



Universidad Europea MADRID

Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica
Año académico 2023-2024

Trabajo de fin de máster

“Análisis e implementación de una
propuesta de torres de control remotas
en los aeropuertos de La Gomera y De
El Hierro’

Ana Blázquez López

Advisor: Pablo López Delgado
Madrid, 2024



This work is licensed under Creative Commons **Attribution – Non Commercial – Non Derivatives**

RESUMEN

Con el paso del tiempo el tráfico aéreo ha ido evolucionando y, con ello, las tecnologías empleadas para lograr conseguir dicho incremento. Las torres de control remotas son por tanto una innovación significativa en términos de gestión del tráfico aéreo. Su puesta en funcionamiento posibilita la oferta de nuevas rutas, el incremento de la seguridad operacional, reducción de costes operativos,...

A lo largo de este proyecto se expondrá una propuesta de estudio sobre la implementación de dos torres de control remotas en los aeropuertos de la Gomera y De El Hierro, dos aeropuertos con baja densidad de tráfico aéreo y, que cuentan actualmente con un servicio de información en vuelo (mas conocido como AFIS). Ambos aeropuertos serán controlados desde el centro de control localizado en el aeropuerto de las Palmas siguiendo un modo de operación múltiple.

No obstante, antes de decidir el caso de estudio de este trabajo se ha realizado una investigación sobre la infraestructura y sistemas con los que cuentan las torres de control remotas (capítulo 3), algunos ejemplos de los países donde se está empleando dicha tecnología (capítulo 2), la descripción de los diferentes modos de operación y un breve análisis con el que detallar más adelante la viabilidad del proyecto (capítulo 3). En este último se va a detallar una matriz de riesgos que será empleada en el transcurso del documento ya que nos va a ayudar a identificar aquellos aspectos a evaluar y evolucionar consiguiendo así mejorar la calidad y robustez del trabajo.

Por otro lado, aunque dicho trabajo se base en una propuesta, se ha elaborado un plan de despliegue y de implementación con lo que el estudio del marco normativo es esencial en el proyecto (capítulo 4). Debido a esto se verán aquellos documentos necesarios de abordar por parte del operador del aeródromo para lograr conseguir las certificaciones y licencias necesarias antes de su implementación.

Una vez obtenida la base teórica se describe y detalla en profundidad el caso de estudio. Se han seleccionado dos ubicaciones donde instalar las torres para llevar a cabo la propuesta además de detallar cada uno de los equipos necesarios en ambas. Con ello se aborda el tema de la elección del centro de control junto con el plan de despliegue necesario y los costes aproximados del proyecto. Por último, se resumen las conclusiones del estudio haciendo hincapié en los riesgos detectados y evaluados a lo largo del trabajo.

Palabras clave: Control de tránsito aéreo (ATC), Gestión del Tráfico Aéreo, Aeródromo, Automatic Flight Information Service (AFIS), modo múltiple, sistemas de navegación, condiciones meteorológicas, seguridad, planificación.

EXECUTIVE SUMMARY

Over time, air traffic has evolved and, with it, the technologies used to achieve this increase. Remote control towers are therefore a significant innovation in terms of air traffic management. Their implementation makes it possible to offer new routes, increase operational safety, reduce operating costs,...

Throughout this project, a study proposal will be presented on the implementation of two remote control towers at the airports of La Gomera and El Hierro, two airports with low air traffic density, which currently have an in-flight information service (better known as AFIS). Both airports will be controlled from the control center located at Las Palmas airport following a “multiple operation mode”.

However, before deciding on the case study for this work, research was carried out on the infrastructure and systems available for remote control towers (chapter 4), some examples of countries where this technology is being used (chapter 2), a description of the different modes of operation and a brief analysis to further detail the feasibility of the project (chapter 3). In the latter, a risk matrix will be detailed, which will be used throughout the document as it will help us to identify those aspects to be evaluated and evolve, thus improving the quality and robustness of the work.

On the other hand, although this work is based on a proposal, a deployment and implementation plan has been elaborated, so the study of the regulatory framework is essential in the project (chapter 4). Due to this, the necessary documents to be addressed by the airfield operator in order to obtain the necessary certifications and licenses prior to implementation will be discussed.

Once the theoretical basis has been obtained, the case study is described and detailed in depth. Two locations have been selected where to install the towers to carry out the proposal in addition to detailing each of the necessary equipment in both. This addresses the issue of the choice of the control center along with the necessary deployment plan and the approximate costs of the project. Finally, the conclusions of the study are summarized, emphasizing the risks detected and evaluated throughout the work.

Keywords: ATC, Air traffic Management, Airport, AFIS, multiple mode, navigation systems, weather conditions, safety , planning .

DEDICATORIA

A mis padres, por el apoyo incondicional y por enseñarme la importancia de la disciplina y del esfuerzo diario.

A mi hermana Blanca, por enseñarme, cuidarme y por estar siempre ahí.

A mis compañeros del máster, por acompañarme en este breve camino educativo de dos años que concluyo con esta tesis.

A mi tutor, por dedicarme su tiempo y por su ayuda.

"La clave consiste en valorar las pequeñas cosas de la vida y en disfrutar del camino que lleva a lo que este mundo considera grande."

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Contextualización del estudio	1
1.2. Importancia y necesidad	2
1.3. Alcance del proyecto y motivación	2
1.4. Objetivos.	3
1.5. Estructura del documento	3
1.6. Justificación.	4
2. ESTADO DEL ARTE	5
2.1. Torres de control remotas: Sistemas e infraestructura actual	6
2.1.1. Personal	7
2.1.2. Finalidad de dicha tecnología	7
2.2. Torres de control remotas en Europa	8
2.2.1. Reino Unido	10
2.2.2. Alemania	10
2.2.3. Noruega	12
2.2.4. Suecia	13
3. MARCO TEÓRICO	14
3.1. Sistemas y equipos para la implantación de torres de control remotas	14
3.1.1. Sistemas de vigilancia visuales	15
3.1.2. Lámpara de señalización (Signalling lamp)	18
3.1.3. Comunicaciones	18
3.1.4. Información meteorológica	19
3.1.5. Gestión de los activos del aeródromo.	19
3.1.6. Sistemas de grabación de voz y de datos.	19
3.2. Diseño e implantación de las torres de control remotas en el entorno aeroportuario	19
3.3. Modos de operación de las torres de control.	21

3.4. Análisis Funcional. Pros y contras de la tecnología de torres de control remotas	24
3.4.1. Comparación con las torres de control convencionales	25
3.4.2. Amenazas y oportunidades	26
3.4.3. Análisis de riesgos	28
4. NORMATIVA Y REGULACIONES	32
4.1. Normativa/Regulaciones.	32
4.1.1. Organismos Reguladores	33
4.2. Iniciativas y documentos a estudio	36
5. PROPUESTA DE TORRES REMOTAS	38
5.1. Caso de estudio I: Propuesta de torre de control remotas en los aeropuertos de La Gomera y del Hierro	38
5.1.1. Análisis de viabilidad	40
5.1.2. Determinación de las necesidades aeroportuarias de los aeropuertos de La Gomera y del Hierro	45
5.1.3. Selección de ubicación para las torres remotas	49
5.1.4. Diseño y equipamiento	55
5.1.5. Fase de validación	57
6. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	60
6.1. Implementación del escenario.	60
6.2. Comprobación de la propuesta final de estudio	62
6.3. Plan de despliegue	62
6.3.1. Capacitación y gestión del personal	67
6.3.2. Coordinación con autoridades y reguladores	68
6.4. Costos de implementación.	68
6.4.1. Comparativa del beneficio económico de las torres de control remotas frente a las convencionales.	70
7. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.	72
7.1. Evaluación del impacto medioambiental.	72
8. CONCLUSIONES	74
8.1. Conclusiones y recomendaciones.	74
8.2. Próximos pasos.	75

BIBLIOGRAPHY.	77
A. ANEXO A.	79
B. ANEXO B.	82

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Vista de los sistemas disponibles en un centro de control remoto. Disponible en: https://www.aviationtoday.com/2019/03/14 . [Accedido el 2 de febrero de 2024]	7
2.2	Torres de control remotas en el mundo. Disponible en: https://www.expansion.com/empresas/transporte/2020/11/29/5fc41aba468aeb13368b45fe.html . [Accedido el 23 de enero de 2024]	9
2.3	Vista del sistema de cámaras en el aeropuerto de Saarbrucken (EDDR). Disponible en: https://www.dfs.de/homepage/en/media/press/2022/28-04-2022-expansion-of-the-dfs-remote-tower-control-centre/ . [Accedido el 25/01/2024]	11
2.4	Aeropuerto de Bodo (en negro) y alguno de los aeropuertos que son gestionados por la torre de control de Bodo situados en el norte de Noruega (En rojo). Disponible en: https://egnos-user-support.essp-sas.eu/aviation-portal/aviation-dashboard . [Accedido el 30 de Enero de 2024]	12
3.1	Concepto de las cámaras de control remoto. Disponible en: https://www.kongsberg.com/globalassets/kongsberg-defence--aerospace/2.1.-products/defence-and-security/aviation-and-security/remote-and-digital-towers/kongsberg-remote-towers.pdf . [Accedido el 10 De Febrero]	16
3.2	Vista del equipo de pantallas de una torre de control remota. Disponible en: https://www.kongsberg.com/globalassets/kongsberg-defence--aerospace/2.1.-products/defence-and-security/aviation-and-security/remote-and-digital-towers/kongsberg-remote-towers.pdf . [Accedido el 10 De Febrero]	17
3.3	Esquema de las diversas disposiciones de torres de control remotas	20
3.4	Torre de control remota: disposición de las cámaras y sensores. Disponible en: https://lc.cx/ksgo0Q	21
3.5	Esquema de una torre de control remota en modo único de operación. Disponible en: https://www.frequentis.com/sites/default/files/support/2019-06/RVT0_whitepaper_aerosense.pdf [10]	22

3.6	Esquema de una torre de control remota en configuración secuencial múltiple (arriba) y configuración múltiple simultánea (abajo). Disponible en: https://www.frequentis.com/sites/default/files/support/2019-06/RVTO_whitepaper_aerosense.pdf [10]	23
3.7	Prototipo de torres de control remotas de uso múltiple. Disponible en: https://lc.cx/khLcWX . [Accedido el 15/02/2024]	23
3.8	Aspectos económicos de las torres de control remotas. Disponible en: https://www.frequentis.com/sites/default/files/support/2018-02/RVT_whitepaper.pdf [Accedido el 20/02/2024]	27
3.9	Esquema de las ventajas que ofrece la centralización de los recursos	28
4.1	Normativa y directrices sujetas a estudio para la propuesta	37
5.1	Mapa de los aeropuertos de las islas Canarias. En rojo, lo aeropuertos del caso de estudio.	40
5.2	Análisis dafo de los aeropuertos de la Gomera y de El Hierro. Elaboración propia en Canvas.	43
5.3	Análisis dafo sobre la implementación de torres de control remotas en los aeropuertos de la Gomera y de El Hierro. Elaboración propia en Canvas	44
5.4	Dashboard Aeropuerto de La Gomera. Elaboración propia (Información recogida de los informes anuales obtenidos en https://www.aena.es/es/aerolineas/aeropuertos-y-destinos/nuestros-aeropuertos)	46
5.5	Dashboard Aeropuerto de El Hierro. Elaboración propia (Información recogida de los informes anuales obtenidos en https://www.aena.es/es/aerolineas/aeropuertos-y-destinos/nuestros-aeropuertos)	47
5.6	Distribución de los factores climatológicos adversos sucedidos en las islas de La Gomera y De El Hierro. Fuente: Elaboración propia en excel tras la búsqueda de histórico de eventos climatológicos.	48
5.7	Estado actual del aeropuerto del Hierro. Plan director disponible en: https://lc.cx/Bkfx4E	50
5.8	Figura ampliada de la torre de control del aeropuerto del Hierro. Disponible en: https://lc.cx/npn95o	51
5.9	Mapa del aeropuerto de El Hierro con las zonas de concentración de aves. Disponible en: https://aip.enaire.es/aip/contenido_AIP/AD/AD2/GCHI/LE_AD_2_GCHI_en.pdf	52
5.10	Mapa del aeropuerto de El Hierro con la orientación de los vientos.	53

5.11 Plano general de la zona de servicios del aeropuerto de la Gomera. Disponible en: https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/pdf/F6DBAEF9-EDE0-403E-9250-D314895512F9/55393/Estusituactual.pdf	54
5.12 Arquitectura genérica de los equipos de las torres de control remotas	56
5.13 Ejemplo de matriz de evaluación de la fase de validación con las posibles pruebas de validación y simulación de la propuesta.	58
6.1 Esquema modo múltiple de operación de la propuesta	61
6.2 Diagrama de Gantt con una visión general de la secuencia y duración de cada paso del plan de implementación preliminar. Fuente: Elaboración propia en Onlinegantt.com	66
7.1 Comparativa del impacto medioambiental de las torres de control remotas frente al sistema de gestión actual. Elaboración propia en Canvas.	73

ÍNDICE DE CUADROS

2.1	Características torre de control remota de London Docklands	10
2.2	Características torre de control remota de Saarbrücken	11
2.3	Características torre de control remota de Bodo	13
3.1	Matriz de evaluación de riesgos de las torres de control remotas	30
5.1	Informe anual del número de pasajeros 2023 en aeropuertos de baja densidad de tráfico. Disponible en: https://www.aena.es/es/estadisticas/informes-anuales.html	39
5.2	Resumen de los equipos adicionales propuestos como solución a algunos de los riesgos detectados en la matriz de evaluación de riesgos (tabla 3.1).	57
6.1	Resumen del caso de estudio	61
6.2	Inversiones necesarias en materia de equipos tecnológicos e infraestructura	69
6.3	Costes asociados al plan de despliegue y validación del proyecto	70
6.4	Costes adicionales para cubrir necesidades futuras	70
6.5	Comparativa coste torre de control convencional frente a la torre de control remota propuesta	71
8.1	Resumen de las soluciones abordadas a algunos de los riesgos identificados en la matriz de riesgos (tabla 3.1)	75
8.2	Resumen de las posibles medidas a emplear para solucionar algunos de los riesgos identificados en la matriz de riesgos (tabla 3.1)	76

LISTA DE ACRÓNIMOS

AESA Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

AFIS Automatic Flight Information Service.

AIP Publicación de Información Aeronáutica.

ATC Control de tránsito aéreo.

ATS Servicio de tránsito aéreo.

FAA Administración Federal de Aviación.

FIS Servicio de información de vuelo.

IA Inteligencia Artificial.

IFR Reglas de vuelo Instrumental.

OACI Organización de Aviación Civil Internacional.

RTC Centro de Control Remoto.

SESAR Single European Sky ATM.

VFR Reglas de vuelo visual.

1. INTRODUCCIÓN

Índice

1.1. Contextualización del estudio.	1
1.2. Importancia y necesidad	2
1.3. Alcance del proyecto y motivación	2
1.4. Objetivos	3
1.5. Estructura del documento	3
1.6. Justificación	4

1.1. Contextualización del estudio

Las torres de control son edificios localizados en los aeródromos para controlar y dirigir el tráfico aéreo de forma y garantizar así operaciones seguras y eficientes. Con el paso del tiempo y la aparición de nuevas tecnologías, estas torres han evolucionado siendo posible su gestión de manera remota desde otros centros de control. Esto es lo que se conoce hoy en día como Torres de control remotas. Dichas torres utilizan tecnología avanzada para supervisar y gestionar el tráfico aéreo de forma remota.

Con esta nueva implementación se ha podido reducir por ende los costos operativos asociados al mantenimiento y renovación de las torres de control convencionales y aumentar la seguridad en la aviación. No obstante, a lo largo de este estudio se verán también otras oportunidades derivadas de este desarrollo y se discutirán los desafíos a los que se enfrentan los controladores, industria, infraestructura aeroportuaria, organismos reguladores,...

Existen diversos proyectos piloto de torres de control remotas que se han realizado en diferentes partes del mundo como es el caso del Proyecto de Torre de Control Remota de Bodo (Noruega), donde en 2018 se lanzó un proyecto piloto para gestionar el tráfico aéreo de diversos aeródromos del norte. Estos proyectos proporcionan información valiosa sobre la viabilidad y eficacia de esta tecnología en entornos operativos reales, y ayudan a allanar el camino para una mayor adopción en la industria de la aviación.

En resumen, como se va a poder ver a lo largo de este trabajo, las torres de control remotas han transformado la industria de la aviación al mejorar la eficiencia operativa, aumentar la seguridad, proporcionar flexibilidad y permitir una gestión más efectiva del tráfico aéreo. Sin embargo, es importante abordar los desafíos y riesgos asociados para garantizar una implementación exitosa y segura de esta tecnología innovadora.

1.2. Importancia y necesidad

La implementación y desarrollo de las torres de control remotas resulta importante y necesaria en la industria de la aviación por múltiples razones:

- **Optimización de recursos:** Las torres de control remotas permiten centralizar la gestión del tráfico aéreo, optimizando así el uso de recursos humanos y tecnológicos (reducción de costes operativos).
- **Flexibilidad operativa:** Con las torres de control remotas, es posible gestionar el tráfico aéreo de manera remota desde cualquier ubicación con una buena conexión a internet. Esto resulta especialmente útil en situaciones de contingencia/emergencia, cierre de aeropuertos o cambios inesperados en la demanda de tráfico aéreo.
- **Mejora de la eficiencia:** Al centralizar la gestión del tráfico aéreo, las torres de control remotas pueden mejorar la eficiencia de las operaciones aeroportuarias al permitir una coordinación más efectiva entre los controladores y una gestión más dinámica del flujo de tráfico.
- **Reducción de riesgos:** Las torres de control remotas pueden mejorar la seguridad al proporcionar una visión más amplia y detallada del espacio aéreo y al permitir una mejor detección y prevención de conflictos de tráfico.
- **Apoyo a la expansión de la aviación regional:** En áreas donde no es económicamente viable construir y mantener una torre de control física en cada aeropuerto regional, estas pueden proporcionar una solución rentable para mejorar la seguridad y la eficiencia de las operaciones aéreas, facilitando así el crecimiento y la expansión de la aviación regional.

1.3. Alcance del proyecto y motivación

Durante el desarrollo de este trabajo se va a analizar la viabilidad de implantar una posible torre de control remoto en los aeropuertos españoles. Para ello es necesario estudiar dichas infraestructuras, tecnología operativa, viabilidad económica, ejemplos de torres de control remotas en otros países europeos...

Con todo ello se pondrá dicha propuesta a estudio sobre las ventajas e inconvenientes de esta solución innovadora para así poder definir de una manera clara y concisa la posible implementación de esta tecnología en España. Uno de las principales motivaciones de este trabajo de fin de máster es establecer unos criterios para la implantación de una torre de control remoto funcional y elaborar un plan básico de implantación.

1.4. Objetivos

Este trabajo va a tratar de cubrir diversos aspectos sobre la tecnología de las torres de control remotas para poder obtener una visión más detallada del sistema y su infraestructura actual, el personal cualificado para llevar a cabo las operaciones, los distintos modos posibles de operación, etc. Por ello, se va a posibilitar partir de una base general de este concepto a una visión más particular del estudio consiguiendo así tratar los siguientes objetivos:

1. Estudiar los distintos criterios existentes para la implantación de las torres de control remoto junto con las directrices generales que deben cumplir los aeropuertos para poder implantarlas.
2. Análisis de viabilidad de una propuesta de solución de torre de control remota.
3. Desarrollo de una solución conceptual de torre de control remoto viable.
4. Plan básico de implantación de la propuesta definida.

1.5. Estructura del documento

Este estudio se dividirá en varios capítulos con el fin de obtener una visión profunda del sistema de torres de control remotas y las diferentes modalidades en función del tipo de aeropuerto y/o lugar geográfico así como las necesidades y riesgos detectados a lo largo de la investigación. La primera parte (Capítulo 2) consiste en un breve esbozo para conocer la relevancia de este estudio, cuáles son los principales países europeos donde se está empleando dicha tecnología y un breve resumen técnico del tipo de infraestructura que se emplea.

A medida que avanza este documento, se hará un mayor enfoque en que son realmente las torres de control remotas, que sistemas se utilizan, mecanismos y sistemas de seguridad en caso de situaciones de riesgo (peligro por animales, condiciones meteorológicas desfavorables, fallo en los sistemas audiovisuales,...), los diferentes tipos de operación de las torres de control remotas, etc. Asimismo, el capítulo 3 concluirá con un análisis de las ventajas e inconvenientes de dicha infraestructura, el cual servirá de apoyo a la hora de realizar la propuesta de valor (capítulos 5 y 6) ya que se va a tratar de adoptar una solución a los riesgos mencionados anteriormente.

Por lo demás, la normativa y las regulaciones Europea para las torres de control remotas (Capítulo 4) y las diferentes organismos reguladores tanto en el ámbito Internacional como Europeo y Nacional serán detallados para así lograr una visión más amplia de la normativa actual de la gestión del espacio aéreo y poder obtener con ello un mejor enfoque a la hora de desarrollar el caso de estudio.

Avanzando en el documento se desarrollará la propuesta de estudio teniendo en cuenta un primer análisis de los aeropuertos existentes en España y del volumen de tráfico gestionado en cada uno de ellos. Con ello, en el capítulo 5 se describe la propuesta de las torres de control remotas a implementar, la ubicación de estas, los diversos sistemas y equipos a tener en cuenta,... Todo ello irá de la mano de la matriz de riesgos definida al final del capítulo 3, puesto que se pretende ofrecer un estudio que satisfaga una propuesta de valor identificada en dicha tabla. No obstante, no será hasta el final del trabajo (en el capítulo de las conclusiones) donde se pueda ver cual o cuales han sido los principales efectos a mitigar con este caso de estudio.

De igual forma, es necesario elegir una ubicación desde donde se van a gestionar las operaciones de manera remota. Esta decisión se tomará en el capítulo 6. En este mismo capítulo también se llevará a cabo el plan preliminar de implementación de la propuesta y la elaboración de los costes totales de la inversión con el fin de obtener una visión completa de las diferentes etapas de un proyecto.

Por último, el capítulo 7 tratará de evaluar el impacto medioambiental que se podría lograr alcanzar con la implementación.

Las conclusiones descritas en el capítulo 8, pondrán punto y final al estudio, resumiendo brevemente aquellos puntos clave identificados durante el avance del documento e identificando futuros puntos a desarrollar con el fin de mejorar la propuesta de valor.

1.6. Justificación

La elección del tema de las torres de control remotas es debido a que estas representan una innovación significativa en la industria de la aviación y están ganando relevancia en todo el mundo. Abordar este tema proporciona una oportunidad para explorar una tendencia emergente y comprender su impacto en la gestión del tráfico aéreo. Asimismo, las torres de control remotas son un ejemplo de cómo la tecnología está transformando la forma en que se gestionan las operaciones aéreas, permitiéndonos a su vez entender cómo se están utilizando las nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y la seguridad en la aviación.

Por otro lado, abordar dicho tema en este proyecto tiene un interés personal puesto que resulta interesante investigar sobre las nuevas tecnologías emergentes en el ámbito de la gestión de la aviación e investigar y explorar los beneficios y los desafíos asociados a ella.

2. ESTADO DEL ARTE

Índice

2.1. Torres de control remotas: Sistemas e infraestructura actual.	6
2.1.1. Personal.	7
2.1.2. Finalidad de dicha tecnología.	7
2.2. Torres de control remotas en Europa.	8
2.2.1. Reino Unido	10
2.2.2. Alemania	10
2.2.3. Noruega.	12
2.2.4. Suecia.	13

El tráfico aéreo es una de las industrias más dinámicas y cambiantes del mundo. Cada día, miles de aviones despegan y aterrizan en aeropuertos de todo el mundo, transportando a millones de pasajeros y toneladas de carga. Según las estadísticas más recientes, el tráfico aéreo ha experimentado un notable incremento en Octubre de 2023. [1]

Para poder gestionar este aumento del tráfico aéreo se deben de tener en cuenta diversos factores para así compatibilizar todas las trayectorias de las aeronaves en un mismo espacio aéreo y tiempo.

Es aquí donde el papel del controlador aéreo resulta fundamental para garantizar la correcta gestión de las aeronaves. **Su trabajo es esencial para mantener el flujo de tráfico aéreo y evitar cualquier tipo de incidente.**

Sin embargo, a medida que aumenta la demanda del tráfico (crecimiento del número de aeronaves, integración de vehículos no tripulados (UAV) en espacio aéreo no segregado y seguridad de vuelo), pueden traer consigo posibles complicaciones. Este reto supone por ello la necesidad de nuevas soluciones tecnológicas o procedimentales capaces de dar respuesta a los posibles riesgos.

Como consecuencia de ello, surgió la propuesta de la creación de Torres de Control Remotas. Nuevas infraestructuras tecnológicas diseñadas para poder manejar el volumen de tráfico aéreo desde otras torres de control localizadas en distintos aeropuertos.

En este capítulo se va a detallar por tanto la situación en la que se encuentra la gestión del tráfico aéreo, detallando por ende la tecnología actual empleada en las torres de control para poder obtener un enfoque acerca de la infraestructura empleada para gestionar el volumen de tráfico, el mantenimiento de esta, el personal capacitado para llevar a cabo dichas operaciones, el impacto y finalidad de la aparición de torres de control remotas en el sector del tráfico aéreo...

Finalmente, se van a nombrar algunas de las torres remotas que se están desarrollando o empleando actualmente en Europa ya que Europa es la región donde más torres remotas se están implantando, probablemente debido a la complejidad y congestión del espacio aéreo.

2.1. Torres de control remotas: Sistemas e infraestructura actual

Desde que se pusieron en funcionamiento los aeródromos y aeropuertos, en la primera década del siglo XX, los servicios de control de tránsito aéreo empezaron a surgir junto con la aviación comercial. Desde ahí, el control del tránsito aéreo en las proximidades de aeropuertos/aeródromos se ha realizado de manera visual desde lo que se conoce como torre de control. Mediante dicha observación, el personal adecuado es capaz de controlar las aeronaves durante los movimientos y/o maniobras en tierra, las salidas y las llegadas.

No obstante, a lo largo de los años, y, junto con el desarrollo de la tecnología, se han incluido diversos elementos para facilitar dicha tarea tales como los radares modernos y otros sistemas de vigilancia para guiar a las aeronaves hasta que están a la vista (proceso de ruta de la aeronave).

Sin embargo, durante la última década, ha surgido un nuevo concepto en el sector del control del tráfico aéreo: las torres de control remotas.

Este nuevo concepto de gestión de la navegación aérea implica que el servicio de seguimiento aéreo (Servicio de tránsito aéreo (ATS)) en un aeropuerto se realiza a distancia desde un Centro de Torre Remota (Centro de Control Remoto (RTC)) [2]. Este sistema posibilita que el ATC del aeródromo o el Servicio de información de vuelo (FIS) se presten desde un lugar distinto del aeródromo con un nivel de seguridad operacional equivalente al que se puede alcanzar empleando una torre en el mismo aeropuerto o, incluso mejorando dichas prestaciones.

Este nuevo sistema implica por tanto un desarrollo de la tecnología empleada de manera habitual. Para ello se recurre al empleo de cámaras, videocámaras y sensores colocados en el aeródromo, para poder ofrecer al personal una visión 360 del terreno y todo el equipo necesario para desempeñar sus funciones. Asimismo, el controlador podrá tener una visión de todo lo que ocurre en el aeródromo tal y como se puede observar en la siguiente figura 2.1:



Fig. 2.1. Vista de los sistemas disponibles en un centro de control remoto. Disponible en: <https://www.aviationtoday.com/2019/03/14>. [Accedido el 2 de febrero de 2024]

2.1.1. Personal

Al igual que en las torres de control, los centros de control remotos son operados por controladores aéreos. Para ello son necesarios unos conocimientos previos (trainings) de los nuevos sistemas y avances aparte del aeropuerto o aeródromos a gestionar.

2.1.2. Finalidad de dicha tecnología

Debido a la gran demanda de espacio aéreo disponible, es necesario hacer un uso óptimo de este sector y, a su vez, permitir una mayor eficiencia operativa. En este último aspecto, el desarrollo de las torres de control remotas tiene un valor notable. Es por esto que la realización de este trabajo es de especial interés puesto que es un diseño todavía en auge en Europa, el cual va a modificar la idea convencional (desde el Siglo XX) de la gestión del tráfico aéreo.

