

Trabajo Fin de Máster

Máster en Ingeniería Aeronáutica

Diseño de espacio aéreo: establecimiento de nuevas rutas a través de las restricciones LER86, LED124 y LED126

Autor: María Isabel Hernández Gutiérrez

Tutor: Alfonso Valenzuela Romero

Dpto. de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019



Trabajo Fin de Máster
Máster en Ingeniería Aeronáutica

**Diseño de espacio aéreo: establecimiento de nuevas
rutas a través de las restricciones LER86, LED124 y
LED126**

Autor:

María Isabel Hernández Gutiérrez

Tutor:

Alfonso Valenzuela Romero

Profesor Contratado Doctor

Dpto. de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019

Trabajo Fin de Máster: Diseño de espacio aéreo: establecimiento de nuevas rutas a través de las restricciones
LER86, LED124 y LED126

Autor: María Isabel Hernández Gutiérrez

Tutor: Alfonso Valenzuela Romero

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

A mi hermana

Agradecimientos

Quiero darles las gracias a todas las personas que me han apoyado y dado ánimo durante estos años, en especial a mis padres, mi hermana y a los que siempre han creído en mí. Ellos hacen que todo sea siempre más fácil.

Agradecer a mi tutor Alfonso Valenzuela Romero la ayuda que me ha prestado para poder realizar el presente trabajo. También a Antonio Franco Espín por su útil contribución. Y una mención especial a la colaboración de Carlos Caspueñas, que ha sido crucial para el desarrollo del mismo.

María Isabel Hernández Gutiérrez

Sevilla, 2019

Resumen

En el presente Trabajo Fin de Máster se diseñan nuevas rutas aéreas a través de las restricciones LER86, LED124 y LED126, pertenecientes al espacio aéreo español. La influencia sobre el tráfico aéreo se expresa mediante la variación de la distancia recorrida y de las unidades de servicio de los vuelos que podrían beneficiarse del uso de las rutas propuestas. La primera magnitud es útil para las aerolíneas y la segunda para el proveedor de servicios de navegación aérea en España.

La ejecución de este trabajo se divide en varios pasos. Primero se describe la zona del espacio aéreo bajo estudio para comprender su funcionamiento. Esto consiste en la caracterización física y la utilización actual.

A continuación, se analizan los vuelos que se efectúan en estas regiones y sus contornos en ciertos días concretos. Para lo cual, se clasifican los vuelos según los puntos de paso del contorno de la zona del espacio aéreo empleados en sus trayectorias y según sus orígenes y destinos. Ello permite determinar los vuelos afectados por el espacio aéreo estudiado y las direcciones preferidas de paso por él. Así se consigue obtener las necesidades de los vuelos.

Seguidamente, se diseñan las rutas que se deben adaptar a estas necesidades detectadas. Por tanto, el establecimiento de las nuevas rutas se basa en la orientación obtenida de la agrupación de los vuelos. Se proponen dos diseños diferentes. La comprobación de la utilidad de los diseños realizados se efectúa a través de la optimización de las trayectorias de los vuelos. Como criterio de optimización se toma la minimización de la distancia.

Finalmente, de los resultados de la optimización se obtienen los parámetros deseados que muestran como afectan estas rutas a las trayectorias de los vuelos. En función a ellos se determinan las rutas que son más beneficiosas de establecer. Se encuentra que los dos diseños son beneficiosos para las aerolíneas, pero sólo uno de ellos es beneficioso para el proveedor de servicios español. Se toma el diseño que consigue beneficios para las dos partes interesadas como diseño propuesto.

Abstract

The aim of this project is to design new routes through specific regions of the Spanish airspace. They are called LER86, LED124 and LED126. These areas have a restricted use for the air traffic and are managed by the Spanish Military Forces. The effect of the new routes on the air traffic is assessed by analysing two parameters: flown distances and service units. The first one is related to the impact on airlines and the latter to the impact on the Spanish Air Navigation Service Provider.

This work is performed in several steps. First, the regions of the airspace under study are described better in order to understand their particularities. Therefore, the geometry and the current use of the regions are characterised.

Then, the flights that cross the regions or circumnavigate them are analysed for two particular days. This analysis consists on classifying the flights by the waypoints of their trajectories (those that are located in the contour of the airspace) and by their origins and destinations. After this process, the flights that are affected by the regions are found and their preferred directions across this airspace.

Next, the new routes are designed. Their locations are based on the preferred directions found in the classification. Two different designs are proposed. The designs are validated by determining its benefits on the flights. To that end, the flight paths are optimized through the new route network; the optimization criterium is the minimization of the flown distances.

Finally, the impact of the new routes is assessed from the optimization results. The most advantageous routes are determined. Both designs are beneficial for the airlines, but only one of them is beneficial for the Spanish Air Navigation Service Provider. The proposed design is which benefits both stakeholders.

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xv
Índice de Tablas	xvii
Índice de Figuras	xxiii
1 Introducción	1
1.1 <i>Motivación</i>	1
1.2 <i>Objetivo</i>	4
1.3 <i>Metodología</i>	4
2 Descripción de la región del espacio aéreo	7
2.1 <i>Restricciones del espacio aéreo</i>	7
2.2 <i>Puntos de paso en el contorno</i>	10
2.3 <i>Rutas aéreas</i>	13
2.3.1 Rutas en el contorno	13
2.3.2 Rutas en el interior	13
3 Análisis del tráfico actual	17
3.1 <i>Método de clasificación</i>	17
3.2 <i>Clasificación y análisis de vuelos</i>	19
4 Diseño de la red de rutas	47
4.2 <i>Diseños propuestos</i>	48
4.2.1 Diseño 1	49
4.2.2 Diseño 2	50
5 Metodología para la evaluación de la red de rutas	51
5.1 <i>Modelo de optimización</i>	51
5.2 <i>Indicadores de mejora</i>	53
5.2.1 Distancia recorrida	53
5.2.2 Unidades de servicio	54
6 Resultados	55
6.1 <i>Diseño 1</i>	59
6.2 <i>Diseño 2</i>	64
6.3 <i>Resumen de resultados</i>	69
7 Conclusiones	71
Referencias	73
Glosario	75
Anexo A: Códigos OACI de aeropuertos	77
Anexo B: Análisis detallado del tráfico actual	81
<i>Combinación de vuelos día 27/10/2018</i>	81

Combinación de vuelos día 02/03/2019

106

Anexo C: Cálculo de las unidades de servicio

129

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.1. Evolución del tráfico gestionado por Enaire. (Elaboración propia)</i>	1
<i>Tabla 1.2. Evolución de operaciones nacionales gestionadas por Aena. (Elaboración propia)</i>	2
<i>Tabla 2.1. Comparativa entre uso de ruta condicional y alternativa</i>	16
<i>Tabla 3.1. Recuento de vuelos por día según grupo de clasificación</i>	21
<i>Tabla 3.2. Vuelos clasificados en TLD el día 27/10/2018</i>	24
<i>Tabla 3.3. Agrupación de vuelos según conexiones clasificados en TLD el día 27/10/2018</i>	25
<i>Tabla 3.4. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD el día 27/10/2018</i>	25
<i>Tabla 3.5. Clasificación según dirección preferida de paso de vuelos agrupados en TLD el día 27/10/2018</i>	26
<i>Tabla 3.6. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	26
<i>Tabla 3.7. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	27
<i>Tabla 3.8. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	28
<i>Tabla 3.9. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	28
<i>Tabla 3.10. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	29
<i>Tabla 3.11. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en OSLEP-TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	29
<i>Tabla 3.12. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en BIRBA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	30
<i>Tabla 3.13. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en BIRBA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	30
<i>Tabla 3.14. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en CCS-ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	31
<i>Tabla 3.15. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-PARKA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	32
<i>Tabla 3.16. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	33
<i>Tabla 3.17. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en TLD-ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	33
<i>Tabla 3.18. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-OXACA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	34
<i>Tabla 3.19. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en OSLEP-OXACA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	34

<i>Tabla 3.20. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en PARKA-TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	35
<i>Tabla 3.21. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en PARKA-TLD el día 27/10/2018</i>	35
<i>Tabla 3.22. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-CCS el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	36
<i>Tabla 3.23. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en TLD-CCS el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	36
<i>Tabla 3.24. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en PARKA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	37
<i>Tabla 3.25. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en MELON-OXACA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	38
<i>Tabla 3.26. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en MELON-OXACA el día 27/10/2018</i>	38
<i>Tabla 3.27. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en ROSAL el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	39
<i>Tabla 3.28. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en ROSAL el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	39
<i>Tabla 3.29. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	40
<i>Tabla 3.30. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en OSLEP el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	40
<i>Tabla 3.31. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-BIRBA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	41
<i>Tabla 3.32. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en TLD-BIRBA el día 27/10/2018</i>	41
<i>Tabla 3.33. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en PARKA-MELON el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	44
<i>Tabla 3.34. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en PARKA-MELON el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	44
<i>Tabla 3.35. Tabla resumen de direcciones preferidas de paso por la región del espacio aéreo de estudio</i>	45
<i>Tabla 6.1. Vuelos beneficiados por diseño 1 día 27/10/2018</i>	60
<i>Tabla 6.2. Vuelos beneficiados por diseño 1 día 02/03/2019</i>	61
<i>Tabla 6.3. Resumen comparativo de resultados totales para diseño 1 en el día 27/10/2018 (a la izquierda) y día 02/03/2019 (a la derecha)</i>	62
<i>Tabla 6.4. Vuelos beneficiados por diseño 2 día 27/10/2018</i>	65
<i>Tabla 6.5. Vuelos beneficiados por diseño 2 día 02/03/2019</i>	66
<i>Tabla 6.6. Resumen comparativo de resultados totales para diseño 2 en el día 27/10/2018 (a la izquierda) y día 02/03/2019 (a la derecha)</i>	68
<i>Tabla 6.7. Resumen comparativo de resultados para ambos diseños propuestos</i>	69
<i>Tabla B.1. Vuelos clasificados en TLD del día 27/10/2018</i>	83
<i>Tabla B.2. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD del día 27/10/2018</i>	83
<i>Tabla B.3. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en TLD el día 27/10/2018</i>	84
<i>Tabla B.4. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en ELVAR día 27/10/2018</i>	85

<i>Tabla B.5. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en ELVAR del día 27/10/2018</i>	86
<i>Tabla B.6. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en ELVAR el día 27/10/2018</i>	86
<i>Tabla B.7. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP-TLD día 27/10/2018</i>	88
<i>Tabla B.8. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-TLD del día 27/10/2018</i>	88
<i>Tabla B.9. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en OSLEP-TLD el día 27/10/2018</i>	88
<i>Tabla B.10. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en BIRBA día 27/10/2018</i>	89
<i>Tabla B.11. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en BIRBA del día 27/10/2018</i>	90
<i>Tabla B.12. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en BIRBA el día 27/10/2018</i>	90
<i>Tabla B.13. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en CCS-ELVAR día 27/10/2018</i>	91
<i>Tabla B.14. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en CCS-ELVAR del día 27/10/2018</i>	91
<i>Tabla B.15. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP-PARKA día 27/10/2018</i>	92
<i>Tabla B.16. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-PARKA del día 27/10/2018</i>	92
<i>Tabla B.17. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en TLD-ELVAR día 27/10/2018</i>	93
<i>Tabla B.18. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-ELVAR día 27/10/2018</i>	93
<i>Tabla B.19. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en TLD-ELVAR el día 27/10/2018</i>	93
<i>Tabla B.20. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP-OXACA día 27/10/2018</i>	94
<i>Tabla B.21. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-OXACA día 27/10/2018</i>	95
<i>Tabla B.22. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en OSLEP-OXACA el día 27/10/2018</i>	95
<i>Tabla B.23. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en PARKA-TLD día 27/10/2018</i>	96
<i>Tabla B.24. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en PARKA-TLD día 27/10/2018</i>	96
<i>Tabla B.25. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en PARKA-TLD el día 27/10/2018</i>	96
<i>Tabla B.26. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en TLD-CCS día 27/10/2018</i>	97
<i>Tabla B.27. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-CCS día 27/10/2018</i>	97
<i>Tabla B.28. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en TLD-CCS el día 27/10/2018</i>	97
<i>Tabla B.29. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en PARKA día 27/10/2018</i>	98
<i>Tabla B.30. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en PARKA-TLD día 27/10/2018</i>	98
<i>Tabla B.31. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en MELON-OXACA día 27/10/2018</i>	99
<i>Tabla B.32. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en MELON-OXACA día 27/10/2018</i>	99
<i>Tabla B.33. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en MELON-OXACA el día 27/10/2018</i>	100
<i>Tabla B.34. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en ROSAL día 27/10/2018</i>	100

<i>Tabla B.35. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en ROSAL día 27/10/2018</i>	101
<i>Tabla B.36. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en ROSAL el día 27/10/2018</i>	101
<i>Tabla B.37. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP día 27/10/2018</i>	102
<i>Tabla B.38. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP día 27/10/2018</i>	102
<i>Tabla B.39. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en OSLEP el día 27/10/2018</i>	102
<i>Tabla B.40. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en TLD-BIRBA día 27/10/2018</i>	103
<i>Tabla B.41. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-BIRBA día 27/10/2018</i>	103
<i>Tabla B.42. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en TLD-BIRBA el día 27/10/2018</i>	103
<i>Tabla B.43. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OXACA-PARKA día 27/10/2018</i>	104
<i>Tabla B.44. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en CCS día 27/10/2018</i>	105
<i>Tabla B.45. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en PARKA-MELON día 27/10/2018</i>	106
<i>Tabla B.46. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en PARKA-MELON el día 27/10/2018</i>	106
<i>Tabla B.47. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en TLD día 02/03/2019</i>	107
<i>Tabla B.48. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD del día 02/03/2019</i>	108
<i>Tabla B.49. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en ELVAR el día 02/03/2019</i>	108
<i>Tabla B.50. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en ELVAR día 02/03/2019</i>	110
<i>Tabla B.51. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en ELVAR del día 02/03/2019</i>	110
<i>Tabla B.52. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en ELVAR el día 02/03/2019</i>	110
<i>Tabla B.53. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP-TLD día 02/03/2019</i>	111
<i>Tabla B.54. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-TLD día 02/03/2019</i>	111
<i>Tabla B.55. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en OSLEP-TLD el día 02/03/2019</i>	112
<i>Tabla B.56. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en BIRBA día 02/03/2019</i>	112
<i>Tabla B.57. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en BIRBA día 02/03/2019</i>	113
<i>Tabla B.58. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en BIRBA el día 02/03/2019</i>	113
<i>Tabla B.59. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en CCS-ELVAR día 02/03/2019</i>	114
<i>Tabla B.60. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en CCS-ELVAR día 02/03/2019</i>	114
<i>Tabla B.61. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP-PARKA día 02/03/2019</i>	115
<i>Tabla B.62. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-PARKA día el día 02/03/2019</i>	115
<i>Tabla B.63. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en TLD-ELVAR</i>	116
<i>Tabla B.64. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-ELVAR día 02/03/2019</i>	116
<i>Tabla B.65. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en TLD-ELVAR el día 02/03/2019</i>	117
<i>Tabla B.66. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP-OXACA día 02/03/2019</i>	118

<i>Tabla B.67. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-OXACA día 02/03/2019</i>	118
<i>Tabla B.68. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en OSLEP-OXACA el día 02/03/2019</i>	118
<i>Tabla B.69. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en PARKA-TLD día 02/03/2019</i>	119
<i>Tabla B.70. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en PARKA-TLD día 02/03/2019</i>	120
<i>Tabla B.71. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en TLD-CCS día 02/03/2019</i>	120
<i>Tabla B.72. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-CCS día 02/03/2019</i>	120
<i>Tabla B.73. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en TLD-CCS el día 02/03/2019</i>	121
<i>Tabla B.74. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en PARKA día 02/03/2019</i>	121
<i>Tabla B.75. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en MELON-OXACA día 02/03/2019</i>	122
<i>Tabla B.76. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en ROSAL día 03/02/2019</i>	123
<i>Tabla B.77. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en ROSAL día 02/03/2019</i>	123
<i>Tabla B.78. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en ROSAL el día 02/03/2019</i>	123
<i>Tabla B.79. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP día 02/03/2019</i>	124
<i>Tabla B.80. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP día 02/03/2019</i>	124
<i>Tabla B.81. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en OSLEP el día 02/03/2019</i>	125
<i>Tabla B.82. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en TLD-BIRBA día 02/03/2019</i>	125
<i>Tabla B.83. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en CCS día 02/03/2019</i>	126
<i>Tabla B.84. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en PARKA-MELON día 02/03/2019</i>	127
<i>Tabla B.85. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en PARKA-MELON día 02/03/2019</i>	127
<i>Tabla B.86. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en PARKA-MELON el día 02/03/2019</i>	127
<i>Tabla C.1. Vuelos beneficiados por diseño 1 día 27/10/2018. Puntos de paso entrada y salida espacio aéreo español</i>	130
<i>Tabla C.2. Vuelos beneficiados por diseño 1 día 02/03/2019. Puntos de paso de entrada y salida espacio aéreo español</i>	130
<i>Tabla C.3. Vuelos beneficiados por diseño 2 día 27/10/2018. Puntos de paso de entrada y salida espacio aéreo español</i>	131
<i>Tabla C.4. Vuelos beneficiados por diseño 2 día 02/03/2019. Puntos de paso de entrada y salida espacio aéreo español</i>	133

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1. Zonas del espacio aéreo superior español de la región sur: restricciones y aerovía. (Insignia)</i>	3
<i>Figura 1.2. Detalle del entorno del espacio aéreo superior alrededor de la zona de estudio disponible para uso. (Insignia)</i>	3
<i>Figura 2.1. LER86A. (Insignia)</i>	7
<i>Figura 2.2. LER86B. (Insignia)</i>	8
<i>Figura 2.3. LER86C. (Insignia)</i>	8
<i>Figura 2.4. LED124. (Insignia)</i>	9
<i>Figura 2.5. LED126. (Insignia)</i>	9
<i>Figura 2.6. Conjunto de todas las restricciones de la región de estudio. (Insignia)</i>	10
<i>Figura 2.7. Puntos de paso del contorno de la región de estudio. (Insignia)</i>	12
<i>Figura 2.8. Puntos de paso del contorno de la región de estudio. (Nav Portugal)</i>	12
<i>Figura 2.9. Red de rutas entorno zona espacio aéreo de estudio (Insignia)</i>	13
<i>Figura 2.10. UZ180 (Insignia)</i>	14
<i>Figura 2.11. UM30 a través de la región de estudio (Insignia)</i>	15
<i>Figura 2.12. UM744 (Insignia)</i>	15
<i>Figura 3.1. Direcciones preferidas de paso de vuelos existentes regiones de estudio</i>	18
<i>Figura 3.2. Representación todas las trayectorias planificadas en consideración del día 27/10/2018</i>	20
<i>Figura 3.3. Representación todas las trayectorias planificadas en consideración del día 02/03/2019</i>	20
<i>Figura 3.4. Representación de trayectorias para combinación TLD el día 27/10/2018</i>	22
<i>Figura 3.5. Representación en detalle de trayectorias para combinación TLD el día 27/10/2018</i>	22
<i>Figura 3.6. Representación en detalle de trayectorias para combinación TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	26
<i>Figura 3.7. Representación en detalle de trayectorias para combinación ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	28
<i>Figura 3.8. Representación en detalle de trayectorias para combinación OSLEP-TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	29
<i>Figura 3.9. Representación en detalle de trayectorias para combinación BIRBA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	30
<i>Figura 3.10. Representación en detalle de trayectorias para combinación CCS-ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	31
<i>Figura 3.11. Representación en detalle de trayectorias para combinación OSLEP-PARKA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	32
<i>Figura 3.12. Representación en detalle de trayectorias para combinación TLD-ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	33

