de transferencia y aceptación de la transferencia de control si se indica en LOA - transferencia de control Deberían establecerse	COORDINATION TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C STRIP MARKING FROM PREVIOUS SECTOR

Reglamento	Artículos	Actividad/Función	FUNCIONES DEL MODELO
		<p>procedimientos normalizados para la coordinación y transferencia para reducir las transmisiones orales</p>	
	<p>AMC1 ATS.TR.230(a) Transfer of responsibility for control</p>	<p>La responsabilidad de control se transfiere en el límite del sector, o en el punto acordado o momento acordado</p> <p>Si se especifica en la LOA, la ATS debe notificar a la ATS 2 que la aeronave está lista para ser transferencia, y especificar que la responsabilidad de control debe ser asumida por la ATS 2 en el momento de cruzar el límite o punto acordado</p> <p>Si el punto /hora de transferencia no es inmediato, la ATS 2 no debe modificar la autorización de la aeronave sin aprobación de ATS 1</p> <p>Si se usa la transferencia de comunicaciones para transferir una aeronave, la responsabilidad de control no debe transferirse hasta el punto/momento de transferencia especificado en las LOAs</p>	<p>TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C TRANSFER OF COMMUNICATION COORDINATION SECTOR TO SECTOR COMMUNICATION</p>
	<p>AMC1 ATS.TR.230(b)(2) Transfer of responsibility for control</p>	<p>La ATS debe enviar la información del Plan de Vuelo e información de control necesario con tiempo suficiente para que ATS 2 analice datos y coordine</p>	<p>UPDATE FPDS STRIP MARKING STRIP MARKING FROM PREVIOUS SECTOR TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C</p>
	<p>ATS.TR.235 ATC clearances</p>	<p>Las autorizaciones ATC se basa en requisitos del ATS Una autorización ATC debe comprender: identificación aeronave, limite autorización nivel de vuelo, instrucción de ATFM, cambios en la</p>	<p>ISSUE CLEARANCE TO PILOT PILOT-ATCO COMMUNICATION</p>

Reglamento	Artículos	Actividad/Función	FUNCIONES DEL MODELO
		autorización en relación con la ruta o nivel	
	ATS.TR.235 ATC clearances	Coordinación de autorizaciones: deben ser coordinadas	COORDINATION ISSUE CLEARANCE TO PILOT PILOT-ATCO COMMUNICATION STRIP MARKING
1032/2006	Article 5	Las condiciones de transferencia acordadas son vinculantes a menos que se derogue o revise	COORDINATION TRANSFER A/C FROM PREVIOUS SECTOR ACCEPT CONTROL OF A/C
	Article 5	Si no se revisan esas condiciones, la ATS 1 comienza comunicaciones verbales	COORDINATION
	System requirements	Sistema capaz de recibir, almacenar, procesar y entregar información del vuelo para visualización y transmisión automática de información	N/A
	System requirements	El proceso de notificación comienza de nuevo si el código SSR o punto de transferencia varía	N/A
	Initial coordination 2.2.6	Confirmar a la ATS 1 que el vuelo está coordinado	COORDINATION
	Initial coordination 2.2.7	Si los requisitos de coordinación inicial no se cumplen, no finaliza la coordinación inicial y se avisa a ATS 1	COORDINATION
	Revision of coordination	Revisar la coordinación si cambia el punto de transferencia o nivel o identificación de aeronave	COORDINATION
	Revision of coordination	ATS 2 confirma la revisión de la coordinación a la ATS 1 para finalizar revisión	COORDINATION
	Revision of coordination	La no confirmación de la finalización de la revisión del proceso de coordinación, dentro de los requisitos de calidad de servicio aplicables, dará lugar a una advertencia en el puesto de trabajo responsable de la coordinación del vuelo	COORDINATION