Si volvemos la vista atrás, el ser humano siempre ha intentado optimizar las tareas de manera que supusieran un menor esfuerzo físico. Como por ejemplo, el hombre, aprendió a vivir en cualquier clima, siendo el único ser capaz de extenderse por toda la superficie habitable de la Tierra por propia iniciativa y, creando consigo nuevas necesidades, al obligar al hombre a buscar habitación para protegerse del frío y de la humedad. Así surgieron nuevas esferas de trabajo y, con ellas, nuevas actividades que fueron apartando más y más al hombre de los animales.

En todos los casos la prioridad es que dichas optimizaciones no pongan en riesgo su integridad física. Por ello, las optimizaciones en el mundo aeronáutico se realizan lenta-

mente, puesto que en términos de seguridad suponen mayor riesgo.

Este es el caso de los sistemas de torres de control remotas. Una de las principales finalidades a la hora del desarrollo de estas fue la **reducción de los costes** en materia de gestión del tráfico aéreo. Sin embargo a esta motivación principal se le suman también la mejora en términos de **seguridad y capacidad de gestión del tráfico aéreo**, la diversificación de este ya que se pueden ofrecer servicios de tráfico aéreo más flexibles, a demanda y/o con una operatividad ininterrumpida sin aumentar los costes. [3]

2.2. Torres de control remotas en Europa

En la actualidad se están desarrollando y probando numerosas torres remotas en todo el mundo. Europa es la región donde más torres remotas se están implantando, probablemente debido a la complejidad y congestión del espacio aéreo. Este dato se puede ver en la siguiente figura, donde se muestran los proyectos actuales de torres de control remotas en el mundo:

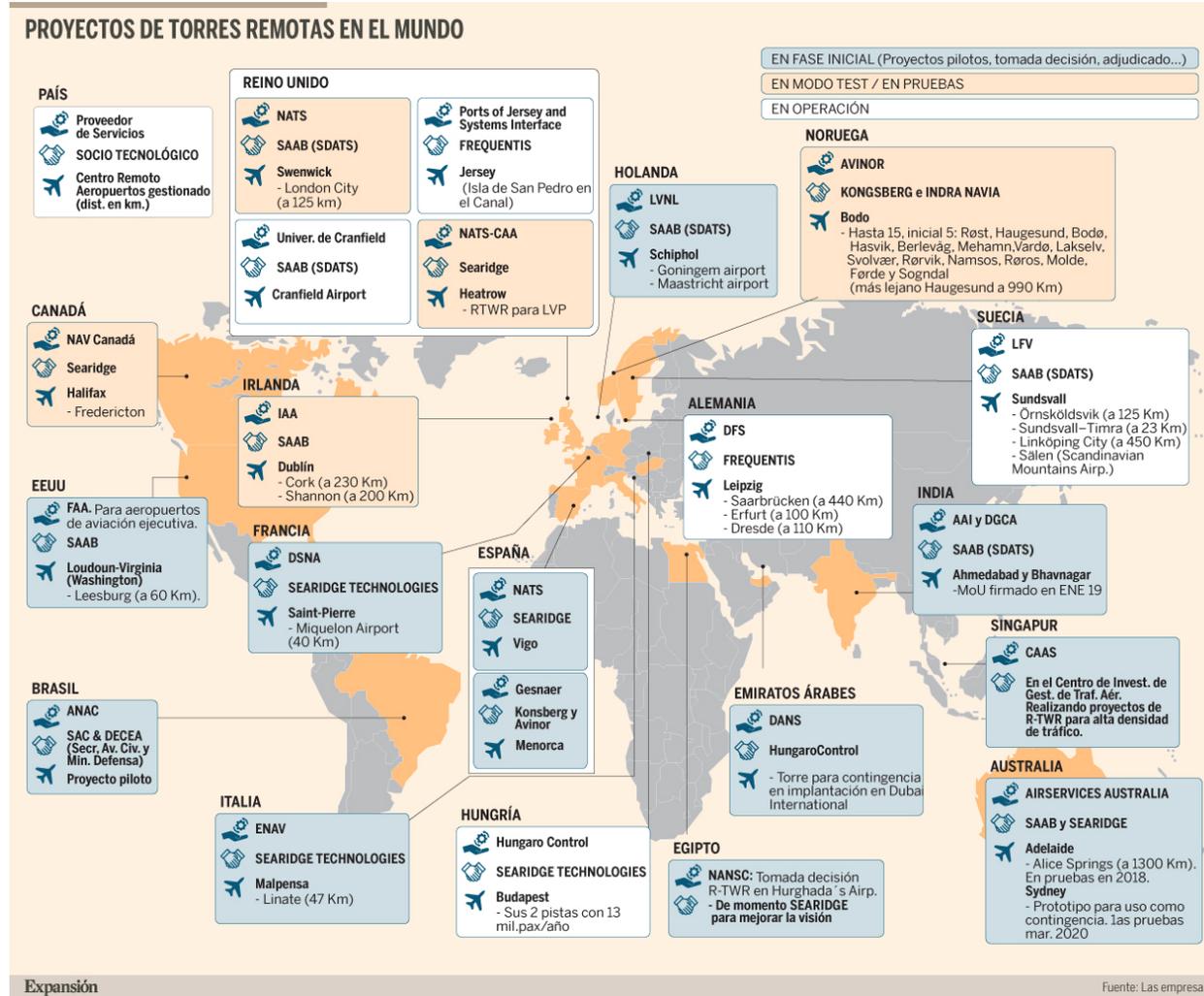


Fig. 2.2. Torres de control remotas en el mundo. Disponible en:

<https://www.expansion.com/empresas/transporte/2020/11/29/5fc41aba468aeb13368b45fe.html>. [Accedido el 23 de enero de 2024]

Algunos de los proyectos a resaltar puede ser el de la empresa española: Indra, que en marzo de 2023, consiguió un contrato para implantar su tecnología digital de torre remota para HungaroControl en el aeropuerto de Budapest. En las siguientes sub-secciones se van a comentar las torres de control remotas operativas y/o en desarrollo en cada país de Europa.

2.2.1. Reino Unido

Reino Unido lleva empleando la tecnología de torres de control remotas desde el año 2018. Entre ellas destaca la torre situada en el aeropuerto de Swanwick (Hampshire) y gestionada por NATS, proveedor británico de servicios de navegación aérea. Esta se encuentra situada a 115 km de distancia del distrito comercial de London Docklands y, fue diseñada para guiar a todos los vuelos de la programación de verano a aterrizar o despegar desde el distrito de Docklands (Londres) mediante una visión de realidad mejorada"proporcionada por una torre de control digital de última generación de 50 metros. [4]

La finalidad principal del desarrollo y la puesta en funcionamiento de esta torre fue **satisfacer el crecimiento futuro de la demanda de pasajeros, mejorar la gestión del tráfico aéreo y brindarles una mayor capacidad a medida que la aviación se recuperaba de la pandemia** (puesto que su puesta en funcionamiento fue año después de la crisis de la covid 19).

En la siguiente tabla 2.1, se muestran algunos datos a resaltar de la torre de control remota de London Docklands:

Cuadro 2.1: Características torre de control remota de London Docklands

Inversión	28 millones de dólares
Distancia	115 km
Proveedor	NATS
Aeronaves/hora	45/h (40/h en 2019)
Modo	Single
Principales riesgos cubiertos	Ciberseguridad y eficiencia

2.2.2. Alemania

Alemania ha participado activamente en el desarrollo y la implantación de torres remotas, con múltiples empresas que prestan servicios adicionales en el país. El proveedor alemán de servicios de navegación aérea DFS se ha asociado con FREQUENTIS DFS AEROSENSE para construir un Centro de Torre Remota para dos aeropuertos alemanes. [5]

Uno de ellos se trata del aeropuerto de Saarbrücken (EDDR). Este aeropuerto es de

menor importancia que el de Londres puesto que el número de pasajeros anuales es menor. Desde diciembre de 2018, el control de tráfico aéreo de dicho aeropuerto lo realizan controladores de la torre de control de Leipzig, situada a 450 kilómetros.

Esta torre destaca por ser un ejemplo de innovación, eficacia y seguridad entre los distintos proveedores de servicios de navegación aérea europeos. Entre las características de su tecnología se incluye el concepto global de infrarrojos, tecnología de sensores en color y seguimiento y detección automática de objetos (observar figura 2.3).



Fig. 2.3. Vista del sistema de cámaras en el aeropuerto de Saarbrücken (EDDR). Disponible en: <https://www.dfs.de/homepage/en/media/press/2022/28-04-2022-expansion-of-the-dfs-remote-tower-control-centre/>. [Accedido el 25/01/2024]

Asimismo, en la tabla 2.3 se recogen otras características:

Cuadro 2.2: Características torre de control remota de Saarbrücken

Distancia	450 km
Proveedor	DFS
Nº vuelos	36000
Modo	Single
Principales riesgos cubiertos	Eficiencia, costes de mantenimiento y flexibilidad para planificar turnos

2.2.3. Noruega

La tecnología de torres de control remotas se desplegó en Noruega en el año 2019. Sin embargo, el mayor éxito de esta ha tenido lugar en el 2022, con la creación de la torre de control remota situada en el Aeropuerto de Bodo, desde el cual se controlan hasta 15 aeropuertos. Esta es el resultado de la colaboración entre Avinor, proveedor de servicios de navegación aérea en Noruega, y KONGSBERG.

Además del aeropuerto de Røst, se controlan también desde el nuevo centro los aeropuertos de Vardø, Hasvik, Berlevåg, Mehamn, Røros, Rørvik, Namsos, Svolvær, Sogndal, Molde, Førde, Bodø y Lakselv. Algunos de ellos se pueden apreciar en la siguiente fotografía:

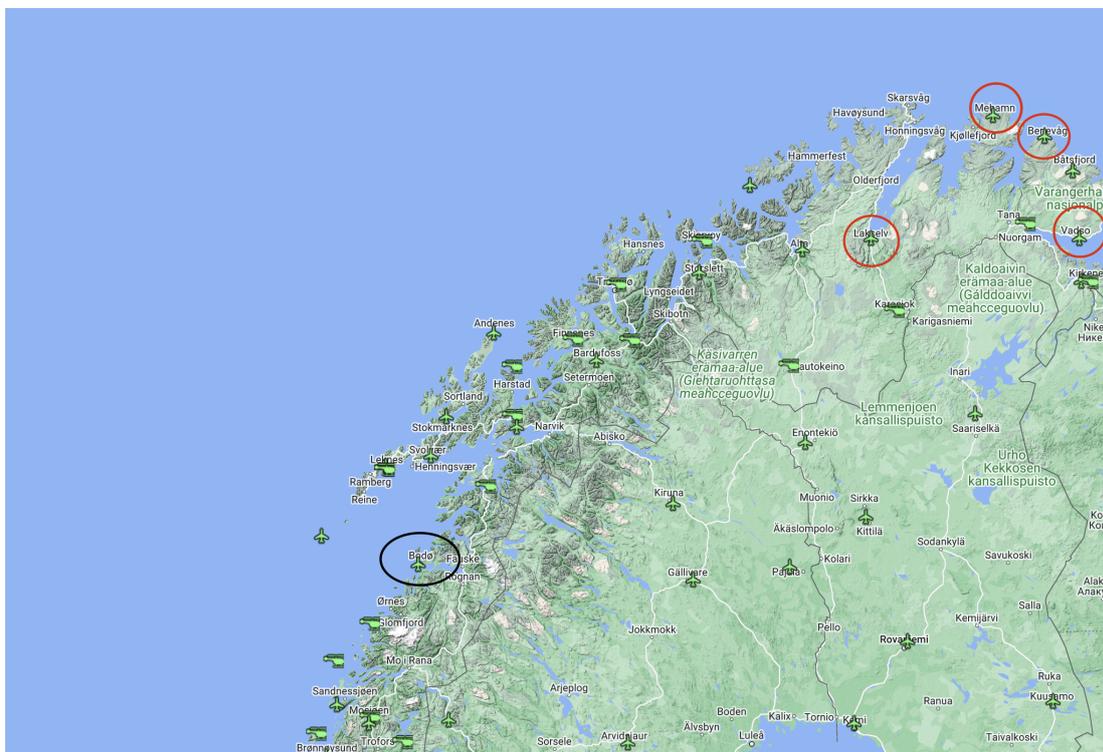


Fig. 2.4. Aeropuerto de Bodo (en negro) y alguno de los aeropuertos que son gestionados por la torre de control de Bodo situados en el norte de Noruega (En rojo). Disponible en: <https://egnos-user-support.essp-sas.eu/aviation-portal/aviation-dashboard>. [Accedido el 30 de Enero de 2024]

Asimismo, en la siguiente tabla se detallan alguna de las características principales de este desarrollo:

Cuadro 2.3: Características torre de control remota de Bodo

Distancia	Røst a 115 km
Distancia	Vardø a 750 km
Proveedor	Avinor
Modo	Single
Riesgos cubiertos	Reducción de costes en el sector del control y navegación aérea

2.2.4. Suecia

La última torre de control remota en operar ha sido la del aeropuerto de Sundswall, en 2019. Antes ya existían dos centros de control mas, uno en el aeropuerto de Örnsköldsvik (2015) y otro en el de Sundsvall-Timra (2017).

Desde el aeropuerto de Sundswall se controla el aeropuerto de Linköping. Entre una de sus características destaca su uso para operaciones militares. Desarrollando así un modelo óptimo para los aeropuertos pequeños y medianos en los que la intensidad de las operaciones es baja.

3. MARCO TEÓRICO

Índice

3.1. Sistemas y equipos para la implantación de torres de control remotas.	14
3.1.1. Sistemas de vigilancia visuales	15
3.1.2. Lámpara de señalización (Signalling lamp).	18
3.1.3. Comunicaciones	18
3.1.4. Información meteorológica	19
3.1.5. Gestión de los activos del aeródromo	19
3.1.6. Sistemas de grabación de voz y de datos	19
3.2. Diseño e implantación de las torres de control remotas en el entorno aeroportuario.	19
3.3. Modos de operación de las torres de control.	21
3.4. Análisis Funcional. Pros y contras de la tecnología de torres de control remotas	24
3.4.1. Comparación con las torres de control convencionales	25
3.4.2. Amenazas y oportunidades	26
3.4.3. Análisis de riesgos	28

3.1. Sistemas y equipos para la implantación de torres de control remotas

A diferencia de las torres de control convencionales, donde los controladores se basan en la observación directa del entorno aeroportuario así como de diferentes sistemas de vigilancia, las torres de control remotas requieren sistemas más complejos con el fin de proporcionar las mismas capacidades proporcionadas desde un lugar distinto del aeródromo. En el documento de EASA [6], se recogen los elementos básicos necesarios para el diseño e implantación de las torres de control remotas. Basándose en estos requisitos, diferentes empresas de tecnología e ingeniería han desarrollado sus propios sistemas.

En esta sección se va a tratar de exponer los distintos sistemas y tecnologías con las que cuenta las torres de control remotas. No se va a desarrollar una descripción detallada de estos. Para ello se puede referir al Capítulo 5 del documento de EASA ¹ [6].

Por otro lado, este cambio de operar no afecta a todos los sistemas ya que existen algunos de ellos que no se ven afectados por el hecho de que el servicio de control de tráfico

¹Disponible en: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-guidance-material-remote-aerodrome-air-traffic>

aéreo se realice a distancia. Asimismo, hay también que tener en cuenta la existencia de los sistemas de redundancia. En este caso los de mayor relevancia son los que se refieren a la transmisión de datos y a la continuidad e integridad del sistema, para posibilitar así una correcta observación visual digital.

En las siguientes sub-secciones se van a detallar cada uno de los diferentes sistemas y equipos necesarios para la correcta implantación de las torres de control remotas.

3.1.1. Sistemas de vigilancia visual

El sistema de vigilancia visual es el elemento central en la torre de control puesto que sin él no sería posible obtener una visión del tráfico en la zona de maniobras, de las llegadas y/o despegues,... Este sistema suele constar de dos partes operativas principales: la "presentación visual" y la "funcionalidad binocular" (como los binoculares tradicionales). Además de las pantallas y las cámaras el sistema de vigilancia incluye una serie de elementos integrados como son los sensores, enlaces de transmisión de datos, sistemas de procesamiento de datos e indicadores de situación.

Asimismo, los avances en los sistemas de vigilancia visual pueden incluso mejorar la observación visual, proporcionando capacidades mejoradas como sistemas de detección de objetos, mayor visión nocturna, etc. Sin embargo, el número de elementos dependerá del tamaño del aeropuerto, lugar geográfico así como de la localización en la que se encuentre la torre ya que según las características serán necesarios más sensores y cámaras para cubrir toda la zona. El lugar geográfico también es relevante puesto que las condiciones meteorológicas pueden afectar al sistema de vigilancia visual. Es por ello que dichos sistemas deben de funcionar y ser testeados en condiciones de baja visibilidad, lluvia,...

En la siguiente figura se puede observar un ejemplo de lo que sería la infraestructura necesaria para poder ofrecer a los controladores la visión del aeródromo a tiempo real:



Fig. 3.1. Concepto de las cámaras de control remoto. Disponible en:<https://www.kongsberg.com/globalassets/kongsberg-defence--aerospace/2.1.-products/defence-and-security/aviation-and-security/remote-and-digital-towers/kongsberg-remote-towers.pdf>. [Accedido el 10 De Febrero]

Como se ha anotado antes, los sistemas de vigilancia visuales constan de dos partes. Una de ellas es la presentación visual, que ofrece una visión del aeródromo y sus inmediaciones. Está compuesta por una pantalla que presenta una amplia vista panorámica (ver figura 3.2) derivada de un conjunto de cámaras montadas en una estructura similar a una torre (observar figura 3.1). Además, es posible que esta vista también pueda ser apoyada por cámaras adicionales alrededor del aeródromo. Otras alternativas incluyen una vista de pared de vídeo, en la que varios sensores y cámaras de diversas ubicaciones alrededor del aeródromo se presentan juntos en una vista combinada, probablemente más conveniente para su uso en aeródromos más grandes donde los controladores pueden requerir una visión detallada de varios puntos al mismo tiempo.



Fig. 3.2. Vista del equipo de pantallas de una torre de control remota. Disponible en: <https://www.kongsberg.com/globalassets/kongsberg-defence--aerospace/2.1.-products/defence-and-security/aviation-and-security/remote-and-digital-towers/kongsberg-remote-towers.pdf>. [Accedido el 10 De Febrero]

Por otro lado, la función binocular permite a los controladores de pista aérea tener una visión cercana de un lugar u objeto específico, sustituyendo la función adoptada con los binoculares en las torres de control convencionales. A su vez, con los nuevos avances tecnológicos se ha permitido incorporar el sonido del aeródromo para aumentar el conocimiento situacional.

El hecho de utilizar pantallas digitales para la observación visual (y la posibilidad de realizar esta tarea de manera remota desde otra localización) plantea algunos requisitos de seguridad y rendimiento adicionales relacionados con la calidad de la imagen y la transmisión de datos.

Un parámetro crítico es la **latencia del video**, que es el tiempo de demora entre la ocurrencia de un evento y su presentación en la pantalla de presentación visual. EUROCAE ED-240A [7] recomienda una latencia de vídeo máxima de 1 segundo, sujeta a una evaluación de seguridad local y a la aprobación de la autoridad competente.

Otro parámetro importante es la velocidad de actualización del vídeo, que afecta principalmente la apariencia de los objetos en movimiento. Este parámetro debe ser evaluado para cada implementación, considerando factores como la resolución de la imagen y el consumo de ancho de banda. También se deben tener en cuenta las condiciones meteorológicas y climáticas locales o la interferencia de animales en las cámaras/sensores, ya que pueden afectar y degradar el rendimiento de la presentación visual. Por todo ello es necesario instalar sistemas adicionales que actúen de "backup" frente a situaciones en las

que los sistemas primarios no se puedan emplear por mal funcionamiento del sistema.

3.1.2. Lámpara de señalización (Signalling lamp)

Estos sistemas son ayudas visuales para la navegación que se emplean en el caso de un fallo en la radio o de un avión no equipado con radio. Permiten al control del tráfico aéreo dirigir el avión. Estas lámparas son capaces de emitir tres colores diferentes: rojo, blanco y verde. Estos colores pueden estar en estado intermitente o constante, y tienen significados diferentes si son dirigidos a las aeronaves en vuelo o en tierra. [8]

En las torres de control remotas se debe por tanto permitir a los controladores comunicarse con las aeronaves utilizando una lámpara de señalización en caso de fallo de comunicación por radiotelefonía o enlace de datos. En este caso, esta debe instalarse en el aeródromo y los controladores deben poder dirigir la lámpara hacia la aeronave deseada. Su ubicación en el aeródromo en cuestión debería publicarse en la Publicación de Información Aeronáutica (AIP), de modo que los pilotos sepan de dónde esperar las señales.

3.1.3. Comunicaciones

Al igual que en las torres de control convencionales, las comunicaciones se deben de seguir realizando por enlace de voz y/o datos para dar instrucciones, informar sobre las condiciones meteorológicas, tráfico aéreo o algún otro problema. Existen dos tipos de comunicaciones:

- Comunicaciones aire-tierra
- Comunicaciones tierra-tierra: Según el Anexo 11 de la OACI [9], esta debe de tener comunicación con el centro de información de vuelo, el centro de control de área, la unidad de control de aproximación, la oficina de notificación de servicios de tránsito aéreo asociada y con las siguientes dependencias que presten un servicio dentro del área de responsabilidad; las unidades militares apropiadas, los servicios de salvamento y emergencia (incluidos ambulancias, bomberos, etc.), la oficina meteorológica y la estación de telecomunicaciones aeronáuticas. Asimismo, la infraestructura de torre remota también debería permitir a los controladores establecer comunicaciones de enlace de voz/datos con el personal del aeródromo para la coordinación y comunicación entre la dependencia ATS remota y el aeródromo.

Éstas, al igual que en las torres convencionales, pueden establecerse mediante equipos de radio local en el aeródromo, que luego se conectan al centro remoto de la torre.

3.1.4. Información meteorológica

Las torres de control remoto también requieren acceso a información meteorológica sobre el aeródromo a controlar basada en el aeródromo a controlar para poder desempeñar sus funciones de manera segura.

3.1.5. Gestión de los activos del aeródromo

Los controladores de tráfico aéreo también deben de poder operar y monitorear todos los activos necesarios relacionados con ATS como son la gestión de luces en tierra y ayudas visuales, la gestión y seguimiento de los servicios de navegación, así como la coordinación con los servicios de emergencia y otros servicios aeroportuarios.

3.1.6. Sistemas de grabación de voz y de datos

Esta tecnología también requiere de sistemas de grabación de voz y de datos tal y como se especifica en el Anexo 11 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) [9].²

Estos equipos son principalmente necesarios para poder registrar y conservar todos los datos utilizados durante prestación de servicio de tráfico aéreo. En este caso particular de estudio, el registro y la conservación de los datos se tienen que ampliar para incluir los componentes específicos que conlleva una torre de control remota: la presentación visual, la funcionalidad binocular y otros sistemas de apoyo técnico, como la reproducción del sonido del aeródromo.

Asimismo, la grabación de datos es relevante en caso de accidentes. Por ejemplo, los datos registrados por los sensores pueden emplearse para apoyar la investigación de accidentes e incidentes.³

3.2. Diseño e implantación de las torres de control remotas en el entorno aeroportuario

Como se ha podido estudiar en la sección anterior, las torres de control remotas requieren de múltiples sistemas y equipos los cuales, a su vez, posibilitan la transmisión de información a tiempo real.

²En dicho Anexo la OACI especifica los requisitos de registro para el servicio móvil aeronáutico (comunicaciones aire-tierra), el servicio fijo aeronáutico (comunicaciones tierra-tierra) y el servicio de control de movimientos en superficie, el servicio de control de movimientos en superficie y el servicio de radionavegación aeronáutica.

³La principal diferencia entre ambos términos recae en que el incidente no tiene por qué ocasionar daño alguno en personas o cosas.

Es por ello que se trata de un sistema bastante complejo para permitir así lograr la conectividad entre los distintos aeropuertos y centros de control remoto que se encuentran a kilómetros de distancia. Sin embargo, no sólo basta con saber identificar la funcionalidad de dichos sistemas, también es necesario obtener una visión más amplia de sistema global y su integración en el ámbito aeroportuario.

Como se ha mencionado anteriormente, una de las principales razones por las cuales se está implantando esta tecnología es por la rentabilidad económica en materia de costes de infraestructura. No sólo los aeropuertos más modernos cuentan con torres de control remotas, sino también en aquellos en los cuales las torres de control convencionales necesitan renovaciones costosas. Asimismo, esta tecnología también puede emplearse para fomentar la expansión de un aeropuerto y los cambios operativos. La supresión de las torres de control convencionales libera con ello espacio en el aeródromo para la ampliación de la terminal.

Como se ve, no existe un modelo único para las torres de control remotas. Existen numerosas circunstancias por las cuales se puede implantar dicha tecnología tales como las observadas en el siguiente esquema:

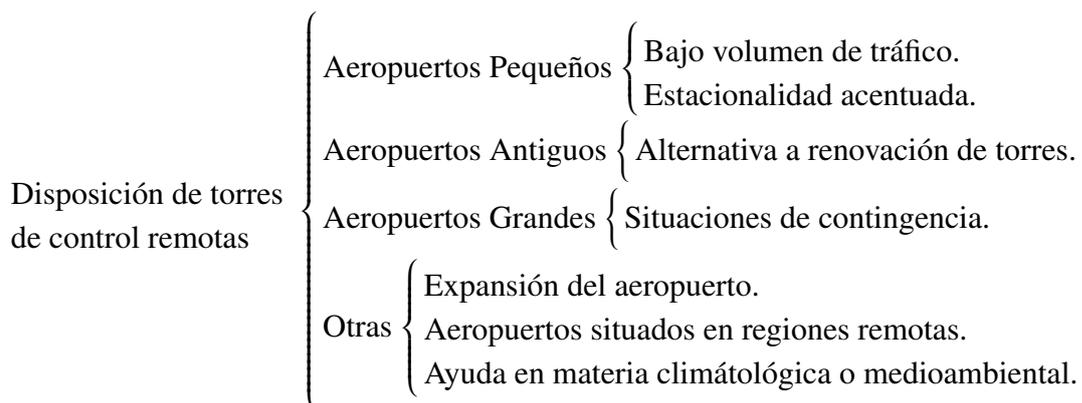


Fig. 3.3. Esquema de las diversas disposiciones de torres de control remotas

Sin embargo, en todas estas circunstancias el elemento fundamental es el mismo: una torre de cámaras que incluye diferentes conjuntos de cámaras, sensores meteorológicos y sistemas (observar figura 3.4) como los detallados en la sección §3.1.



Fig. 3.4. Torre de control remota: disposición de las cámaras y sensores. Disponible en: <https://lc.cx/ksgo0Q>.

Además, como se mencionó en la sección anterior estas torres también incorporan una lámpara de señalización luminosa utilizada para dirigir señales luminosas y dar instrucciones a las aeronaves en caso de fallo de la radio (backup). Algunos de los sensores que se puede instalar pueden no estar en la infraestructura de la torre como son las estaciones meteorológicas. No obstante, el número de sensores, la ubicación y la altura de estas torres dependen del aeropuerto en el que se vaya a implementar. Por lo que posibilita a los aeródromos adaptarse fácilmente a cualquier cambio, ampliación o desarrollo puesto que pueden colocarse o trasladarse torres adicionales con un coste menor que el de la infraestructura tradicional.