<i>Figura 3.13. Representación en detalle de trayectorias para combinación OSLEP-OXACA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	34
<i>Figura 3.14. Representación en detalle de trayectorias para combinación PARKA-TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	35
<i>Figura 3.15. Representación en detalle de trayectorias para combinación TLD-CCS el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	36
<i>Figura 3.16. Representación en detalle de trayectorias para combinación PARKA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	37
<i>Figura 3.17. Representación en detalle de trayectorias para combinación MELON-OXACA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	38
<i>Figura 3.18. Representación en detalle de trayectorias para combinación ROSAL el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	39
<i>Figura 3.19. Representación en detalle de trayectorias para combinación OSLEP el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	40
<i>Figura 3.20. Representación en detalle de trayectorias para combinación TLD-BIRBA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2018 (derecha)</i>	41
<i>Figura 3.21. Representación en detalle de trayectorias para combinación OXACA-PARKA el día 27/10/2018</i>	42
<i>Figura 3.22. Representación en detalle de trayectorias para combinación CCS el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	43
<i>Figura 3.23. Representación en detalle de trayectorias para combinación PARKA-MELON el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)</i>	44
<i>Figura 4.1. Esquema de obtención redes modificadas</i>	47
<i>Figura 4.2. Diseño 1</i>	49
<i>Figura 4.3. Diseño 2</i>	50
<i>Figura 5.1. Diagrama de proceso seguido en la optimización</i>	53
<i>Figura 6.1. Leyenda de figuras representación comparativa de trayectorias</i>	55
<i>Figura 6.2. Vuelo GCTS-LSZH día 27/10/2018 a la izquierda y vuelo LPFR-EDDS día 02/03/2019 a la derecha para diseño 1</i>	55
<i>Figura 6.3. Vuelo GCLP-EPKK día 27/10/2018 para diseño 2</i>	56
<i>Figura 6.4. Vuelo GCLP-LKPR día 02/03/2019 para diseño 2</i>	56
<i>Figura 6.5. Vuelo LEST-LEMG día 27/10/2018 a la izquierda y vuelo EIDW-LEMG día 02/03/2019 a la derecha para diseño 1</i>	57
<i>Figura 6.6. Vuelo GCLP-LFPO día 27/10/2018 para diseño 2</i>	57
<i>Figura 6.7. Vuelo GCTS-LOWW 27/10/2018 a la izquierda y vuelo LPFR-EDFH día 02/03/2019 a la derecha para diseño 1</i>	58
<i>Figura 6.8. Vuelo GCFV-LEBB día 27/10/2018 para diseño 2</i>	58
<i>Figura 6.9. Vuelo LPPT-LEAL día 02/03/2019 para diseño 2</i>	59
<i>Figura 6.10. Comparación de rutas planificada y optimizadas con diseño 1 vuelo KPSM-LEMO día 27/10/2018</i>	62
<i>Figura 6.11. Vuelo LPFR-LFPO día 27/10/2018 para diseño 1</i>	63
<i>Figura 6.12. Comparación de rutas planificada y optimizadas con diseño 2 vuelo GVBA-LFPG día 02/03/2019</i>	67
<i>Figura B.1. Representación trayectorias combinación TLD día 27/10/2018</i>	81

<i>Figura B.2. Representación trayectorias combinación ELVAR día 27/10/2018</i>	84
<i>Figura B.3. Representación trayectorias combinación OSLEP-TLD día 27/10/2018</i>	87
<i>Figura B.4. Representación trayectorias combinación BIRBA día 27/10/2018</i>	89
<i>Figura B.5. Representación trayectorias combinación CCS-ELVAR día 27/10/2018</i>	90
<i>Figura B.6. Representación trayectorias combinación OSLEP-PARKA día 27/10/2018</i>	91
<i>Figura B.7. Representación trayectorias combinación TLD-ELVAR día 27/10/2018</i>	92
<i>Figura B.8. Representación trayectorias combinación OSLEP-OXACA día 27/10/2018</i>	94
<i>Figura B.9. Representación trayectorias combinación PARKA-TLD día 27/10/2018</i>	95
<i>Figura B.10. Representación trayectorias combinación TLD-CCS día 27/10/2018</i>	97
<i>Figura B.11. Representación trayectorias combinación PARKA día 27/10/2018</i>	98
<i>Figura B.12. Representación trayectorias combinación MELON-OXACA día 27/10/2018</i>	99
<i>Figura B.13. Representación trayectorias combinación ROSAL día 27/10/2018</i>	100
<i>Figura B.14. Representación trayectorias combinación MELON-OXACA día 27/10/2018</i>	101
<i>Figura B.15. Representación trayectorias combinación TLD-BIRBA día 27/10/2018</i>	102
<i>Figura B.16. Representación trayectoria combinación OXACA-PARKA día 27/10/2018</i>	104
<i>Figura B.17. Representación trayectoria combinación CCS día 27/10/2018</i>	105
<i>Figura B.18. Representación trayectoria combinación PARKA-MELON día 27/10/2018</i>	105
<i>Figura B.19. Representación trayectorias combinación ELVAR día 02/03/2019</i>	106
<i>Figura B.20. Representación trayectorias combinación ELVAR día 02/03/2019</i>	109
<i>Figura B.21. Representación trayectorias combinación OSLEP-TLD día 02/03/2019</i>	111
<i>Figura B.22. Representación trayectorias combinación BIRBA día 02/03/2019</i>	112
<i>Figura B.23. Representación trayectorias combinación CCS-ELVAR día 02/03/2019</i>	114
<i>Figura B.24. Representación trayectorias combinación OSLEP-PARKA día 02/03/2019</i>	115
<i>Figura B.25. Representación trayectorias combinación TLD-ELVAR día 02/03/2019</i>	116
<i>Figura B.26. Representación trayectorias combinación OSLEP-OXACA día 02/03/2019</i>	117
<i>Figura B.27. Representación trayectorias combinación PARKA-TLD día 02/03/2019</i>	119
<i>Figura B.28. Representación trayectorias combinación TLD-CCS día 02/03/2019</i>	120
<i>Figura B.29. Representación trayectorias combinación PARKA día 02/03/2019</i>	121
<i>Figura B.30. Representación trayectorias combinación MELON-OXACA día 02/03/2019</i>	122
<i>Figura B.31. Representación trayectorias combinación ROSAL día 02/03/2019</i>	123
<i>Figura B.32. Representación trayectorias combinación MELON-OXACA día 02/03/2019</i>	124
<i>Figura B.33. Representación trayectorias combinación TLD-BIRBA día 02/03/2019</i>	125
<i>Figura B.34. Representación trayectoria combinación CCS día 02/03/2019</i>	126
<i>Figura B.35. Representación trayectoria combinación PARKA-MELON día 02/03/2019</i>	126

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación

La definición de la Gestión del Tránsito Aéreo (ATM) según la Organización de la Aviación Civil (OACI) es la siguiente: “Administración dinámica e integrada (segura, económica y eficiente) del tránsito aéreo y del espacio aéreo, que incluye los servicios de tránsito aéreo, la gestión del espacio aéreo y la gestión de la afluencia del tránsito aéreo, mediante el suministro de instalaciones y servicios sin discontinuidades en colaboración con todos los interesados y funciones de a bordo y basadas en tierra” [1]. Esta descripción implica una elevada complejidad en el desarrollo de la gestión, en la cual la compenetración entre los tres pilares indicados (servicios de tránsito aéreo, gestión del espacio aéreo y gestión de la afluencia del tránsito aéreo) es un aspecto crucial para la consecución de los objetivos de seguridad, economía y eficiencia. El crecimiento continuo del tráfico aéreo provoca que esta tarea sea más difícil.

Este aumento del tráfico aéreo se muestra a nivel mundial en los últimos años a través de los informes anuales [2] y mensuales realizados por OACI [3]. En concreto, el crecimiento mostrado en ellos hace referencia al tráfico de pago¹. Como ejemplo, entre los años 2016 y 2017 el crecimiento mundial de pasajeros, considerándose los flujos tanto internacional como interior, ha sido de un 7,2%. Se alcanzó 4.071 millones de pasajeros y 36.722.000 salidas de aeronaves en el 2017 considerándose vuelos regulares². En el ámbito nacional, los reportes anuales elaborados por Enaire reflejan claramente el incremento de volumen de operaciones comerciales gestionadas por el proveedor de navegación español [5-8]. Del informe más reciente, del año 2017, se muestra que se tuvieron 1.992.390 operaciones en el país, suponiendo un crecimiento del 6,7% respecto al año anterior. En la tabla 1.1 se puede apreciar la evolución a través de la variación porcentual en alza de la cantidad de vuelos gestionados los últimos 4 años. Por parte de los aeropuertos, los estudios elaborados por Aena muestran el aumento de operaciones llevadas a cabo año tras año en las instalaciones aeroportuarias nacionales hasta alcanzarse en el año 2018 un total de 2.300.189 operaciones [9-12]. El progreso se puede observar de forma visual en la tabla 1.2 donde se presenta el porcentaje de crecimiento anual de operaciones respecto al año anterior en los aeropuertos españoles gestionados por Aena.

Año	Total vuelos gestionados (IFR)	Porcentaje de crecimiento respecto año previo
2014	1.681.000	3,9%
2015	1.730.434	2,9%
2016	1.867.734	7,9%
2017	1.992.390	6,7%

Tabla 1.1. Evolución del tráfico gestionado por Enaire. (Elaboración propia)

¹ De acuerdo a OACI, el tráfico de pago se refiere a pasajeros, carga y correo por los se percibe remuneración [4].

² Vuelos regulares efectuados por remuneración y de acuerdo con un horario publicado, o de un modo tan regular o frecuente que constituyen una serie sistemática identificable, que el público puede reservar directamente; y asimismo los vuelos complementarios ocasionados por exceso de tráfico de los vuelos regulares. Definido por OACI.

Año	Total operaciones gestionadas	Porcentaje de crecimiento respecto año previo
2015	1.902.967	3,8%
2016	2.045.106	7,5%
2017	2.174.424	6,3%
2018	2.300.189	5,8%

Tabla 1.2. Evolución de operaciones nacionales gestionadas por Aena. (Elaboración propia)

Los servicios de tránsito aéreo se ven afectados por este crecimiento del tráfico aéreo puesto que un mayor número de vuelos implica una mayor carga de trabajo para las tareas desarrolladas: información de vuelo, alerta, asesoramiento de tránsito aéreo y control de tránsito aéreo. Por lo tanto, los controladores encargados del control del tránsito aéreo sufren directamente esta situación. Esto promueve el deseo de mejorar la utilización del espacio aéreo, su estructuración y tipología, como medida para facilitar la adaptación a las nuevas necesidades, siempre manteniéndose como último fin alcanzar mejoras en los niveles de seguridad y eficiencia de las operaciones.

Se considera oportuno aclarar algunos términos, antes de pasar a dar más detalles. Esto pretende ayudar a comprender las explicaciones realizadas a lo largo del presente trabajo.

El espacio aéreo se encuentra dividido en espacio aéreo inferior y espacio aéreo superior. Los niveles de vuelo (FL) a partir de los que se establecen cada uno son respectivamente: desde la superficie terrestre a FL245 y a partir de FL245 ilimitadamente³. En España, en el espacio aéreo superior se establece navegación de área (RNAV), que está definida por la OACI como aquella que “permite la operación de aeronaves en cualquier trayectoria de vuelo deseada, dentro de la cobertura de las ayudas para la navegación referidas a la estación, o dentro de los límites de las posibilidades de las ayudas autónomas, o de una combinación de ambas” [1]. La navegación de área implica que los puntos de paso de las rutas se pueden establecer en cualquier ubicación. Esto es beneficioso para el diseño de las nuevas rutas, puesto que no se tienen restricciones al trazarlas en relación a la localización de los puntos de paso siempre que queden dentro del alcance de las ayudas a la navegación.

Sin embargo, no todo el espacio aéreo está disponible para el uso por vuelos civiles. De forma general, en el espacio aéreo se establecen restricciones cuando se realizan actividades que afectan al espacio aéreo y que no son compatibles con la aviación civil o se den zonas sensibles en el terreno que necesiten protección al sobrevuelo de aeronaves. Los diferentes tipos de restricciones existentes son las siguientes [13]:

- **Zona peligrosa (D).** Espacio aéreo de dimensiones definidas en el cual pueden desplegarse en determinados momentos actividades peligrosas para el vuelo de las aeronaves. Antes de iniciar un vuelo que afecte a una zona peligrosa (D), el piloto obtendrá toda la información necesaria sobre las actividades de la misma y horario en que tendrán lugar.
- **Zona restringida (R).** Espacio aéreo de dimensiones definidas sobre el territorio o las aguas jurisdiccionales de España, dentro del cual está restringido el vuelo de las aeronaves de acuerdo con determinadas condiciones especificadas, excepto las aeronaves españolas de estado cuando así lo exija el cumplimiento de su cometido o por razones de emergencia. Ninguna aeronave volará en una zona restringida (R) sin ajustarse a las restricciones establecidas, salvo que haya obtenido permiso de la autoridad competente.
- **Zona prohibida (P).** Espacio aéreo de dimensiones definidas sobre el territorio o las aguas jurisdiccionales de España, dentro del cual está prohibido el vuelo de aeronaves, excepto las españolas de estado debidamente autorizadas por el Ministerio de Defensa. Ninguna aeronave volará en una zona prohibida (P) sin haber obtenido el preceptivo permiso del Estado español.

³ En el momento del estudio realizado, la separación se encontraba en FL245, actualmente se encuentra en FL195.

Estas regiones del espacio aéreo pueden obstaculizar las rutas aéreas seguidas por las compañías aéreas. La zona sur del espacio aéreo superior de España en la que se focaliza este trabajo, mostrada en la figura 1.1, es un ejemplo de la disminución de utilización del espacio aéreo que provoca la presencia de las restricciones. El estado actual del espacio aéreo superior disponible para encaminar los flujos de aeronaves (desde el norte al sur o inversamente) en el entorno de las zonas de estudio se encuentra muy limitado. Se posee una forma de embudo formado por la división en tres regiones de aproximadamente 90 millas de ancho, que ocupan todo el ancho del espacio aéreo español en la dirección este-oeste. Las dos regiones laterales son restricciones por lo que el tráfico se fuerza a pasar por el área central en forma de pasillo (correspondiente al entorno del punto de referencia HIJ). Se puede apreciar visualmente esta situación en la figura 1.2 para clarificar la explicación.

Por tanto, el espacio aéreo que es objeto de este trabajo son el área restringida LER86 y las peligrosas LED124 y LED126 junto a sus inmediaciones, las cuales corresponden con la región lateral izquierda de las dos regiones laterales comentadas anteriormente que fuerzan a focalizar el tráfico en un corredor.

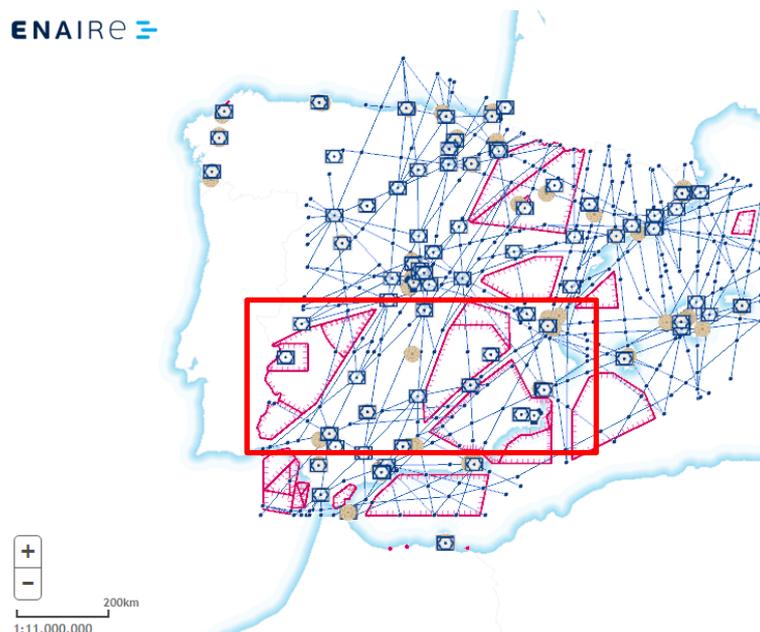


Figura 1.1. Zonas del espacio aéreo superior español de la región sur: restricciones y aerovía. (Insignia)

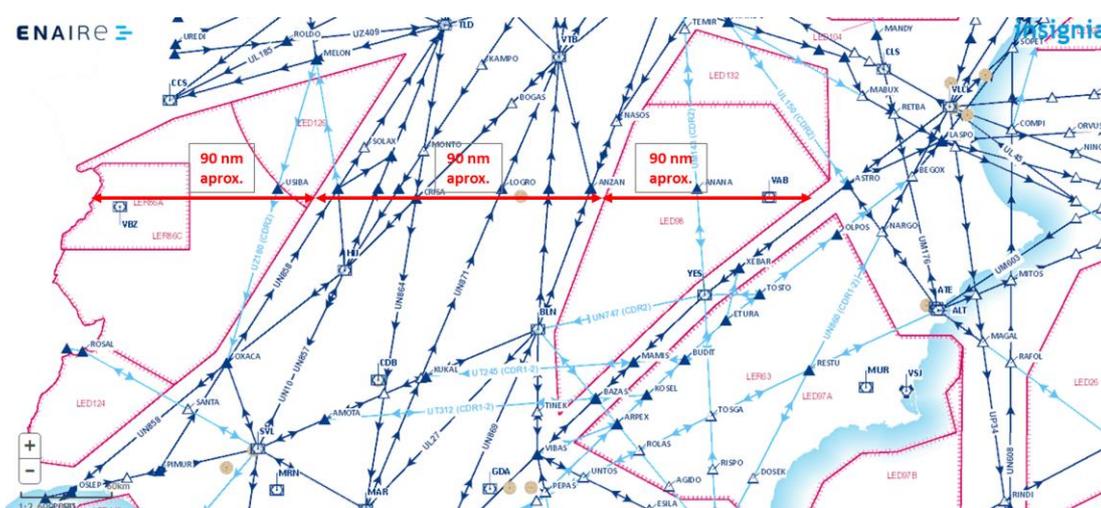


Figura 1.2. Detalle del entorno del espacio aéreo superior alrededor de la zona de estudio disponible para uso. (Insignia)

1.2 Objetivo

El objetivo del presente trabajo es el diseño de nuevas rutas a través de las restricciones del espacio aéreo LER86, LED 124, y LED126. Se pretende dar respuesta a la situación de aumento de operaciones aéreas comerciales en España y las limitaciones del espacio aéreo a las que los controladores deben hacer frente, tal y como se presentó en el punto anterior. En concreto, el diseño atiende al tráfico por encima de FL345. Este valor de nivel de vuelo ha sido determinado por Enaire. De esta manera, el estudio se centra en el espacio aéreo superior, en niveles de vuelo donde las aeronaves realizan principalmente sobrevuelo. Los beneficios generados de estas nuevas rutas, tanto para las aerolíneas como para el proveedor de servicios de navegación aérea son analizados.

En relación a los operadores aéreos, este nuevo diseño podría suponer mayor facilidad de planificación de rutas por esta zona, lo cual tiene un gran impacto para las aerolíneas. La razón es que permitiría volar mejores trayectorias, que se encuentran actualmente limitadas por la dificultad de paso por la región de estudio. Esto generaría menor distancia recorrida o tiempos de vuelo inferiores y consecuentemente la reducción de costes, aspecto de suma importancia para las aerolíneas. En este trabajo, se toma la reducción de distancia recorrida como medida del beneficio para las aerolíneas.

Para el proveedor de servicios de navegación aérea español, las nuevas rutas pueden suponer un aumento en los ingresos por Tasas de Navegación Aérea causados por el posible incremento de vuelos atraídos por las mejores rutas. En este trabajo, se toma el aumento de las unidades de servicio como medida del beneficio para el proveedor. Estas unidades dependen de la distancia recorrida por las trayectorias de las aerolíneas en el espacio aéreo del Estado español y del tamaño de las aeronaves. Se emplea para calcular el pago por los servicios de navegación aérea recibidos [14]. Cuanto mayor sea su valor implica mayores ganancias para el proveedor.

Se debe comentar que, aunque las restricciones analizadas en el presente trabajo pertenecen a los ACC de Sevilla y Madrid, principalmente el motor de las modificaciones está destinado a obtener beneficios para el ACC de Sevilla, el cual se encuentra más influenciado por la presencia de estas limitaciones de uso en el espacio aéreo. Sin embargo, de forma global implicaría la mejoría de toda la red de control del tránsito aéreo.

1.3 Metodología

Para alcanzar los objetivos se van a seguir los siguientes pasos.