Reglamento	Artículos	Actividad/Función	FUNCIONES DEL MODELO
		dentro de la dependencia de transferencia.	
	Revision of coordination	La revisión del proceso de coordinación se inhibirá una vez que el vuelo se encuentre a una hora/distancia acordada bilateralmente del punto de transferencia de control, de conformidad con las cartas de acuerdo.	COORDINATION
	THE ABROGATION OF COORDINATION	La finalización de la anulación del proceso de coordinación, incluida la confirmación de la dependencia receptora, se facilitará a la dependencia de transferencia	COORDINATION
	THE ABROGATION OF COORDINATION	Si no se confirma la finalización del proceso de anulación de la coordinación, dentro de los requisitos aplicables de calidad del servicio, se enviará un aviso al puesto de trabajo responsable de la coordinación del vuelo dentro de la dependencia de transferencia.	COORDINATION

ANEXO 2: FUNCIONES DEL MODELO

En la siguiente tabla se resumen la definición de las funciones y la normativa correspondiente:

FUNCIÓN FRAM	DESCRIPCIÓN	NORMATIVA
LOA establishment	Definir punto de transferencia o nivel y modo Acordar punto /nivel de transferencia de un sector a otro si es la misma dependencia	RCA_LibroIII 3.3.6.2. Coordinación de la transferencia. RCA_LibroIV 4.6.7.5. Transferencia de control. SSR y/o ADS-B y/o MLAT ATS.OR.150 Transfer of responsibility for control and transfer of communications ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control Reg. 923/2012 SERA.8010 Separation minima
Operative Manual of ACC	Establecer procedimientos de coordinación y comunicación Establecer procedimientos internos operativos y mínimas de separación	Reg. 923/2012 SERA.8010 Separation minima 373 ATS.OR.150 . Transfer of responsibility for control and transfer of communications
Strip marking from previous sector	Recibir las fichas de evolución de vuelo del sector previo con las autorizaciones de la aeronave	Reg. 923/2012 SERA.8005 Operation of air traffic control service RCA_LibroIII 3.3.6.2. Coordinación de la transferencia. RCA_LibroIV 4.6.6.2.1. Establecimiento de identificación. RCA_LibroIV 4.6.6.3. Transferencia de identificación GM1 ATS.TR.210(d) Operation of air traffic control service GM1 ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control AMC1 ATS.TR.230(b)(2) Transfer of responsibility for control
Provide MET Data	Recibir información meteorológica actualizada	Reg. 923/2012 SERA.8005 Operation of air traffic control service
Provide Flight Data	Se recibe con la suficiente anticipación la información del Plan de vuelo Se recibe la identificación aeronave (se transmite notificando el código SSR o ADS-B)	Reg. 923/2012 SERA.8005 Operation of air traffic control service RCA_LibroIII 3.3.6.2. Coordinación de la transferencia. RCA_LibroIV 4.6.6.2.1. Establecimiento de identificación. RCA_LibroIV 4.6.6.3. Transferencia de identificación GM1 to AMC3 ATS.TR.155(c)(1) ATS surveillance services ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control