3.3. Modos de operación de las torres de control

Como se nombró en el capítulo 2, las torres de control remoto pueden ser diseñadas para cumplir diferentes finalidades. Existen dos tipos de categorías principales:

- **Modo Único de operación:** se refiere a la prestación de servicios ATS a un aeródromo a la vez desde una única posición o módulo de torre remota (RTM). Un ejemplo de aeropuerto que realice esta operación se trata del aeropuerto de Londres (London Docklands, Capítulo 2). Además, con esta forma de operar, las torres de control remotas pueden controlar un único aeropuerto de manera ininterrumpida o, controlar varios aeropuertos en diferentes periodos de tiempo. En la figura 3.5 se puede observar un esquema de como sería el funcionamiento de este:

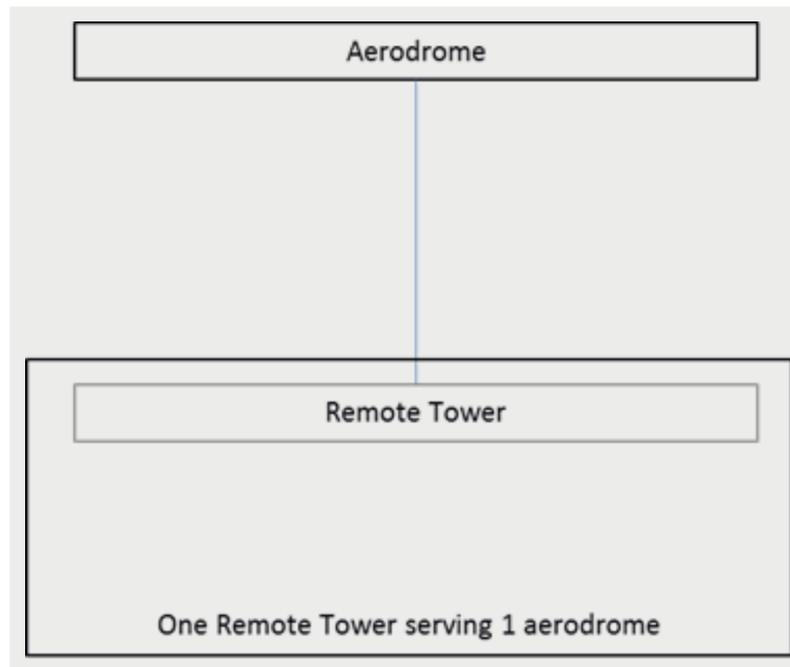


Fig. 3.5. Esquema de una torre de control remota en modo único de operación. Disponible en: https://www.frequentis.com/sites/default/files/support/2019-06/RVTO_whitepaper_aerosense.pdf [10]

- **Modo Múltiple de operación:** se refiere a la prestación de servicios ATS *simultáneamente* a más de un aeródromo desde el mismo centro de control remoto. Un ejemplo de ello es el centro de control remoto de Noruega, en el aeropuerto de Bodo. Este modo de operar no resulta sencillo puesto que plantea a su vez ciertos límites en términos de densidad de tráfico y características del aeropuerto. En la figura 3.7, se puede observar un prototipo de Frequentis y el Centro Aeroespacial Alemán (DLR) durante los ejercicios de validación en Alemania. No obstante, el modo múltiple admite también la configuración *secuencial*, en el cual el centro de control gestiona a más de un aeródromo pero no al mismo tiempo (p.ej. en diferentes temporadas del año para descongestionar el tráfico aéreo). Ambos tipos de configuración múltiple se observan en la figura 3.6:

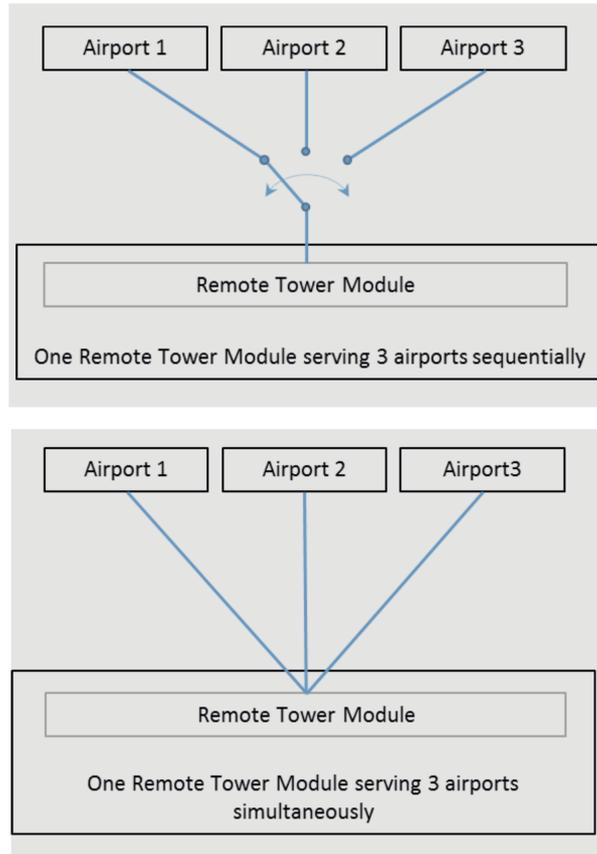


Fig. 3.6. Esquema de una torre de control remota en configuración secuencial múltiple (arriba) y configuración múltiple simultánea (abajo). Disponible en: https://www.frequentis.com/sites/default/files/support/2019-06/RVTO_whitepaper_aerosense.pdf [10]

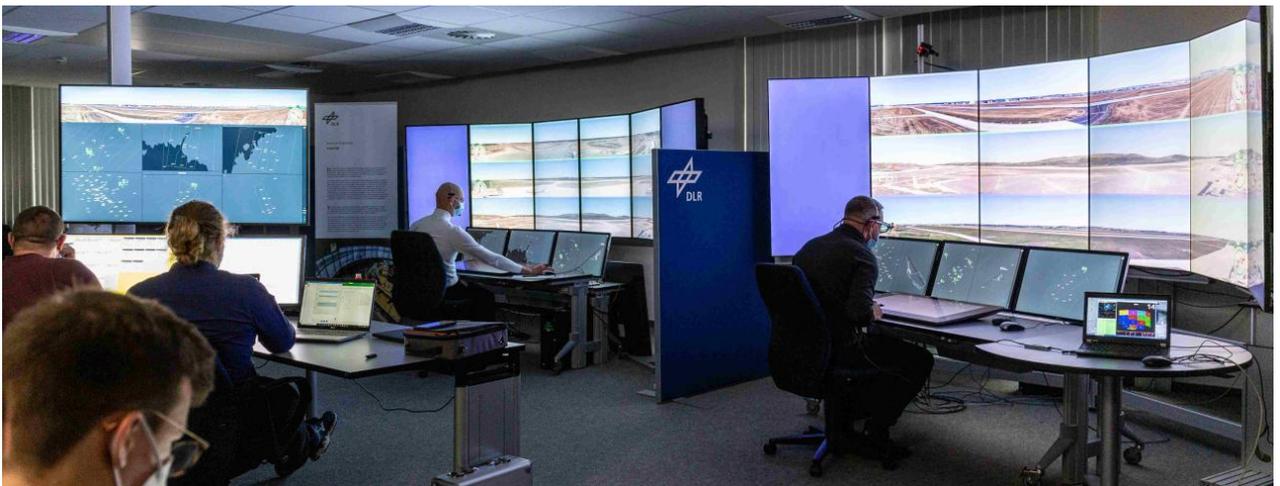


Fig. 3.7. Prototipo de torres de control remotas de uso múltiple. Disponible en: <https://lc.cx/khLcWX>. [Accedido el 15/02/2024]

Si comparamos ambos modos de operar, es fácil de observar que el modo múltiple plantea soluciones más rentables para la gestión del tráfico. La Agencia Estatal de Seguri-

dad Aérea (AESA) detalla en el documento [6], algunas consideraciones clave de ambos modos de operación. Sobre el modo único de operar se destaca la facilidad de implantación en aeródromos de todos los tamaños y condiciones. Sin embargo, el modo múltiple tiene diversas consideraciones como:

- Hay que tener en cuenta un mayor número de aspectos para garantizar que se puedan llevar a cabo las operaciones con seguridad tales como el número de aeródromos, los niveles de tráfico, la complejidad de la operación, las condiciones meteorológicas, la disposición del aeródromo y el entorno,...
- El programa Single European Sky ATM (SESAR) también valida las funciones avanzadas de este modo para que los controladores mantengan el conocimiento de la situación de dos o tres aeropuertos simultáneamente. En estas investigaciones se puede observar una tendencia favorable al uso de centros de control remotos para aeródromos de baja densidad. Los resultados revelan que el nivel de tráfico y la complejidad tienen un mayor impacto en la carga de trabajo que el número de aeródromos. Sin embargo SESAR recomienda a la AESA que actualice la normativa europea de seguridad relacionada con los servicios de torres múltiples y los riesgos conexos con este modo de operación. SESAR también reconoce la necesidad de armonizar los procedimientos, alertas y alarmas en los distintos aeródromos. [11]
- Deben evitarse los movimientos simultáneos de aeronaves en aeródromos diferentes. Por lo que para ello se deben gestionar aeropuertos de bajo nivel de tráfico. No obstante, también significa que las unidades ATC deben planificar los flujos de tráfico y establecer procedimientos para gestionar los picos de capacidad y manejar situaciones complejas.
- El cambio de un aeródromo a otro debe garantizar el conocimiento de la situación por parte de los controladores y deben establecerse procedimientos. Lo cual se traduce en mayor inversión en cuanto a formación de personal.

Con todo esto se puede notar que a día de hoy el modo simple es el más empleado a la hora de diseñar e implementar el funcionamiento de las torres de control remotas en cualquier tipo de aeródromo. No obstante, para aumentar la rentabilidad, y en función del número de aeródromos cercanos, en algunas zonas geográficas con múltiples aeródromos de baja densidad de tráfico puede introducirse el modo de operación múltiple con procedimientos sencillos tal y como sería el caso del Norte de Noruega.

3.4. Análisis Funcional. Pros y contras de la tecnología de torres de control remotas

En esta sección se va a realizar una breve comparativa entre las torres de control convencionales y las remotas para así llegar a detallar las ventajas que ofrece este nuevo sistema de control. Con ello se va a llevar a cabo un análisis de los riesgos que tiene este

nuevo sistema de operar actualmente. La finalidad de dicha sección es por tanto observar cuales son los principales riesgos a mitigar en nuestra propuesta (detallada en el capítulo 5) y, así aportar soluciones y propuestas de valor para ello.

3.4.1. Comparación con las torres de control convencionales

Como hemos visto, las torres de control remotas y las torres de control convencionales no tienen grandes diferencias en términos operacionales puesto que su funcionalidad es la misma aunque la tecnología empleada para ello si que difiera (detallada en la sección §3.1). No obstante, como se comentó en la sección §2.1.2, una de las finalidades por las cuales se ha implementado este nuevo sistema de control del tránsito aéreo es debido a que ofrece capacidades mejoradas que pueden mejorar aún más la seguridad y la calidad de la prestación de servicios ATS.

Aunque ambas torres tengan la mismo funcionalidad es cierto que las torres de control remotas ofrecen nuevas ventajas en comparación con las convencionales. Estas ventajas no son sólo económicas (como se verán en el capítulo 5) sino también desde el punto de vista funcional, desde la perspectiva de los aeropuertos y la gestión del espacio aéreo.

Algunas de ellas se describen a continuación:

- Ofrecen la provisión de servicios de seguimiento del tráfico aéreo más económicos puesto que requieren de un menor coste de infraestructura (su infraestructura es menor) además de menos recursos humanos para desarrollar la operación.
- Existe una mayor eficiencia a la hora de operar. Esto se debe principalmente a la gestión de los controladores y a la infraestructura. Esta nueva forma de operar ofrece la posibilidad de proporcionar el servicio de tráfico aéreo en aeródromos con baja densidad o en determinadas temporadas del año. Esto se traduce en una mayor flexibilidad general satisfaciendo a la vez las necesidades de los clientes.
- Aumento y mejora de la seguridad operacional y de la calidad del servicio. La nueva infraestructura y los diversos equipos y sistemas ofrecen la posibilidad de dotar al controlador de una visión más amplia y detallada del terreno. Asimismo, con el tiempo esta tecnología se ha ido desarrollando en función de los riesgos a los que pudieran ser sometidos los controladores y se han implementado diversas herramientas para conseguir mejorar el conocimiento de la situación y reducir la carga de trabajo. Entre ellas destacan [10]:
 1. Cámaras de alta definición y cámaras de infrarrojos para mejorar la visión nocturna o el funcionamiento en condiciones de baja visibilidad.
 2. Detección automática de objetos.
 3. Incorporan la funcionalidad binocular para posibilitar ver las imágenes en aumento.

4. Seguimiento automático de objetos y aeronaves en el campo visual.
 5. Red de seguridad basada en vídeo y funciones de alerta (cámaras y sensores).
 6. Integración y superposición de datos meteorológicos y de vigilancia de aeronaves.
- Como se cita en el esquema de la sección §3.2, es una solución a las costosas obras de modernización y/o rehabilitación.

3.4.2. Amenazas y oportunidades

Una de las oportunidades más evidentes de este nuevo Sistema de control del tráfico aéreo es el **incremento de la seguridad** en las operaciones de control. Esto se debe por ejemplo a la posición de la torre, puesto que el sistema de cámaras se puede llegar a colocar en cualquier lugar del aeródromo donde se pueda obtener una visión más detallada de las pistas de aterrizaje. Con ello se podría mejorar la seguridad y eficiencia operativa de algunos aeropuertos españoles tales como los situados en las islas Canarias, con frecuentes condiciones meteorológicas adversas. La implementación y el uso de estas torres posibilitaría a los controladores mayores ventajas a la hora de decretar el despegue y/o aterrizaje de una aeronave bajo condiciones adversas tales como las DANAS.

Por otro lado, como es sabido, Europa está a la cabeza en el mercado de implementación y expansión de las torres de control remotas. Noruega es uno de los principales países con un mayor número de centros de control remotos. Este país en concreto ha sabido aprovechar este desarrollo para lograr una gran **oportunidad económica** puesto que cuenta con múltiples aeródromos y helipuertos situados a escasa distancia en la zona norte del país. De esta manera se ha posibilitado que el tráfico aéreo en esas zona de baja densidad de tráfico siga siendo posible sin generar una pérdida de costes operativos. Sin embargo, para que esto último sea posible los centros de control deben de gestionar a más de un aeropuerto a la vez, lo que se conoce como modo múltiple de operación. Esto se debe a que si hay poco tráfico aéreo y las tasas de despegue y de aterrizaje y de pasajeros no cubren los costes ATS, los aeropuertos no alcanzarán el umbral de rentabilidad (observar figura 3.8). Los costes de prestación de servicio ATS en un aeropuerto deben incluir lo siguiente [10]:

- Costes fijos de ATM - independientes del flujo de tráfico
- Dotación completa de personal ATM en cada torre
- Inversiones en la construcción de torres y gestión de las instalaciones
- Costes de mantenimiento
- Formación específica

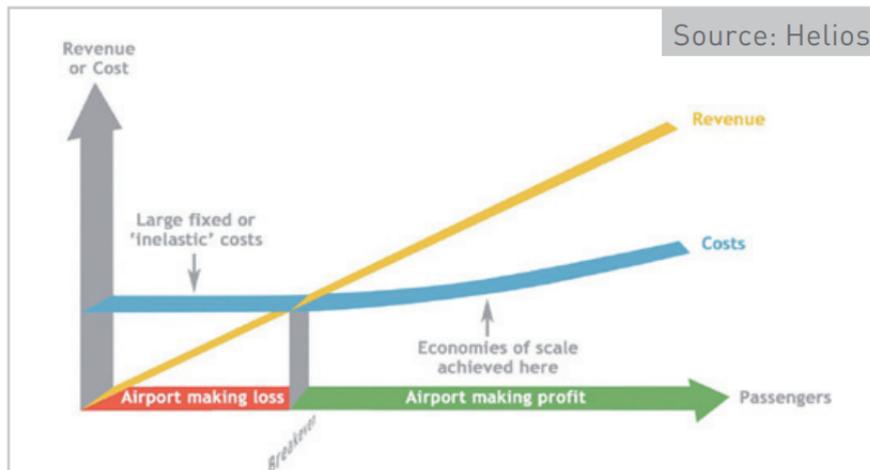


Fig. 3.8. Aspectos económicos de las torres de control remotas. Disponible en:

https://www.frequentis.com/sites/default/files/support/2018-02/RVT_whitepaper.pdf [Accedido el 20/02/2024]

Otra de las oportunidades que conlleva a su vez esta implantación son los beneficios económicos asociados. Como es notable, la infraestructura de las torres de control convencionales resultan muy costosas, además de que requieren a menudo renovaciones y/o rehabilitaciones. Es por esto que algunos aeropuertos han decidido implantar torres de control remotas para suplir a su vez la necesidad de renovar las torres convencionales. Sin embargo, esto trae consigo también un desembolso económico en materia de formación por parte de los controladores aéreos de la zona. En este caso estos deberán estar capacitados para operar de manera remota en aeropuertos nuevos y con equipos más modernos. Para ello sería necesario no sólo que conozcan el aeródromo a controlar, las condiciones meteorológicas o el tráfico aéreo de la zona sino también los nuevos sistemas visuales y de comunicación, mecanismos de contingencia para el caso de fallo en la señal audiovisual, presencia de aves en los equipos de cámaras,... Esta última amenaza va a servir de propuesta de valor para la realización del estudio de una posible implantación de una torre de control en las Islas Canarias.

Asimismo, existen múltiples aeródromos con una densidad de tráfico baja y/o temporadas con menor carga de trabajo lo cual hace que estos recursos estén infrautilizados debido al escaso tráfico aéreo. Una importante ventaja de las torres de control remotas es por ende la **centralización de los recursos**, pudiendo así generar una carga de trabajo constante. Algunos de los ejemplos para lo cual puede favorecer la centralización de recursos se puede notar en el siguiente esquema:

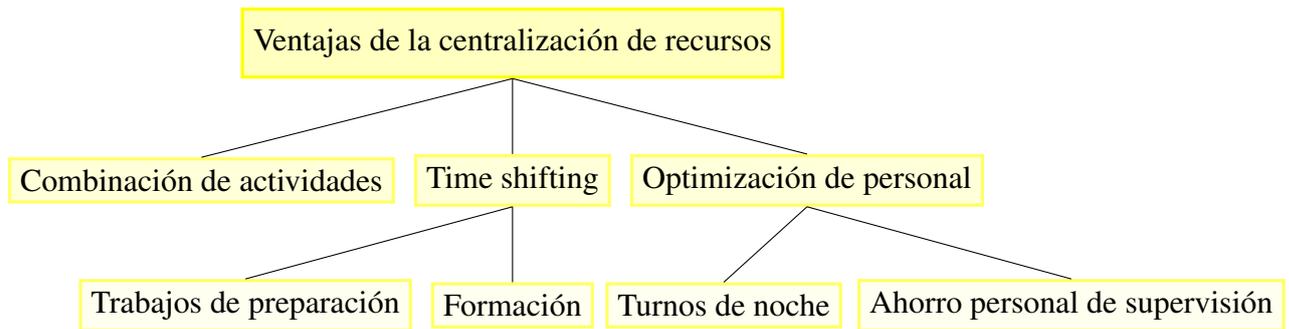


Fig. 3.9. Esquema de las ventajas que ofrece la centralización de los recursos

En este esquema se pueden destacar algunas de las cambios y facilidades que conlleva esta nueva manera de operar como puede ser la posibilidad de realizar otras tareas (Time shifting) como servicios de asistencia para otro aeropuerto, formación o trabajos de preparación. Por otro lado también se nota la combinación de actividades de un sólo controlador en aeropuertos pequeños por ejemplo. Sin embargo, una de las ventajas más beneficiosas es la optimización de personal. Con ello se ha posibilitado reducir el número de controladores durante los turnos de noche además de permitir a un supervisor controlar mas de un aeródromo (lo que supone un ahorro de dos supervisores o del 66 % por turno ⁴).

Como se ve, todo desarrollo tecnológico trae consigo importantes mejoras a los actuales sistemas pero también surgen amenazas y riesgos por dicha implantación. En la siguiente sección se van a ver los riesgos a tener en cuenta con este nuevo sistema.

3.4.3. Análisis de riesgos

En las secciones anteriores se han podido analizar las ventajas que ofrecen las torres de control remotas, como la reducción de costos, la flexibilidad operativa, la capacidad de gestionar múltiples aeropuertos desde un solo centro,... No obstante, también se deben abordar los riesgos asociados a esta nueva forma de operar para garantizar la seguridad operativa, proteger vidas y activos (aeronaves, infraestructuras aeroportuarias y equipos de navegación), cumplir con las regulaciones, y mantener la continuidad del negocio en el sector de la aviación.

Previamente a generar una matriz de evaluación de los riesgos asociados, es interesante distinguir los dos posibles tipos de riesgos a preveer:

- **Riesgos convencionales:** Estos riesgos son algunos similares a los de las torres convencionales tales como fallos técnicos en los sistemas de comunicación (p.ej. interferencias entre las comunicaciones con los pilotos), errores humanos como la

⁴Esto se debe a que una torre suele estar equipada con al menos un controlador para el movimiento aéreo, otro para el movimiento terrestre y un supervisor.

interpretación incorrecta de datos, interferencias cibernéticas, condiciones meteorológicas adversas, fallo del equipo (fallo de los controladores para monitorear el tráfico aéreo, mal funcionamiento de los radares,...), interrupción del suministro eléctrico,...

- **Riesgos emergentes:** estos riesgos son aquellos que podrían surgir con la implementación de tecnologías innovadoras en las torres de control remotas. Algunos de ellos pueden ser los siguientes:

1. Riesgos relacionados con la integración de inteligencia artificial (IA): la implementación de la IA no sólo resulta beneficiosa a la hora de gestionar la toma de decisiones sino que también plantea nuevas amenazas debido a la posibilidad de fallo y/o error en sus algoritmos. Asimismo, este riesgo también va asociado a la ciberseguridad puesto que se podría acceder a dichos algoritmos e interferir en la gestión del tráfico.
2. Ciberseguridad: al depender de sistemas informáticos y algoritmos para la automatización de procesos, existe un riesgo de ciberataques puesto que se podría intentar acceder a los sistemas de control, manipular datos o interrumpir las comunicaciones.
3. Uso de Drones en los aeródromos: el empleo de drones puede suponer una amenaza si su fin no es para favorecer el trabajo de los controladores aéreos.⁵ Es por ello que estos vehículos podrían representar una amenaza para la seguridad del espacio aéreo si entran en áreas restringidas o interfieren con las aeronaves comerciales.
4. Vulnerabilidades de seguridad en sistemas de realidad aumentada: La realidad aumentada se utiliza para proporcionar información adicional sobre el tráfico aéreo y las condiciones meteorológicas. No obstante, estos sistemas de realidad aumentada también podrían ser alterados para presentar información falsa o engañosa a los controladores.
5. Dependencia de la conectividad: Como se ha podido ver en la descripción de los sistemas, todos ellos requieren de una conexión de red segura para poder favorecer la transmisión de información de manera fiable. Para evitar el riesgo de interrupciones en la conectividad es necesario contar con equipos de "backup".

Tras haber definido algunos de los riesgos asociados se va a evaluar el impacto que tendrían cada uno de ellos. Para ello se va a realizar una matriz de riesgos y así clasificar cada uno según su gravedad y probabilidad de ocurrencia. Esto va a posibilitar priorizar los riesgos y enfocar la propuesta de estudio hacia los más críticos.

⁵En diversos aeropuertos existen drones para evitar alejar a las aves de los aeropuertos y evitar que estas choquen con las aeronaves.

Cuadro 3.1: Matriz de evaluación de riesgos de las torres de control remotas

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Prioridad	Medidas de mitigación
Fallo del sistema de comunicación	Alta	Muy alto	Alta	Uso de sistemas de redundancia (Backup).
Interferencia cibernética	Media	Alta	Alta	Emplear medidas de seguridad robustas.
Error humano en la interpretación de datos	Media	Alta	Alta	Proporcionar cursos de capacitación y recurrentes cursos de entrenamiento.
Condiciones meteorológicas adversas	Media	Media	Media	Llevar a cabo la elaboración de protocolos de actuación para estas situaciones.
Fallo del sistema de realidad aumentada	Bajo	Alto	Media	Realizar mantenimiento rutinario.
Fallos en los algoritmos de automatización de Inteligencia Artificial (IA)	Medio	Medio	Medio	Asegurar la correcta encriptación de estos algoritmos con frecuencia.
Uso de drones en zonas restringidas	Media	Alto	Media	Reforzar la zona con inhibidores.
Interrupción del suministro eléctrico	Baja	Alto	Medio	Implementar generadores de energía de respaldo (Backup).
Ataques terroristas o actos de sabotaje	Baja	Muy alto	Alta	Refuerzo de seguridad y de permisos de acceso a la zona de control.
Desastres naturales	Baja	Muy alto	Alta	Preparación de planes de contingencia y medidas de evacuación.

Con esta matriz (tabla 3.1), se va a definir el escenario de estudio en el capítulo 5 y así ver como se podrían solucionar algunas de las amenazas mencionadas. En definitiva, se va a tratar de desarrollar estrategias de mitigación y gestión de algunos riesgos identificados en función del escenario propuesto. Esto incluye medidas técnicas, procedimentales y organizativas diseñadas para reducir la probabilidad de ocurrencia y minimizar su impacto en caso de que ocurran.

Sin embargo, previamente al desarrollo del caso de estudio se van a estudiar las nor-

mativas y regulaciones vigentes para así abordar de manera efectiva los riesgos asociados con las torres de control remotas.

4. NORMATIVA Y REGULACIONES

Índice

4.1. Normativa/Regulaciones	32
4.1.1. Organismos Reguladores	33
Internacional	33
Europea	33
Nacional	35
4.2. Iniciativas y documentos a estudio	36

En este capítulo se va a analizar el marco regulatorio y los estándares que guían hoy en día el desarrollo e implementación de las torres de control remotas. Para ello se va a analizar las agencias reguladoras que están abordando este nuevo concepto de operación en Europa y sus consideraciones en materia de seguridad operacional.

4.1. Normativa/Regulaciones

Hoy en día aún se están definiendo procedimientos normalizados y la reglamentación común necesaria para el uso e implementación de las torres de control remotas. No obstante, las regulaciones pueden variar según el país. Si bien la OACI ha publicado algunas directrices para la implantación de torres remotas desde el punto de vista de la operación ATS, donde se describe la necesidad de elaborar normas y prácticas recomendadas para las especificaciones tecnológicas del sistema (SARPS) [12]. No obstante, la regulación y las normas relativas a las torres remotas deben desarrollarse más profundamente e incluirse en el anexo 10 de la OACI para complementar la regulación existente relacionada con las torres convencionales y el ATC en general.

Por otro lado, la AESA es la autoridad competente responsable de la regulación relacionada con la aviación. Esta ha publicado el documento: *Guidance Material on Remote Aerodrome Air Traffic Services* disponible en [6], en el cual se detallan los aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de implementar ATS de aeródromo remoto⁶. Sin embargo, cada caso de implementación es único y está sujeto a aprobación de acuerdo con la normativa aplicable relacionada con ATS y los procedimientos aceptados por la autoridad competente pertinente. Las torres remotas deben demostrar **integridad, continuidad y precisión** para poder con ello sustituir a las torres convencionales. Dicho lo cual, el sistema debe ser fiable. Sumado a esto, la AESA también ha publicado material relacionado

⁶Dicho documento se ha empleado en el capítulo 3 al describir los modos de operación, recomendaciones y consideraciones operativas

con la formación ATC para torres remotas, para cualificar y capacitar a los controladores de tránsito aéreo y lograr así reducir el error humano en la interpretación de datos (como se vió en la matriz de evaluación de riesgos del capítulo). Dicho material se encuentra publicado aquí: [13].

4.1.1. Organismos Reguladores

Internacional

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) aún no ha emitido documentos específicos dedicados exclusivamente a las torres de control remotas. Sin embargo, la OACI ha estado trabajando en la elaboración de normas y recomendaciones relacionadas con la gestión del tráfico aéreo (ATM) y la tecnología de torres de control remoto. A continuación, se pueden observar algunos documentos relevantes para las torres de control remotas:

- **Doc 4444: Procedimientos para la Navegación Aérea (PANS-ATM):** Este documento proporciona orientación sobre los procedimientos de gestión del tráfico aéreo, incluyendo la gestión del tráfico en zonas de control terminal y procedimientos de aproximación y salida. Aunque no se centra específicamente en las torres de control remotas, puede ser relevante para la gestión general del tráfico aéreo.
- **Doc 9426: Sistema de Control de Tráfico Aéreo (ATC):** Este documento proporciona orientación sobre los sistemas de control de tráfico aéreo, incluyendo los equipos y sistemas utilizados en las torres de control, la gestión del tráfico y los procedimientos operativos. Aunque no se centra específicamente en las torres de control remotas, puede proporcionar información relevante sobre los requisitos técnicos y operativos.
- **Circular 330: Guidelines for Remote Tower Operations (RTO):** Aunque no es un documento oficial de la OACI, esta Circular proporciona orientación sobre las operaciones de torres de control remotas y ha sido desarrollada en consulta con la OACI y otras partes interesadas de la industria. Puede ser útil como referencia para operadores y reguladores que están considerando la implementación de torres de control remotas.