En primer lugar, se describe la región del espacio aéreo estudiado formado por las restricciones para conocer el entorno en el que se va a trabajar. Se tratan aspectos que la describen física y funcionalmente. Esto consiste en caracterizar las zonas peligrosas y restringidas con sus límites y sus usos. También se tienen en cuenta las rutas existentes por su contorno y que las atraviesan, junto a los puntos de paso.

En segundo lugar, se analiza el tráfico que se da en el entorno de la región centrado en días determinados. Principalmente se busca clasificar las trayectorias de los vuelos en función de los puntos de paso del contorno del espacio aéreo considerado. Se estudia a su vez, el tipo de vuelos al que puede dar servicio esta región según las zonas geográfica de origen y destino. Con la información surgida de la agrupación, se obtiene una primera aproximación de los vuelos afectados por las restricciones del espacio aéreo, así como las direcciones preferidas de paso de estos vuelos por la región.

Se va a considerar el tráfico de dos fechas recientes: 27/10/2018 y 02/03/2019. Ambos son sábados puesto que, según la experiencia aportada por Enaire, este día de la semana presentan flujos que no se encuentran el resto de la semana. De forma concreta, se ha tomado el día 2 de marzo de 2019 por indicaciones de Enaire puesto que se considera un día significativo de la temporada de invierno que coincide con la temporada alta en las Islas Canarias. La razón es que el tráfico con origen o destino a esta región es el que se considera como los mayormente afectados por la zona del espacio aéreo estudiado. Esta suposición se comprueba en el desarrollo que se presenta en las siguientes secciones. Por otro lado, el día 27 de octubre de 2018 se ha seleccionado para el estudio también por recomendación de Enaire al haberse alcanzado este día el récord de vuelos gestionados por el ACC de Sevilla. Se ha tomado como apropiado la cantidad de dos días a estudiar porque permite comparar si los flujos en ambos son semejantes o, si por el contrario, no siguen patrones semejantes y se dan grandes diferencias.

Se tomarán para la clasificación de los vuelos sus planes de vuelo puesto que corresponde a las trayectorias que

pasan por los puntos de paso de la red de navegación aérea. Se ha descartado usar las trayectorias realmente voladas porque, debido a la gestión táctica de los pilotos y controladores, éstas pueden no pasar por los puntos de la red, lo cual dificulta su análisis.

En tercer lugar, se realiza el diseño de las rutas que modifican la red del espacio aéreo existente y añade utilidad a la región estudiada. Estas se elaboran cumpliendo con los requisitos de direcciones de paso de los flujos de vuelos afectados, obtenidos previamente.

En cuarto lugar, se analiza el efecto de las rutas diseñadas. Este análisis consiste en simular para obtener los caminos que hubieran escogido las aeronaves en caso de tener disponibles las rutas propuestas. La determinación de las nuevas trayectorias se basa en la minimización de la distancia. Se emplea la formulación de un problema de programación lineal entera. De este paso se genera el número concreto de vuelos que se ven afectados por las nuevas rutas.

Finalmente, con los resultados de la programación lineal se obtienen los parámetros que muestran el efecto de las rutas a través de dos magnitudes: reducción de las distancias recorridas en los vuelos al poder planificar por las nuevas rutas y variación de las unidades de servicio. Estos son inspeccionados de forma profunda buscando establecer conclusiones certeras sobre la efectividad del diseño realizado y demostrar la validez de la metodología empleada.

A continuación, en cada uno de los siguientes capítulos se desarrolla cada uno de los pasos descritos.

2 DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN DEL ESPACIO AÉREO

En el presente trabajo la región del espacio aéreo a rediseñar está afectado por restricciones del espacio aéreo. Estas han sido indicadas con anterioridad y son:

- LER86
- LED124
- LED126

A continuación se procede a describir cada una de estas restricciones, así como las rutas aéreas que existen alrededor de su contorno y en el interior, y también los puntos de paso existentes en su contorno.

2.1 Restricciones del espacio aéreo

El tipo, la extensión, y la actividad que se desarrollan en cada una de las restricciones son los siguientes:

LER86

Consiste en una zona restringida del espacio aéreo español localizada en Badajoz y colindante con el espacio aéreo de Portugal. Su uso es de tipo militar asociado al Aeródromo de Badajoz (LEBZ MIL), por lo que su horario de activación esta relacionado con el horario del aeropuerto (verano de 6:00 a 18:30 e invierno de 7:00 a 19:30, pudiendo variar en función de las necesidades militares [15]). Se desarrollan actividades de vuelos de enseñanza o vuelos supersónicos de aeronaves militares. Se distinguen tres sectores con distintas formas en planta y límites verticales:

- A: SFC (Surface) - FL450 (Figura 2.1)
- B: 5000ft - FL245 (Figura 2.2)
- C: FL245 - FL450 (Figura 2.3)

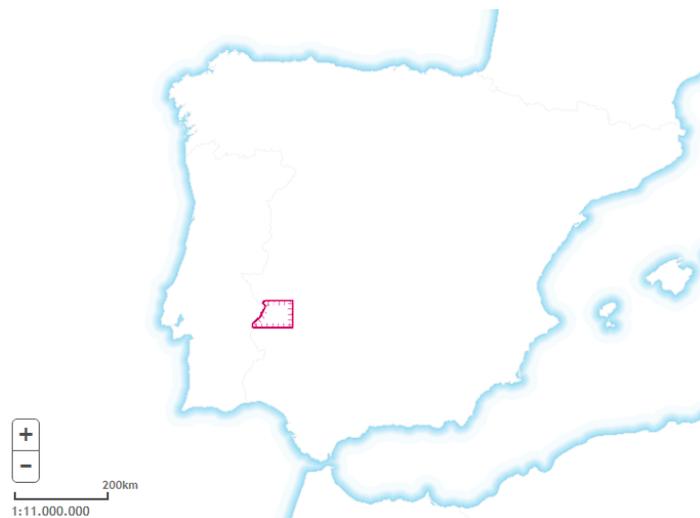


Figura 2.1. LER86A. (Insignia)

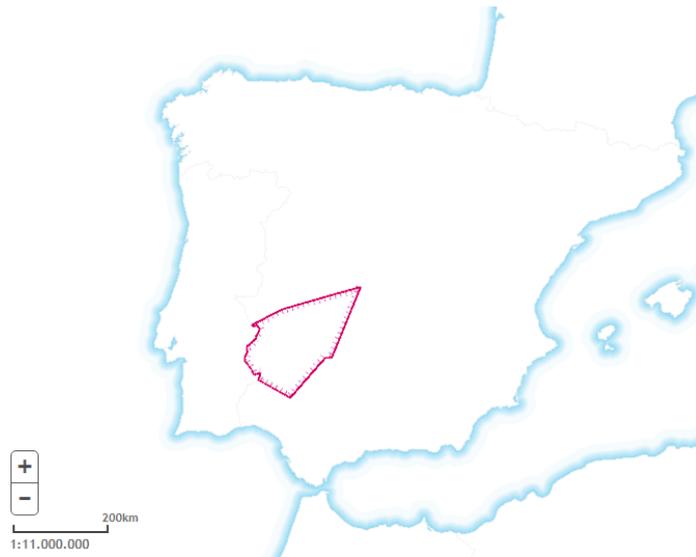


Figura 2.2. LER86B. (Insignia)

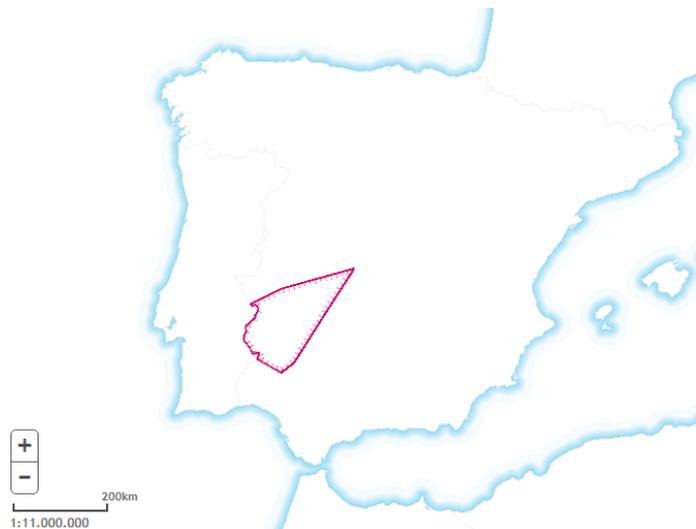


Figura 2.3. LER86C. (Insignia)

Los sectores de interés en este trabajo son LER86 A y C, ya que afectan al espacio aéreo superior por encima de FL345. De aquí en adelante el término LER86 hará referencia a las zonas LER86 A y C.

LED124

Es una zona peligrosa localizada en El Andévalo (Huelva) y con uno de sus límites laterales en la frontera con Portugal. Su localización y extensión se pueden ver en la figura 2.4 como aclaración a su localización. Está destinada a actividades de entrenamiento de unidades aéreas y ejercicios de reabastecimiento en vuelo. El horario de activación es lunes a jueves de 06:00 a 23:00 (excepto vacaciones) y viernes de 06:00 a 15:00 (excepto vacaciones). Su extensión vertical comprende desde FL245 a FL460. Se considera una zona manejable en horarios diferentes a los establecidos en el AIP; esto indica que puede ser gestionada por una célula de gestión del espacio (AMC, Airspace Management Cell en inglés). Este es un organismo civil-militar que se encarga de la gestión del espacio aéreo (ASM, Airspace Management) en un nivel pre-táctico, esto es, en el día a día. Tras la coordinación con las peticiones de los diferentes usuarios del espacio aéreo publican diariamente la asignación del mismo.

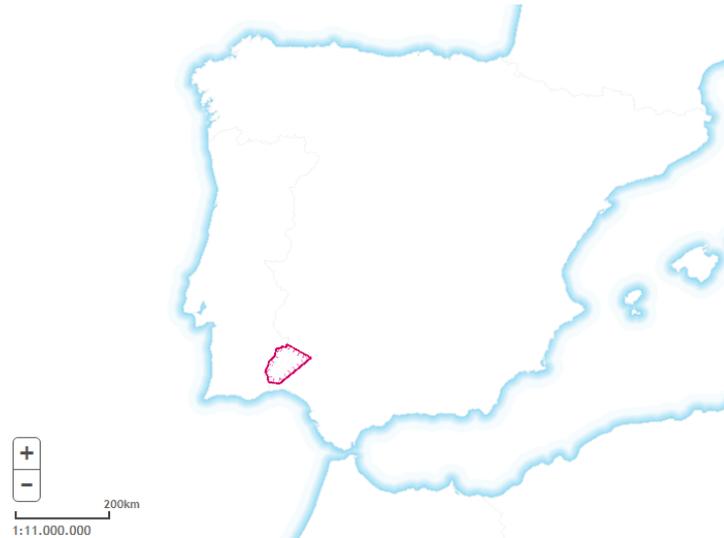


Figura 2.4. LED124. (Insignia)

LED126

Es una zona peligrosa en Sierra de Guadalupe (Cáceres). Su localización y extensión se muestra en la figura 2.5. Su activación está asociada al horario del aeropuerto de Badajoz (LEBZ MIL), siendo en verano de 6:00 a 18:30 y en invierno de 7:00 a 19:30. Su uso está destinado a vuelos supersónicos aeronaves militares (a partir de FL360), vuelos de prueba, ejercicios aéreos y de reabastecimiento en vuelo. Sus límites inferior y superior en vertical son FL245 y FL450 respectivamente.

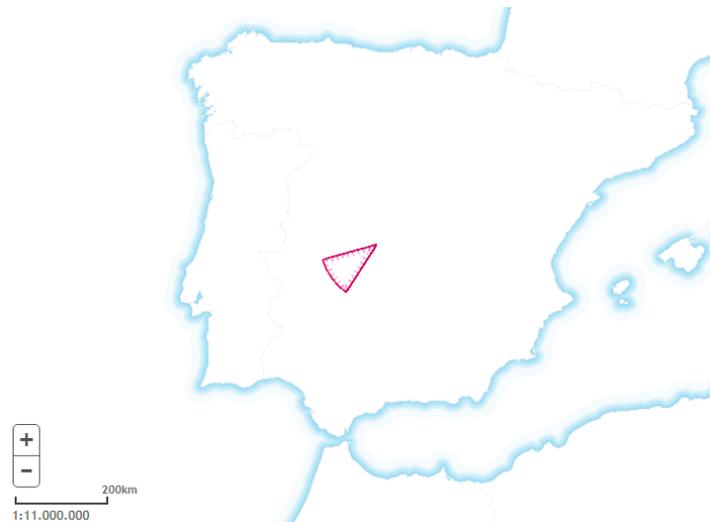


Figura 2.5. LED126. (Insignia)

El conjunto de todas las restricciones descritas se pueden observar en la figura 2.6, en la que se muestra la distribución de las mismas en el espacio aéreo y el solapamiento de las extensiones en planta entre ellas. Estas constituyen el área que es objeto de estudio en los siguientes capítulos.



Figura 2.6. Conjunto de todas las restricciones de la región de estudio. (Insignia)

2.2 Puntos de paso en el contorno

Un elemento crucial para la descripción del área de estudio son los puntos de paso. La identificación de los puntos que se encuentran en el contorno e interior de la región del espacio aéreo considerado es necesaria para poder analizar posteriormente las trayectorias de aeronaves que actualmente pasan por ellos y para realizar el diseño de las rutas, pues se intentará utilizar estos en la definición de las nuevas aerovías.

Se van a indicar los niveles de crucero de cada punto, que hace referencia a los niveles de vuelo (par o impar) que deben tener las aeronaves al navegar por las rutas. Se especifican los niveles de vuelo de cada uno de ellos ya que el diseño de las rutas que se proponga ha de ser compatible con éstos.

Se ha recabado información sobre los puntos de paso y se ha decidido presentar en tres grupos distintos: pertenecientes al Estado español, pertenecientes al Estado portugués y fronterizos. Se tienen en cuenta los pertenecientes al Estado portugués y los fronterizos porque se desea tener una visión general de todos los posibles accesos y salidas o rutas circundantes a la zona en cuestión a analizar.

Puntos de paso del espacio aéreo español

Se han obtenido de las publicaciones oficiales de Enaire [16] y son los siguientes (se indican los niveles de vuelo que llegan o salen de estos puntos de paso: par o impar. En el caso que se posean ambos sentidos de navegación por ellos no se indica nada).

- OSLEP
- OXACA
- PARKA (par)

SOLAX (par)

TLD.

MELON (impar)

ROSAL

Puntos de paso en el espacio aéreo portugués

Han sido encontrados en la información del proveedor de servicios de navegación aérea en Portugal, NAV Portugal [17]. Se debe indicar que los puntos colintantes (siguiente apartado) o pertenecientes al espacio aéreo de Portugal pueden ser de entrada, salida o intermedios según su utilidad relativa a las trayectorias que entran y salen de su espacio aéreo. La razón de esta tipología se debe a que está implantada navegación free route en el espacio aéreo superior de Portugal, en concreto a partir del FL245. El espacio aéreo free route, según define Eurocontrol [18], es aquel espacio aéreo específico en el que los usuarios pueden planificar de forma libre sus rutas entre puntos definidos de entrada y salida, con la posibilidad de establecer la ruta a través de puntos de paso intermedios publicados o no. Como beneficio permite mayor flexibilidad del espacio aéreo y por parte de las aerolíneas, la posibilidad de realizar trayectorias directas o casi directas, puesto que se pueden establecer puntos de paso obligatorio dentro de cada área. Aunque esto supone un gran esfuerzo para la prestación de los servicios de control de tránsito aéreo.

Los puntos de paso completamente localizados en el espacio aéreo portugués y en el contorno de la región de estudio son los siguientes, en los que se indica entre paréntesis el tipo según la navegación en Portugal:

ERTIS (intermedio)

ELVAR (intermedio)

PORLI (intermedio)

PORTA (intermedio)

BIRBA (intermedio)

No se han indicado los tipos de niveles de vuelo de cada punto porque el establecimiento de los niveles de vuelo en el espacio aéreo portugués free route dependen de la derrota magnética que tenga cada segmento de los vuelos en concreto [19]. Son pares para vuelos hacia el norte e impares al sur.

Fronterizos

Los puntos de paso que se disponen en la frontera de ambos estados que afectan a la zona de estudio son (se indica entre paréntesis el tipo según la navegación en Portugal y los tipos de niveles de vuelo que se permiten por ellos):

MINTA (salida y entrada espacio aéreo de Portugal y es par e impar).

CCS (entrada espacio aéreo gestionado por Portugal pero perteneciente a España y es impar).

LASIB (salida y entrada espacio aéreo de Portugal y es par e impar)

Los puntos de paso tratados se muestran en las figuras 2.7 y 2.8 en las que se puede apreciar la distribución de los mismos en el entorno de la región estudiada.



Figura 2.7. Puntos de paso del contorno de la región de estudio. (Insignia)

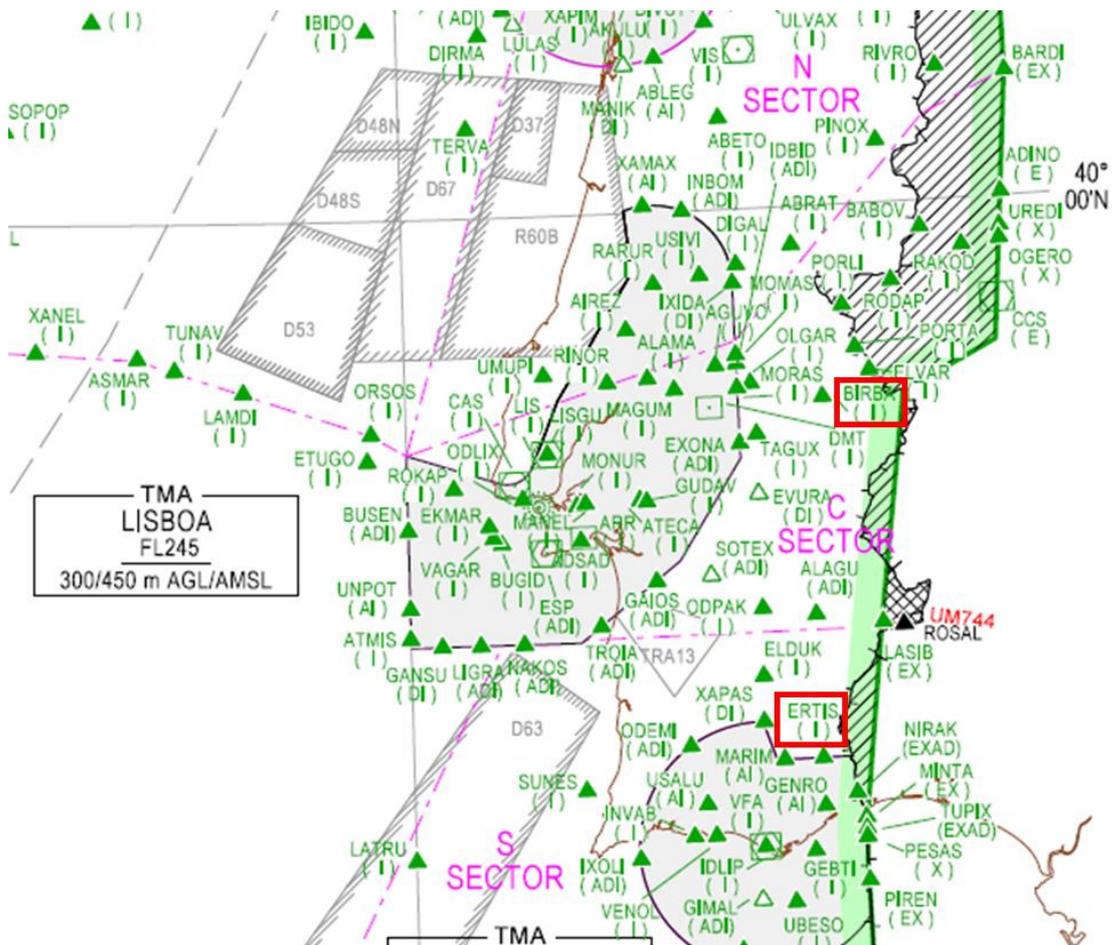


Figura 2.8. Puntos de paso del contorno de la región de estudio. (Nav Portugal)

2.3 Rutas aéreas

En España, todas las rutas por encima del FL245 son RNAV. Estas rutas de navegación de área establecidas en el espacio aéreo español se encuentran publicadas por Enaire. Se indican el sentido y los niveles de vuelo según Enaire de cada una.