FUNCIÓN FRAM	DESCRIPCIÓN	NORMATIVA
Provide SUR Data	<p>(se debe asegurar que la aeronave está dentro de la cobertura de la dependencia siguiente)</p> <p>Recibir información de vigilancia (si la cobertura es radar o ADS-B contiene posición 3D y si es si ADS-C se incluye posición en 4D y otra información)</p>	<p>RCA_LibroIV 4.6.6.2.1. Establecimiento de identificación. RCA_LibroIV 4.6.6.3. Transferencia de identificación ATS.TR.155 ATS surveillance services AMC1 ATS.TR.155(c)(1) ATS surveillance services AMC3 ATS.TR.155(c)(1) ATS surveillance services GM1 to AMC3 ATS.TR.155(c)(1) ATS surveillance services AMC1 ATS.TR.155(c)(6) ATS surveillance services</p>
Update FPDS	<p>Se actualiza la información mostrada en la pantalla del controlador</p>	<p>RCA_LibroIV 4.6.6.2.1. Establecimiento de identificación. AMC1 ATS.TR.155(c)(6) ATS surveillance services ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control AMC1 ATS.TR.230(b)(2) Transfer of responsibility for control</p>
Coordination	<p>Coordinar punto/nivel de transferencia y autorizaciones a emitir a la aeronave</p> <p>Notificar a la dependencia transferidora que se establece comunicación con aeronave (a no ser que en LoA se especifique otra cosa)</p> <p>Informar de cambios en las condiciones de transferencia para volver a iniciar el procedimiento o anularlo</p>	<p>Reg. 923/2012 SERA.8005 Operation of air traffic control service Reg. 923/2012 SERA.8010 Separation minima RCA_LibroIII 3.3.6. Transferencia de la responsabilidad del control. RCA_LibroIII 3.3.6.2. Coordinación de la transferencia. RCA_LibroIV 4.6.7.5. Transferencia de control. SSR y/o ADS-B y/o MLAT RCA_LibroIV AMC1 ATS.TR.155(c)(6) ATS surveillance services GM1 ATS.TR.210(d) Operation of air traffic control service ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control GM1 ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control AMC1 ATS.TR.230(a) Transfer of responsibility for control ATS.TR.235 ATC clearances Reg 1032/2006</p>



FUNCIÓN FRAM	DESCRIPCIÓN	NORMATIVA
<p>PILOT- ATCO communication</p>	<p>Establecer comunicación con aeronave Informar a piloto (frecuencia del siguiente sector, posición durante la transferencia de control, etc.)</p>	<p>Reg. 923/2012 SERA.8005 Operation of air traffic control service Reg. 923/2012 SERA.8015 Air traffic control clearances Reg. 923/2012 Appendix 1 to AMC1 SERA.14001 General Reg. 923/2012 SERA.14060 Transfer of VHF communications RCA_LibroIII 3.3.6.2. Coordinación de la transferencia. RCA_LibroIV 4.6.6.2.1. Establecimiento de identificación. RCA_LibroIV 4.6.7.5. Transferencia de control. SSR y/o ADS-B y/o MLAT ATS.TR.235 ATC clearances</p>
<p>SECTOR to SECTOR communication</p>	<p>(las comunicaciones entre dependencias pueden ser: orales, de datos, impresas) Establecer comunicación al menos 5 min antes del momento calculado de paso por el punto de transferencia/limite sector para informar de autorizaciones dadas Notificar si ATS aceptante no se establece comunicación con piloto Transmitir identificación aeronave</p>	<p>Reg. 923/2012 SERA.8005 Operation of air traffic control service RCA_LibroIII 3.3.6.2. Coordinación de la transferencia. RCA_LibroIII 3.6.2.2.3. Descripción de las instalaciones de comunicaciones. RCA_LibroIII 3.6.2.3. Comunicaciones entre regiones de información de vuelo. RCA_LibroIV 4.6.7.5. Transferencia de control. SSR y/o ADS-B y/o MLAT GM2 transfer of communication ATS.OR.435 Aeronautical fixed service (ground-ground communications) – communication within a flight information region ATS.OR.440 Aeronautical fixed service (ground-ground communications) – communication between flight information regions AMC1 ATS.TR.155(c)(6) ATS surveillance services ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control AMC1 ATS.TR.230(a) Transfer of responsibility for control</p>