No obstante, la OACI sigue monitoreando y evaluando el desarrollo de la tecnología de torres de control remotas, además de emitir documentos adicionales para abordar este tema de manera más específica.

Europea

El principal documento normativo relevante para el tráfico aéreo europeo que *especifica, estandariza y regula* las torres virtuales digitales es el **Reglamento (UE) 2017/373** por

el que se establecen requisitos comunes para los proveedores de servicios de gestión del tránsito aéreo/navegación aérea y otras funciones de red ATM y su supervisión (también conocido como Reglamento ATM/ANS)[14]. Este reglamento, emitido por la Unión Europea, establece normas comunes en el ámbito de la prestación de servicios de navegación aérea y otros servicios relacionados con dicha navegación. Aunque dicho reglamento no aborda específicamente las torres de control remotas, establece disposiciones generales que son relevantes para la prestación de servicios de control de tráfico aéreo, incluidos los servicios proporcionados desde torres de control remotas.

El Reglamento ATM/ANS establece el marco jurídico para el despliegue y la explotación de torres virtuales digitales en la Unión Europea. En él se esbozan los requisitos de seguridad y los objetivos de rendimiento que deben cumplir los proveedores de servicios de navegación aérea cuando prestan servicios ATS y servicios conexos, independientemente de que se trate de operaciones convencionales o remotas. Este Reglamento no aborda específicamente las torres virtuales digitales, sino que sienta las bases para su implantación y funcionamiento.

Por otro lado, la Agencia Europea de Seguridad Aérea, AESA es la agencia encargada de regular y supervisar la seguridad en la aviación civil dentro de la Unión Europea (aunque esta regulación específica de las torres de control remotas puede variar según el país miembro de la UE). Esta desempeña un papel importante en el establecimiento de estándares y normativas comunes en la región puesto que emite directrices, regulaciones y certificaciones para una amplia gama de aspectos relacionados con la aviación civil, incluidos los servicios de navegación aérea y el control del tráfico aéreo.

Para la realización de este trabajo se ha utilizado de base el documento de la EASA de *Guidance Material on Remote Aerodrome Air Traffic Services* [6], relacionado con las áreas y cuestiones que deben tenerse en cuenta a la hora de implantar el ATS de aeródromo remoto. En él se describen los modos de operación, cuestiones relacionadas con la gestión del cambio, la seguridad y los factores humanos, recomendaciones y consideraciones operativas. No obstante, con la implementación de este servicio, varios países europeos han comenzado a adoptar normativas y regulaciones específicas relacionadas con las torres de control remotas. Algunos de ellos son:

- Suecia: como se vió en el capítulo 2, este país es uno de los líderes en la implementación y desarrollo de torres de control remotas. La Autoridad de Aviación Civil Sueca ha trabajado en colaboración con proveedores y reguladores para establecer regulaciones específicas para estas instalaciones. Además de estas regulaciones, LFV y Transportstyrelsen (Autoridad de Aviación Civil Sueca) también pueden emitir directrices y recomendaciones específicas para la implementación y operación de torres de control remotas en Suecia.
- Noruega: Noruega es otro país pionero en la adopción e implantación de torres de control remotas. La Autoridad de Aviación Civil de Noruega (Luftfartstilsynet) ha

establecido regulaciones y ha supervisado la implementación de estas instalaciones en el país.

- Reino Unido: La Autoridad de Aviación Civil del Reino Unido (Civil Aviation Authority - CAA) ha trabajado en la regulación de estas instalaciones y en la emisión de certificaciones para su operación. En dicha regulación se tratan principalmente los siguientes temas [15]:
 - Modos de operación de torres remotas y niveles de equipamiento (básicos/mejorados).
 - Requisitos generales, incluida la gestión de cambios, la concesión de licencias al personal ATS, los sistemas operativos de las cámaras y la interoperabilidad de los equipos.
 - Consideraciones específicas, incluidos los factores humanos, la prestación de servicios meteorológicos y otros servicios auxiliares, la interacción del personal ATS con el personal del aeródromo, la fiabilidad y continuidad del servicio, la seguridad, las consideraciones CNS, las señales luminosas y pirotécnicas, la información aeronáutica.
- Alemania: La Autoridad de Aviación Civil de Alemania (Luftfahrt-Bundesamt) ha participado en la evaluación y regulación de estas instalaciones.
- Países Bajos: La Autoridad de Aviación Civil de los Países Bajos (Inspectie Leefomgeving en Transport) ha estado involucrada en la regulación de estas instalaciones.

No obstante, EUROCAE (European Organization for Civil Aviation Equipment), organización de uso común que se ocupa de crear estándares para la industria de la aviación mediante la elaboración de especificaciones mínimas de rendimiento operacional (MOPS) o especificaciones mínimas de rendimiento del sistema de aviación (MASPS) [16], ha incluido en este último nuevas directrices sobre la tecnología de torres de control remotas. Este documento se trata del **EUROCAE ED-240A - MASPS for Remote Tower Optical Systems** [17].

Nacional

En España, AENA y Enaire firmaron un convenio en Julio de 2020 para el desarrollo e implantación de un proyecto de torre remota en los aeropuertos de Vigo y de Menorca (dicho convenio se puede observar en el Anexo B). Mediante este convenio se pretende crear un marco de colaboración entre ENAIRE y AENA con el fin de proveer los instrumentos necesarios para la validación y puesta en operación de una solución de torre remota en los aeropuertos gestionados por Aena [18].

Dicho convenio va a resultar de ayuda a la hora de definir la puesta en operación de dicha solución de estudio en el capítulo 6.

4.2. Iniciativas y documentos a estudio

Aparte de las normativas y regulaciones descritas anteriormente existen también diversos proyectos europeos que abordan la regulación y la implementación de torres de control remotas. Algunos de ellos son:

- **SESAR:** SESAR (Single European Sky ATM Research) es un programa conjunto de la Unión Europea y la industria aeronáutica (público-privado) para modernizar y armonizar el sistema de gestión del tráfico aéreo en Europa. Dentro de este proyecto se llevan a cabo varios proyectos relacionados con las torres de control remotas tales como estudios de viabilidad, pruebas de concepto y demostraciones en vivo.
- **Proyecto PJ.05-W2 Remote Tower for Multiple Airports":** Este es un proyecto SESAR que está coordinado por EUROCONTROL y se centra en el desarrollo y la validación de soluciones técnicas y operativas para la implementación de torres de control remotas en modo múltiple de operación (Definición de los modos de operación en la sección §3.3).
- **Proyecto PJ.03a Remote Tower Services Interoperability":** Al igual que el anterior se trata de otro proyecto SESAR que se centra en la interoperabilidad de los servicios de torres de control remoto, asegurando que los sistemas desarrollados puedan integrarse fácilmente en el entorno operativo existente y sean compatibles entre diferentes proveedores y países.
- **Proyecto AURORA:** Financiado por la Comisión Europea, el cual tiene como objetivo investigar y desarrollar soluciones para la prestación de servicios de control de tráfico aéreo remoto en aeropuertos pequeños y medianos. Este proyecto aborda aspectos técnicos, operativos, regulatorios y de seguridad.
- **Proyecto SAFIR:** El proyecto SAFIR (Safe and Flexible Integration of Initial U-space Services in a Real Environment) está financiado también por la Comisión Europea y se centra en la integración segura y flexible de servicios de U-space en el espacio aéreo europeo. No se centra exclusivamente en las torres de control remotas sino que aborda aspectos relacionados con la integración de nuevas tecnologías en la gestión del tráfico aéreo y la regulación.

Para resumir, a lo largo de este capítulo se han mencionado diversos documentos y directrices importantes a día de hoy para esta tecnología. Algunos de ellos se van a tener en cuenta durante el desarrollo de este estudio con el fin de desarrollar una solución que cumpla las normas recomendadas para su aprobación por la autoridad competente. Los documentos sujetos a estudio son los observados en el siguiente esquema:

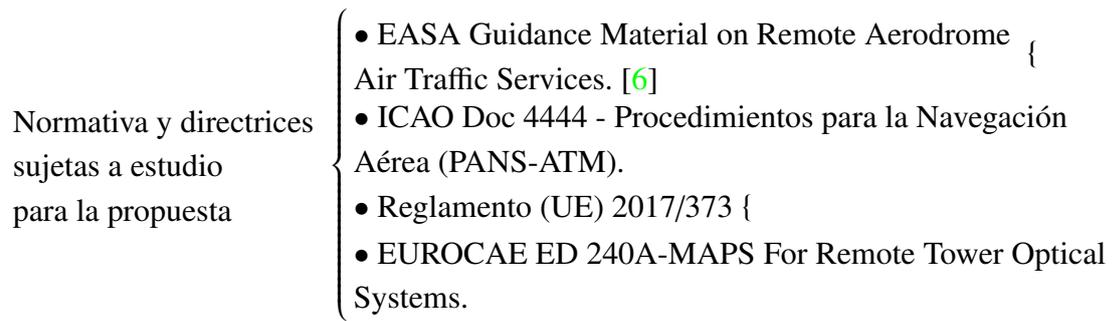


Fig. 4.1. Normativa y directrices sujetas a estudio para la propuesta

5. PROPUESTA DE TORRES REMOTAS

Índice

5.1. Caso de estudio I: Propuesta de torre de control remotas en los aeropuertos de La Gomera y del Hierro	38
5.1.1. Análisis de viabilidad	40
5.1.2. Determinación de las necesidades aeroportuarias de los aeropuertos de La Gomera y del Hierro	45
5.1.3. Selección de ubicación para las torres remotas	49
Aeropuerto de El Hierro	49
Aeropuerto de La Gomera	53
5.1.4. Diseño y equipamiento	55
5.1.5. Fase de validación	57

Una vez hecho el análisis de la tecnología e infraestructuras de las torres de control remotas y tras haber estudiado los posibles riesgos a preveer se va a proceder a realizar un análisis de aeropuertos dónde pueda resultar factible la implementación de las torres de control remotas basándose en el tipo de aeropuertos, número de operaciones y modo de operación.

Una vez analizado el criterio se va a llevar a cabo una propuesta de dicho caso de estudio llevando a cabo un análisis detallado en diversos aspectos desarrollados dentro de la sección §5.1.

Este capítulo terminará con un análisis y evaluación de los riesgos asociados a las diferentes etapas del proyecto que, pueden desembocar los diferentes aspectos definidos anteriormente en la propuesta de torre de control remota.

Con todo ello se podrá llevar a cabo un plan de implementación el cual será analizado en el siguiente capítulo del estudio.

5.1. Caso de estudio I: Propuesta de torre de control remotas en los aeropuertos de La Gomera y del Hierro

La propuesta de estudio trata de implementar una torre de control remota en aeropuertos españoles. Para ello es necesario dividir los aeropuertos existentes en aeropuertos de gran volumen de tráfico aéreo, mediano y pequeños aeropuertos. En este caso se ha elegido realizar un caso de estudio en aeropuertos con baja densidad de tráfico ya que resulta más beneficioso dicha implementación. Primeramente, se van a detallar aquellos aeropuertos españoles con bajo volumen de tráfico (observar tabla 5.1):

Cuadro 5.1: Informe anual del número de pasajeros 2023 en aeropuertos de baja densidad de tráfico. Disponible en:

<https://www.aena.es/es/estadisticas/informes-anuales.html>

Aeropuertos	Total Pasajeros 2023
Logroño, LERJ	16.728
Albacete, LEAB	2.644
León, LELN	63.442
<i>La Gomera, GCGM</i>	<i>113.318</i>
Badajoz, LEBZ	80.181
Burgos, LEBG	4.053
<i>El Hierro, GCHI</i>	<i>301.241</i>
Valladolid, LEVD	208.923
Pamplona, LEPP	197.509
San Sebastián, LESO	482.662
Huesca, LEHC	276
Melilla, GCML	501.069
Salamanca, LESA	21.083
Santander, LEXJ	1.242.089
Vigo, LEVX	1.136.157
Asturias, LEAS	1.974.850
A Coruña, LECO	1.252.022
Reus, LERS	1.045.419
Girona, LEGE	1.586.463

En la tabla anterior se pueden ver aquellos con una baja densidad de tráfico en comparación con los de gran densidad de tráfico como el aeropuerto de Madrid-Barajas con un total de 60.220.984 pasajeros en 2023. Aunque dichos aeropuertos tengan menor tráfico aéreo requieren un servicio ATC o AFIS y, proporcionar dicho servicio in situ resulta bastante costoso ya que entre sus características está la particularidad de que muchos de ellos no operan de manera continuada. Algunas de las características destacables de este tipo de aeropuertos son las siguientes:

- No operan de forma continua, ya que suelen operar sólo durante algunos periodos de tiempo a lo largo del día, o en periodos de tiempo determinados (p.ej: temporada estival).
- Cuentan con una sola pista más corta y área de movimiento más pequeña.
- Muchos de ellos sólo requieren AFIS.
- Baja densidad de tráfico.

- Principalmente tráfico Reglas de vuelo visual (VFR), aunque también hay tráfico Reglas de vuelo Instrumental (IFR).

Aparte de las singularidades de estos aeropuertos y por el beneficio económico, sería factible tener en cuenta que los aeropuertos a gestionar de manera remota sean del mismo proveedor de servicios de navegación aérea. Teniendo en cuenta que ya se ha hecho un estudio de implantación de torre de control remota en el Aeropuerto de menorca se ha decidido por ello estudiar un caso en las Islas Canarias. Es por ello que los aeropuertos elegidos han sido los de **la Gomera y de El Hierro** como escenarios para llevar a cabo la gestión del tráfico aéreo de manera remota puesto que ambos tienen servicio AFIS desde 2010⁷ y, aunque en un principio se vió como una medida para reducir costes, ha resultado en ciertos *riesgos* como son las *condiciones adversas o la contaminación*. Es por ello que esta propuesta surge con la **finalidad de mitigar los riesgos que genera el sistema actual**, aparte de suponer un beneficio en términos de costes operativos y de infraestructura. En la figura 5.1, se observa la localización de ambos aeropuertos:



Fig. 5.1. Mapa de los aeropuertos de las islas Canarias. En rojo, lo aeropuertos del caso de estudio.

5.1.1. Análisis de viabilidad

Previamente al estudio y desarrollo de la propuesta se va a elaborar un estudio de viabilidad para evaluar la factibilidad técnica, operativa, económica y regulatoria de implementar una torre de control remota para gestionar el tráfico aéreo en los aeropuertos de las islas de La Gomera y El Hierro.

Desde 2010, el Ministerio de Fomento aprobó la utilización del sistema AFIS en los aeropuertos con menos de 50 operaciones al día como una de las vías para reducir los

⁷En el Anexo A se recoge el BOE-A-2010-14031, de 10 de agosto, por la que se designa al Aeropuerto de El Hierro como Aeropuerto con Información de Vuelo de Aeródromo (AFIS) a efectos de la provisión de servicios de tránsito aéreo.

elevados costes de navegación aérea en España. Sin embargo dicha propuesta significa un retroceso para el desarrollo de ambos aeropuertos y eleva la contaminación que generan los aviones al incrementar el tiempo de aproximación y aterrizaje. Asimismo, con el sistema de Información en vuelo actual resulta más complicada la realización del despegue y aterrizaje de la aeronave bajo condiciones climatológicas adversas.

Por esto último, se va a realizar primero un breve análisis de entorno de ambos aeropuertos:

- **Ubicación y geografía:** El Aeropuerto de La Gomera y de El Hierro se encuentra en la isla de La Gomera y en la isla de El Hierro, dos islas de las Islas Canarias, en el océano Atlántico. La isla de la Gomera presenta terreno montañoso, lo que puede afectar a las rutas de vuelo y las condiciones meteorológicas.
- **Características operativas:** se trata de aeropuertos pequeños con una sola pista y una terminal. Además, dichos aeropuertos manejan principalmente vuelos regionales y domésticos, con un tráfico aéreo limitado en comparación con otros aeropuertos más grandes.
- **Infraestructura y servicios:** La infraestructura del aeropuerto incluye una terminal de pasajeros, áreas de estacionamiento de aeronaves y servicios de apoyo. La terminal cuenta con servicios básicos para pasajeros, como mostradores de facturación, salas de espera y puntos de venta.
- **Conectividad:** Están conectados con el resto de la isla a través de carreteras locales y transporte público.
- **Factores económicos:** El turismo es una de las principales actividades económicas de estas islas, y el aeropuerto juega un papel clave en la conectividad con el resto de las Islas Canarias puesto que, junto con la infraestructura naval, son los dos únicos medios de transporte para acceder a dichas islas. Por otro lado, estos aeropuertos también facilitan el transporte de mercancías y productos locales tales como el plátano y el tomate.
- **Factores climatológicos:** debido a la ubicación geográfica y su proximidad al océano Atlántico estos aeropuertos tienen condiciones climatológicas particulares. Entre estas destacan:
 - *Clima subtropical oceánico:* este clima está caracterizado por temperaturas moderadas y estables a lo largo del año. Las temperaturas tienden a ser suaves, con veranos cálidos e inviernos suaves.
 - *Influencia de los vientos alisios:* estos vientos soplan de manera constante del noreste y pueden afectar a las condiciones de vuelo, especialmente durante el aterrizaje y el despegue, requiriendo técnicas y procedimientos específicos por parte de los pilotos.

- *Precipitación:* Lluvias intensas durante los meses de invierno, lo que puede afectar la visibilidad y las condiciones de la pista.
- *Niebla:* Debido a su ubicación cercana al océano, se puede experimentar episodios de niebla, especialmente durante la noche y la mañana. La niebla puede afectar la visibilidad y requerir medidas adicionales de navegación y operación para los vuelos.
- *Tormentas y condiciones meteorológicas adversas:* Como en todas las regiones, se pueden ver afectados por tormentas y condiciones meteorológicas adversas, como fuertes vientos, tormentas eléctricas y fenómenos climáticos extremos, que pueden causar interrupciones en las operaciones aéreas.
- *Variabilidad climática:* Aunque el clima suele ser estable y benigno, la variabilidad climática es inherente y pueden ocurrir eventos meteorológicos inesperados que afecten las operaciones aéreas.

Tras haber analizado el entorno y detallado brevemente algunas características de sus sistemas aeroportuario, se pasa ahora a definir dos DAFO. La intención de esto es conseguir evaluar la factibilidad técnica, operativa, económica y regulatoria de una manera más práctica y conseguir proporcionar una visión integral de los aspectos clave que afectan a la viabilidad del proyecto.

Uno de ellos del sistema aeroportuario de ambos aeródromos (ver figura 5.2), donde se analizan las riquezas, necesidades y factores negativos de este sistema. Tras este se ha realizado otro DAFO, más específico para el proyecto, sobre la implementación de torres de control remotas (observar figura 5.3). Con esta herramienta se pretende identificar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que puedan afectar en mayor o menor medida a este caso de estudio.



Fig. 5.2. Análisis dafo de los aeropuertos de la Gomera y de El Hierro. Elaboración propia en Canvas.

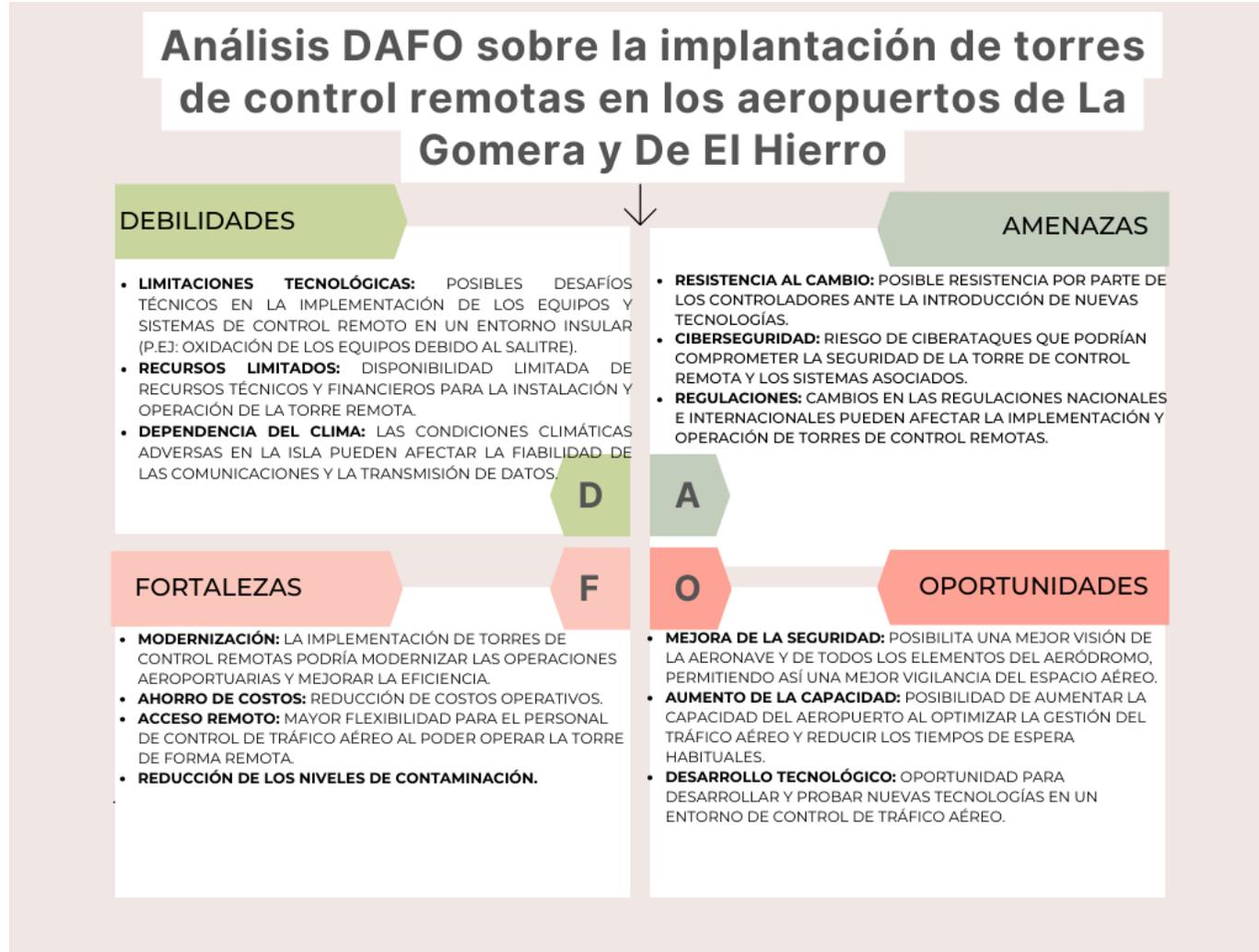


Fig. 5.3. Análisis dafo sobre la implementación de torres de control remotas en los aeropuertos de la Gomera y de El Hierro. Elaboración propia en Canvas

5.1.2. Determinación de las necesidades aeroportuarias de los aeropuertos de La Gomera y del Hierro

Durante esta sección se van a evaluar las necesidades operativas específicas de los aeropuertos de La Gomera y El Hierro en términos de tráfico aéreo, horarios de vuelo, capacidad de la pista, condiciones meteorológicas locales, entre otros factores relevantes.

En la siguientes figuras se ha detallado para ello dos dashboard de los correspondientes aeropuertos con la información relevante sobre el tráfico de pasajeros anual y mensual (información hasta 2022), los destinos desde y hacia dichos aeropuertos y características básica de la pista. Ambos dashboards son los correspondientes a las figuras 5.4 y 5.5.

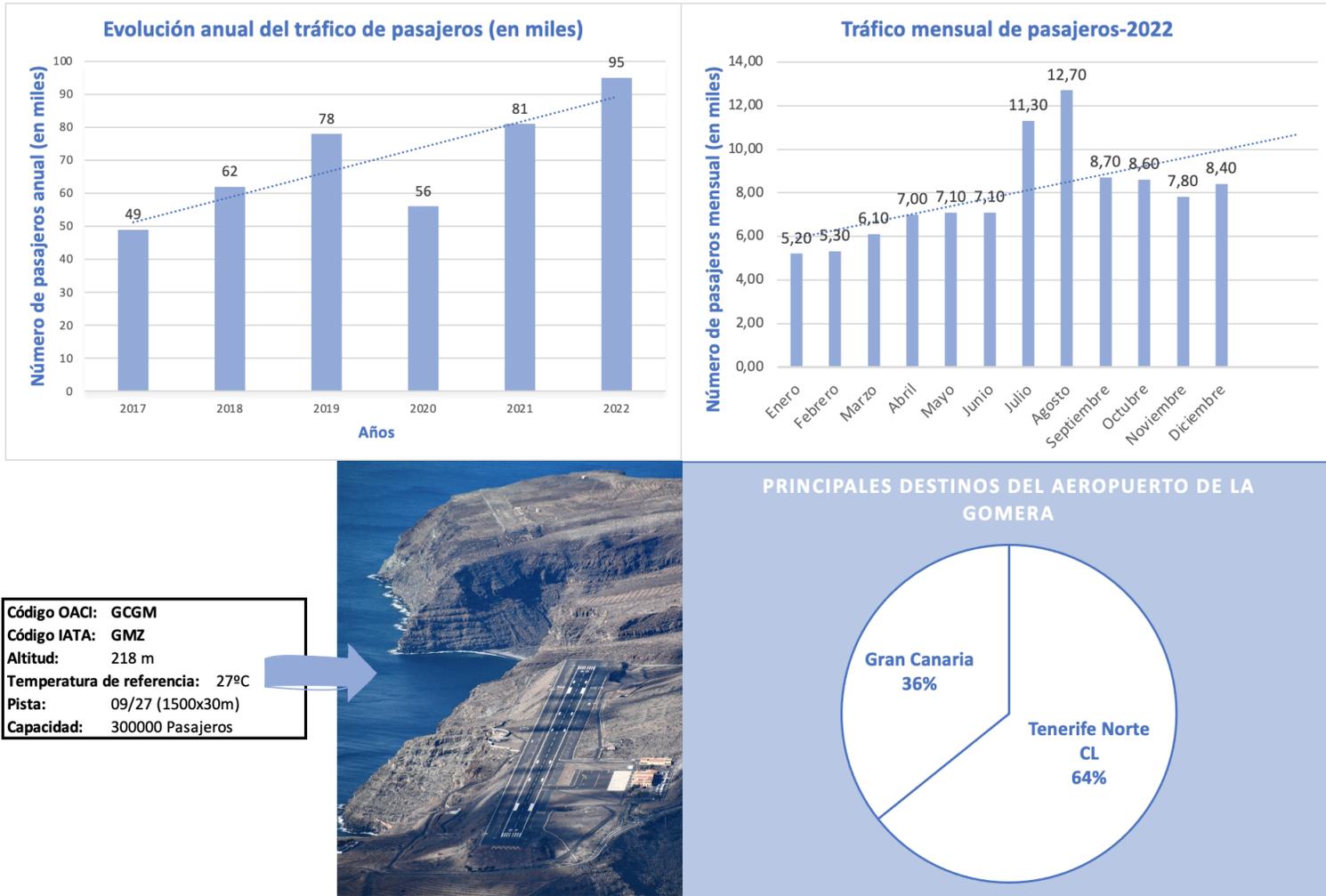


Fig. 5.4. Dashboard Aeropuerto de La Gomera. Elaboración propia (Información recogida de los informes anuales obtenidos en <https://www.aena.es/es/aerolineas/aeropuertos-y-destinos/nuestros-aeropuertos>)