2.3.1 Rutas en el contorno

Las rutas del contorno del área a analizar son las mostradas a continuación. Además Se puede observar de forma gráfica la distribución de las mismas en el entorno de las restricciones bajo estudio en la figura 2.9.

UN858: unidireccional y par, pero entre OXACA-PESAS es bidireccional, par (PESAS→OXACA) e impar (OXACA→PESAS).

UN975: unidireccional e impar.

UZ230: unidireccional y par.

UL185: unidireccional e impar.

UZ409: unidireccional y par.

Es adecuado conocer la red de rutas del contorno para tener un conocimiento de los flujos de tráfico y poder establecerse las conexiones de las nuevas rutas al resto de la red del espacio aéreo de forma apropiada, cumpliendo con las reglas de navegación que se tienen establecidas.

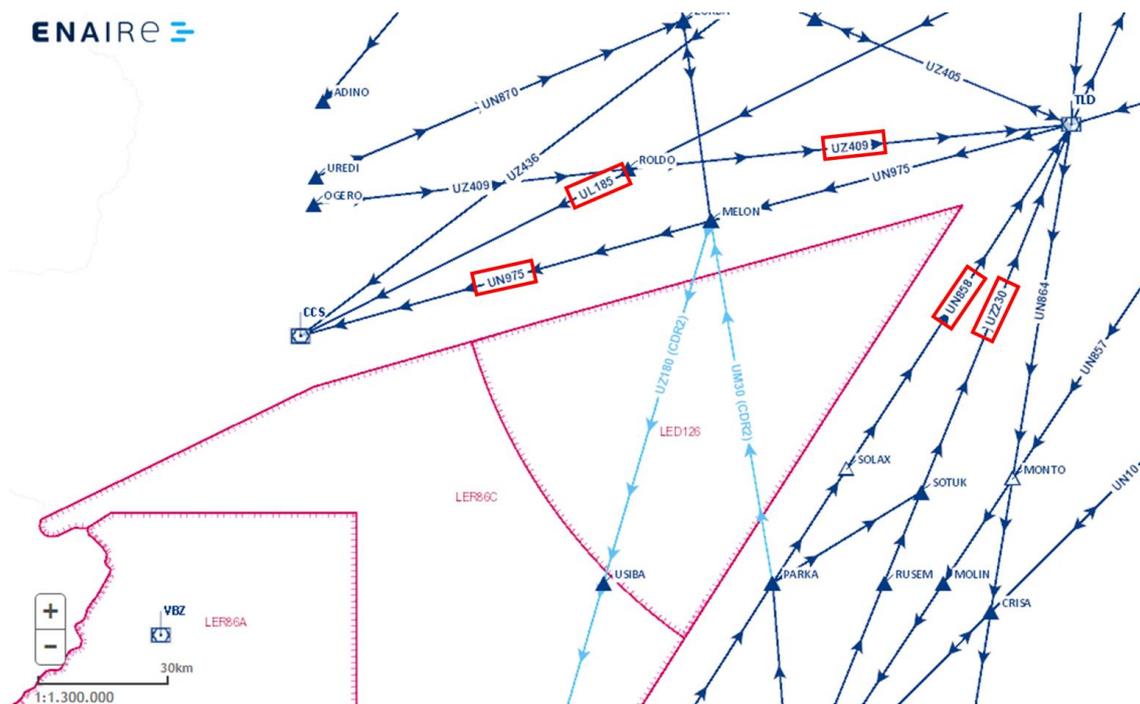


Figura 2.9. Red de rutas entorno zona espacio aéreo de estudio (Insignia)

2.3.2 Rutas en el interior

En el espacio aéreo donde se han establecido restricciones pueden estar establecidas rutas, que son conocidas como rutas condicionales (CDR, Condicional Route). Se definen según el Real Decreto 1180/2018 [20] como “rutas ATS que sólo están disponibles para planificar el vuelo y utilizarse, bajo condiciones específicas”. Lo que implica que solo son programables en los planes de vuelo cuando se dan ciertas circunstancias. Estas rutas se dividen a su vez en tres tipos según la estimación de su disponibilidad:

- **CDR1: CDR permanentemente planificable.** Pueden ser empleadas por las aerolíneas en sus planes de vuelo durante los horarios indicados en la AIP.

- **CDR2: CDR no permanentemente planificable.** Solo pueden ser planificadas en los planes de vuelo cuando ha sido publicada como disponible en la AUP (Airspace Use Plan, en español Plan de Utilización del Espacio Aéreo)/UUP (Updated Airspace Use Plan, en español Plan de Utilización del Espacio Aéreo actualizado) de forma diaria.
- **CDR3: CDR no planificable.** No pueden ser empleadas en los planes de vuelo de los operadores aéreos. Este tipo de rutas pueden quedar disponibles a corto plazo al cesar la actividad que se esté realizando en la zona, por lo que serán empleadas de forma táctica por los controladores aéreos.

En las restricciones descritas anteriormente se encuentran establecidas las siguientes rutas condicionales:

UZ180

Su uso está sujeto a la actividad de las zonas LER86C y LED126. Es de tipo CDR2 en niveles del espacio aéreo superior (FL245 - FL460). Es unidireccional y pasa por los puntos de paso MELON-OXACA, próximos a la región de estudio, con nivel de vuelo impar entre ellos. Entre OXACA-SVL es bidireccional y pasa a ser par (SVL→OXACA) e impar (OXACA→SVL). Su localización puede observarse en la figura 2.10.

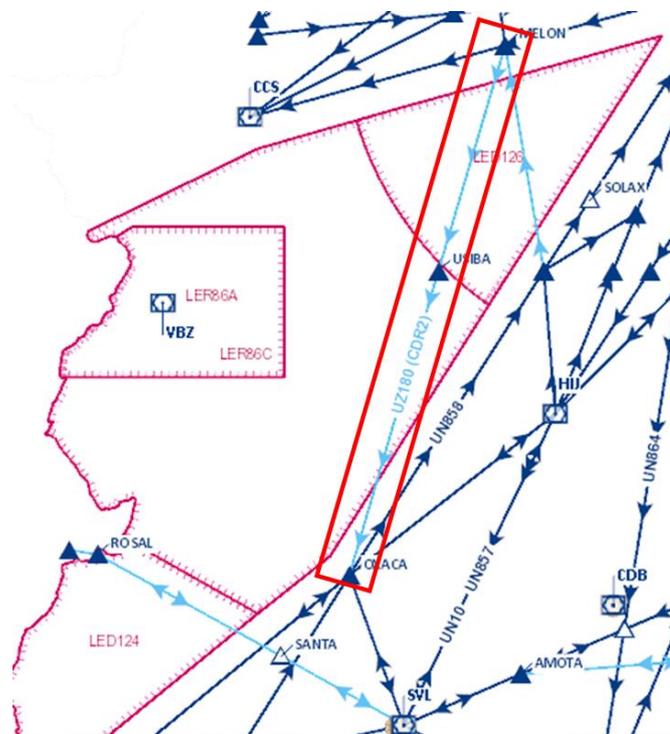


Figura 2.10. UZ180 (Insignia)

UM30

Su uso depende de la actividad desarrollada en las zonas LER86C y LED126. Consiste en una CDR2 en nivel del espacio aéreo superior (FL245 - FL460). Es unidireccional y pasa por los puntos de paso MELON-PARKA, próximos a la zona que se está analizando, y con niveles de vuelo par entre ellos. Entre OXACA-HIJ es bidireccional y pasa a ser par (OXACA→HIJ) e impar (HIJ→OXACA). Lo mismo sucede a partir del punto de paso MELON en dirección ZORBA. Se puede apreciar visualmente la descripción realizada en la figura 2.11.

la velocidad de vuelo es necesario aplicar la expresión del número de Mach y la relación de la velocidad del sonido (a) con la temperatura. En este caso la temperatura a esta altitud, al corresponder con la tropopausa, es constante (T_{11}) y su valor es de 216,65 K.

$$M = \frac{V}{a}$$

$$a = \sqrt{kR_a T_{11}}$$

R_a y k son constantes del aire que valen 287,05 J/(kgK) y 1,4 respectivamente. Teniendo en cuenta estas consideraciones la velocidad que se obtiene es:

$$V = 236,05m/s$$

Para la ruta UZ180 y UM30 se ha tomado el recorrido desde el punto de paso ZMR a SVL, mientras que para la UM744 se considera la trayectoria entre los puntos de paso LASIB y SVL. En la tabla 2.1 se muestra la comparación de los resultados obtenidos. Se aprecia que el camino alternativo a las rutas condicionales en todos los casos es superior en distancia recorrida, y por tanto en tiempo. El caso de la ruta UM744 no se incluye en la comparativa porque no se puede obtener exactamente la diferencia de distancia recorrida puesto que la ruta alternativa propuesta por Enaire no comienza en el mismo punto de paso.

CDR	Tipo de ruta	Ruta	Distancia recorrida (NM)	Ahorro distancia (NM)	Ahorro tiempo
UZ180	CDR	ZMR-UM30-MELON-UZ180-SVL	253,5	33,5	4' 22"
	Alternativa	ZMR-UL155-NVS-TLD-UN864-MONTO-UN857-HIJ-SVL	287,0		
UM30	CDR	SVL-OXACA-UM30-ZMR	270,3	34,3	4' 29"
	Alternativa	SVL-OXACA-UM30-PARKA-TLD-NVS-UL155-ZMR	304,6		

Tabla 2.1. Comparativa entre uso de ruta condicional y alternativa

Se observa en ambos casos que se obtienen ahorros sustanciales por trazar trayectorias directas que pasen por las restricciones, del orden de 34 Nm en distancia en distancia recorrida, y de 4 minutos y medio en tiempo de vuelo. Suponiendo un consumo de combustible de 1 kg/s, las compañías aéreas pueden ahorrar del orden de 250 kg de combustible

3 ANÁLISIS DEL TRÁFICO ACTUAL

El uso potencial de la zona restringida LER86 y las peligrosas LED124 y LED126 se analiza en esta sección a través del estudio del tráfico aéreo que en la actualidad rodea esta región. Se desea obtener una primera aproximación de los vuelos influenciados por la presencia de las restricciones y que pueden verse beneficiados por el uso de las nuevas rutas diseñadas por estas zonas.

La descripción del tráfico actual se consigue con la clasificación de las trayectorias de los vuelos. La segregación se realiza en función de los puntos de paso del contorno de la región analizada y según el origen y destino de los vuelos. Esto se efectúa empleando los planes de vuelo de dos días seleccionados de la temporada de invierno: 27/10/2018 y 02/03/2019. Este proceso permite obtener los vuelos que se ven afectados por las restricciones del espacio aéreo consideradas, junto a las direcciones preferidas de los flujos para atravesar la región. Se comprueba si el estudio realizado afecta a un volumen suficiente como para considerarse necesarias las modificaciones de la red de rutas posteriormente propuestas.

Para la clasificación se aprovecha la estructura de las trayectorias, las cuales están descritas por los puntos de paso (esto es cierto porque se trabaja con los planes de vuelo). Los datos del tráfico que corresponden a las fechas indicadas provienen de la base de datos de Eurocontrol's Demand Data Repository (DDR).

3.1 Método de clasificación

En el caso que se está estudiando se clasifican las trayectorias de vuelos según su comportamiento en el contorno de la región analizada. Mediante esta clasificación se pretende encontrar tendencias del tráfico que permitan posteriormente establecer los grupos de vuelos a los que les es beneficioso la modificación de la red de navegación del espacio aéreo.

Se toma como apropiado clasificar los vuelos realizando tres fases de clasificación de las trayectorias de los planes de vuelo: según el paso por el contorno de la región, dentro de estas según los orígenes y destinos, y finalmente según las direcciones de vuelo preferidas de paso por la región analizada. Esto permitirá conocer totalmente los tipos de vuelos que se trata y la influencia que posee la zona del espacio aéreo analizado sobre ellos.

Para realizar el agrupamiento de las trayectorias en la primera fase, estas se clasifican en función de los puntos de paso del contorno (indicados en el punto 2.2) por los que transitan. Se consideran en cada vuelo solo los puntos de paso inicial y final de todos por los que pasa la trayectoria que corresponden a los del contorno de la región. Por ejemplo, si un vuelo pasa por los puntos A y B pertenece al grupo A-B. En caso de que un vuelo pasara por los puntos de contorno A-C-B donde el punto A es el primero y B el último de paso del contorno, se clasifica el vuelo en el grupo A-B. Se puede dar el caso en el que solo pase por un único punto. Se establecerá la agrupación independiente del sentido de vuelo, es decir, mientras que el punto inicial y final (A y B) sean los mismos da igual por cual pase primero. Por ejemplo, un vuelo que pase en el contorno de la región inicialmente por el punto de paso A y en última instancia por el punto B y otro que pase por el punto B del contorno en el inicio y salga por A, ambos pertenecen al mismo grupo de clasificación.

En la segunda fase para cada conjunto de vuelos obtenido de la agrupación previa se estudia los orígenes y destinos de los vuelos que lo forman. Se genera un segundo nivel de agrupación de los mismos según compartan las mismas zonas geográficas de origen y destino, lo cual permite conocer los puntos de conexión que se ven afectados por las restricciones del espacio aéreo de estudio.

Finalmente, en la tercera fase, se obtienen posibles patrones de trayectorias seguidas por los vuelos para poder agruparlos en direcciones preferidas de paso por la región del espacio aéreo bajo estudio. También se

identificaran aquellos vuelos que incluso pasando por el contorno no están influenciados por la región, pudiéndose descartar como afectados. Se establecen de forma global 4 posibles direcciones (considerándose ambos sentidos serían 8) que cruzan la región de estudio del espacio aéreo LER86, junto con LED124 y LED126, representadas en la figura 3.1. Con ellas se hace frente a las necesidades de los vuelos que se ven afectados por la presencia de las restricciones. Las direcciones son las siguientes, en las que también se consideran sus inversos:

- Norte - Sur
- Este - Oeste
- Noreste - Sudoeste
- Noroeste - Sudeste

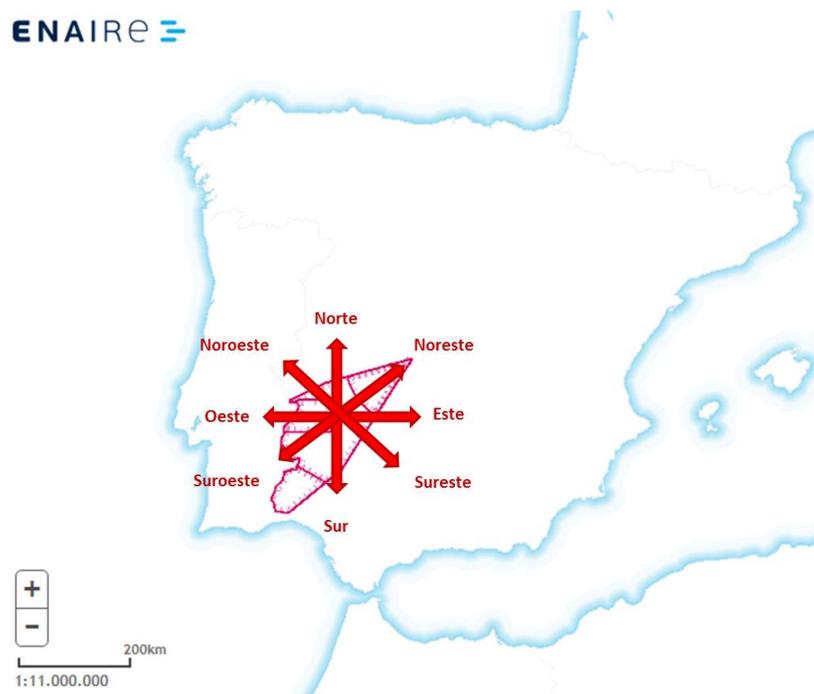


Figura 3.1. Direcciones preferidas de paso de vuelos existentes regiones de estudio

La determinación de las direcciones preferidas para atravesar el espacio aéreo tratado se realizará de forma visual. Como ayuda para esta agrupación y para clarificar los vuelos de cada una de las clasificaciones obtenidas se representan gráficamente las trayectorias de los vuelos que pertenecen a cada grupo. Esta representación se realiza con proyección de Lambert puesto que en ella las líneas rectas aproximan rutas ortodrómicas (rutas de menor distancia). Las líneas automecoicas se han establecido en los puntos de paso superior e inferior (norte y sur) de la región en consideración que son TLD y OSLEP, con objeto de mejorar la representación.

Los datos del tráfico obtenidos de DDR poseen como información de los vuelos los siguientes parámetros, de los cuales algunos han sido empleados para la clasificación y en posteriores cálculos (marcados con asteriscos):

- **Identificador de segmento.**
- **Origen del vuelo*.** Código OACI del aeropuerto de origen.
- **Destino del vuelo*.** Código OACI del aeropuerto de destino.
- **Modelo de avión*.**
- **Tiempo comienzo del segmento.** Expresado en horas, minutos y segundos con dos dígitos cada uno (HHMMSS)
- **Tiempo final del segmento.** Expresado en horas, minutos y segundos con dos dígitos cada uno (HHMMSS)
- **Nivel de vuelo del comienzo del segmento*.**

- **Nivel de vuelo del final del segmento*.**
- **Estado del segmento.** Expresado como a través de dígitos: ascenso (0), descenso (1) o crucero (2).
- **Call sign.** Código de referencia.
- **Fecha comienzo del segmento.** Expresado en año, mes y día con dos dígitos cada uno (YYMMDD).
- **Fecha fin del segmento.** Expresado en año, mes y día con dos dígitos cada uno (YYMMDD).
- **Latitud del punto de comienzo del segmento*.** Expresado en minutos.
- **Longitud del punto de comienzo del segmento*.** Expresado en minutos.
- **Latitud del punto final del segmento*.** Expresado en minutos.
- **Longitud del punto final del segmento*.** Expresado en minutos.
- **Identificador del vuelo*.** Código único para cada vuelo.
- **Secuencia de segmento.** Indica el número que corresponde a cada segmento desde el 1 hasta el número total que componga la trayectoria.
- **Longitud del segmento.** Expresado en millas náuticas (nm).
- **Otro.** Parámetro opcional para mayor información.

Los códigos OACI de los aeropuertos, necesarios para identificar cuales son los lugares que conectan cada uno de los vuelos, se presentan en el Anexo A del presente trabajo.

3.2 Clasificación y análisis de vuelos

En la clasificación, realizada siguiendo la explicación previamente expuesta, se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se descartan los vuelos que no pasan por los puntos de paso del contorno de las regiones peligrosas o restringidas de estudio.
- Se descartan los vuelos que pasan por los puntos de contorno con un nivel de vuelo inferior al 345. Se ha indicado previamente que se va a considerar solo el tráfico con niveles de vuelos superiores o iguales a 345.

Se ha decidido presentar las clasificaciones obtenidas y el análisis de ambos días de forma conjunta para poder realizar una comparación entre los dos días de forma paralela. Ha sido posible esta evaluación de forma conjunta debido a que las combinaciones de clasificación obtenidas según el tránsito por los puntos de paso son casi idénticas.

En primer lugar se muestran en las figuras 3.2 y 3.3 las representaciones de todas las trayectorias planificadas de vuelos de los dos días que se analizan, las cuales pasan por el contorno y cumplen con la condición de poseer un nivel 345 de vuelo o superior por ellos. El día 27 de octubre de 2018 se contabilizan 500 vuelos que cumplen con las restricciones expuestas y el día 2 de marzo de 2019 un total de 341. Visualmente se puede apreciar el vacío sobre la región del espacio aéreo analizado por la que no pasan ninguna trayectoria y ciertos patrones en los flujos de los vuelos.