FUNCIÓN FRAM	DESCRIPCIÓN	NORMATIVA
<p>Transfer A/C from previous sector</p>	<p>La aeronave se transfiere en momento calculado en que sobrevuela el PUNTO de Transferencia (TP) Las comunicaciones con la aeronave se transfieren también en ese momento y no antes porque existe vigilancia radar</p>	<p>RCA_LibroIII 3.3.6.2. Coordinación de la transferencia. RCA_LibroIV 4.6.6.2.1. Establecimiento de identificación. RCA_LibroIV 4.6.7.5. Transferencia de control. SSR y/o ADS-B y/o MLAT GM2 transfer of communication AMC1 ATS.TR.155(c)(6) ATS surveillance services AMC1 ATS.TR.155(c)(6) ATS surveillance services ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control GM1 ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control AMC1 ATS.TR.230(a) Transfer of responsibility for control AMC1 ATS.TR.230(b)(2) Transfer of responsibility for control Reg 1032/2006</p>
<p>Accept control of A/C</p>	<p>Aceptar transferencia de control de aeronave en condiciones acordadas en el punto de transferencia (a no ser que LoA especifique otra cosa) La responsabilidad de control recae sobre el sector</p>	<p>RCA_LibroIII 3.3.6. Transferencia de la responsabilidad del control. RCA_LibroIII 3.3.6.2. Coordinación de la transferencia. RCA_LibroIV 4.6.6.2.1. Establecimiento de identificación. RCA_LibroIV 4.6.7.5. Transferencia de control. SSR y/o ADS-B y/o MLAT RCA_LibroIV GM2 transfer of communication AMC1 ATS.TR.155(c)(6) ATS surveillance services AMC1 ATS.TR.155(c)(6) ATS surveillance services ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control GM1 ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control AMC1 ATS.TR.230(a) Transfer of responsibility for control AMC1 ATS.TR.230(b)(2) Transfer of responsibility for control Reg 1032/2006</p>



FUNCIÓN FRAM	DESCRIPCIÓN	NORMATIVA
Monitoring	Establecer identificación y mantener identificación de aeronave hasta finalizar vigilancia calcular posición relativa de la aeronave determinar hora de paso por punto de transferencia Monitorear posición de la aeronave y separación con otras	Reg. 923/2012 SERA.8005 Operation of air traffic control service RCA_LibroIII 3.3.6. Transferencia de la responsabilidad del control. RCA_LibroIV 4.6.6.2.1. Establecimiento de identificación. GM2 transfer of communication AMC1 ATS.TR.155(c)(1) ATS surveillance services AMC3 ATS.TR.155(c)(1) ATS surveillance services AMC1 ATS.TR.155(c)(6) ATS surveillance services GM1 ATS.TR.210(d) Operation of air traffic control service ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control
Planning	Calcular la posición de la aeronave y posición futura Planificar el momento de paso por el TP	Reg. 923/2012 SERA.8005 Operation of air traffic control service RCA_LibroIII 3.3.6. Transferencia de la responsabilidad del control. GM1 ATS.TR.210(d) Operation of air traffic control service
Issue clearance to pilot	Notificar a aeronave la autorización (p.e. cambio de nivel) Dar guías vectoriales (no se darán cuando la aeronave esté cerca del límite del sector a no ser que se incumplan mínimas de separación) (Fraseología estándar con colación: la autorización contiene identificación aeronave, límite de la autorización, nivel de vuelo, instrucción de ATFM, cambios en la autorización en relación con la ruta o nivel)	Reg. 923/2012. SERA.8005 Operation of air traffic control service Reg. 923/2012. SERA.8015 Air traffic control clearances ATS.TR.235 ATC clearances



FUNCIÓN FRAM	DESCRIPCIÓN	NORMATIVA
<p>Strip marking</p>	<p>Se escribe en las fichas de evolución del vuelo las autorizaciones emitidas a la aeronave actualizando su plan de vuelo</p>	<p>Reg. 923/2012 SERA.8005 Operation of air traffic control service RCA_LibroIII 3.3.6.2. Coordinación de la transferencia. RCA_LibroIII 3.3.6.2. Coordinación de la transferencia. RCA_LibroIV 4.6.6.2.1. Establecimiento de identificación. RCA_LibroIV 4.6.6.3. Transferencia de identificación GM1 ATS.TR.210(d) Operation of air traffic control service GM1 ATS.TR.230 Transfer of responsibility for control AMC1 ATS.TR.230(b)(2) Transfer of responsibility for control ATS.TR.235 ATC clearances</p>