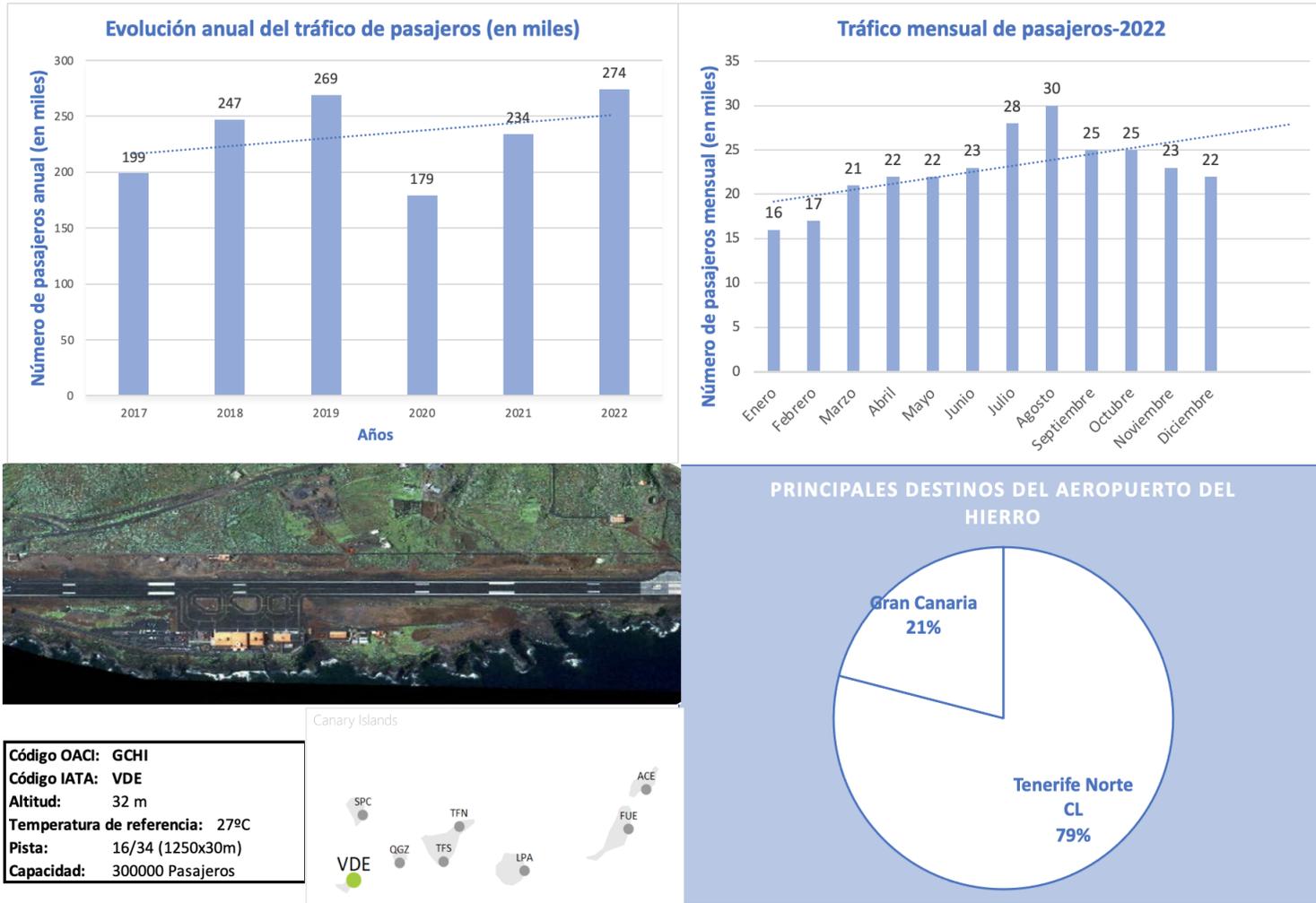


Fig. 5.5. Dashboard Aeropuerto de El Hierro. Elaboración propia (Información recogida de los informes anuales obtenidos en <https://www.aena.es/es/aerolineas/aeropuertos-y-destinos/nuestros-aeropuertos>)

En dichos dashboards se ha podido ver de manera resumida y más visual cuales son los principales destinos desde este aeropuerto así como la evolución que ha tenido el tráfico aéreo estos años. Como se ve en ambos, la COVID-19 supuso una fuerte disminución del % anual de vuelos. Sin embargo, se puede notar que a día de hoy los niveles de tráfico aéreo han aumentado en comparación con las estadísticas del año previo a la pandemia lo cual hace afirmar de nuevo la propuesta de valor como una necesidad. En la sección anterior se definieron los posibles factores climatológicos adversos que podrían tener lugar en dichos aeródromos. A continuación se va a analizar cuantos de estos eventos han ocurrido en los últimos años para poder con ello apoyar esta propuesta de estudio.

Antes de ellos es imprescindible saber que una de las razones por las que se pretende eliminar el sistema AFIS de estos aeródromos es para evitar los retrasos en los vuelos y/o sus posibles cancelaciones por condiciones meteorológicas adversas. El sistema AFIS únicamente puede proporcionar información actualizada sobre las condiciones meteorológicas en el aeropuerto pero no tiene la capacidad para tomar decisiones operativas ni para dirigir el tráfico aéreo en condiciones meteorológicas adversas ya que esto recae sobre los controladores aéreos. Es por ello que la implementación de este sistema en los aeropuertos de las islas canarias, donde las condiciones climatológicas son cambiantes y desafiantes en determinadas ocasiones, puede contraer limitaciones en el aeródromo (p.ej: interrupciones en las operaciones aéreas).

Tras una búsqueda detallada sobre la climatología de ambas islas, se ha podido observar que hay ciertos episodios meteorológicos adversos que ocurren con frecuencia. Por ello, para tener una visión global de cuales son los que ocurren con frecuencia se ha realizado la siguiente distribución (observar figura 5.6) con los datos recogidos del histórico de eventos sucedidos entre Enero de 2023 y Febrero de 2024:

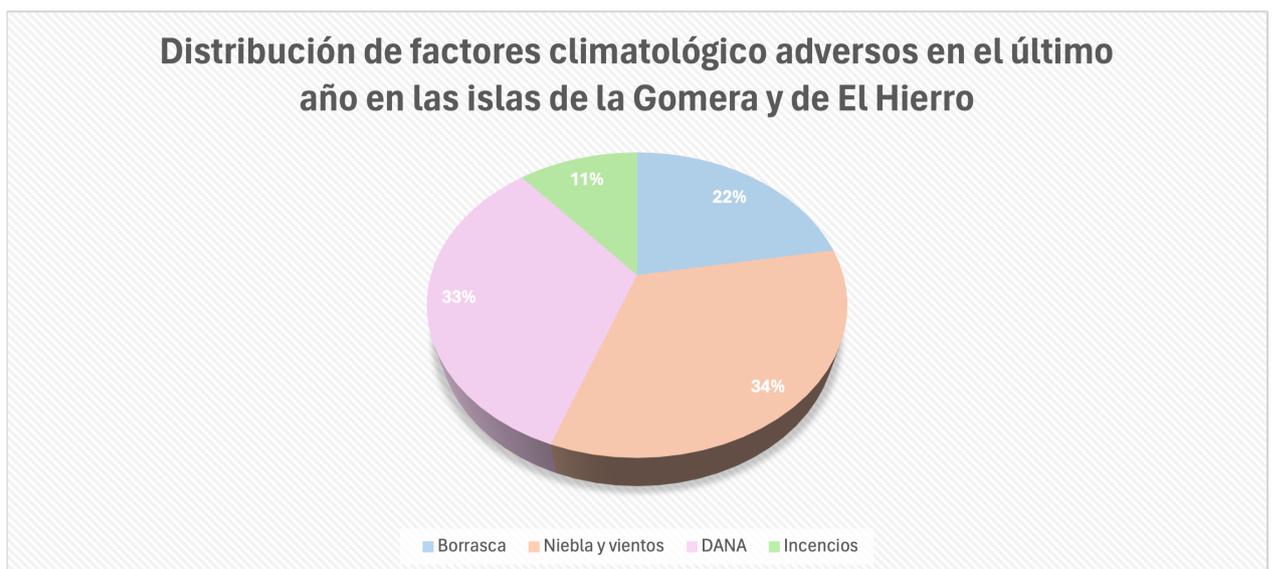


Fig. 5.6. Distribución de los factores climatológicos adversos sucedidos en las islas de La Gomera y De El Hierro. Fuente: Elaboración propia en excel tras la búsqueda de histórico de eventos climatológicos.

Como se observa en la figura, los vientos, la niebla y las precipitaciones son algunas de los eventos más acontecidos en dichas islas. Esto puede deberse en parte al ascenso de las temperaturas de los últimos años puesto que favorece la formación de nubes y a la vez que las tormentas descarguen con más violencia y con precipitaciones más abundantes. No obstante, para completar esta información sería idóneo realizar un estudio en mayor profundidad pero esto queda fuera del alcance de este trabajo.

Asimismo, como se mencionó en la matriz de evaluación de riesgos (tabla 3.1), una de las medidas de mitigación planteadas para este riesgo era la elaboración de un plan de protocolos de actuación ante este tipo de situaciones. Este plan será por ende anotado como futura medida a desarrollar más adelante para no extender demasiado la elaboración de este trabajo.

5.1.3. Selección de ubicación para las torres remotas

Una vez realizado el estudio de viabilidad de la propuesta es necesario también identificar una ubicación adecuada para la instalación de las torres de control remotas. El objetivo de ello es lograr garantizar una visión óptima del espacio aéreo de las islas de La Gomera y El Hierro y, una comunicación eficaz con los pilotos.

Aeropuerto de El Hierro

En la siguiente figura obtenida del plan director del aeropuerto se puede ver la localización de cada una de las instalaciones del aeropuerto. La leyenda número 5 nos indica donde se encuentra actualmente situada la torre de control.

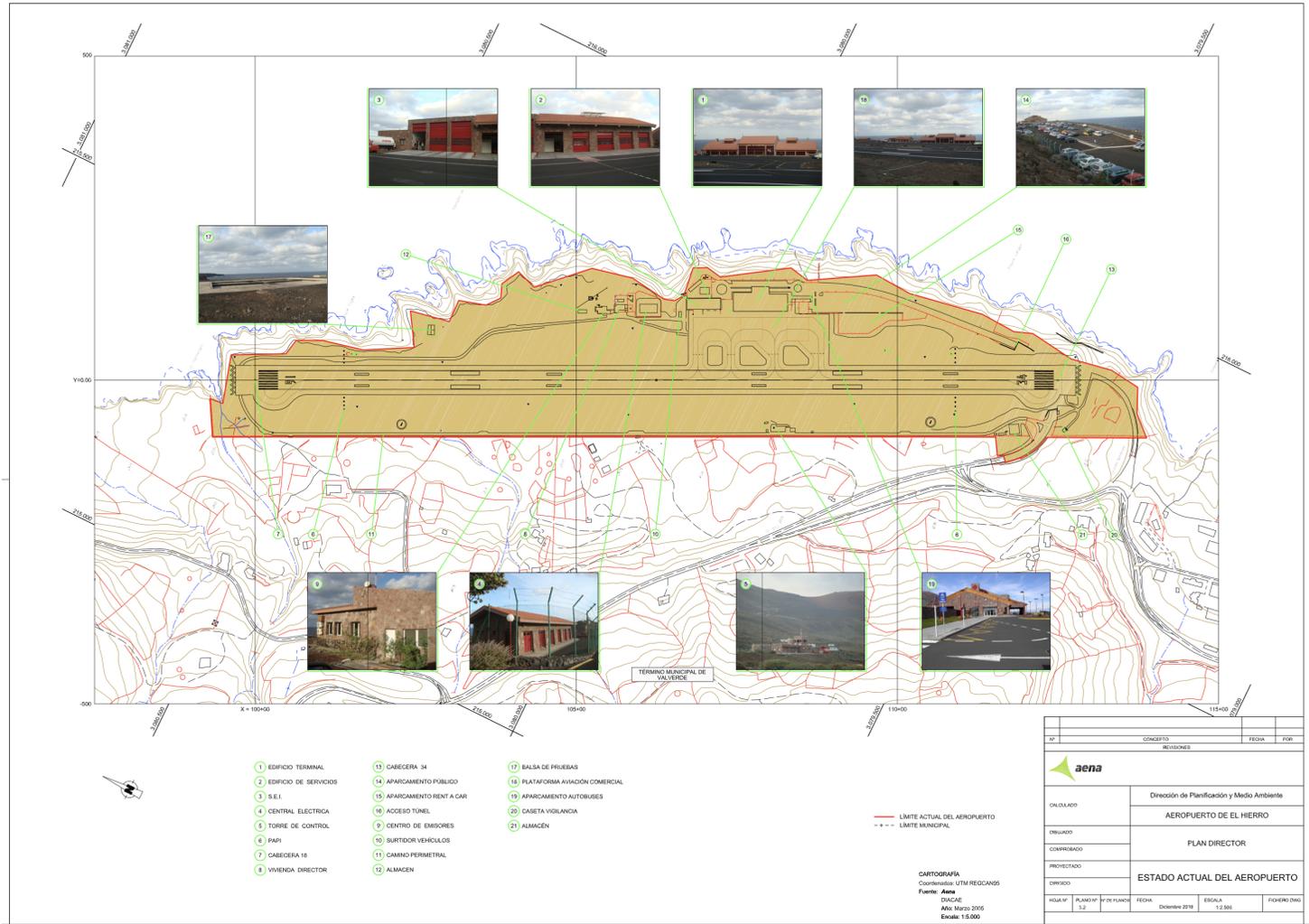


Fig. 5.7. Estado actual del aeropuerto del Hierro. Plan director disponible en: <https://lc.cx/Bkfx4E>

Para poder visualizarlo mejor se ha detallado la figura en aumento a continuación:



Fig. 5.8. Figura ampliada de la torre de control del aeropuerto del Hierro. Disponible en: <https://lc.cx/npn95o>

En dichas figuras se puede notar que la torre de control se encuentra en la zona oeste del aeropuerto. Para poder seleccionar por ello la situación de la torre de control remota se ha estudiado primero la razón de la posición de la torre actual. Del AIP (Disponible en: https://aip.enaire.es/aip/contenido_AIP/AD/AD2/GCHI/LE_AD_2_GCHI_en.pdf) se ha podido recoger información relevante para ello.

En la siguiente figura (figura 5.9) se puede ver las distintas localizaciones donde existe presencia de aves en el aeródromo. En este caso el ave predominante es la gaviota patiamarilla. Esta zona se corresponde con los Acantilados, roquedos costeros, zonas intermareales, zona de pesca de Tamaduste y Puerto de la Estaca.

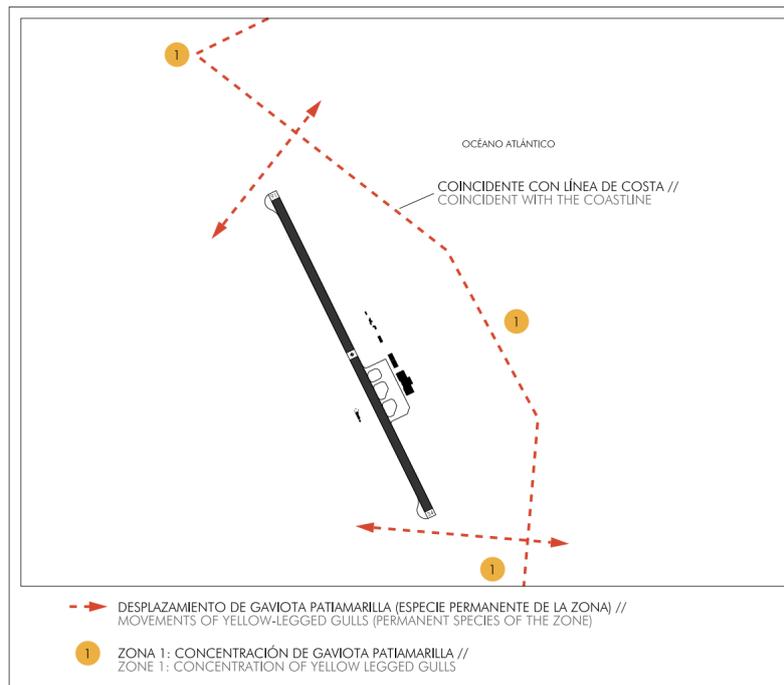


Fig. 5.9. Mapa del aeropuerto de El Hierro con las zonas de concentración de aves. Disponible en: https://aip.enaire.es/aip/contenido_AIP/AD/AD2/GCHI/LE_AD_2_GCHI_en.pdf

Uno de los problemas meteorológicos citados anteriormente es la presencia de los vientos. En este caso de la variabilidad del viento; en muchas ocasiones es oscilante en dirección, frecuentemente dentro del primer cuadrante como se puede ver en la figura 5.10. Según lo detallado en el AIP, se espera encontrar turbulencia fuerte después del despegue, por lo que se recomienda, una vez efectuado el mismo, virar lo antes posible hacia el mar.

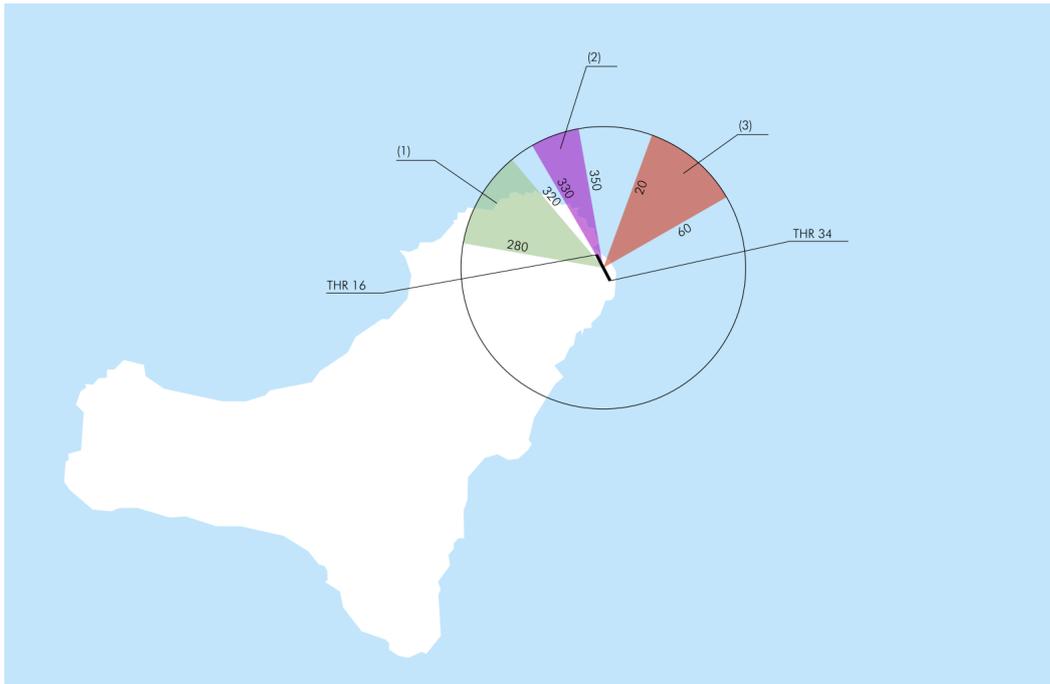


Fig. 5.10. Mapa del aeropuerto de El Hierro con la orientación de los vientos.

Por lo que hemos podido ver en ambas figuras anteriores la zona más despejada en cuanto a factores externos es la que se encuentra situada frente a las instalaciones del aeropuerto. Es por ello que la selección de la ubicación para la torre de control remota se sitúa en el mismo lugar que la actual torre, en frente de las instalaciones del aeródromo.

Aeropuerto de La Gomera

Dicho aeropuerto no presta servicio de control en el aeropuerto de La Gomera sino que sigue los procedimientos AFIS. En la siguiente figura, figura 5.11, se puede observar el plano de las diferentes infraestructuras del aeropuerto. La torre de control se encuentra bajo la leyenda número 5:

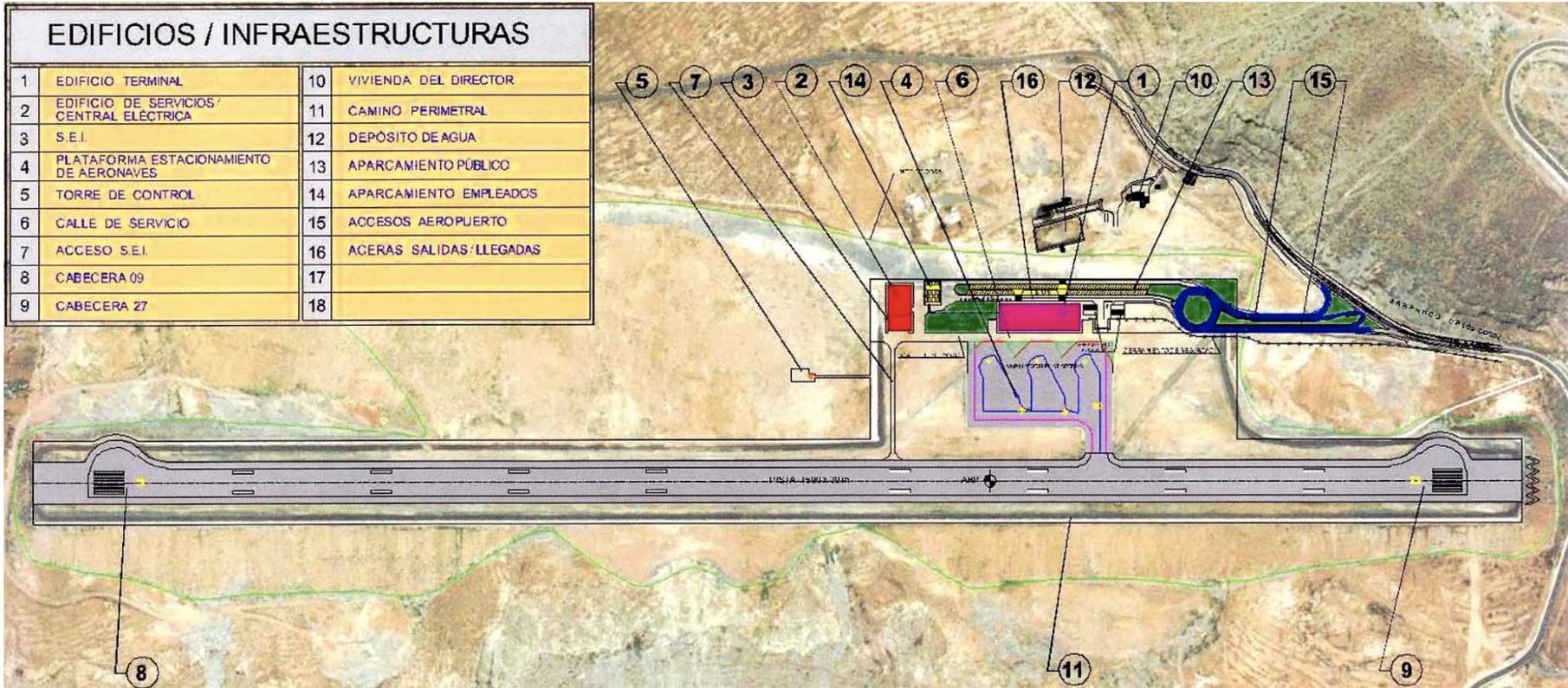


Fig. 5.11. Plano general de la zona de servicios del aeropuerto de la Gomera. Disponible en:

https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/pdf/F6DBAEF9-EDE0-403E-9250-D314895512F9/55393/Estusituactual.pdf

Asimismo, al igual que en el aeropuerto de El Hierro también es destacable la presencia de aves (Perdices, gaviotas, palomas y otras) en pista. A esto hay que sumarle el factor de que aumenta la probabilidad de aparición de gaviotas con lluvia o pista húmeda. Este factor nos indicaría que sería necesario reforzar los sistemas de redundancia (backup), fortaleciendo así uno de los riesgos definidos en la matriz de cumplimiento (tabla 3.1).

Para la instalaciones de torres de control convencionales hay que tener en cuenta que el edificio no debe vulnerar las superficies limitadoras de obstáculos además de poder ver los puntos más críticos y alejados del campo de vuelos, así como los circuitos de vuelo alrededor del aeropuerto [19]. Como estos dos requisitos ya se han tenido en cuenta, se va a elegir como punto de entorno aeroportuario donde podría ubicarse la nueva torre de control el mismo de la torre convencional ya que así supone un ahorro en cuanto a la elección de la ubicación.

5.1.4. Diseño y equipamiento

Una vez se ha seleccionado la ubicación, se va a proceder a listar los equipos y tecnologías necesarios para monitorizar y gestionar el tráfico aéreo de manera eficiente y segura, incluyendo sistemas de radar, comunicaciones por voz y datos, y sistemas de visualización avanzados descritos en el capítulo 3.

Los componentes de las torres de control remotas consisten básicamente en cámara(s), monitores(s), micrófono(s), cámara(s) suplementaria(s), procesador/codificador de datos, equipo de mitigación del entorno y equipo auxiliar [20]. En la figura 5.12 se muestran detallados los componentes básicos que deben de implementarse en esta propuesta. La información recogida en la figura 5.12 se ha obtenido teniendo en cuenta lo detallado en el documento de la Administración Federal de Aviación (FAA) sobre Requisitos mínimos funcionales y de rendimiento de los sistemas de torre remotas.

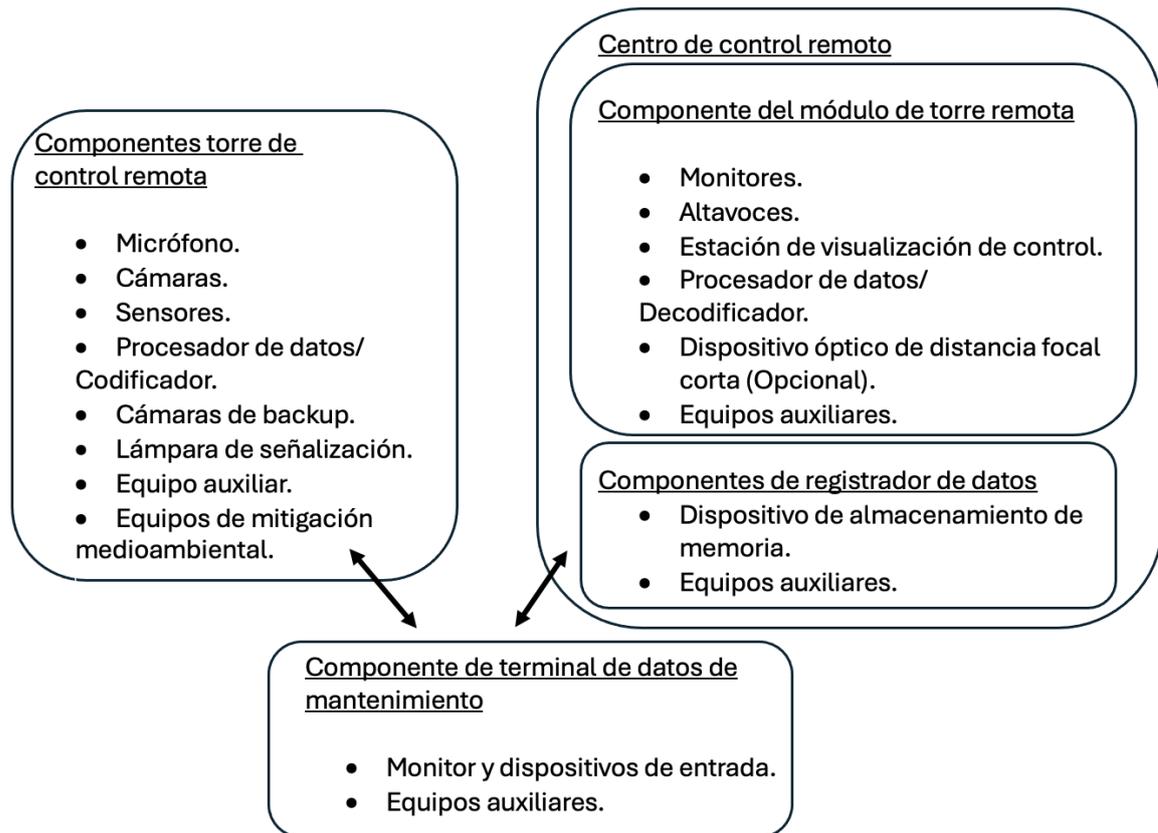


Fig. 5.12. Arquitectura genérica de los equipos de las torres de control remotas

Dentro de los equipos auxiliares se pueden incluir las líneas de comunicación, fuente de alimentación, fuente de alimentación redundante,...