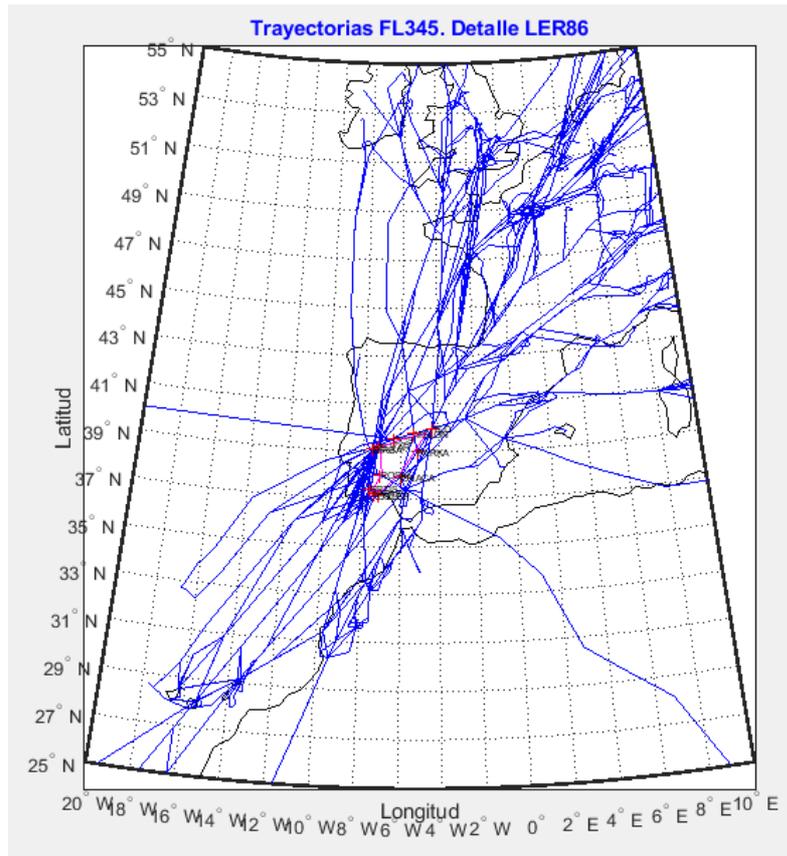


Figura 3.2. Representación todas las trayectorias planificadas en consideración del día 27/10/2018

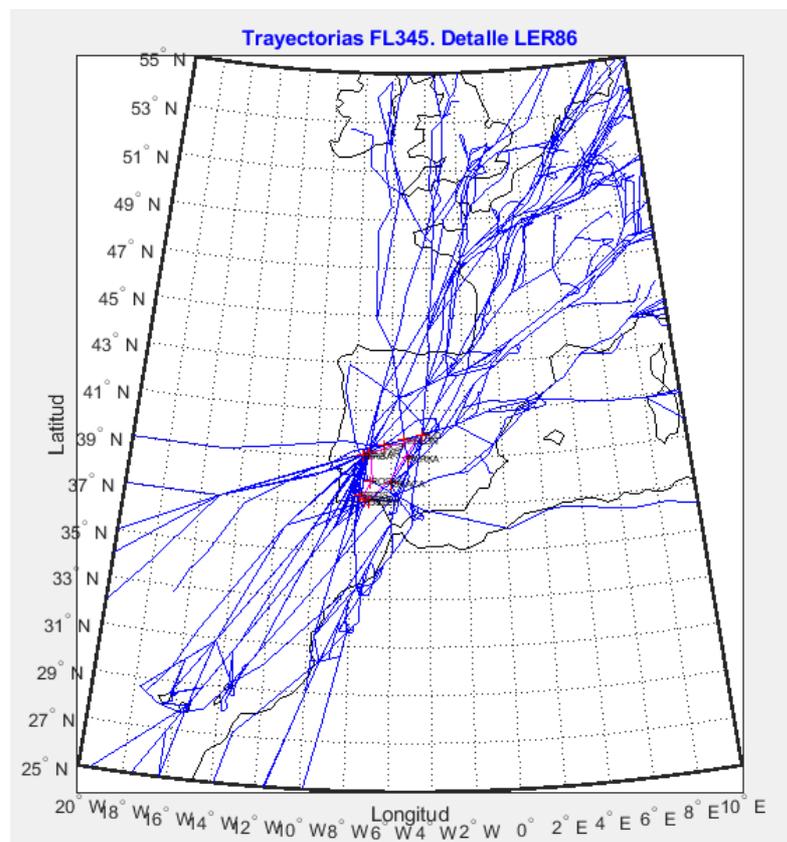


Figura 3.3. Representación todas las trayectorias planificadas en consideración del día 02/03/2019

Para el día 27 de octubre de 2018 se obtienen 18 grupos de clasificación según los puntos de paso inicial y final de las trayectorias por el contorno del espacio aéreo de estudio, tras la aplicación de todas las condiciones presentadas previamente. Para el caso del día 2 de marzo de 2019 se generan 17 combinaciones. Estas son iguales a las anteriores exceptuando la ausencia del grupo OXACA-PARKA. Los grupos obtenidos son los mostrados en la tabla 3.1, en la que también se indica la cantidad de vuelos clasificados en cada combinación según el día.

Grupos	Vuelos 27/10/2018	Vuelos 02/03/2019
TLD	167	113
ELVAR	89	56
OSLEP-TLD	59	10
BIRBA	28	14
CCS-ELVAR	27	24
OSLEP-PARKA	25	28
TLD- ELVAR	20	11
OSLEP-OXACA	20	34
PARKA-TLD	19	20
TLD-CCS	17	11
PARKA	7	2
MELON-OXACA	7	1
ROSAL	6	2
OSLEP	3	9
TLD-BIRBA	3	1
OXACA-PARKA	1	0
CCS	1	1
PARKA-MELON	1	4

Tabla 3.1. Recuento de vuelos por día según grupo de clasificación

Cada uno de los diferentes grupos se describe a continuación. Para el grupo de vuelos pertenecientes a TLD se va a presentar de forma detallada el proceso seguido para aplicar las diferentes fases de clasificaciones indicadas anteriormente. Este mismo procedimiento se realiza para el resto de grupos que se han obtenido como primera clasificación según los puntos de paso para ambos días. Sin embargo, solo se indicarán las conclusiones sobre la agrupación final según las zonas de origen y destino (en primer lugar), así como las direcciones preferidas de paso de las trayectorias por el espacio aéreo objetivo (en segundo lugar). Estos resultados se mostrarán en dos tablas. El resto de datos sobre los vuelos clasificados que componen cada agrupación y la explicación más profunda de los resultados obtenidos se pueden encontrar en el Anexo B para cada uno de los días analizados.

❖ TLD

Las representaciones de las trayectorias de los vuelos del día 27/10/2018 que pertenecen a esta clasificación, que agrupa a todos los vuelos que pasan únicamente por el punto de paso TLD del contorno de la región, se presentan en la figura 3.4 y con más detalle en la figura 3.5.

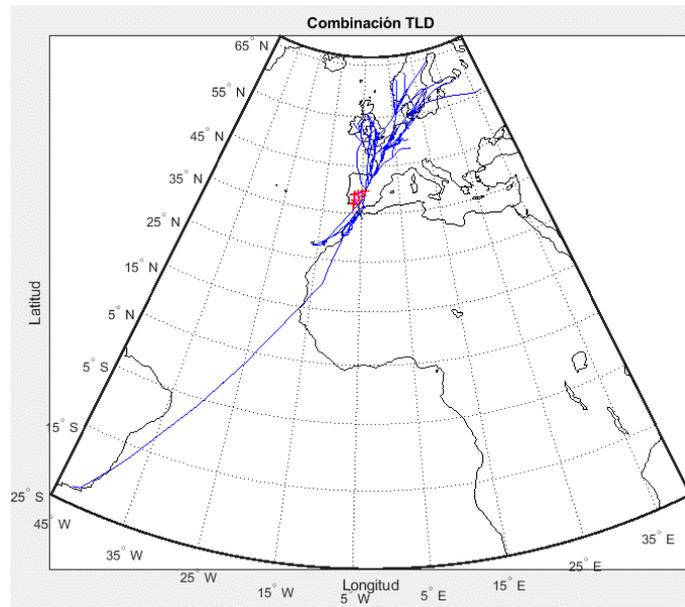


Figura 3.4. Representación de trayectorias para combinación TLD el día 27/10/2018

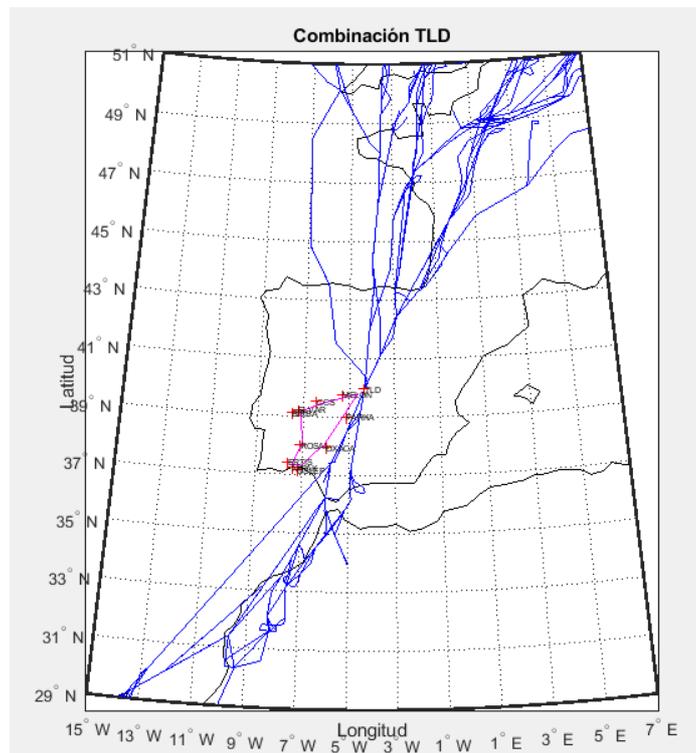


Figura 3.5. Representación en detalle de trayectorias para combinación TLD el día 27/10/2018

En la tabla 3.2 se muestran en detalle todos los 167 vuelos que forman parte de esta clasificación. En ella se indica el origen (aeropuerto y país), destino (aeropuerto y país), la cantidad de vuelos que en el día se realizan con el mismo origen y destino y una columna llamada inversos donde se indica si se dan vuelos con origen y destino contrarios a los indicados, por ejemplo: Sevilla-París en vez de París-Sevilla.

TLD					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
París	Francia	Rabat	Marruecos	2	6
Menara	Marruecos	Bruselas	Bruselas	3	
Londres	Reino Unido	Málaga	España	10	
Jersey	Reino Unido	Málaga	España	1	
Dublín	Irlanda	Málaga	España	7	
Belfast	Irlanda del Norte	Málaga	España	1	
Bruselas	Bruselas	Tánger	Marruecos	2	
Gotemburgo	Suecia	Málaga	España	2	
Fuerteventura	España	Glasgow	Reino Unido	1	
Glasgow	Reino Unido	Málaga	España	1	
París	Francia	Sevilla	España	1	
Casablanca	Marruecos	Londres	Reino Unido	2	
Hampshire	Reino Unido	Menara	Marruecos	1	
Fuerteventura	España	Manchester	Reino Unido	2	
Menara	Marruecos	Burdeos	Francia	1	
París	Francia	Fez	Marruecos	1	
Newcastle	Reino Unido	Málaga	España	2	
Liverpool	Reino Unido	Málaga	España	2	
Estocolmo	Suecia	Casablanca	Marruecos	1	1
Guernsey	Reino Unido	Málaga	España	1	
Casablanca	Marruecos	Frankfurt	Alemania	2	
Edimburgo	Reino Unido	Málaga	España	3	
Bristol	Reino Unido	Málaga	España	4	
Lydd	Reino Unido	Jerez	España	1	
Manchester	Reino Unido	Málaga	España	4	
Lanzarote	España	Dusseldorf	Alemania	1	
Agadir	Marruecos	Dusseldorf	Alemania	1	
Helsinki	Finlandia	Málaga	España	3	
Tenerife	España	Birmingham	Reino Unido	1	
Agadir	Marruecos	Bruselas	Bruselas	2	
Fuerteventura	España	París	Francia	2	
Nantes	Francia	Málaga	España	2	
Casablanca	Marruecos	Bruselas	Bruselas	2	
Yorkshire	Reino Unido	Málaga	España	2	
Casablanca	Marruecos	París	Francia	7	
Southampton	Reino Unido	Málaga	España	1	
Moscú	Rusia	Málaga	España	1	
Bruselas	Bruselas	Málaga	España	2	
Menara	Marruecos	París	Francia	6	
Estocolmo	Suecia	Málaga	España	2	
Luxemburgo	Luxemburgo	Málaga	España	1	
Casablanca	Marruecos	Nantes	Francia	1	
Agadir	Marruecos	Holanda	Países Bajos	1	
Leicestershire	Reino Unido	Málaga	España	1	
Río de Janeiro	Brasil	París	Francia	2	
Fuerteventura	España	Róterdam	Países Bajos	1	
Gran Canaria	España	Copenhague	Dinamarca	1	
Tillé	Francia	Menara	Marruecos	1	
Londres	Reino Unido	Sevilla	España	2	
Sola	Noruega	Málaga	España	1	
Tillé	Francia	Rabat	Marruecos	1	
Copenhague	Dinamarca	Málaga	España	2	
Bergen	Noruega	Málaga	España	1	
Gardermoen	Noruega	Málaga	España	3	

Hamburgo	Alemania	Málaga	España	1	
Fuerteventura	España	Hannover	Alemania	1	1
Menara	Marruecos	Lille	Francia	1	
Tenerife	España	París	Francia	1	
Fuerteventura	España	Hamburgo	Alemania	1	
Menara	Marruecos	Weeze	Alemania	1	
Estocolmo	Suecia	Agadir	Marruecos	1	
Gran Canaria	España	Vigra	Noruega	1	
Gran Canaria	España	Stjordal	Noruega	1	
Casablanca	Marruecos	Burdeos	Francia	1	
Lanzarote	España	Bilbao	España	1	
Gran Canaria	España	Kalmar	Suecia	1	
Gran Canaria	España	Molde	Noruega	1	
Lanzarote	España	Bruselas	Bruselas	3	
Manchester	Reino Unido	Menara	Marruecos	1	
Bournemouth	Reino Unido	Málaga	España	1	
Birmingham	Reino Unido	Málaga	España	1	
Rabat	Marruecos	Londres	Reino Unido	2	1
Fuerteventura	España	Holanda	Países Bajos	1	
Rennes	Francia	Málaga	España	1	
San Petersburgo	Rusia	Tenerife	España	1	
París	Francia	Málaga	España	1	
Skellefteå	Suecia	Málaga	España	1	
Fuerteventura	España	Stuttgart	Alemania	1	
Charlestown	Irlanda	Málaga	España	1	
Bruselas	Bruselas	Fez	Marruecos	1	
Agadir	Marruecos	París	Francia	1	
Casablanca	Marruecos	Holanda	Países Bajos	2	
Casablanca	Marruecos	Manchester	Reino Unido	1	
Lanzarote	España	París	Francia	1	
Agadir	Marruecos	Dublín	Irlanda	1	
Londres	Reino Unido	Gibraltar	Reino Unido	1	
Menara	Marruecos	Rhein-Hunsrück	Alemania	1	
Menara	Marruecos	Londres	Reino Unido	1	
Lanzarote	España	Manchester	Reino Unido	1	
Cork	Irlanda	Málaga	España	1	
Deauville	Francia	Lanzarote	España	1	
Fuerteventura	España	Dusseldorf	Alemania	1	
Eindhoven	Países Bajos	Málaga	España	1	
Bruselas	Bruselas	Rabat	Marruecos	1	
Menara	Marruecos	Marne	Francia	1	
East Devon	Reino Unido	Málaga	España	1	
Total					167

Tabla 3.2. Vuelos clasificados en TLD el día 27/10/2018

A modo de resumen para facilitar el análisis de los orígenes y destinos se agrupan los vuelos por países en conexión. Se han establecido en España cuatro zonas: España (Barcelona), España (Canarias), España (Madrid) y España (península sur); aunque en este grupo no se empleen todas ellas, pero en las próximas clasificaciones serán empleadas para la agrupación según zonas geográficas de origen y destino. En la tabla 3.3 se observa la agrupación obtenida para este caso.

Origen-destino	Cant.
Alemania-España (Canarias)	6
Alemania-España (Península sur)	1
Alemania-Marruecos	5
Brasil-Francia	2
Bruselas-España (Canarias)	3
Bruselas-España (Península sur)	2

Bruselas-Marruecos	11
Dinamarca-España (Canarias)	1
Dinamarca-España (Península sur)	2
España (Norte)-España (Canarias)	1
Finlandia-España (Península sur)	3
Francia-España (Canarias)	5
Francia-España (Península sur)	5
Francia-Marruecos	30
Irlanda-España (Península sur)	9
Irlanda-Marruecos	1
Irlanda Norte-España (Península sur)	1
Luxemburgo-España (Península sur)	1
Noruega-España (Canarias)	3
Noruega-España (Península sur)	5
Países Bajos -España (Canarias)	2
Países Bajos -España (Península sur)	1
Países Bajos- Marruecos	3
Reino Unido-España (Canarias)	5
Reino Unido-España (Península sur)	38
Reino Unido-Marruecos	9
Reino Unido-Gibraltar	1
Rusia-España (Canarias)	1
Rusia-España (Península sur)	1
Suecia-España (Canarias)	1
Suecia-España (Península sur)	5
Suecia- Marruecos	3
Total	167

Tabla 3.3. Agrupación de vuelos según conexiones clasificados en TLD el día 27/10/2018

Si se analiza estas conexiones se obtiene que 62 de los vuelos llegan o salen de Marruecos desde zonas del norte (Suecia), oeste (Francia o Reino Unido) y centro (Alemania) de Europa, 75 tienen como destino el sur de la península española (Málaga, Sevilla o Jerez) procediendo de la zona norte, centro y oeste de Europa, lo cual supone un casi un 45% del total de los vuelos y 28 son origen en las Islas Canarias hacia el norte, oeste y centro de Europa. El resumen se muestra en la tabla 3.4.

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Brasil - Francia	2	1,20%
España (Península sur) - Centro, Norte y Oeste de Europa	75	44,91%
España (Canarias) - Centro, Norte y Oeste de Europa	28	16,77%
Marruecos - Centro, Norte y Oeste de Europa	62	37,13%
Total	167	100,00%

Tabla 3.4. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD el día 27/10/2018

Como último paso se estudia las direcciones preferidas de paso de trayectoria de estos vuelos por las restricciones (LER86, LED124, y LED126). Para ello, se ha determinado tras un análisis visual que los vuelos con conexión con Málaga no se ven afectados por la región puesto que las rutas ortodrómicas que unen sus orígenes y destinos no cruzan esta zona. También se excluyen de los beneficios de pasar por esta región los vuelos entre Marruecos y Europa oeste y central (Francia, Alemania, Bruselas o Finlandia), pero sí se consideran con el oeste como las conexiones con el Reino Unido. Se contrasta posteriormente si estas decisiones han sido adecuadas a través de la optimización de las trayectorias. El resumen de la cantidad de vuelos que se establecen afectados por la región y sus direcciones de paso preferidas que motivan la modificación de las rutas de la región del espacio aéreo se muestra en la tabla 3.5.

	Cantidad
Norte-Sur	7
Sur-Norte	7
Noreste-Sudoeste	2
Sudoeste-Noreste	21

Tabla 3.5. Clasificación según dirección preferida de paso de vuelos agrupados en TLD el día 27/10/2018

Para este mismo grupo se presentan de forma comparativa los resultados del día 2 de marzo de 2019 junto al resumen del día 29 de octubre de 2018, expuesto anteriormente. En el día de marzo se recuentan en este grupo de clasificación 113 vuelos.