Asimismo, como medida de mitigación al impacto de influencias externas tales como precipitaciones, acumulación de polvo y/o excementos de aves, se han incluido equipos de mantenimiento. En este caso se pueden emplear por ejemplo equipos utilizados para mantener la lente de la cámara libre de residuos garantizando así que las instalaciones de las cámaras puedan limpiarse periódicamente sin necesidad de una revisión por parte del personal, ahorrando a su vez costes.

Por otro lado, otros elementos que se proponen como respuesta a los riesgos definidos en la matriz son las cámaras visuales adicionales de "punto caliente/relleno de huecos". Estos dispositivos posibilitan una visión más óptima de zonas específicas y mejoran el alcance visual en condiciones de baja visibilidad. Además, estos dispositivos deberían tener la capacidad de equilibrar la exposición a la luz en las imágenes de video para proporcionar una mejor visión del entorno a los controladores y favorecer a reducir la fatiga ocular.

Como medida de seguridad frente a situaciones de contingencia se establece la necesidad de incluir sensores para generar Alertas al centro de control en caso de emergencia y/o posible fallos en los sistemas. Un ejemplo de ello puede ser la generación de una alerta

cuando la temperatura de los componentes de la torre remota exceda un umbral superior o inferior de temperatura definido.

En la siguiente tabla (tabla 5.2) se encuentran resumidos los sistemas adicionales que se proponen como estrategias a algunos de los riesgos detectados anteriormente y detallado en la matriz de evaluación de riesgos:

Cuadro 5.2: Resumen de los equipos adiciones propuestos como solución a algunos de los riesgos detectados en la matriz de evaluación de riesgos (tabla 3.1).

Estrategias propuestas como mitigación de riesgos	Riesgos evaluados
Equipos de mantenimiento para mantener la lente de la cámara libre de residuos	Condiciones meteorológicas externas
Cámaras visuales adicionales de "punto caliente/relleno de huecos"	Fallo de los equipos primarios y error humano en la interpretación de datos.
Sensores de alerta	Fallo de los equipos y condiciones adversas

5.1.5. Fase de validación

A continuación se van a describir las pruebas de validación y las simulaciones que deberían ser necesarias realizar previamente a la implantación de la propuesta para conseguir verificar el funcionamiento y la eficacia de la torre de control remota. Para ello se tienen que realizar pruebas de validación bajo diferentes escenarios operativos y condiciones meteorológicas, asegurando su plena funcionalidad y seguridad.

Durante esta fase de pruebas y simulaciones se debe utilizar una matriz de evaluación para medir y evaluar diversos aspectos del sistema y garantizar así que la torre de control remota cumple con los requisitos operativos, de seguridad y de rendimiento establecidos. En esta matriz se deberían de se tratar aspectos tales como la funcionalidad del sistema, rendimiento, interoperabilidad, usabilidad, adaptabilidad, cumplimiento normativo,...

La finalidad de emplear dicha matriz es principalmente para identificar áreas de mejora y realizar ajustes necesarios antes de la implementación completa de la torre de control remota. Sin embargo, como este trabajo no cuenta con pruebas reales de validación ni simulaciones, no es posible detallar una matriz como esta. No obstante, en la siguiente figura (figura 5.13) se puede apreciar un ejemplo de la matriz de evaluación sugerida con las pruebas que habría que llevar a cabo durante esta fase y sus posibles criterios de evaluación.

PRUEBAS DE VALIDACIÓN Y SIMULACIÓN	Tipos	Ejemplos de pruebas y simulaciones	Criterio de evaluación					Observaciones y/o recomendaciones	
			El sistema se adapta a las simulaciones de manera efectiva:		Evaluación del tiempo de respuesta del sistema	Evaluación de riesgos:	Realismo del comportamiento del sistema		Resultados
			APTO	NO APTO					
<u>Simulaciones de Escenarios Operativos:</u>		Vuelos normales							
		Vuelos de emergencia							
		Vuelos con retraso							
		Cambios repentinos en el tráfico aéreo							
<u>Pruebas de conectividad y redundancia</u>		Pruebas entre la torre y centro de control							
		Pruebas con los equipos y sistemas							
<u>Simulaciones de condiciones meteorológicas</u>		Vientos fuertes							
		Lluvia intensa							
		Niebla densa							
<u>Pruebas de seguridad y resiliencia</u>		Ciberataques							
		Situaciones de emergencia/interrupción							
<u>Evaluación interfaz usuario-sistema</u>		Pruebas de usabilidad							
		Entrenamiento del personal							
<u>Pruebas de integración de sistemas</u>		Sistemas radar							
		Sistemas de comunicación							
		Sistemas de gestión del tráfico aéreo							

Fig. 5.13. Ejemplo de matriz de evaluación de la fase de validación con las posibles pruebas de validación y simulación de la propuesta.

En la imagen anterior se pueden apreciar las siguientes pruebas:

- **Simulaciones de Escenarios Operativos:** Se deben realizar simulaciones que representen una variedad de situaciones operativas tales como vuelos normales, emergencias aéreas, retrasos de vuelos, cambios repentinos en el tráfico, etc. El fin de dichas simulaciones es evaluar cómo responde el sistema de control remoto en diferentes situaciones y si se puede gestionar eficazmente la carga de trabajo.
- **Pruebas de Conectividad y Redundancia:** fundamentales para garantizar que la comunicación entre la torre de control remota y las aeronaves sea confiable y segura. Además, se deben probar los sistemas de redundancia para asegurar que haya respaldos disponibles en caso de emergencia y/o fallo de algún equipo.
- **Simulaciones de Condiciones Meteorológicas:** Las simulaciones deben incluir una variedad de condiciones meteorológicas, como vientos fuertes, precipitaciones, niebla densa,...
- **Pruebas de Seguridad y Resiliencia:** para identificar posibles vulnerabilidades en el sistema y evaluar la capacidad de respuesta ante posibles amenazas, como serían los ciberataques. También se deben llevar a cabo pruebas de resiliencia para garantizar que la torre de control remota pueda seguir operando de manera segura incluso en situaciones de emergencia o interrupción.
- **Evaluación de la Interfaz Usuario-Sistema:** se debe realizar una evaluación de la interfaz usuario-sistema para garantizar que esta pueda ser utilizada por personal de control de tráfico aéreo de manera fácil e intuitiva. Esto incluye las pruebas de usabilidad y entrenamiento de los controladores aéreos.
- **Pruebas de Integración de Sistemas:** Como la torre está integrada con otros sistemas tales como sistemas de radar, sistemas de gestión del tráfico aéreo y sistemas de comunicación, se deben realizar pruebas de integración para garantizar que todos los sistemas funcionen correctamente a la vez.

6. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Índice

6.1. Implementación del escenario	60
6.2. Comprobación de la propuesta final de estudio	62
6.3. Plan de despliegue.	62
6.3.1. Capacitación y gestión del personal.	67
6.3.2. Coordinación con autoridades y reguladores	68
6.4. Costos de implementación	68
6.4.1. Comparativa del beneficio económico de las torres de control remotas frente a las convencionales.	70

En el capítulo anterior se ha abordado la propuesta de valor del caso de estudio. Sin embargo, no se ha profundizado en la gestión del centro de control desde donde se van a abordar los dos escenarios ni sobre el plan de implementación necesario para llevar a cabo dicha propuesta. Por ello, a lo largo de este capítulo se van a tratar de desarrollar ambas cuestiones para conseguir definir la propuesta de estudio de manera clara y concisa.

Asimismo, se terminará de abordar este capítulo con un análisis de los costes que implicaría la implementación de las torres de control remotas con el fin de obtener una visión completa de lo que trataría un estudio de tal magnitud en el mundo de la gestión aeroportuaria.

6.1. Implementación del escenario

Como se ha detallado en el capítulo anterior, los dos escenarios seleccionados son aeropuertos con baja densidad de tráfico y por ello pueden ser controlados en modo *múltiple* o en *modo secuencial único* si se requiere en algún periodo de tiempo. Una de las ventajas de la elección de ambos escenarios es la variabilidad del tráfico ya que, en función de la temporada el servicio de torre remota se puede adaptar a lo largo del año.

La implantación propuesta incluye los 2 aeropuertos de La Gomera (Servicio AFIS) y de El Hierro (Servicio mixto, con SAERCO y AFIS) que pueden controlarse desde un mismo centro de control. El centro de control desde el cual gestionarlo puede variar en función de la demanda de tráfico y de las necesidades de cada aeropuerto. Además se puede incluso llegar a adaptar la configuración y reorganizar los puestos ATC utilizando módulos de torre adicionales. Esto permitiría una mayor flexibilidad para gestionar la demanda de espacio aéreo. En este caso al localizarse ambos aeropuertos en las islas canarias convendría llevar a cabo su gestión desde otro aeropuerto situado en las islas. De

esta manera la extensión de la gestión de torres de control remotas en otros aeropuertos pequeños u/o medianos de la zona resultaría más factible.

Teniendo en cuenta por ello que ambos aeropuertos ofrecen Servicio AFIS y que constan de control de tráfico aéreo por parte SAERCO, se ha decidido llevar a cabo su gestión desde el aeropuerto de **La Palma** siguiendo un **modo múltiple** de operación (observar figura 6.1). La elección de este lugar como centro de control se debe a que, a pesar de estar este aeropuerto también controlado por SAERCO, tiene una ubicación geográfica muy adecuada en cuanto a la posibilidad de extender la implementación de torres de control remotas en dicha zona.

Por otro lado, se ha decidido optar por un modo múltiple de operación puesto que estos aeródromos requieren ATC sólo durante determinados periodos de tiempo en los que operan tráfico comercial. Por esta razón, estos aeropuertos son candidatos para la implantación de esta propuesta, ofreciendo no sólo un beneficio en costes de infraestructura, sino también una ventaja en costes operativos. Esto se debe a que los recursos humanos se comparten entre ambos aeropuertos y se utilizan de forma más eficiente, en función de la necesidad de cada aeropuerto. En la siguiente tabla se muestra un breve resumen con la información básica de la propuesta de estudio:

Cuadro 6.1: Resumen del caso de estudio

Propuesta de estudio - Torres de control remotas en las Islas Canarias		
	Aeropuerto de La Gomera	Aeropuerto de El Hierro
Torre de control remota	Si	Si
Tipo de operación	Modo de operación múltiple	
RTC	Centro de control aeropuerto de las Palmas	
Beneficio en costes de infraestructura	Si	
Beneficio en costes operativos	Si	

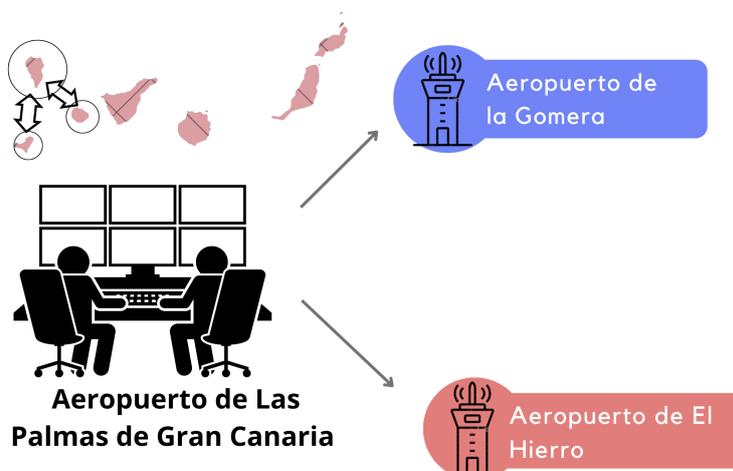


Fig. 6.1. Esquema modo múltiple de operación de la propuesta

6.2. Comprobación de la propuesta final de estudio

En la sección anterior se ha definido finalmente la propuesta general de dicho trabajo, eligiendo finalmente un centro de control desde donde gestionar las operaciones de ambos aeropuertos. Dicha elección se ha reservado para el final del estudio puesto que se consideraba un aspecto trivial la elección de la ubicación adecuada para la nueva operación ATS en aeródromos remotos, tanto para la transición como para la seguridad y el rendimiento económico a largo plazo.

Como hemos podido estudiar en el capítulo anterior, ambos aeropuertos tienen actualmente servicio AFIS por lo que no requieren controladores en dicha zona. Esta es una de las razones para fundamentar que esta decisión de localizar en centro de control en el aeropuerto de las palmas es viable debido a:

- No se requiere una transición ni movimiento de personal de los aeropuertos de La Gomera ni de El Hierro al centro de control.
- No existe pérdida de personal experimentado.
- No se acentúan las dificultades en la contratación necesaria en el momento de la transición debido a que el personal decide no trasladarse.
- Al ser aeropuertos con bajo volumen de tráfico no se requiere unos altos costes de formación para la ANSP.

No obstante, es importante que la decisión sobre la ubicación no se base únicamente en evaluaciones como las anteriormente mencionadas puesto que son factores a corto plazo. También se deben tener en cuenta otras a largo plazo tales como que el gestor de servicios sea el mismo en los tres aeropuertos para conseguir así ahorros/beneficios económicos.

6.3. Plan de despliegue

La implementación de esta propuesta no es inmediata puesto que requiere de pruebas y validaciones de cada infraestructura individual para garantizar una coordinación segura y ordenada a través del centro de torre remota.

Como se vió en la Sección §5.1.5, los aeropuertos del escenario deben de pasar por una fase de validación. Sin embargo, para una implantación de la propuesta global se deben realizar otras fases, pruebas e instalaciones tales como la instalación de la tecnología de torre remota o la reorganización del espacio aéreo.

Una vez en esta fase del estudio, se puede describir brevemente cuales sería un plan preliminar de despliegue. En este caso, este plan no sólo es aplicable al caso de estudio de las islas canarias sino a cualquier escenario español ya que va a tratar aspectos de

gestión aeroportuaria de manera general, sin atender a las particularidades y necesidades específicas. El Plan de Implementación Preliminar para la propuesta de estudio sería el siguiente:

1. Planificación Inicial:

- Establecer primero un equipo de multidisciplinario con representantes de la gestión aeroportuaria, controladores aéreos, ingeniería, tecnología de la información, gestión de proyectos y medio ambiente.
- Una vez establecido el equipo de proyecto, definir los objetivos del proyecto, requisitos operativos y tecnológicos, y los plazos preliminares.

2. Evaluación del Sitio y Diseño:

- Realizar un estudio de viabilidad para determinar la idoneidad de la ubicación de las torres de control remotas (aeropuerto de La Gomera y de El Hierro).
- Desarrollar un diseño preliminar de la torre de control remota, teniendo en cuenta los requisitos operativos, tecnológicos y medioambientales definidos en la fase anterior.

3. Requisitos Regulatorios y Normativos:

- Identificar y analizar las regulaciones y normativas aplicables a la implementación de la propuesta, incluyendo requisitos de seguridad, licencias y permisos ambientales.
- Garantizar el cumplimiento de todas las normativas relevantes y obtener las aprobaciones necesarias por parte de las autoridades competentes.

4. Adquisición de Tecnología y Equipamiento:

- Seleccionar los sistemas y equipos tecnológicos necesarios para la operación de la propuesta: hardware, software, comunicaciones y sistemas de visualización,...
- Realizar las adquisiciones necesarias y establecer acuerdos con proveedores de tecnología y servicios.

5. Desarrollo de Infraestructura y Construcción:

- Construcción de la infraestructura necesaria para situar los equipos y sistemas de las torres de control, asegurando el cumplimiento de los estándares de seguridad y sostenibilidad.
- Preparar el sitio conforme a lo detallado en el diseño preliminar de la torre de control remota.

6. Instalación y Configuración de Sistemas:

- Instalar y configurar los sistemas y equipos tecnológicos asegurando su correcto funcionamiento e interoperabilidad.
- Realizar pruebas de validación para garantizar su fiabilidad y eficacia operativa.

7. Formación del Personal:

- Proporcionar formación especializada al personal de control de tráfico aéreo y otros operadores involucrados en el funcionamiento de la torre de control remota.
- Garantizar que el personal esté capacitado para utilizar eficazmente los sistemas y equipos tecnológicos y para manejar situaciones operativas y de emergencia.

8. Pruebas y Validación:

- Realizar pruebas de validación y simulaciones para verificar el correcto funcionamiento y la eficacia de los sistemas integrados en las torres y centro de control bajo diferentes escenarios operativos y diversas condiciones meteorológicas.
- Llevar a cabo un periodo de "Dry-run" de los equipos para asegurar así que todos se ejecutan correctamente.
- Ajustar y optimizar los sistemas y procedimientos según sea necesario en base a los resultados de las pruebas.

9. Puesta en Marcha y Operación Inicial:

- Implementar la propuesta en un entorno operativo real, inicialmente en modo piloto o de transición.
- Supervisar la operación inicial y realizar ajustes según sea necesario para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro.

10. Evaluación y Mejora Continua:

- Evaluar regularmente el desempeño de las torres de control remotas y realizar mejoras continuas en los sistemas, procedimientos y capacitación del personal.
- Establecer un protocolo de gestión del cambio para gestionar cualquier evolución en términos operativos, tecnológicos o regulatorios.
- Preparación de requisitos de seguridad sobre el acceso a los equipos y sistemas integrados.

Este plan de implementación proporciona una estructura básica para el despliegue de la propuesta de estudio, abarcando desde la planificación inicial hasta la evaluación y mejora continua del sistema en funcionamiento. No obstante, es un plan preliminar, es importante adaptar este a las necesidades que surjan y revisarlo periódicamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Para obtener una visión más amplia de la duración de cada una de las fases anteriormente mencionadas se ha diseñado un diagrama de Gantt donde se muestra la duración estimada en semanas (2, 3 o 4 semanas de duración cada una de las fases) de cada paso del plan de implementación preliminar (observar figura 6.2) .

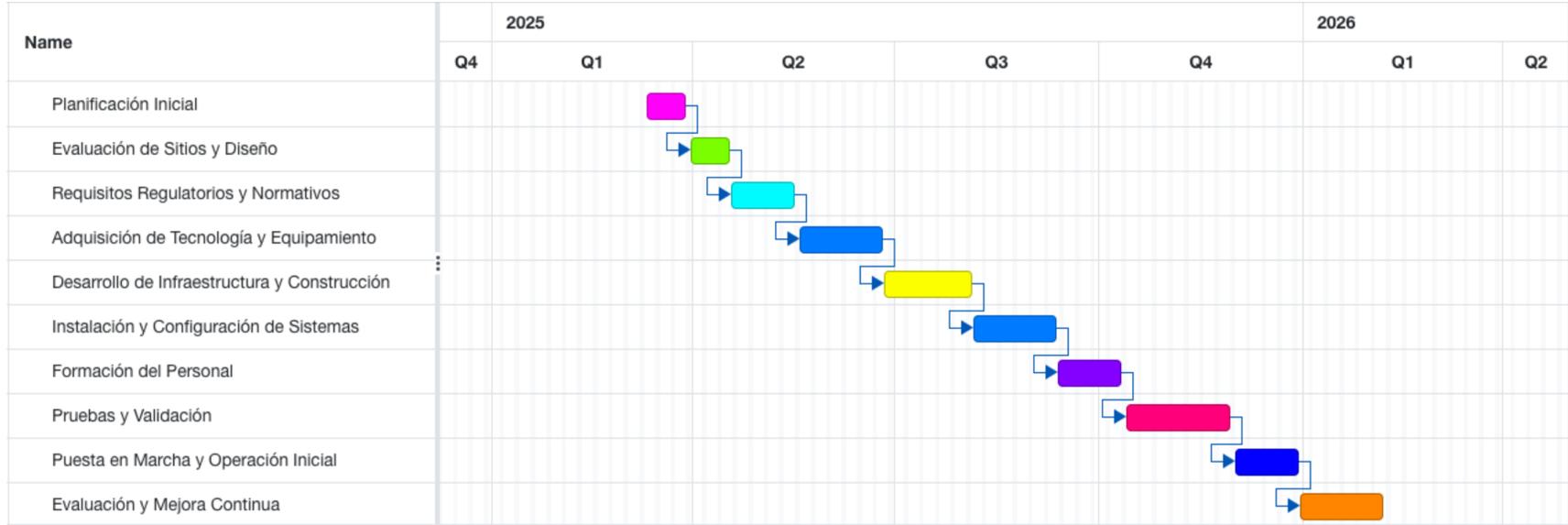


Fig. 6.2. Diagrama de Gantt con una visión general de la secuencia y duración de cada paso del plan de implementación preliminar. Fuente: Elaboración propia en Onlinegantt.com

6.3.1. Capacitación y gestión del personal

Para garantizar que el plan de implementación descrito anteriormente se lleve a cabo sin ningún contratiempo, deben tenerse en cuenta ciertos aspectos del cambio que afectan principalmente al personal encargado de la gestión del tráfico aéreo y otras figuras que harán posible el proyecto:

- En primer lugar resulta importante implicar al personal afectado y a sus representantes en cada una de las fases del proyecto puesto que su contribución es de gran valor ya que serán los que realicen dichas tareas operacionales una vez puesta en marcha la propuesta.
- Es conveniente tratar de buscar la aceptación del cambio por parte de los controladores y demás personal implicado. Para ello se podría tratar de implementar un plan de gestión del cambio para ayudar a los empleados y otras partes interesadas a adaptarse a la nueva torre de control remota. Esto puede incluir comunicaciones claras y transparentes sobre los beneficios del cambio, así como el apoyo emocional y logístico durante la transición.
- Estimar una duración adaptable de la formación de transición tanto de los controladores como de los supervisores. Esta formación necesaria para el correcto funcionamiento del proyecto deberá de ser muy exigente y acorde con las regulaciones actuales fijadas por los organismos anteriormente mencionados en el capítulo 4 como son ICAO y EASA, donde se describen de manera clara las competencias que deben adquirir los futuros controladores aéreos. De hecho, las especificidades relativas a la cualificación y formación de los controladores que prestan ATS de aeródromo a distancia se presentan en el AMC y GM del Reglamento (UE) 2015/340 [21].
- Proporcionar una capacitación adecuada al personal de control de tráfico aéreo que operará la torre de control remota. Esto incluiría sesiones de formación teórica y práctica sobre los sistemas y procedimientos operativos, así como la realización de simulaciones y ejercicios de entrenamiento.
- La figura del personal de mantenimiento en tierra es indispensable en este proyecto ya que el controlador de la torre remota se guía en su totalidad por las imágenes, sonidos y otras entradas de información a través de las instalaciones de alta tecnología construidas en los aeropuertos. Ante diferentes eventos, como las condiciones meteorológicas, por ejemplo, el personal de mantenimiento deberá estar en constante comunicación con el controlador para coordinarse adecuadamente en situaciones de emergencia y/o fallo de los sistemas. Por otro lado, también son necesarios en otro tipo de situaciones donde el este deberá estar bien comunicado y atento a los requerimientos del controlador aéreo en cuanto a la petición de un posible cambio de configuración de los instrumentos receptores de imágenes o sonidos que no puedan

ser ajustados a distancia. Es por ello que este tipo de tareas supone también un adecuado acondicionamiento físico de este tipo de personal, y seguramente sea quien más probabilidad tenga de sufrir riesgos laborales al tener que subir en ocasiones a torres de gran altura o manipular elementos electrónicos.

- Por otro lado, el operador del aeródromo debe de tener los conocimientos necesarios relacionados con la normativa actual que rige las operaciones.

6.3.2. Coordinación con autoridades y reguladores

Otro punto fundamental en el plan de despliegue del proyecto se trata del cumplimiento de los requisitos regulatorios y normativos. De ello debe encargarse el operador que gestione el aeródromo, en este caso de **Saerco**.

Al presentar y justificar la propuesta se hizo hincapié en que tanto los aeropuertos que iban a gestionarse en remoto como el lugar desde donde se realizara el control estuvieran gestionados por el mismo operador. La razón de ello es por dicho argumento puesto que resulta más factible que un mismo operador se asegure de que cumplen con todos los requisitos regulatorios y normativos aplicables durante la implementación de la torre de control remota. Esto implica la obtención de aprobaciones y permisos necesarios de las autoridades de aviación civil y otros organismos reguladores.

La normativa Europea necesaria para poder llevar a cabo el plan de implantación se ha podido observar en el 4. Esta debe de ser estudiada y analizada por el operador para obtener con ello las certificaciones previas a la aprobación de la puesta en marcha del proyecto. Los principales documentos a seguir en esta fase son los que se resumen en el esquema de la figura 4.1.

6.4. Costos de implementación

En esta parte se va a realizar un breve desglose de los costos e inversiones asociadas a dicho proyecto. Se van a presentar a continuación tablas con los costes asociados a cada una de las necesidades previstas y detalladas en los capítulos anteriores. No obstante, se listan primero los principales costos directos e indirectos que se han tenido en cuenta:

- **Costos relativos a la adquisición de la tecnología necesaria para las torres de control remotas:** sistemas de radar, equipos de comunicación por voz y datos, sistemas de visualización, software especializado y otros equipos relacionados.
- **Costos de infraestructura:** costos relacionados con la infraestructura física necesaria para llevar a cabo el control de manera remota, la adaptación de edificios, la instalación de sistemas de energía, refrigeración, seguridad, costos de mantenimiento y operación...

- **Costos de personal:** costos asociados con la contratación, capacitación y retención del personal necesario para operar la torre de control remota, incluyendo controladores de tráfico aéreo, ingenieros de sistemas, técnicos de mantenimiento y personal de apoyo administrativo.
- **Costos de capacitación:** aquellos derivados de la capacitación del personal en el uso de la tecnología, los procedimientos operativos, la gestión de riesgos y la seguridad, así como los cursos de refresco a lo largo del tiempo.
- **Costos de licencias y permisos:** asociados con la obtención de licencias, permisos y autorizaciones necesarias para poder poner en operación el proyecto, incluyendo costos administrativos y legales asociados.
- **Contingencias y reservas:** se incluyen como medida para posibles situaciones de contingencias, para cubrir imprevistos, cambios en los requisitos del proyecto y otros riesgos que puedan surgir durante la implementación.

En las siguientes tablas se encuentran desglosados cada uno de los costes mencionados con el valor aproximado de cada uno de ellos:

Cuadro 6.2: Inversiones necesarias en materia de equipos tecnológicos e infraestructura

Concepto	Coste aproximado (Euros)
Adecuación del sistema eléctrico a las nuevas instalaciones	90.000
Sistemas de visualización	85.000
Sistemas de comunicación	127.000
Sistemas de radar y vigilancia	255.000
Sistemas de navegación aérea	200.000
Equipos de seguridad	42.500
Redes de telecomunicaciones	85.000
Generadores de respaldo	85.000
Equipamiento del centro de control remoto	170.000
Adquisición e instalación de la iluminación necesaria	90.000
Subtotal coste	1.229.500

Cuadro 6.3: Costes asociados al plan de despliegue y validación del proyecto

Concepto	Coste aproximado (Euros)
Costos asociados con pruebas de simulación	85.000
Programas de formación y capacitación	45.000
Licencias de software de gestión de tráfico aéreo	170.000
Licencias de software de seguridad y monitoreo	42.000
Logística y equipamientos	50.000
Redacción de proyectos	80.000
Asistencias técnicas de control y vigilancia	75.000
Coordinación, control, organización y comunicación	95.000
Subtotal coste	489.000

Cuadro 6.4: Costes adicionales para cubrir necesidades futuras

Concepto	Coste aproximado (Euros)
Gastos generales (10 % del costo total)	127.840
Contingencias (10 % del costo total)	127.840
Subtotal coste	255.680

Es importante tener en cuenta que los costes observados en las tablas anteriores son sólo costos estimados ya que los números reales pueden variar dependiendo de varios factores como podría ser los proveedores específicos seleccionados. Asimismo, en la tabla 6.5 se han derivado algunos costos como son los gastos generales y las contingencias, las cuales se incluyen para cubrir imprevistos y asegurar que el proyecto se mantenga dentro del presupuesto previsto.

6.4.1. Comparativa del beneficio económico de las torres de control remotas frente a las convencionales.

En esta sección se va a poder ver la diferencia económica que ofrece dicha propuesta frente a las torres de control convencionales. Cabe notar que para realizar este análisis se han tenido en cuenta la información económica recogida en el AIP de los aeropuertos de la Gomera y de El hierro [22].