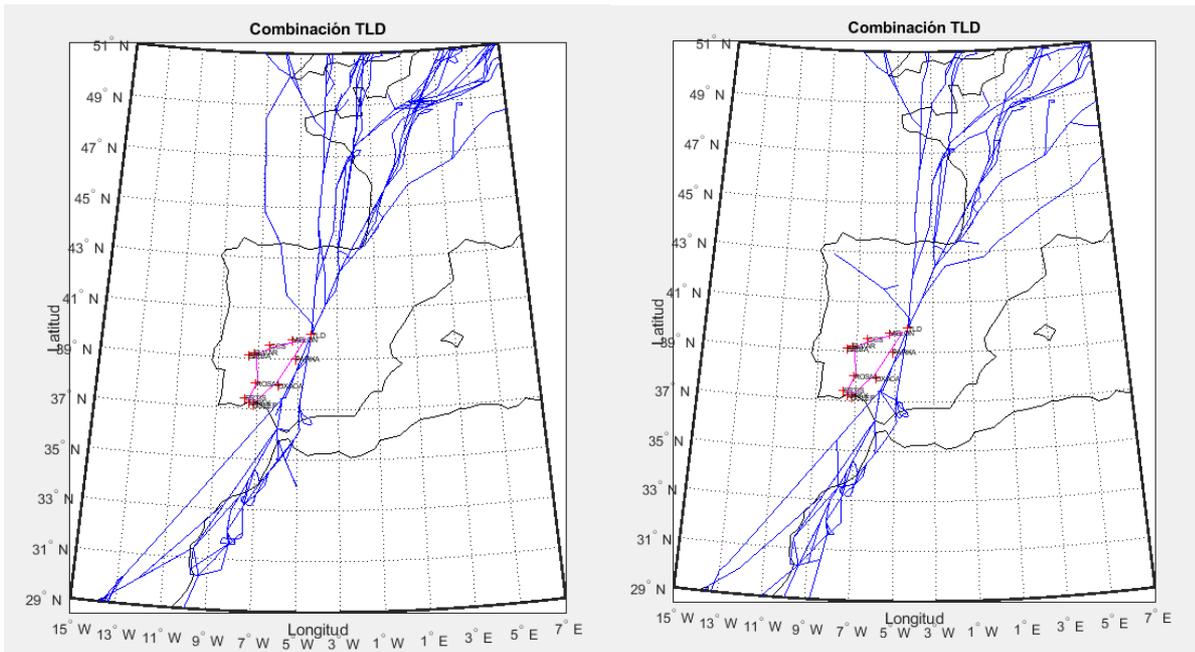


Figura 3.6. Representación en detalle de trayectorias para combinación TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Brasil - Francia	2	1,20%
España (Península sur) - Centro, Norte y Oeste de Europa	75	44,91%
España (Canarias) - Centro, Norte y Oeste de Europa	28	16,77%
Marruecos - Centro, Norte y Oeste de Europa	62	37,13%
Total	167	100,00%

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Brasil - Francia	1	0,88%
Bruselas - Sierra Leona	1	0,88%
España (Península sur) - Centro, Norte y Oeste de Europa	42	37,17%
España (Canarias) - Centro, Norte y Oeste de Europa	5	4,42%
Francia - Mauritania	1	0,88%
Marruecos - Centro, Norte y Oeste de Europa	62	54,87%
Países Bajos - Gambia	1	0,88%
Total	113	100,00%

Tabla 3.6. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

	Cantidad		Cantidad
Norte-Sur	7	Norte-Sur	8
Sur-Norte	7	Sur-Norte	3
Noreste-Sudoeste	2	Noreste-Sudoeste	2
Sudoeste-Noreste	21	Sudoeste-Noreste	7
		Noroeste-Sudeste	2
		Sudeste-Noroeste	0

Tabla 3.7. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

❖ ELVAR

La figura 3.7 muestra las trayectorias que forman parte de este grupo de clasificación los cuales pasan únicamente por el punto de paso ELVAR para ambos días de estudio. En total son 89 vuelos en el día de octubre y 56 en el de marzo.

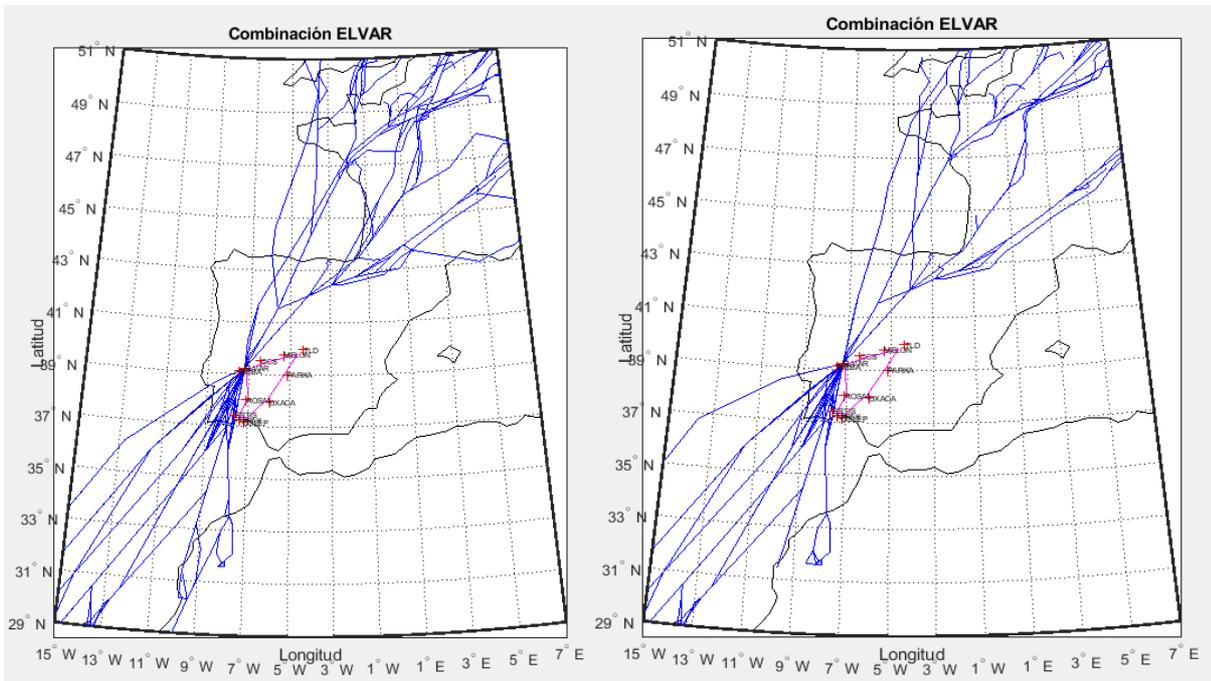


Figura 3.7. Representación en detalle de trayectorias para combinación ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Brasil - Reino Unido	1	1,12%
España (Canarias) - Centro, Norte y Oeste de Europa	28	31,46%
España (Canarias) - Sur Europa	5	5,62%
Gambia - Reino Unido	1	1,12%
Marruecos - Centro y Oeste de Europa	14	15,73%
Portugal - Centro, Norte y Oeste de Europa	40	44,94%
Total	89	100%

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Canarias) - Centro, Norte y Oeste de Europa	31	55,36%
Marruecos - Centro y Oeste de Europa	11	19,64%
Portugal - Centro, Norte y Oeste de Europa	14	25,00%
Total	56	100%

Tabla 3.8. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

	Cantidad
Norte-Sur	0
Sur-Norte	2
Noreste-Sudoeste	29
Sudoeste-Noreste	23

	Cantidad
Norte-Sur	0
Sur-Norte	2
Noreste-Sudoeste	29
Sudoeste-Noreste	23

Tabla 3.9. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

❖ OSLEP-TLD

La figura 3.8 muestra las trayectorias que forman parte de esta combinación de la clasificación, los cuales pasan por los puntos de paso OSLEP y TLD. En total se tienen 59 vuelos para el día 27 de octubre de 2018 y 10 vuelos para el día 2 de marzo de 2019.

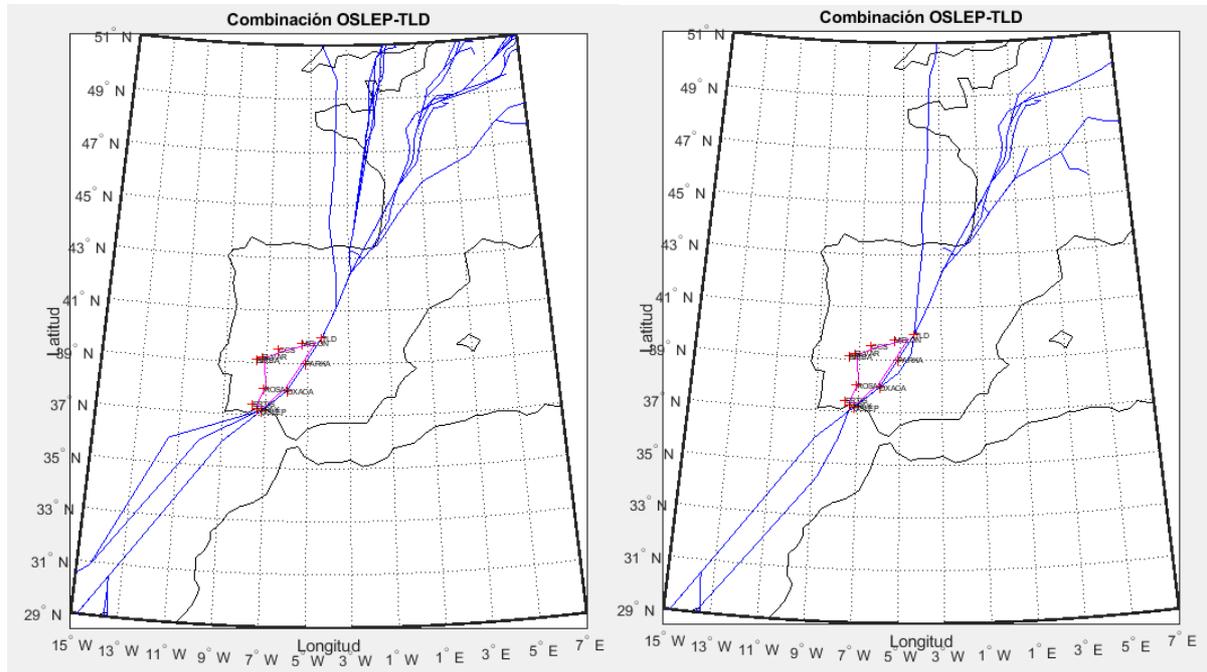


Figura 3.8. Representación en detalle de trayectorias para combinación OSLEP-TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Brasil - Oeste central Europa	2	3,39%
Cabo Verde - Norte y Oeste de Europa	3	5,08%
España (Canarias) - Centro, Norte y Oeste de Europa	54	91,53%
Total	59	100%

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Canarias) - Centro, Norte y Oeste de Europa	10	100%
Total	10	100%

Tabla 3.10. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

	Cantidad
Noreste-Sudoeste	0
Sudoeste-Noreste	51

	Cantidad
Noreste-Sudoeste	0
Sudoeste-Noreste	9

Tabla 3.11. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en OSLEP-TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

❖ BIRBA

En la figura 3.9 se representan las trayectorias de los vuelos que forman parte de este grupo de la clasificación, los cuales pasan solo por el punto de paso BIRBA. El recuento asciende a 28 vuelos en este grupo para el día 27/10/2018 y 14 vuelos para el día 02/03/2019.

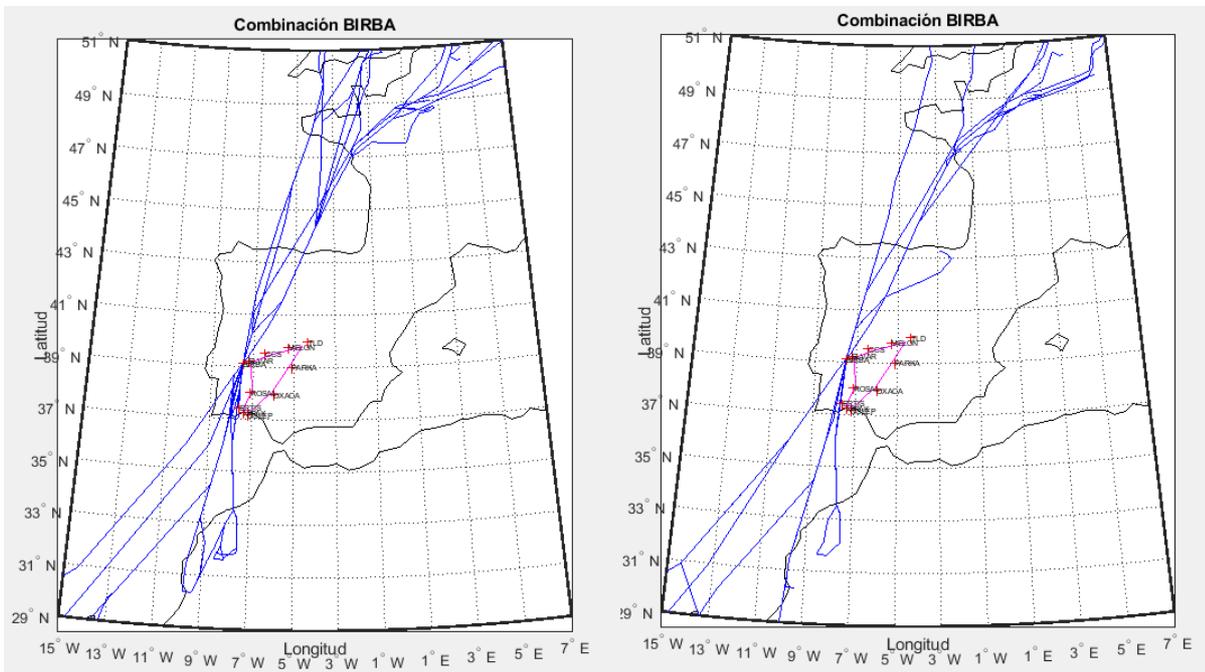


Figura 3.9. Representación en detalle de trayectorias para combinación BIRBA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Canarias) - Centro y Oeste de Europa	4	14,29%
Marruecos - Centro y Oeste de Europa	16	57,14%
Portugal - Centro y Oeste de Europa	8	28,57%
Total	28	100%

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Buenos Aires - Francia	1	7,14%
España (Canarias) - Centro y Oeste de Europa	3	21,43%
Gambia - Suecia	1	7,14%
Gambia - Países Bajos	1	7,14%
Marruecos - Centro y Oeste de Europa	8	57,14%
Total	14	100%

Tabla 3.12. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en BIRBA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

	Cantidad
Norte-Sur	1
Sur-Norte	0
Noreste-Sudoeste	3
Sudoeste-Noreste	1

	Cantidad
Norte-Sur	1
Sur-Norte	0
Noreste-Sudoeste	3
Sudoeste-Noreste	1

Tabla 3.13. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en BIRBA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

❖ CCS-ELVAR

Las trayectorias de los vuelos que conforman este grupo se representan en la figura 3.10. Se caracterizan por pasar como inicio y fin por los puntos de paso CCS y ELVAR. El número de vuelos que forman parte de este grupo son un total de 27 para el día 27/10/2018 y 24 para el día 02/03/2019.

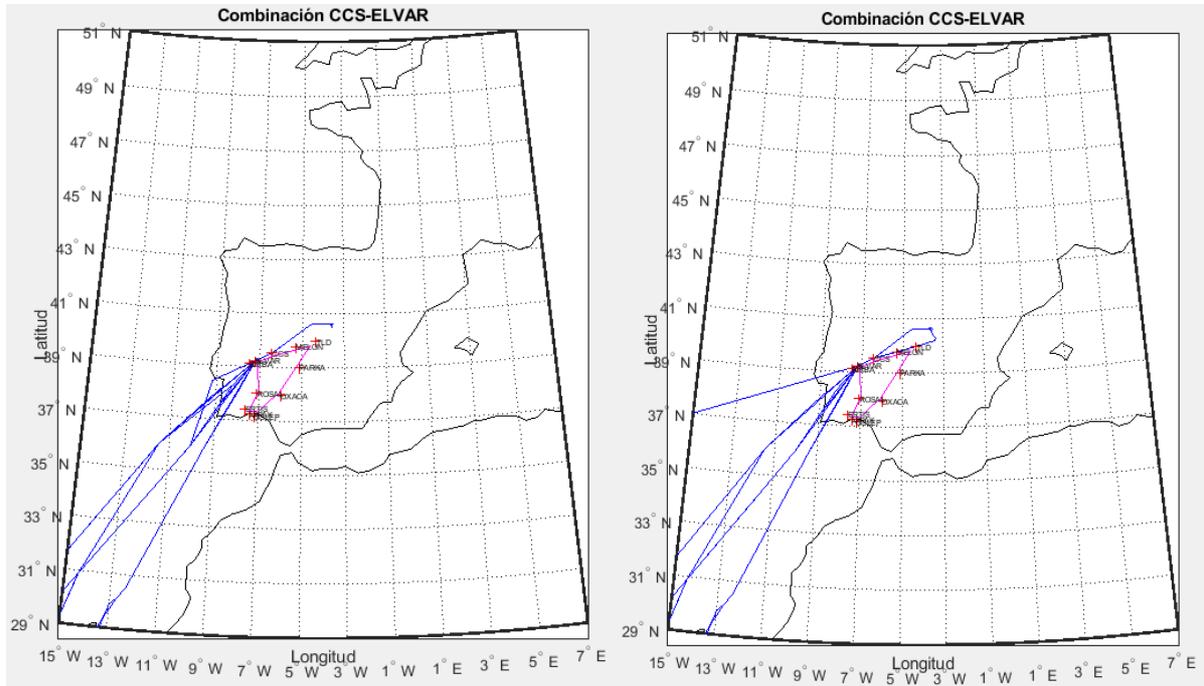


Figura 3.10. Representación en detalle de trayectorias para combinación CCS-ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones	Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Madrid) - Chile	1	3,7%	España (Madrid) - Chile	1	4,17%
España(Madrid) - España (Canarias)	26	96,3%	España(Madrid) - España (Canarias)	23	95,83%
Total	27	100%	Total	24	100%

Tabla 3.14. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en CCS-ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Estos vuelos no van a verse beneficiados por el espacio aéreo analizado en caso de que se modificaran las rutas que pasan por las restricciones. La razón es que dependen de las cartas SID del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas, tal y como ha sido indicado por Enaire. Entonces no se han contabilizado dentro de las direcciones preferidas de paso.

❖ OSLEP-PARKA

Las trayectorias de los vuelos que conforman este grupo se representan en la figura 3.11. Los puntos de paso por el contorno del área estudiada que sirven para clasificar estos vuelos en el mismo grupo son OSLEP y PARKA. En total son una cantidad de 25 vuelos los que forman esta agrupación para el día 10 de octubre de 2018 y 28 en el día 2 de marzo de 2019.

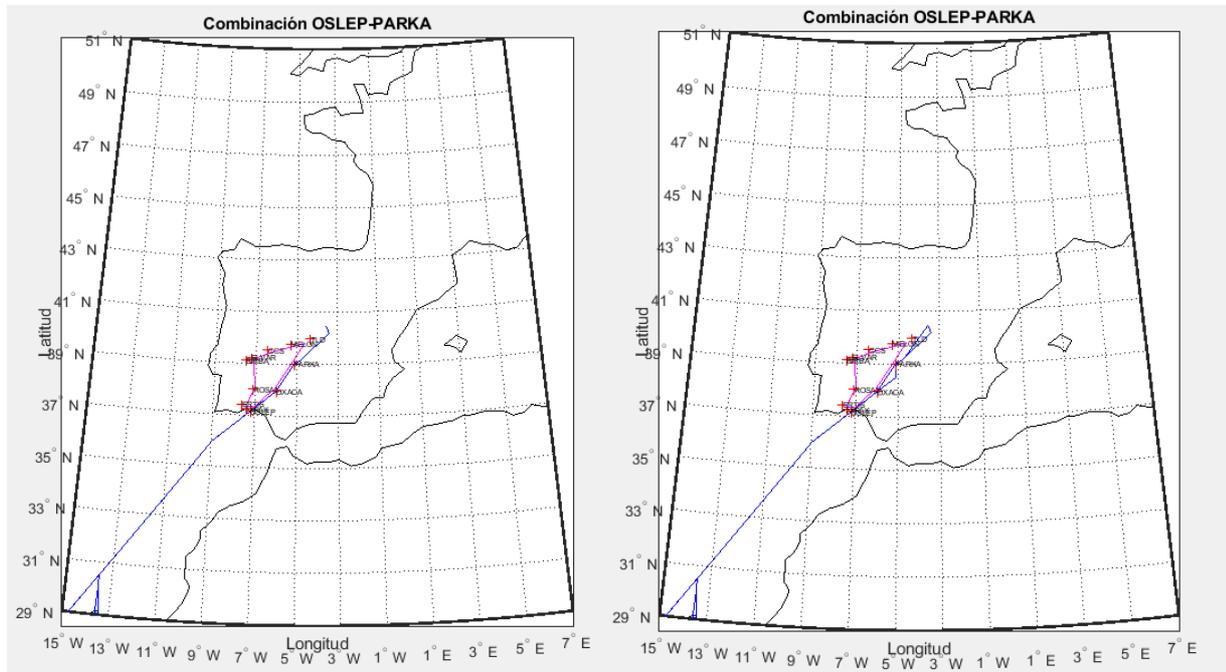


Figura 3.11. Representación en detalle de trayectorias para combinación OSLEP-PARKA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Madrid) - Argentina	1	4%
España (Madrid) - Brasil	2	8%
España(Madrid) - España (Canarias)	22	88%
Total	25	100%

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Madrid) - Argentina	5	17,86%
España (Madrid) - Brasil	4	14,29%
España (Madrid) - Chile	2	7,14%
España(Madrid) - España (Canarias)	17	60,71%
Total	28	100%

Tabla 3.15. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-PARKA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Estos vuelos no van a verse beneficiados por el espacio aéreo analizado en caso de que se diseñara una nueva red de rutas por la región, la razón es que dependen de las cartas STAR de procedimientos del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas, tal y como ha sido indicado por Enaire. Por esta razón, no se han contabilizado dentro de las direcciones preferidas.

❖ TLD- ELVAR

En la figura 3.12 se muestran las trayectorias de los vuelos que forman parte de esta combinación de la clasificación, los cuales pasan por los puntos de paso TLD y ELVAR. La cantidad de vuelos asciende a 20 vuelos en este grupo para el día 27/10/2019 y para el día 02/03/2019 se tienen 11 vuelos.

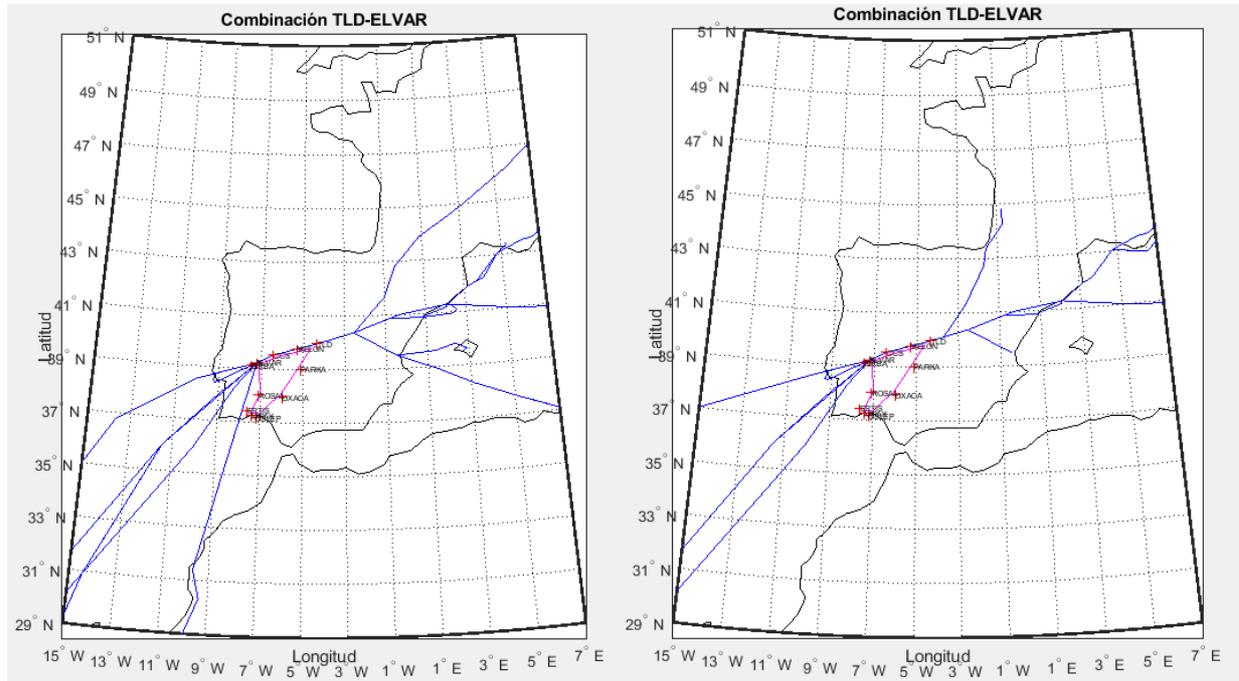


Figura 3.12. Representación en detalle de trayectorias para combinación TLD-ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Canarias) - España(Barcelona) y Rusia	5	25%
Francia - Senegal	1	5%
Portugal - Este y Sur Europa	14	70%
Total	20	100%

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Canarias) - Centro, Oeste y Sur Europa	3	27,27%
Francia (Guadalupe) - Italia	1	9,09%
Portugal - Este y Sur Europa	7	63,64%
Total	11	100%

Tabla 3.16. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

	Cantidad
Este-Oeste	9
Oeste-Este	0
Noreste-Sudoeste	5
Sudoeste-Noreste	0

	Cantidad
Este-Oeste	4
Oeste-Este	0
Noreste-Sudoeste	2
Sudoeste-Noreste	0

Tabla 3.17. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en TLD-ELVAR el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

❖ OSLEP-OXACA

Las trayectorias que forman parte de esta combinación de la clasificación realizada se pueden observar en las figura 3.13, los cuales pasan por los puntos de paso denominados OSLEP y OXACA. En total son 20 vuelos para el día 27 de octubre de 2018 y 34 vuelos para el día 2 de marzo de 2019.

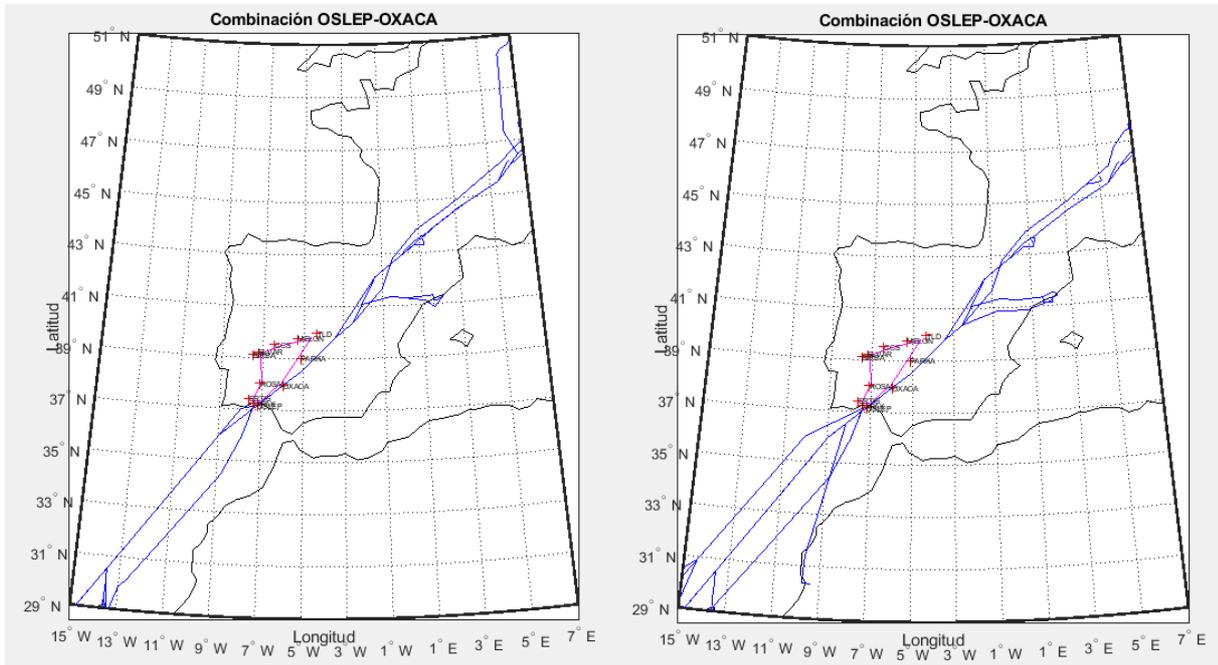


Figura 3.13. Representación en detalle de trayectorias para combinación OSLEP-OXACA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Alemania - Brasil	1	5%
Brasil - España(Barcelona)	1	5%
España (Canarias) - Este central, Centro y Oeste Europa	18	90%
Total	20	100%

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Alemania - Argentina	1	2,94%
Alemania - Brasil	3	8,82%
España (Canarias) - Este, Centro y Oeste de Europa	28	82,35%
Marruecos - Centro y Oeste de Europa	2	5,88%
Total	34	100%

Tabla 3.18. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-OXACA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

	Cantidad
Noreste-Sudoeste	1
Sudoeste-Noreste	19

	Cantidad
Noreste-Sudoeste	1
Sudoeste-Noreste	25

Tabla 3.19. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en OSLEP-OXACA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

❖ PARKA-TLD

Las trayectorias de los vuelos que forman parte de este grupo de la clasificación se muestran en la figura 3.14, los cuales pasan por los puntos de paso TLD y PARKA. La cantidad de vuelos son un total de 19 en este grupo en el día 27/10/2019 y 20 para el día 02/03/2019.

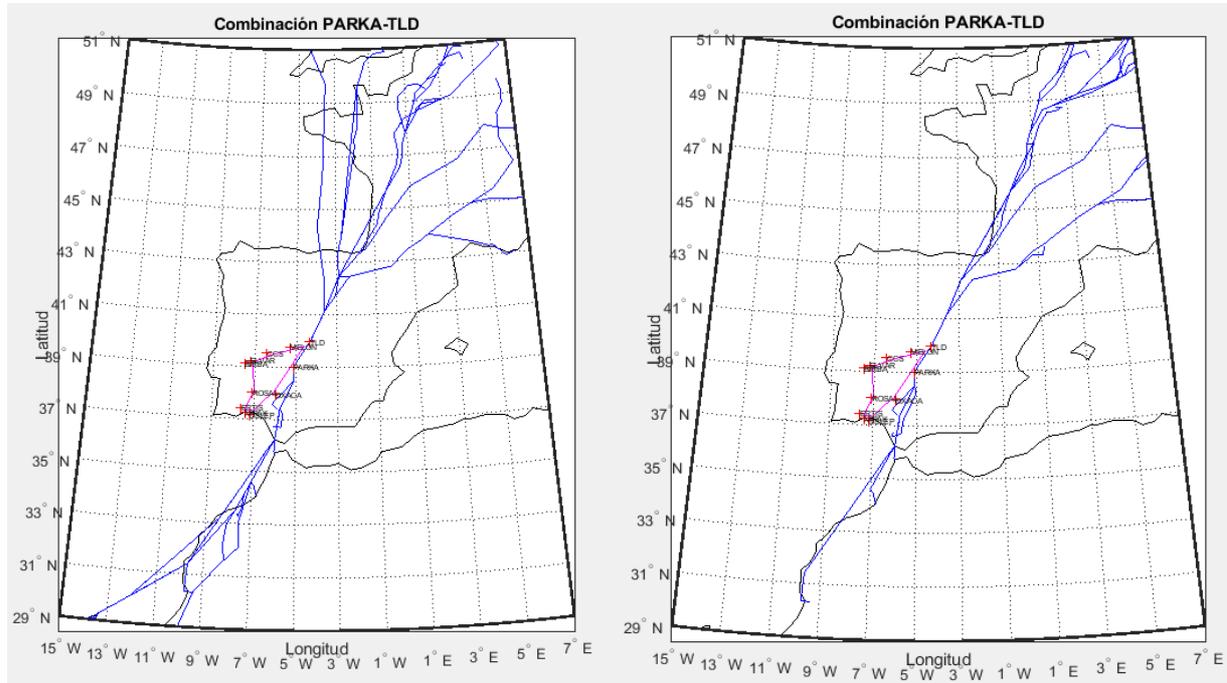


Figura 3.14. Representación en detalle de trayectorias para combinación PARKA-TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Canarias) - Oeste central y Norte Europa	4	21,05%
España (Península sur) - Oeste y Sur Europa	5	26,32%
Francia - Argentina	2	10,53%
Francia - Brasil	1	5,26%
Marruecos - Centro, Este y Oeste central Europa	7	36,84%
Total	19	100%

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Península sur) - Este, Centro, Norte y Oeste de Europa	16	80,00%
España (Península sur) - Sur de Europa	1	5,00%
Marruecos - Oeste Europa	3	15,00%
Total	20	100%

Tabla 3.20. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en PARKA-TLD el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Las trayectorias del día 02/03/2019 no se consideran en las direcciones de paso preferidas, debido a que a través de un análisis visual se ha determinado que no se ven afectadas por esta región al unirse orígenes con destinos de los vuelos con una ortodrómica y quedar la línea de unión fuera de esta zona del espacio aéreo. Para el día 27/10/2018 se observa en la tabla 3.20.

	Cantidad
Norte-Sur	0
Sur-Norte	3
Noreste-Sudoeste	0
Sudoeste-Noreste	6

Tabla 3.21. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en PARKA-TLD el día 27/10/2018

❖ TLD-CCS

La figura 3.15 muestra las trayectorias que forman parte de este grupo de la clasificación realizada, los cuales pasan por los puntos de paso denominados TLD y CCS. En total son 17 vuelos del día 27 de octubre de 2018 y 11 vuelos para el día 2 de marzo de 2019.

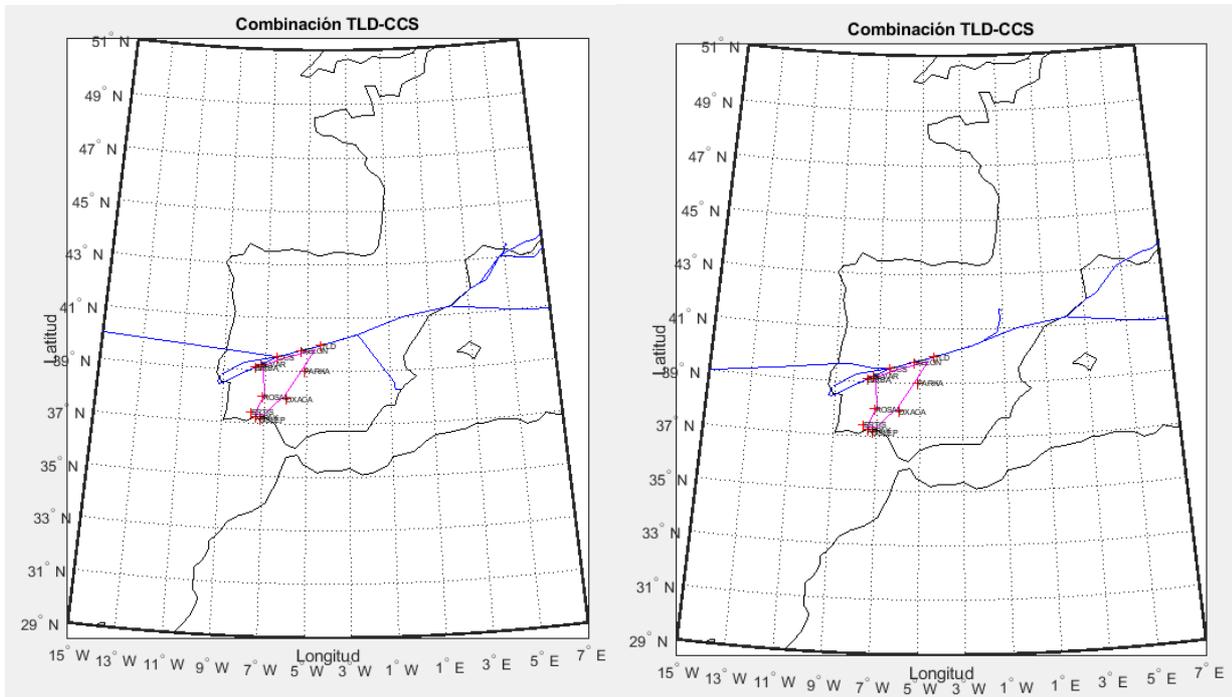


Figura 3.15. Representación en detalle de trayectorias para combinación TLD-CCS el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Alicante - EEUU	1	5,88%
Portugal - Sur y Este de Europa	16	94,12%
Total	17	100%

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Portugal - Sur y Este de Europa	11	100 %
Total	11	100%

Tabla 3.22. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-CCS el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

	Cantidad
Este-Oeste	8
Oeste-Este	0

	Cantidad
Este-Oeste	4
Oeste-Este	0

Tabla 3.23. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en TLD-CCS el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

❖ PARKA

Las trayectorias de los vuelos que forman parte de este grupo de la clasificación se muestran en la figura 3.16, los cuales pasan por el punto de paso PARKA. La cantidad de vuelos son un total de 7 del día 27/10/2019 y 2 en el día 02/03/2019.

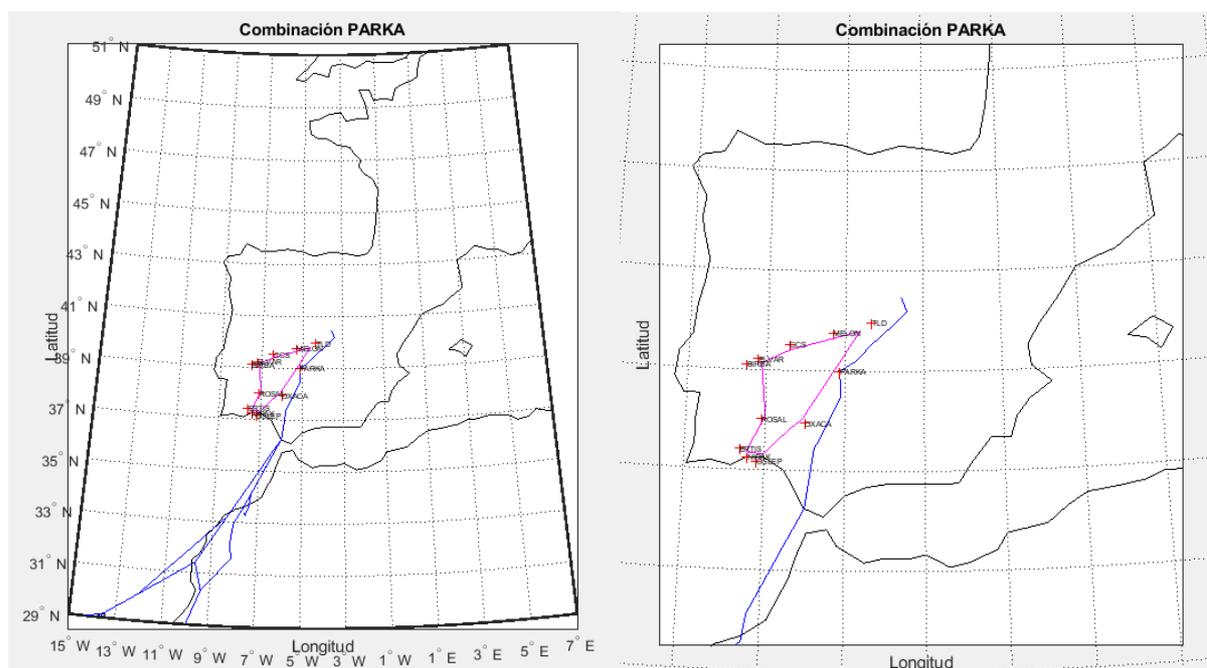


Figura 3.16. Representación en detalle de trayectorias para combinación PARKA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Madrid) - Zonas al Suroeste	7	100%
Total	7	100%

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Madrid) - Zonas al Suroeste	2	100%
Total	2	100%

Tabla 3.24. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en PARKA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Ninguno de estos vuelos se considera en la clasificación según la dirección preferida de paso por la región del espacio aéreo analizado. La razón es que se encuentran afectados por las cartas STAR del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas, por lo que no pueden modificar en gran medida su ruta en caso de que se pudieran establecer trayectoria que atravesara del espacio aéreo de las restricciones.