Cuadro 6.5: Comparativa coste torre de control convencional frente a la torre de control remota propuesta

Coste torre de control convencional →	2.404.048 EUR
Coste torre de control remota (1 Ud) →	1.974.180 EUR

El coste estimado de la implantación de las torres remotas descritas en el proyecto sería por tanto de unos 4 millones de euros aproximadamente (teniendo en cuenta que se tratan de dos torres de control). Si comparamos con las torres de control convencionales esta propuesta supone una ventaja económica tal y como se mencionó al principio del documento.

No obstante, la inversión detallada en la sección anterior sería gradual, dando lugar a un ahorro de costes de aproximadamente 1 millón de euros de inversión en infraestructuras y equipos. Este ahorro de costes no se conseguiría desde el principio, lo que daría lugar a un periodo más largo para recuperar la inversión. En cualquier caso, a largo plazo la implantación de torres remotas supone un gran beneficio económico y una mayor eficiencia y flexibilidad en la gestión del espacio aéreo.

7. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Índice

7.1. Evaluación del impacto medioambiental.	72
---	----

En este capítulo se va a realizar una evaluación de la situación medioambiental antes y después de la propuesta para conseguir acabar dicha sección detallando las mejoras obtenidas y esperadas tras la implementación.

7.1. Evaluación del impacto medioambiental

Como se explica en la sección §5.1, la elección de estos aeropuertos se decidió debido a que planteaba diferentes riesgos a evaluar. Uno de ellos trataba del impacto medioambiental que genera actualmente el sistema AFIS en las islas canarias. Esto se debe a que, por medidas de seguridad, cuando opera las aeronaves bajo estos sistemas se debe de establecer un perímetro de seguridad durante la aproximación, por lo que no puede haber movimientos en pista y todos los vuelos se ven obligados a incrementar el tiempo de vuelo, incrementando así los niveles de contaminación de la zona [23].

No obstante, con esta propuesta se lograría eliminar este riesgo puesto que, al ser controlador por el personal ATC, esta medida de seguridad no aplicaría. Por otro lado se han identificado otras ventajas en términos de medioambiente que podrían ser evaluadas con dicha propuesta. Estas se han detallado en la siguiente figura 7.1 para poder observarlas de manera más visual:

	Sistema AFIS/Servicio Mixto	Torres de control remotas
Contaminación 	<ul style="list-style-type: none"> Incremento del tiempo de vuelo durante la maniobra de aproximación y aterrizaje por medidas de seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> Eliminación del perímetro de seguridad durante las maniobras de aproximación.
Consumo de energía 	<ul style="list-style-type: none"> Menor consumo de energía que una torre convencional. Necesidad de iluminación, calefacción, aire acondicionado y equipos eléctricos durante el servicio Mixto. 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor consumo de energía que el sistema AFIS (alimentación de equipos adicionales y sistemas de comunicación en la torre remota). Mayor eficiencia energética en comparación con torres convencionales.
Impacto en la fauna local 	<ul style="list-style-type: none"> No se aprecia un notable impacto. 	<ul style="list-style-type: none"> La eliminación de la estructura física minimiza el impacto en la fauna local.
Emisiones de CO2 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de la huella de carbono al reducir los desplazamientos del personal. 	<ul style="list-style-type: none"> Menor huella de carbono al eliminar los desplazamientos del personal.

Fig. 7.1. Comparativa del impacto medioambiental de las torres de control remotas frente al sistema de gestión actual. Elaboración propia en Canvas.

Como se aprecia, existen mejoras medioambientales tras la implantación de la propuesta (aparte del riesgo evaluado previamente). La implantación de esta nueva tecnología posibilitaría un menor consumo de energía, de emisiones de CO2 y un menor impacto en la fauna local. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este impacto medioambiental puede variar en función del diseño y las prácticas operativas.

8. CONCLUSIONES

Índice

8.1. Conclusiones y recomendaciones	74
8.2. Próximos pasos	75

A continuación se presentarán los resultados más importantes obtenidos durante la evolución de este estudio. No sólo se señalarán las conclusiones alcanzadas, sino que también se dará una idea de posibles futuras líneas de investigación relacionadas con las implantación de torres de control remotas para poder conducir a mejores resultados.

8.1. Conclusiones y recomendaciones

Se ha propuesto una solución al actual sistema de gestión de tráfico aéreo en los aeropuertos de La Gomera y de El Hierro ofreciendo así una solución a los problemas que ocasionaba el sistema AFIS y permitiendo una futura integración de dichos aeropuertos con las nuevas tecnologías y equipos de gestión del tránsito aéreo. El objetivo de esta solución era establecer una propuesta que solventase los riesgos identificados con el sistema actual y, definir y analizar las diferentes etapas del proyecto de manera clara y concisa.

Como en toda propuesta de trabajo, el análisis de impacto y la evaluación de riesgos son aspectos críticos que deben abordarse en las diferentes etapas del proyecto (durante el análisis inicial con la definición de la matriz de riesgos, el estudio de viabilidad, la fase de diseño y planificación del proyecto, durante las pruebas y simulaciones,...) para garantizar que se abordan de manera efectiva los posibles impactos y riesgos asociados con la implementación de la torre de control remota, y que se tomen las medidas necesarias para mitigar y gestionar los riesgos de manera proactiva. A continuación se han definido los principales riesgos y soluciones identificadas, con el fin de poder ver los resultados a los que se han llegado y aquellos en las que se podría profundizar:

Cuadro 8.1: Resumen de las soluciones abordadas a algunos de los riesgos identificados en la matriz de riesgos (tabla 3.1)

Riesgos identificados	Solución propuesta
Fallo del sistema de comunicación	Empleo se sistema de redundancia.
Interrupción del suministro eléctrico	Empleo se sistema de redundancia.
Error humano en la interpretación de los datos	Proporcionar formación especializada al personal ATC.
Fallo del sistema de realidad aumentada	Proporcionar formación relativa a los equipos y sistemas al personal de mantenimiento y realizar un mantenimiento rutinario de ellos.
Condiciones meteorológicas adversas	Al retirar el sistema AFIS se reducen las interrupciones en las operaciones por el clima y se emplean sistemas de backup en caso de fallo de los sistemas primarios.

No obstante, para llevar a cabo esta tesis, se han analizado en detalle ambos aeropuertos para obtener una propuesta sólida y determinada. Con ello, se han observado las ventajas de este trabajo. Entre ellas, destacan las siguientes:

- Promover el desarrollo tecnológico de estas infraestructuras evitando una gran variedad de procedimientos en materia de seguridad operacional, reduciendo el número de cancelaciones y atrasos de las operaciones y evitando así costes elevados.
- Mayor fiabilidad y previsibilidad de las operaciones de vuelo.
- Garantizar que independientemente del tipo de vuelo, los niveles de contaminación de la zona disminuyen considerablemente en comparación con el sistema AFIS.

8.2. Próximos pasos

Finalmente, tras haber remarcado lo conseguido con la propuesta del trabajo se va a proceder a resaltar algunas futuras consideraciones que podrían tenerse en cuenta al tratar este caso de estudio de manera real.

En los capítulos 5 y 6 se han utilizado diversas fuentes de información para conseguir identificar y definir los aspectos clave de la propuesta a desarrollar. Sin embargo, como se

observa en la tabla 8.1, existen algunos riesgos identificados en la matriz (tabla 3.1) que no han podido ser resueltos. El siguiente paso a seguir sería la identificación y la elección de las posibles soluciones como se detallan a continuación:

Cuadro 8.2: Resumen de las posibles medidas a emplear para solucionar algunos de los riesgos identificados en la matriz de riesgos (tabla 3.1)

Riesgo identificados	Posible Solución
Interferencia cibernética	Emplear unas medidas de seguridad mas robustas en cada uno de los equipos empleados y proporcionar la formación necesaria al personal encargado
Fallo en los algoritmos de automatización de la IA	Realizar una validación previa de dichos algoritmos y llevar a cabo mantenimientos de manera periódica
Uso de drones en zonas restringidas	Instalación de inhibidores en la zona aeroportuaria
Ataques terroristas o actos de sabotaje	Reforzar la seguridad de la zona y de los equipos.
Desastres naturales	Realización de planes de contingencia y medidas de evacuación

Una vez definidos e identificados todos los posibles riesgos el siguiente paso consistiría en la elaboración de los diversos planes de contingencia, formación y medidas de seguridad de acuerdo a las normativas y directrices a seguir (definidas en la figura 4.1). Asimismo, otra tarea consistiría en desarrollar los test y herramientas de validación necesarias para llevar a cabo la fase de validación de cada uno de los equipos y sistemas a emplear. Nótese que las pruebas y simulaciones definidas en las sección 5.1.5 se han derivado para este caso de estudio en concreto. De emplearse para definir otra propuesta similar, podrían ser necesarios realizar otro tipo de pruebas de escenario y/o condiciones meteorológicas.

Por último, si dicha propuesta implementase a su vez un mayor número de aeropuertos a gestionar de manera remota se requeriría estudiar de nuevo el modo en el que van a ser gestionados y la aprobación de la operación a través de un estudio de evaluación de riesgos de seguridad.

En resumen, existen múltiples consideraciones que deben seguirse para garantizar que se aprovecha todo el potencial que ofrecen estas nuevas tecnologías de control del tráfico aéreo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] SPICA, «Tráfico Aéreo: Análisis detallado del incremento de vuelos en Octubre 2023.,» *Disponible:* <https://controladoresaereos.es/trafico-aereo-analisis-detallado-del-incremento-de-vuelos-en-octubre-2023/>, [Consulta: 23 de enero 2024].
- [2] E. cockpit association., «Remote Towers,» *Disponible:* <https://www.eurocockpit.be/positions-publications/remote-towers>, [Consulta: 2 de Febrero 2024].
- [3] AERTEC, «Torres de Control remotas,» *Disponible:* <https://aertecsolutions.com/2019/05/20/torres-de-control-remotas-2/s>, [Consulta: 5 de Febrero 2024].
- [4] Hosteltur, «Vuelos desde Londres, controlados por una torre digital remota a 115 km,» *Disponible:* https://www.hosteltur.com/143873_vuelos-desde-londres-controlados-por-una-torre-digital-remota-a-115-km.html, [Consulta: 25 de enero 2024].
- [5] K. Research, «Remote control towers market,» *Disponible:* <https://www.kingsresearch.com/remote-towers-market-89>, [Consulta: 23 de enero 2024].
- [6] EASA, «Guidance material on remote aerodrome ats.,» Julio de 2020.
- [7] EUROCAE, «EUROCAE ED-240A Minimum Aviation System Performance Standard (MASPS) for Remote Tower Optical Systems,» Septiembre de 2021.
- [8] «Lámparas de señales (navegación aérea),» [Consulta: 10 de Febrero 2024],
- [9] *ICAO Annex 11, "Air Traffic Services"*, 2018.
- [10] *Whitepaper: Introduction to remote virtual tower.* Disponible en: https://www.frequentis.com/sites/default/files/support/2019-06/RVTO_whitepaper_aerosense.pdf [Accedido el 22/02/2024].
- [11] *SESAR. Single European Sky: Multiple Remote towers module ATM,* Disponible en: <https://www.sesarju.eu/sesar-solutions/multiple-remote-tower-module> [Accedido el 15/02/2024].
- [12] *ICAO. Global standards, recommended practices and guidance material for remote (digital) tower technology for ATS.* Disponible en: https://www.icao.int/Meetings/anconf13/Documents/WP/wp_206_en.pdf [Accedido el 10/03/2024].
- [13] *EASA. Air Traffic Controllers (ATCO).Part ATCO.AR.* Disponible en: <https://www.easa.europa.eu/en/regulations/air-traffic-controllers-atco> [Accedido el 10/03/2024].

- [14] *Digital Virtual Towers in a European Context - Regulations, Compliance, Facts and the Role of ATSEP*. Disponible en: <https://www.skyradar.com/blog/digital-virtual-towers-in-a-european-context-regulations-compliance-facts-and-the-role-of-atsep> [Accedido el 11/03/2024].
- [15] *CAA UK.POLICY FOR THE APPROVAL OF REMOTE AERODROME AIR TRAFFIC SERVICES V4.0*, Disponible en: <https://www.caa.co.uk/publication/download/17213> [Accedido el 12/03/2024].
- [16] *EUROCAE.Working groups*, Disponible en: <https://www.eurocae.net/about-us/> [Accedido el 14/03/2024].
- [17] *EUROCAE.ED-240A. MASPS for Remote Tower Optical Systems*, Disponible en: <https://www.eurocae.net/news/posts/2021/october/ed-240a-ch1-masps-for-remote-tower-optical-systems/> [Accedido el 14/03/2024].
- [18] *Disposición 8427 del BOE núm. 200 de 2020*, Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2020/07/23/pdfs/BOE-A-2020-8427.pdf> [Accedido el 14/03/2024].
- [19] *Diseño de torres de control*, Disponible en: <https://aertecsolutions.com/aviation/servicios-de-planificacion-y-diseno/disenode-torres-de-control/> [Accedido el 02/04/2024].
- [20] *Remote Tower (RT) Systems Minimum Functional and Performance Requirements for Non-federal Applications*, Febrero 2023, Versión 4.0].
- [21] *Reglamento (UE) 2015/340 de la Comisión, de 20 de febrero de 2015, por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relativos a las licencias y los certificados de los controladores de tránsito aéreo de conformidad con el Reglamento (CE) n.º 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) n.º 923/2012 de la Comisión y se deroga el Reglamento (UE) n.º 805/2011 de la Comisión*. Febrero 2015, Disponible en: <https://www.easa.europa.eu/en/regulations#regulations-atco---air-traffic-controllers>.
- [22] «Estimación económica del desarrollo previsible del aeropuerto,» Disponible en: <https://www.transportes.gob.es/areas-de-actividad/aviacion-civil/politicas-aeroportuarias/integracion-territorial-aeroportuaria/planes-directores/plan-director-del-aeropuerto-de-la-gomera> [Consulta: 9 de Mayo 2024],
- [23] «AHI solicita a AENA el establecimiento del sistema de control aéreo ATC durante toda la semana en el aeropuerto de El Hierro,» Disponible en: <http://www.gacetadelmeridiano.com/index.php/la-isla/106-politica/12442-ahi-solicita-a-aena-el-establecimiento-del-sistema-de-control-aereo-atc-durante-toda-la-semana-en-el-aeropuerto-de-el-hierro> [Consulta: 10 de Mayo 2024],

A. ANEXO A



III. OTRAS DISPOSICIONES

MINISTERIO DE FOMENTO

14031 Orden FOM/2376/2010, de 10 de agosto, por la que se designa al Aeropuerto de El Hierro como Aeropuerto con Información de Vuelo de Aeródromo (AFIS) a efectos de la provisión de servicios de tránsito aéreo.

La Ley 9/2010, de 14 de abril, por la que se regula la prestación de servicios de tránsito aéreo, se establecen las obligaciones de los proveedores civiles de dichos servicios y se fijan determinadas condiciones laborales para los controladores civiles de tránsito aéreo, prevé que los servicios de tránsito aéreo de aeródromo sean prestados por la entidad pública empresarial «Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea» (AENA) o por cualquier otro proveedor de servicios de tránsito aéreo de aeródromo certificado, e impone a AENA la obligación de presentar al Ministerio de Fomento, en los dos meses siguientes a su entrada en vigor, los estudios de seguridad que permitan identificar en qué aeródromos se empezará a prestar servicios de tránsito aéreo de aeródromo bajo la modalidad de servicio de información de vuelo de aeródromo (AFIS).

La disposición adicional segunda de la citada Ley establece que, con base en estos estudios, el Ministerio de Fomento determinará, mediante orden, en qué aeródromos se prestará dicho servicio de información de vuelo y fijará el plazo en el que AENA, o el gestor aeroportuario que le suceda, deberá iniciar los procedimientos para la selección de los correspondientes proveedores civiles de servicios AFIS.

En cumplimiento de lo previsto en la Ley 9/2010, de 14 de abril, AENA ha presentado el estudio de seguridad del aeropuerto de El Hierro, realizado con base en lo dispuesto en el Reglamento (CE) n.º 2096/2005, de la Comisión, de 20 de diciembre de 2005, por el que se establecen los requisitos comunes para la prestación de servicios de navegación aérea.

En este estudio se identifica la necesidad y suficiencia de la prestación del servicio AFIS en el aeropuerto de El Hierro, atendiendo a sus condiciones de tráfico, densidad, meteorología y factores orográficos. El estudio contempla, asimismo, los requisitos de seguridad para operar en la zona de espacio aéreo asociado al aeropuerto y delimita la zona de información de vuelo (FIZ) asociada.

Esta orden tiene por objeto la designación del aeropuerto de El Hierro como aeropuerto AFIS y la designación del espacio aéreo asociado como zona de información de vuelo (FIZ), con las condiciones operacionales establecidas en el estudio de seguridad presentado por AENA, si bien no habilita para la efectiva prestación de este servicio que requiere, previo cumplimiento del procedimiento de selección, la designación del proveedor de servicios AFIS y de las demás condiciones señaladas en la Ley 9/2010, de 14 de abril.

En su virtud, y con el informe favorable de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, y en relación con la reestructuración del espacio aéreo de la Comisión Interministerial entre Defensa y Fomento (CIDEFO), dispongo:

Artículo 1. *Designación del aeropuerto de El Hierro como aeropuerto AFIS.*

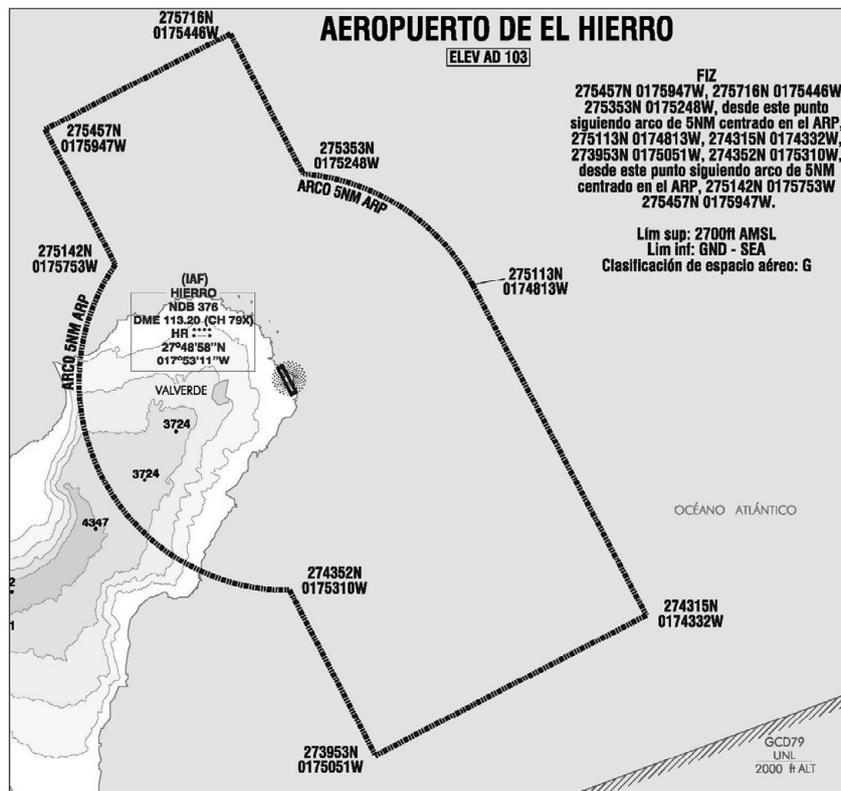
Designar el aeropuerto de El Hierro como aeropuerto con servicio de información de vuelo de aeródromo (AFIS), a efectos de la provisión de servicios de tránsito aéreo, y la zona de espacio aéreo asociada a dicho aeropuerto como zona de información de vuelo (FIZ).

Artículo 2. *Espacio aéreo asociado al aeropuerto de El Hierro.*

1. La zona de espacio aéreo asociada al aeropuerto de El Hierro queda delimitada de la siguiente forma:

- a) Límites laterales: 275457N 0175947W, 275716N 0175446W; 275353N 0175248W, desde este punto siguiendo arco de 5NM centrado en el ARP, 275113N 0174813W, 274315N 0174332W, 273953N 0175051W, 274352N 0175310W, desde este punto siguiendo arco de 5NM centrado en el ARP, 275142N 0175753W; 275457N 0175947W.
- b) Límites verticales: 2700ft AMSL/GND – SEA.

En la figura siguiente se representa la zona de información de vuelo (FIZ) para el aeropuerto de El Hierro.



La delimitación y clasificación de la zona FIZ asociada al aeropuerto de El Hierro será incluida en la Publicación de Información Aeronáutica (AIP).

2. De conformidad con el resultado del estudio de seguridad presentado por la entidad pública empresarial «Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA), en la zona de espacio aéreo asociada al aeropuerto de El Hierro se establecen las siguientes limitaciones operacionales:

- a) La restricción en dicho espacio aéreo a la operación de aeronaves ultraligeras.
- b) La restricción en dicho espacio aéreo de aeronaves que no cuenten con un equipo de radio emisor-receptor operativo para asegurar las comunicaciones aeronáuticas con la dependencia AFIS o los tráficos de la zona.



- c) La utilización por las aeronaves de los puntos de notificación obligatoria para la entrada y salida de la zona de información de vuelo (FIZ).
- d) La obligatoriedad de presentar Plan de Vuelo a todas las aeronaves que vayan a operar en la zona de información de vuelo (FIZ) y/o en el aeropuerto de El Hierro.

Artículo 3. *Proveedor de servicios AFIS.*

Si a la entrada en vigor de esta orden, la entidad pública empresarial AENA, no hubiera iniciado el procedimiento de selección de proveedores de tránsito aéreo certificados previsto en la disposición adicional segunda de la Ley 9/2010, de 14 de abril, conforme a la Ley 31/2007, de 30 de octubre, sobre procedimientos de contratación en los sectores del agua, la energía, los transportes y los servicios postales, deberá iniciarlo en el plazo de siete días, a contar desde el día siguiente al de entrada en vigor de esta orden.

Artículo 4. *Continuidad del servicio.*

De conformidad con lo dispuesto en la disposición adicional segunda de la Ley 9/2010, de 14 de abril, la entidad pública empresarial AENA continuará prestando los servicios de control de tránsito aéreo en el aeropuerto de El Hierro hasta que se produzca el inicio efectivo de la prestación por el proveedor AFIS certificado designado por la autoridad competente a propuesta de dicha entidad pública.

Disposición final única. *Entrada en vigor.*

La presente orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Madrid, 10 de agosto de 2010.–El Ministro de Fomento, José Blanco López.

B. ANEXO B



III. OTRAS DISPOSICIONES

MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA

8427 *Resolución de 9 de julio de 2020, de la Entidad Pública Empresarial ENAIRE, por la que se publica el Convenio con AENA, S.M.E., SA, para el desarrollo e implantación del proyecto torre remota en los aeropuertos de AENA.*

El Convenio anexo a la presente Resolución, tiene por objeto la creación de un marco de colaboración entre ENAIRE y AENA S.M.E., S.A., con el fin de proveer los instrumentos necesarios para la validación y puesta en operación de una solución de torre remota en los aeropuertos gestionados por Aena.

En una primera fase, se implantará esta solución de torre remota en los aeropuertos de Menorca y Vigo. Posteriormente, las Partes colaborarán en la puesta en operación de la solución de torre de control remota en otros aeropuertos gestionados por Aena de conformidad con lo dispuesto en el Convenio.

En cumplimiento de lo dispuesto en el apartado 8 del artículo 48 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, del Régimen Jurídico del Sector Público, se acuerda la publicación en el «Boletín Oficial del Estado» de dicho Convenio que figura como anexo a esta Resolución.

Madrid, 9 de julio de 2020.–El Director General de la Entidad Pública Empresarial ENAIRE, Ángel Luis Arias Serrano.

ANEXO

Convenio entre AENA S.M.E., S.A. y ENAIRE para el desarrollo e implantación del proyecto torre remota en los aeropuertos de AENA

En Madrid, a 23 de junio de 2020.

REUNIDOS

De una parte, don Javier Marín San Andrés, en nombre y representación de AENA, S.M.E, S.A. con CIF A 86212420, y domicilio social en Madrid, calle Peonías, 12, (CP 28042), en virtud de poder otorgado ante el Notario Javier Navarro-Rubio Serres el día 23 de marzo de 2018, con número de orden de su protocolo 742, inscrito en el Registro Mercantil de Madrid, al tomo 37078; sección 8; hoja M-51648; folio 126; inscripción 145;

Y, de otra parte, don Ángel Luis Arias Serrano, en nombre y representación de la Entidad Pública Empresarial ENAIRE (en adelante, «ENAIRE»), domiciliada en Avenida de Aragón, s/n, Bloque 330, portal 2, Parque Empresarial Las Mercedes, 28022 Madrid (Madrid), designado como Director General de la Entidad por acuerdo del Consejo de Administración de 29 de mayo de 2015, según resulta de Resolución de 8 de junio de 2015 de dicho Consejo, publicada en el BOE número 150, de 24 de junio de 2015, actuando en nombre y representación de la Entidad en uso de las facultades conferidas por el artículo 48.2 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre de Régimen Jurídico del Sector Público (en adelante, LRJSP).

En adelante, Aena y ENAIRE cada una individualmente designada como la Parte y conjuntamente designadas como las Partes.

Ambas Partes manifiestan y se reconocen mutuamente detentar capacidad suficiente para formalizar el presente Convenio libre y espontáneamente.



EXPONEN

1. El Real Decreto-ley 13/2010, de 3 de diciembre, de actuaciones en el ámbito fiscal, laboral y liberalizadoras para fomentar la inversión y la creación de empleo, incluyó como medida liberalizadora la modernización del sistema aeroportuario, siendo completado y desarrollado por la Ley 18/2014.

2. Esta modernización contempló la creación de la sociedad mercantil estatal Aena Aeropuertos, denominada actualmente Aena S.M.E. S.A., que asumió el conjunto de funciones y obligaciones que ejercía la entidad pública empresarial Aena, actualmente ENAIRE, en materia de gestión y explotación de aeropuertos, incluidos los servicios de tránsito aéreo de aeródromo, así como cualesquiera otras que la normativa nacional o internacional atribuya a los gestores aeroportuarios, en relación a la red de aeropuertos integrada por los aeropuertos y helipuertos gestionados por Aena.

3. Que con fecha 27 de enero de 2017, el Consejo de Ministros del Gobierno de España aprobó el Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA) para el período 2017-2021, en el que se establecen las condiciones mínimas de servicio que prevalecerán en la red de aeropuertos españoles, proporcionando un marco de regulación predecible que posibilita la mejora de los niveles de eficiencia y competitividad de las operaciones aeroportuarias.

4. Que por su parte ENAIRE ostenta en el Reino de España el ejercicio de las competencias en materia de navegación aérea y gestión del espacio aéreo y, además, la coordinación operativa nacional e internacional de la red española de gestión del tráfico aéreo y otras relacionadas con los usos para la gestión eficiente del espacio aéreo español teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios, y las funciones derivadas de su condición de medio propio instrumental y servicio técnico de la Administración General del Estado español. Que ENAIRE está certificado como proveedor civil de servicios de navegación aérea, conforme al Reglamento (CE) 550/2004 del Parlamento Europeo y el Reglamento de la Comisión (UE) 1035/2011, cumpliendo con los Requisitos Comunes definidos en este reglamento. Concretamente ENAIRE está certificado como proveedor de servicios de tránsito aéreo (control de tráfico aéreo –ATC– de ruta, aproximación y control de aeródromo, información de vuelo –FIS–, alerta y asesoramiento), como proveedor de servicios de comunicación, navegación y vigilancia (CNS), y como proveedor de servicios de información aeronáutica (AIS).

5. Que con fecha 26 de diciembre de 2016 la Partes suscribieron el Acuerdo de prestación de servicios de navegación aérea entre ENAIRE y Aena, cuya duración es de cinco años, desde el 1 de enero de 2017 hasta el 31 de diciembre de 2021.

6. Que las Partes coinciden en profundizar y ampliar el Acuerdo de Prestación de Servicios de Navegación Aérea entre ENAIRE y Aena mediante el desarrollo y puesta en operación de servicios de tránsito aéreo mediante una solución de torre de control remota (RMT TWR) en los aeropuertos de Aena.

7. Que en una primera fase se abordará el desarrollo y puesta en operación de servicios de tránsito aéreo mediante una solución de torre de control remota en los aeropuertos de Menorca, donde ENAIRE es prestador de servicios ATC de aeródromo, CNS y AIS, y Vigo, donde ENAIRE es prestador de servicios CNS y AIS.

8. Que posteriormente, Aena realizará la ampliación de servicios de tránsito aéreo mediante la solución de torre de control remota en otros aeropuertos gestionados por Aena, tal y como se define en el documento de la EASA (Notice of Proposed Amendment 2017-21).

Que, en virtud de cuanto antecede, las Partes encuentran necesario establecer el presente Convenio que se registrá por las siguientes

CLÁUSULAS

Primera.

El presente Convenio tiene como objeto crear el marco de colaboración entre las Partes y proveer los instrumentos necesarios para la validación y puesta en operación de una solución de torre remota en los aeropuertos gestionados por Aena.



En una primera fase, se implantará esta solución de torre remota en los aeropuertos de Menorca y Vigo. Posteriormente, las Partes colaborarán en la puesta en operación de la solución de torre de control remota en otros aeropuertos gestionados por Aena de acuerdo con lo dispuesto en la cláusula Decimotercera.

Segunda.

A fines de la cooperación las Partes acuerdan:

– Poner en marcha la dependencia RMT TWR en su «Modo de Operación Único», tal y como se define en el documento de la EASA 'Notice of Proposed Amendment NPA – 2017-21': El Modo de Operación Único comprende la provisión de servicios ATS desde un módulo de torre remota (RTM) para un único aeródromo al mismo tiempo.

– Aena es responsable de gestionar y liderar el Proyecto Torre Remota en los Aeropuertos de Aena contando para ello con la colaboración de ENAIRE.

– Aena ostentará la titularidad de los nuevos activos asociados al nuevo equipamiento relacionado con la implantación de RMT TWR que a título meramente de ejemplo y no exhaustivo comprenden:

- Mástiles y cámaras.
- Monitores.
- El equipamiento hardware/software asociado a la presentación y gestión de imágenes procedentes de cámaras para la prestación de servicio desde RMT TWR.

– ENAIRE ostentará la titularidad del desarrollo software sobre el SACTA y podrá disponer de la solución de torre remota desarrollada para una prestación de servicios de Torre Remota a otros operadores aeroportuarios, pudiendo desarrollar nuevas funcionalidades sobre el diseño inicial.

– ENAIRE asesorará y dará soporte técnico a Aena en cuanto al desarrollo de nuevas funcionalidades SACTA adaptadas a Torre Remota. En el caso de que Aena decida la implantación de nuevas funcionalidades SACTA para la solución de Torre Remota, éstas formarán parte del «SERVICIO DE USO DEL SISTEMA ATM» incluido en el «Acuerdo de prestación de servicios de navegación aérea entre ENAIRE y Aena», de forma que se garantice tanto la actualización de versiones software de sistema ATM (SACTA) y su despliegue en aeropuertos gestionados por Aena. Previamente deberá acordarse entre Aena y ENAIRE plazos para implantación de nuevas funcionalidades, así como modificaciones que sean necesarias en el acuerdo de servicios.

– Las contribuciones de las partes se reflejan en el Anexo II del presente Convenio.

– El establecimiento de un cronograma orientativo para la implantación del Proyecto de Torre Remota en los aeropuertos de Menorca y Vigo, que se adjunta como Anexo I del presente Convenio, así como la supervisión del mismo.

– Aportar los medios materiales y humanos necesarios para la realización del proyecto de forma conjunta.

– El proyecto tendrá en consideración que posteriormente, a partir de la firma de futuros anexos o actualizaciones al presente Convenio, de conformidad con lo dispuesto en la cláusula decimotercera, ambas partes colaborarán en el desarrollo de un Centro de Control Remoto Multidependencia en Vigo para la prestación de servicio de control remoto a otros aeropuertos gestionados por Aena.

Tercera.

El proyecto de Torre Remota se estructuraría en las siguientes actuaciones y de acuerdo a las contribuciones de las Partes reflejadas en el Anexo II del presente Convenio:

- a) Construcción/Adecuación dependencia remota.
- b) Puesta en marcha de sistemas de navegación aérea y equipos y sistemas adicionales relacionados con RMT TWR (Monitores, cámaras, PCs).



- c) Elaboración y entrega del estudio de seguridad, conforme a los requisitos que estipule la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA).
- d) Formación, validación y puesta en operación de nueva dependencia remota.

Cuarta.

El presente Convenio no conlleva aportación económica para ninguna de las partes. Los costes asociados a los recursos, equipamiento y adaptación e integración de sistemas que sean necesarios para la ejecución de las contribuciones de las partes para el desarrollo del Proyecto de Torre Remota en los Aeropuertos de Menorca y Vigo, reflejadas en el Anexo II del presente Convenio, se sufragarán mediante recursos propios de cada una de las Partes, sin que pueda imputarse, en ningún caso, los gastos originados por los mismos hasta la validación e inicio de servicio en las dependencias remotas.

Estimación de costes: Como ha quedado indicado, el presente Convenio, no conlleva aportación económica para las partes sino que los costes que genere serán sufragados mediante recursos propios de cada sujeto, cuya estimación se detalla a continuación:

AENA Costes estimados implantación Torre Remota (euros)	VIGO			
	ANUALIDADES			TOTAL
	2020	2021	2022	
	100.000	2.800.000	2.200.000	5.100.000
MENORCA	ANUALIDADES			TOTAL
	2020	2021	2022	
	100.000	2.300.000	2.400.000	4.800.000

Costes de ENAIRE estimados implantación Torre Remota	2020 - Euros	2021 - Euros	TOTAL - Euros
Vigo.	150.000,00	326.550,00	476.550,00
Menorca.	144.000,00	419.350,00	563.350,00
TOTAL	294.000,00	745.900,00	1.039.900,00

En adición a lo anterior, si a lo largo de la ejecución del Proyecto fuera necesario hacer uso de servicios de terceros y ello implicara un coste que haya de ser asumido proporcionalmente por las Partes, dicho gasto deberá ser acordado previamente por las Partes, debiendo suscribirse a estos efectos los Anexos específicos que sean precisos, de conformidad con lo dispuesto en la cláusula Decimotercera.

Quinta.

Antes de la validación e inicio de servicio de Torre Remota en cada uno de los Aeropuertos, se actualizará en alcance y en coste, el «Acuerdo de prestación de servicios de navegación aérea entre ENAIRE y Aena» y los correspondientes anexos específicos de cada aeropuerto, recogiendo esta modificación en la prestación de los servicios por ambas partes, de forma que se garantice el servicio de Torre Remota.

Una vez validada y puesta en operación la prestación de servicio ATS en la Torre Remota de Menorca, se mantendrá el número de CTA contemplados en el «Acuerdo de prestación de servicios de navegación aérea entre ENAIRE y Aena».



ENAIRE prestará el servicio de mantenimiento asociado al nuevo equipamiento relacionado con la implantación de RMT TWR, debiéndose recoger este aspecto entre ambas partes y antes del inicio de servicio, en el «Acuerdo de prestación de servicios de navegación aérea entre ENAIRE y Aena» y los correspondientes anexos específicos de cada aeropuerto con las repercusiones que se deriven del nuevo escenario.

Los futuros Anexos al presente Convenio para formalizar la colaboración de ENAIRE y Aena en el desarrollo de la prestación de servicios de control remoto a otros aeropuertos gestionados por Aena, se registrarán por los términos y condiciones a acordar por las Partes en dichos Anexos en todo lo relativo a contribuciones de la Partes, imputación de costes entre las Partes, y cualquier otra condición particular que se allí se acuerde; todo ello, de conformidad con lo dispuesto en la cláusula Decimotercera.

Sexta.

Las partes deberán mantener la confidencialidad de toda la información puesta en su conocimiento durante el desarrollo del Proyecto, y no entregarán ni comunicarán a terceros información alguna relativa al Proyecto sin el previo consentimiento por escrito de los firmantes de este Convenio. Esto incluye acuerdos de carácter técnico o comercial, así como documentos o cualquier material relativo al mismo, siempre y cuando no sean de dominio público.

En cualquier caso y sin ser exhaustivo, se entiende por información confidencial cualquier información facilitada por cualquiera de las Partes para el cumplimiento de sus funciones en relación con el presente Convenio, así como de la que se obtenga o a la que se acceda durante y por la ejecución del proyecto por cualquier trabajador del proveedor ATS/ CNS.

Séptima.

El presente Convenio tiene una vigencia de cuatro años desde su publicación en el BOE y tras la inscripción en el Registro electrónico estatal de órganos e instrumentos de cooperación (REOICO). En cualquier momento antes de su finalización, los firmantes del convenio podrán acordar unánimemente su prórroga por periodos anuales I, con un máximo de cuatro años, o su extinción.

Octava.

Se formarán dos comités para el seguimiento y ejecución del Convenio:

1. Comité de Seguimiento: estará compuesto por los firmantes del presente Convenio y dos representantes de cada una de las partes a designar por los mismos, y tendrá las siguientes funciones:

- Supervisar y vigilar el cumplimiento de los compromisos adquiridos en este Convenio por las Partes.
- Resolver cuantas discrepancias y conflictos relativos al proyecto y sus posibles incumplimientos puedan surgir a lo largo de la duración del mismo, adoptando las medidas y decisiones apropiadas en cada caso.
- Establecer aquellas instrucciones y procedimientos necesarios de aplicación conjunta, o adaptación de los existentes, para la correcta aplicación y ejecución de los compromisos adquiridos por parte de las partes implicadas.
- Proponer modificaciones y las prórrogas al presente Convenio.
- Proponer modificaciones al Acuerdo de Prestación de Servicios de Navegación Aérea entre ENAIRE y Aena con motivo de los trabajos derivados de este Convenio.
- Resolver las posibles controversias que pudieran surgir respecto a la interpretación y ejecución del Convenio.



Se convocará al menos una vez al año y cuando sea requerido por el Comité Ejecutivo.

Las decisiones del Comité de seguimiento se adoptarán por unanimidad.

2. Comité Ejecutivo: responsable de avance del proyecto y cumplimiento de calendarios, estará integrado por dos responsables de las unidades que intervienen en la ejecución del proyecto de los firmantes del Convenio.

Cualquier desacuerdo en relación con la interpretación o ejecución del presente Convenio será tratado a través del Comité Ejecutivo dentro del plazo máximo de Un (1) mes. Este plazo empezará a contar desde la notificación escrita de la existencia de un conflicto realizada por cualquiera de los integrantes. En el caso de que transcurrido dicho plazo los firmantes no resolvieran las discrepancias, la resolución del conflicto se someterá, en última instancia, a la decisión del Comité de Seguimiento.

Las decisiones del Comité Ejecutivo se adoptarán por unanimidad.

De igual forma, adicionalmente y si se precisase, se constituirán los grupos técnicos necesarios para la buena marcha del proyecto.

Novena. *Anticorrupción.*

En la ejecución de las obligaciones establecidas en el presente Convenio, las Partes, sus directivos, representantes, empleados y cualesquiera otros terceros contratados o subcontratados por la Partes, deberán cumplir con los principios de la buena fe contractual y con la legislación y normativa de cualquier jurisdicción que les resulte aplicable a los efectos del presente Convenio, de manera que en ningún momento participarán ni colaborarán en la comisión de ninguna conducta que pudiera encontrarse tipificada penalmente en el ordenamiento jurídico aplicable o sea contraria a las normas internacionales de anticorrupción, entre ellas, en la medida en que sean aplicables y sin perjuicio de cualquier otra que les pueda resultar de aplicación, las siguientes:

- Ley de Prácticas de Anticorrupción en el Extranjero (Foreign Corrupt Practices Act o FCPA), aprobada por el Gobierno de los Estados Unidos de América en 1977.
- Ley de Anticorrupción del Reino Unido (UK Bribery Act), aprobada por el Parlamento del Reino Unido en 2010.
- Convención de las Naciones Unidas contra la Corrupción, 2003.
- Convenio de la OCDE para la Lucha contra la Corrupción de Agentes Públicos Extranjeros en las Transacciones Comerciales Internacionales, 1997.
- Decisión Marco 2003/568/JAI del Consejo de la Unión Europea, de 22 de julio de 2003, relativa a la lucha contra la corrupción en el sector privado.
- Convenio Penal sobre la Corrupción del Consejo de Europa de 1999 (conocido como Convenio 173).

En cumplimiento de lo anterior, las Partes manifiestan y garantizan, por la presente, que no recibirán ni ofrecerán, pagarán ni prometerán pagar, ya sea directa o indirectamente, ningún beneficio o ventaja no justificados de cualquier naturaleza, beneficio o ventaja indebidos o dádiva o retribución de cualquier clase a una autoridad o funcionario público (tal y como se define a continuación) o a un tercero del ámbito privado que esté relacionado con cualquier oportunidad de negocio objeto del presente Convenio. Además, las Partes se notificarán inmediatamente, por escrito y de forma detallada, en el caso de que estas reciban cualquier solicitud o requerimiento de pago ilícito por parte de un funcionario público o de un tercero del ámbito privado.

A estos efectos, autoridad el que por sí solo o como miembro de alguna corporación, tribunal u órgano colegiado tenga mando o ejerza jurisdicción propia. En todo caso, tendrán la consideración de autoridades los miembros del Congreso de los Diputados, del Senado, de las Asambleas Legislativas de las Comunidades Autónomas y del Parlamento Europeo y los funcionarios del Ministerio Fiscal, todos ellos de España y sus equivalentes en cualquier país del mundo.



Asimismo, a estos efectos, funcionario público es:

- Todo aquel que por disposición inmediata de ley o por elección o por nombramiento de autoridad competente participe en el ejercicio de funciones públicas.
- Cualquier persona que ostente un cargo o empleo legislativo, administrativo o judicial de un país de la Unión Europea o de cualquier otro país extranjero, tanto por nombramiento como por elección.
- Cualquier persona que ejerza una función pública para un país de la Unión Europea o cualquier otro país extranjero, incluido un organismo público o una empresa pública, para la Unión Europea o para otra organización internacional pública.
- Cualquier funcionario o agente de la Unión Europea o de una organización internacional pública.
- Cualquier oficial o empleado de una agencia gubernamental o una sociedad controlada por un gobierno de un país de la Unión Europea o de cualquier otro país extranjero.
- Cualquier oficial o empleado de una organización internacional pública.
- Cualquier candidato a ocupar un cargo público en un país de la Unión Europea o de cualquier otro país extranjero.
- Cualquier partido político o representante de un partido político, federación, coalición o agrupación de electores de un país de la Unión Europea o de cualquier otro país extranjero.

Las Partes manifiestan que disponen en su organización interna de medidas suficientes de control, prevención y detección de la comisión de cualquier tipo de conducta que pudiera ser considerada como ilícito penal que sancione comportamientos relacionados con la corrupción, cometida con los medios o bajo la cobertura de la propia compañía y/o a través de cualquier persona física integrante o dependiente de la misma. Sin ánimo exhaustivo, manifiestan que, entre dichas medidas, se encuentran procedimientos que regulen específicamente cómo actuar ante la Administración Pública, y ante la recepción, entrega o petición de atenciones o muestras de hospitalidad y cortesía.

El ejercicio por cualquiera de las Partes y/o por cualquiera de las personas físicas integrantes o dependientes de cada una de ellas, de cualquier conducta que pudiera ser calificada como ilícita y dar lugar a la declaración de responsabilidad penal, podrá constituir, además de un delito, un incumplimiento contractual y, por tanto, erigirse en causa de resolución del presente Convenio, dando lugar a la indemnización que pudiera resultar procedente en concepto de daños y perjuicios.

Décima. Protección de Datos de Carácter Personal y Confidencialidad.

Tanto AENA, S.M.E., S.A. como ENAIRE se comprometen al cumplimiento de la normativa vigente en cada momento en materia de Protección de Datos Personales, en concreto, al cumplimiento de lo dispuesto en el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE, y la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, en el contexto de este Convenio y de cualquier tratamiento de datos personales que, en su caso, se derive del mismo.

Tendrá carácter confidencial y, por lo tanto, quedará sujeta a las reglas de confidencialidad a las que se refiere el presente Convenio, la documentación que, en cualquier formato, Aena determine como tal en su relación con los Receptores.

Ambas partes reconocen la sensibilidad de la información confidencial manejada, así como del perjuicio tanto de imagen como económico, que el uso indebido o realizado por personal no autorizado, puede suponer para la otra parte.



El uso de la información confidencial por tercero distinto a las partes que suscriben el presente Convenio, y, en todo caso, su uso deberá ser previamente autorizado por escrito por Aena.

Las partes designarán a sus interlocutores, que serán responsables del envío y la recepción de la información que en virtud de lo acordado en este documento se suministre, los cuales quedan vinculados por las mismas obligaciones que los firmantes de este Convenio.

Cada parte se hará cargo de que la información que suministre llegue a la otra por método seguro.

Undécima. *Causas de resolución.*

El presente Convenio se extinguirá por el cumplimiento de las actuaciones que constituyen su objeto o por incurrir en las causas de resolución contempladas en el artículo 51 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

En cuanto a los efectos de la resolución del convenio, se estará a lo dispuesto en el artículo 52 de la LRJSP.

Duodécima.

El presente Convenio se modificará por acuerdo unánime de los firmantes.

Decimotercera. *Régimen jurídico.*

Este convenio tiene naturaleza administrativa y se rige por lo dispuesto en el capítulo VI del Título Preliminar de la Ley 40/2015, de 1 de octubre.

La futura colaboración entre las partes consistente en la puesta en operación de la solución de Torre remota en otros aeropuertos y resto de disposiciones previstas en el presente Convenio, se formalizará mediante Anexos al presente Convenio que seguirán los trámites de autorización, inscripción y publicación que a tales efectos regulan la LRJSP y Orden PRA/1267/2017, de 21 de diciembre, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 15 de diciembre de 2017, por el que se aprueban las instrucciones para la tramitación de Convenios.

Decimocuarta. *Potestativa Jurisdicción:*

Las cuestiones litigiosas y los desacuerdos respecto a su ejecución e interpretación que no pudieran resolverse de forma amistosa en el seno de la Comisión de Seguimiento, serán sometidos a la jurisdicción contencioso-administrativa.

Y en prueba de conformidad de cuanto antecede, firman el presente Convenio en el lugar y fecha indicados.–Por Aena, el Director General de Aeropuertos, Javier Marín San Andrés.–Por Enaire, el Director General, Ángel Luis Arias Serrano.

«De acuerdo con la normativa aplicable en materia de Protección de Datos Personales y en virtud del Reglamento General de Protección de Datos (Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE), se informa a los representantes legales y/o firmantes del presente Convenio de que sus datos personales recabados a través del mismo serán tratados por Aena, S.M.E., S.A., como responsable del tratamiento, con domicilio en la calle Peonías 12, Madrid (28042) y con CIF A86212420.

La finalidad es gestionar el Convenio suscrito y establecer relaciones con su empresa. El tratamiento de sus datos está basado en la ejecución de un Contrato, ya que el tratamiento de sus datos es necesario para la firma de este Convenio y la gestión del mismo con la entidad a la que usted representa o en la cual presta servicios, así como en



el interés legítimo de Aena, S.M.E., S.A. No está prevista la cesión de los datos a terceros ni se realizarán transferencias internacionales, salvo obligación legal.

Sus datos serán conservados mientras dure la relación establecida por medio del presente Convenio, así como durante los plazos de conservación que establezcan las leyes y los plazos en que pueda surgir una reclamación.

El representante legal o firmante puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación, supresión, oposición, portabilidad y limitación del tratamiento, ante Aena S.M.E., S.A., través de la siguiente dirección de correo electrónico ocpd@aena.es, a través del Portal de Servicios Telemáticos en la web de Aena (www.aena.es), o dirigiendo un escrito a la Oficina Central de Protección de Datos, C/ Peonías, 12 – 28042 Madrid.

Para cualquier duda puede comunicarse con nuestro Delegado de Protección de Datos mediante la dirección de correo electrónico dpd@aena.es.

También puede, en cualquier momento, presentar una reclamación ante la Agencia Española de Protección de Datos.»



ANEXO I

Cronograma del Proyecto RMT TWR

Fecha	MES31	MES30	MES29	MES28	MES27	MES26	MES25	MES24	MES23	MES22	MES21	MES20	MES19	MES18	MES17	MES16	MES15	MES14	MES13	MES12	MES11	MES10	MES9	MES8	MES7	MES6	MES5	MES4	MES3	MES2	MES1
dic-21																															
nov-21																															
oct-21																															
sep-21																															
ago-21																															
jul-21																															
jun-21																															
may-21																															
abr-21																															
mar-21																															
feb-21																															
ene-21																															
dic-20																															
nov-20																															
oct-20																															
sep-20																															
ago-20																															
jul-20																															
jun-20																															
may-20																															
abr-20																															
mar-20																															
feb-20																															
ene-20																															
dic-19																															
nov-19																															
oct-19																															
sep-19																															
ago-19																															
jul-19																															
jun-19																															
	IMPLANTACIÓN TORRE REMOTA Aeropuerto de Menorca																														
	ADECUACIÓN NUEVA DEPENDENCIA EN NUEVO EDIFICIO RMT TWR Elaboración de proyecto constructivo Licitación de construcción nueva dependencia Construcción nueva dependencia EQUIPOS Y SISTEMAS RMT TWR (Monitores, cámaras, ...) Elaboración PPT Licitación y contrato Suministro e instalación EQUIPOS Y SISTEMAS NA (SACTA, SCV, SMP, MET, ...) Elaboración PPT Licitación y contrato Suministro e instalación LABORACIÓN Y ENTREGA ESTUDIO DE SEGURIDAD Modo de Operación Estudio de Seguridad Periodo para la Agencia de Seguridad Plan de transición; manuales operativos; plan de contingencia, Plan de Formación Envío Syllabus Aprobación del Syllabus Aprobación Estudio de seguridad FORMACIÓN, VALIDACIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DE NUEVA DEPENDENCIA Preparación de formación Formación a formadores Formación a controladores Pruebas contráctico real Puesta en servicio																														

cve: BOE-A-2020-8427
 Verificable en <https://www.boe.es>



BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO



Núm. 200

Jueves 23 de julio de 2020

Sec. III. Pág. 56544

MES1	MES2	MES3	MES4	MES5	MES6	MES7	MES8	MES9	MES10	MES11	MES12	MES13	MES14	MES15	MES16	MES17	MES18	MES19	MES20	MES21	MES22	MES23	MES24	MES25	MES26	MES27	MES28	MES29	MES30	MES31
IMPLANTACIÓN TORRE REMOTA																														
Aeropuerto de Vigo																														
ADECUACIÓN NUEVA DEPENDENCIA EN EDIFICIO PARKING																														
Elaboración de proyecto constructivo																														
Licitación de construcción nueva dependencia																														
Construcción nueva dependencia																														
EQUIPOS Y SISTEMAS RMIT TWR (Monitores, cámaras, hardware, software asociado)																														
Elaboración de pliegos,																														
Tramitación y contrato																														
Suministro e instalación																														
EQUIPOS Y SISTEMAS NA (SACTA, SCV, SMP, MET,...)																														
Elaboración PPT																														
Licitación y contrato																														
Suministro e instalación																														
ELABORACIÓN Y ENTREGA ESTUDIO DE SEGURIDAD																														
Plan de transición, manuales operativos, plan de contingencia....																														
Plan de Formación																														
Aprobación Estudio de seguridad																														
FORMACIÓN, VALIDACIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DE NUEVA DEPENDENCIA																														
Inicio formación y modo shadow																														
Inicio servicio operativo con restricciones																														
Inicio servicio operativo sin restricciones																														

cve: BOE-A-2020-8427
Verificable en <https://www.boe.es>



ANEXO II

Contribuciones de las Partes

Proyecto Torre Remota Aeropuerto de Vigo

Actuación	Redacción	Licitación	Gestión	Ejecución/ Pruebas/Pes ¹	Mantenimiento
Sistema de Cámaras RMT TWR Cámaras, Monitores, hardware y software asociado, Pupitre Controlador.	AENA con soporte técnico de Enaire	AENA	AENA	ENAIRES/AENA	ENAIRES
Proyecto Constructivo Nuevo emplazamiento Torre Remota (P3).	AENA	AENA	AENA	AENA	N.A.
Adecuación/Integración en servicios Aeropuerto Bancos de tubos nuevos hasta nuevo emplazamiento y adecuación del foso de la actual torre.	AENA	AENA	AENA	AENA	N.A.
SMP Nuevo equipamiento o Traslado.	AENA	AENA	AENA	AENA	AENA
HERMES y CEFIRO Nuevos equipos.	AEMET/AENA	AEMET/AENA	AEMET/AENA	AEMET/AENA	AEMET/AENA
GONIO Torre Actual Nuevo equipamiento.	ENAIRES	AENA	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES
NODO REDAN Nueva infraestructura REDAN.	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES
Comunicación entre Torre Actual y Torre Remota (CNS) Infraestructura de Fibra Óptica Ampliación de Infraestructura de Fibra Óptica.	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES
Supervisiones CNS Duplicadas en Nueva Dependencia Durante el tiempo de Formación/ Pruebas/Familiarización nueva Operativa, se necesita disponer de las supervisiones del equipamiento CNS de Torre actual en ambas Torres Duplicidad de supervisión de elementos CNS.	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES
Traslado Supervisiones CNS a Nueva Dependencia Traslado de supervisión de elementos CNS que se mantengan SIRA ORION ...	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES
SACTA Nuevo equipamiento SACTA en dependencia Torre Remota (Posiciones de control, comunicaciones de datos, etc.).	ENAIRES	AENA	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES
SCV y T/A Modificado Expediente de equipamiento SCV en dependencia Torre Remota Incluye SCV + T/A + URR.	ENAIRES	AENA	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES
GRABADORES VOZ Nuevo equipamiento en dependencia Torre Remota.	ENAIRES	AENA	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES



Proyecto Torre Remota Aeropuerto de Menorca

Actuación	Redacción	Licitación	Gestión	Ejecución/ Pruebas/Pes ²	Mantenimiento
Sistema de Cámaras RMT TWR Cámaras, Monitores, hardware y software asociado, Pupitre Controlador.	AENA con soporte técnico de Enaire	AENA	AENA	ENAIRES/ AENA	ENAIRES
Proyecto Constructivo Nuevo emplazamiento Torre Remota (Bloque Técnico).	AENA	AENA	AENA	AENA	N.A.
Canalizaciones para integrar los nuevos emplazamientos Canalizaciones + Bancos de tubos nuevos para unir los nuevos emplazamientos (Torre cámaras y Torre Receptores) con el nuevo emplazamiento Torre Remota.	AENA	AENA	AENA	AENA	N.A.
SMP Nuevo equipamiento o Traslado.	AENA	AENA	AENA	AENA	AENA
HERMES y CEFIRO Nuevos equipos.	AEMET/AENA	AEMET/AENA	AEMET/AENA	AEMET/AENA	AEMET/AENA
NODO REDAN Nueva infraestructura REDAN.	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES
Comunicación entre Torre Actual y Torre Remota (CNS) Renovación y ampliación de la Infraestructura de Fibra Óptica.	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES
Traslado Supervisiones CNS a Nueva Dependencia Traslado de supervisión de elementos CNS que se mantengan SIRA ORION	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES
SACTA Nuevo equipamiento SACTA en dependencia Torre Remota (Posiciones de control, comunicaciones de datos, etc..).	ENAIRES	AENA	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES
SCV y T/A Nuevo equipamiento SCV en dependencia Torre Remota Incluye SCV + T/A + URR + GRABADORES.	ENAIRES	AENA	ENAIRES	ENAIRES	ENAIRES

Proyecto Torre Remota Aeropuerto de Menorca

Actuación	Redacción	Validación Aesa
Concepto de operación RMT TWR.	ENAIRES	ENAIRES
Elaboración y entrega Estudio de Seguridad. Manual de Operación de la Dependencia, Plan de Transición, Plan de Formación Operativa etc.	ENAIRES	ENAIRES
Formación operativa, validación y puesta en Servicio de nueva dependencia.	ENAIRES	ENAIRES

1 PeS: Puesta en Servicio.
2 PeS: Puesta en Servicio.

cve: BOE-A-2020-8427
Verificable en <https://www.boe.es>