❖ MELON-OXACA

La figura 3.17 muestra las trayectorias que forman parte de este grupo de la clasificación, los cuales pasan por los puntos de paso llamados MELON y OXACA. En total son 7 vuelos pertenecientes al día 27/10/2018 y 1 vuelo del día 02/03/2019.

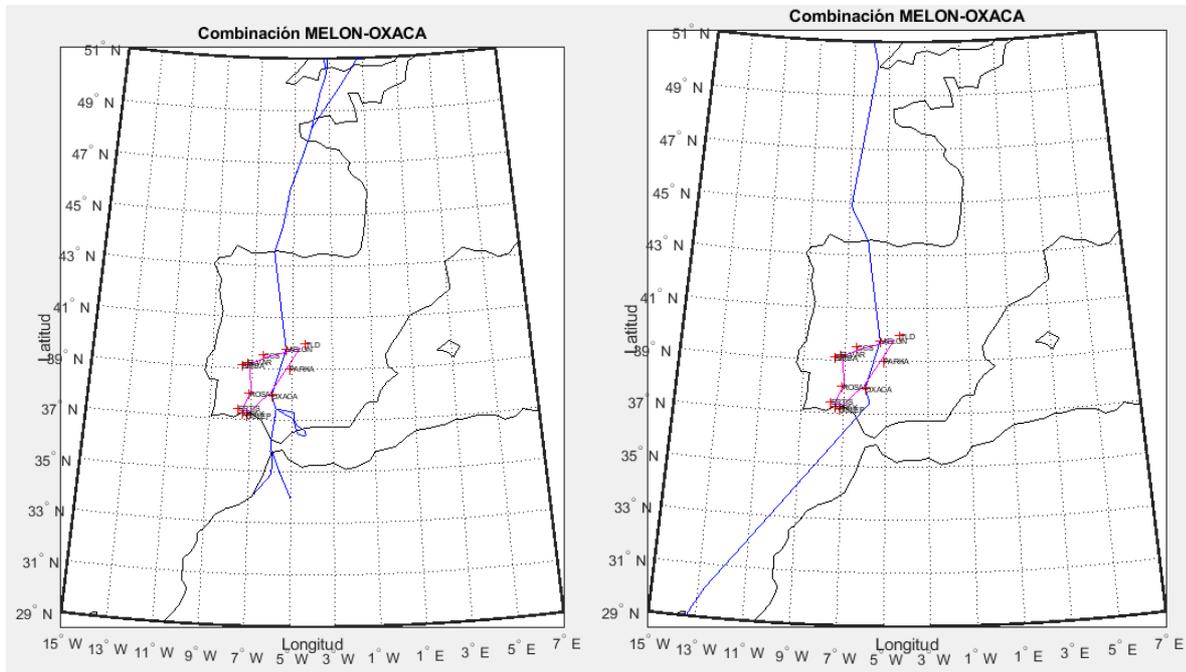


Figura 3.17. Representación en detalle de trayectorias para combinación MELON-OXACA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Península sur) - Oeste de Europa	4	57,14%
Marruecos - Oeste de Europa	3	42,86%
Total	7	100%

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Canarias) - Oeste de Europa	1	100%
Total	1	100%

Tabla 3.25. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en MELON-OXACA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Tras una inspección visual se determinan las direcciones preferidas de paso de estos vuelos por el espacio aéreo estudiado. Para el caso del día 02/03/2019 se ha considerado que no se verán afectadas por esta región. Por lo que solo se presentan en la tabla 3.26 las direcciones preferidas de los vuelos del día 27/10/2018 que se han decidido como afectados.

	Cantidad
Norte-Sur	3
Sur-Norte	0

Tabla 3.26. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en MELON-OXACA el día 27/10/2018

❖ ROSAL

Las trayectorias de los vuelos que forman parte de este grupo de la clasificación se muestran en la figura 3.18, los cuales pasan por el punto de paso ROSAL. La cantidad de vuelos son un total de 6 registrados en el día 27 de octubre de 2018 y 2 para el día 2 de marzo del 2019.

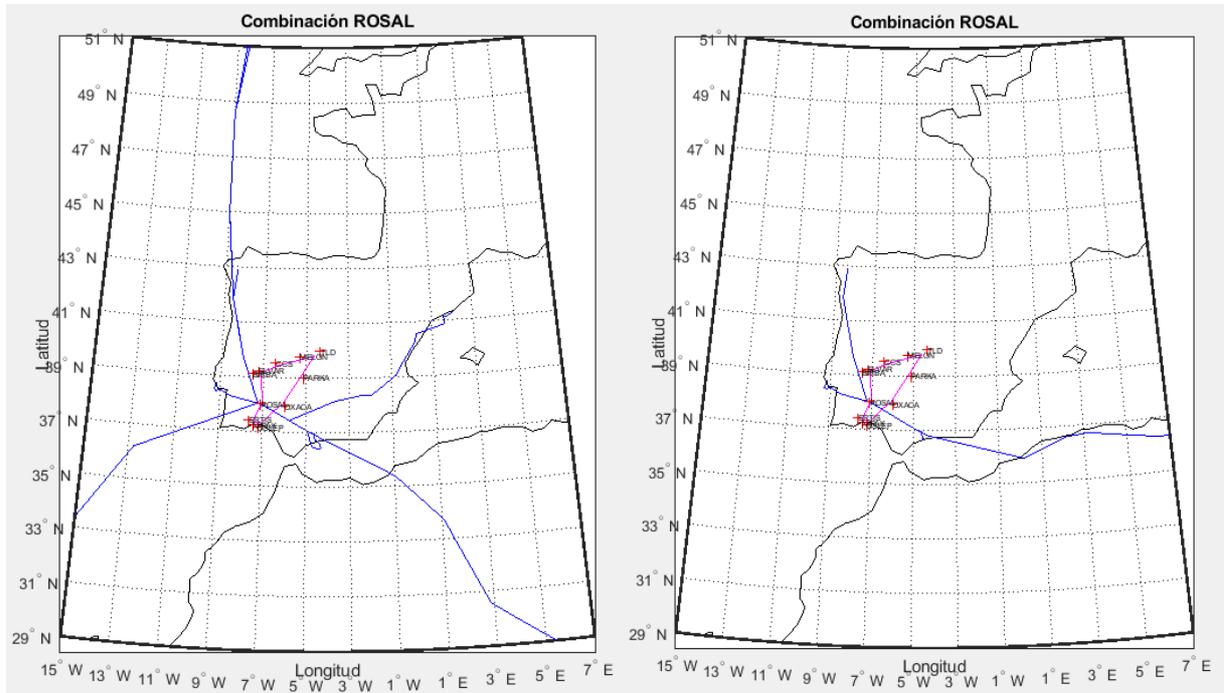


Figura 3.18. Representación en detalle de trayectorias para combinación ROSAL el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Península sur) - Oeste de Europa	5	83,33%
Portugal - Sureste de África	1	16,67%
Total	6	100%

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Península sur) - España (Península norte)	1	50,00 %
Portugal - Sureste de Europa	1	50,00%
Total	2	100%

Tabla 3.27. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en ROSAL el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

	Cantidad
Noreste-Sudoeste	0
Sudoeste-Noreste	1
Noroeste-Sudeste	4
Sudeste-Noroeste	1

	Cantidad
Este-Oeste	0
Oeste-Este	1
Noroeste-Sudeste	0
Sudeste-Noroeste	1

Tabla 3.28. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en ROSAL el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

❖ OSLEP

La figura 3.19 muestra las trayectorias que forman parte de este grupo de la clasificación, los cuales pasan por el punto de paso llamado OSLEP. En total son 3 vuelos en el día 27/10/2018 y 9 en el día 02/03/2019.

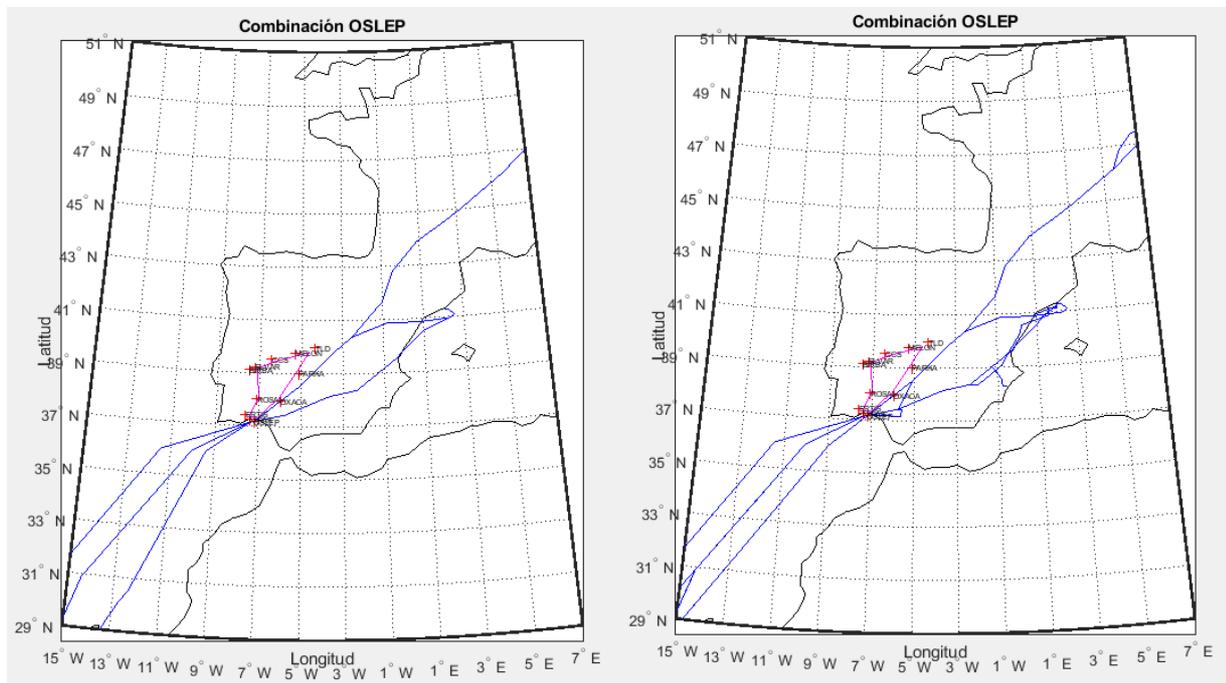


Figura 3.19. Representación en detalle de trayectorias para combinación OSLEP el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Barcelona) - Zona al Sureste	2	66,67%
España (Canarias) - Centro Europa	1	33,33%
Total	3	100%

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Barcelona) - Zonas al Sureste	4	44,44%
España (Canarias) - Centro, Oeste y Sur Europa	5	55,56%
Total	9	100%

Tabla 3.29. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

	Cantidad
Noreste-Sudoeste	0
Sudoeste-Noreste	1

	Cantidad
Noreste-Sudoeste	3
Sudoeste-Noreste	0

Tabla 3.30. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en OSLEP el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

❖ TLD-BIRBA

La figura 3.20 muestra las trayectorias que forman parte de este grupo de la clasificación, los cuales pasan por los puntos de paso llamados TLD y BIRBA. En total son 3 vuelos en el día 27/10/2018 y 1 vuelo en el día 02/03/2019.

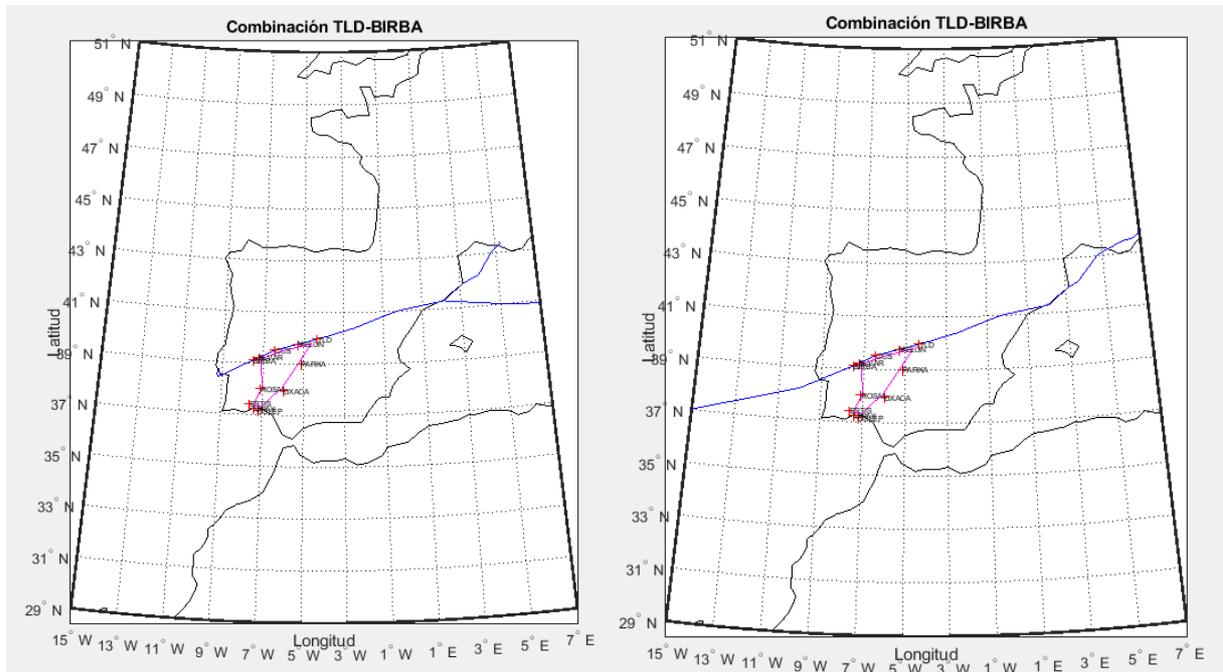


Figura 3.20 Representación en detalle de trayectorias para combinación TLD-BIRBA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Portugal - Sureste de Europa	3	100%
Total	3	100%

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Italia - Jamaica	1	100%
Total	1	100%

Tabla 3.31. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-BIRBA el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Tras una inspección visual se determinan las direcciones preferidas de paso de estos vuelos por el espacio aéreo estudiado. Para el día 2 de marzo de 2019 se ha considerado que no se ve afectado por la región el único vuelo clasificado en este grupo. Así que en la tabla 3.32 se contabilizan el número de vuelos que se consideran y la dirección de interés de paso para el día 27 de octubre de 2018.

	Cantidad
Este-Oeste	3
Oeste-Este	0

Tabla 3.32. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en TLD-BIRBA el día 27/10/2018

❖ OXACA-PARKA

Esta combinación solo se presenta en el día 27/10/2019 y está formada únicamente por un vuelo, el cual se representa su trayectoria en la figura 3.21. Su origen es Madrid y su destino Brasil. No se va a considerar clasificado en una dirección preferida de paso por la región puesto que depende de las cartas SID del aeropuerto de Madrid, entonces no se puede modificar en gran medida su trayectoria en caso que se establezcan conexiones para el sobrevuelo por las restricciones analizadas.

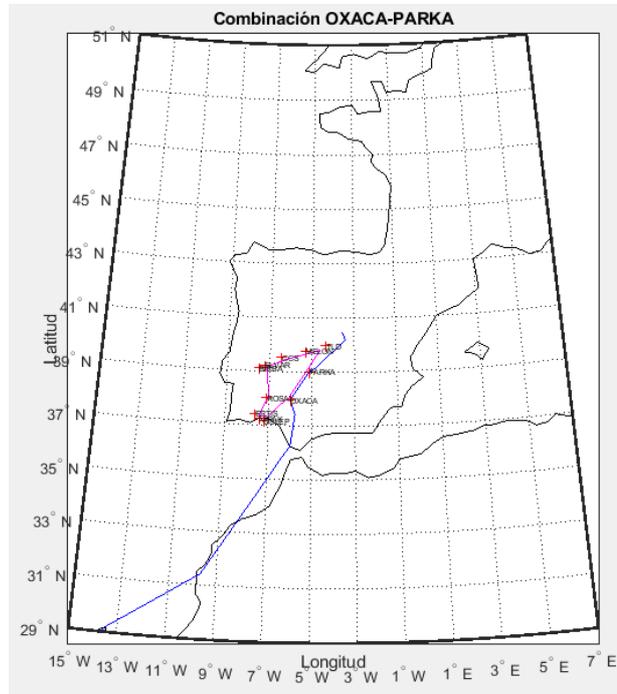


Figura 3.21. Representación en detalle de trayectorias para combinación OXACA-PARKA el día 27/10/2018

❖ CCS

Esta combinación está formada únicamente por un vuelo para el día 27 de octubre de 2018, el cual se representa su trayectoria en la figura 3.22. Su origen es Madrid y su destino Portugal. No se va a considerar clasificado en una dirección preferida de paso por la región puesto que depende de las cartas SID del aeropuerto de Madrid, entonces no se puede modificar en gran medida su trayectoria en caso que se permita el sobrevuelo por el espacio aéreo analizado por el nuevo diseño de rutas. Por otro lado, para el día 2 de marzo de 2019 se clasifica también en este grupo un único vuelo entre Madrid y Lima (Sudamérica). Igual que al vuelo anterior se ha determinado que no se va a clasificar según su dirección de paso por las mismas razones.

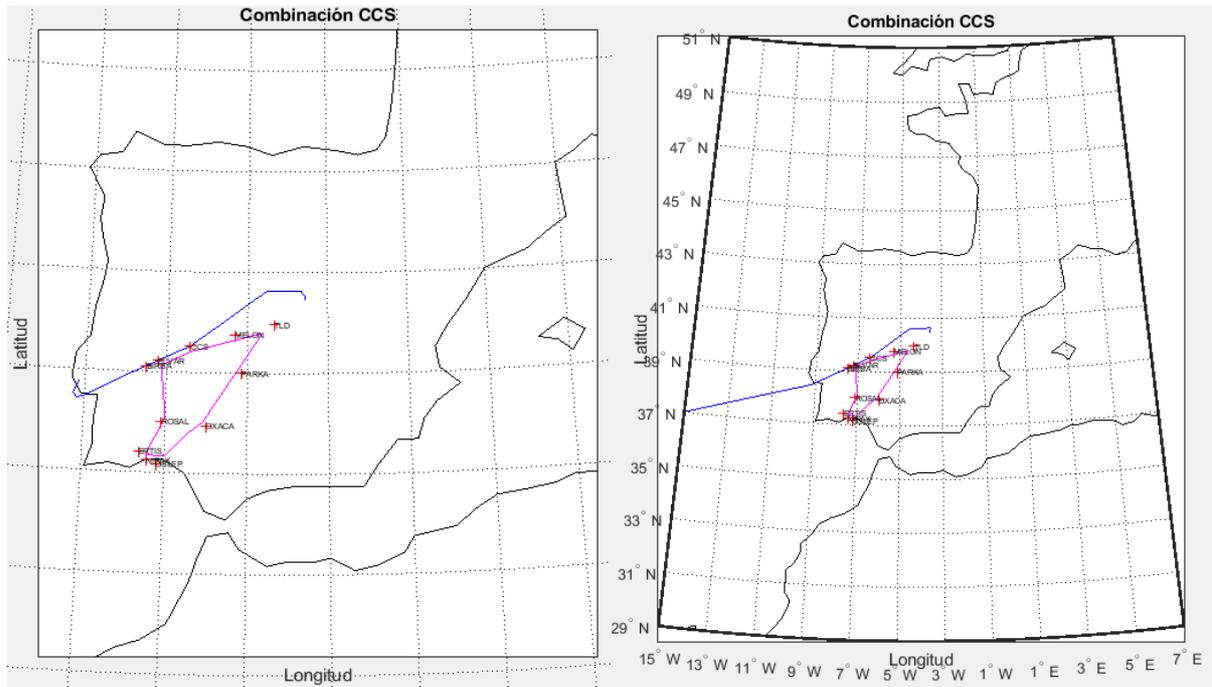


Figura 3.22. Representación en detalle de trayectorias para combinación CCS el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

❖ PARKA-MELON

Esta combinación está compuesta por aquellos vuelos clasificados que pasan por los puntos de paso PARKA y MELON. Se da un único vuelo del día 27/10/2018 y 4 vuelos en el día 02/03/2019 (figura 3.23).

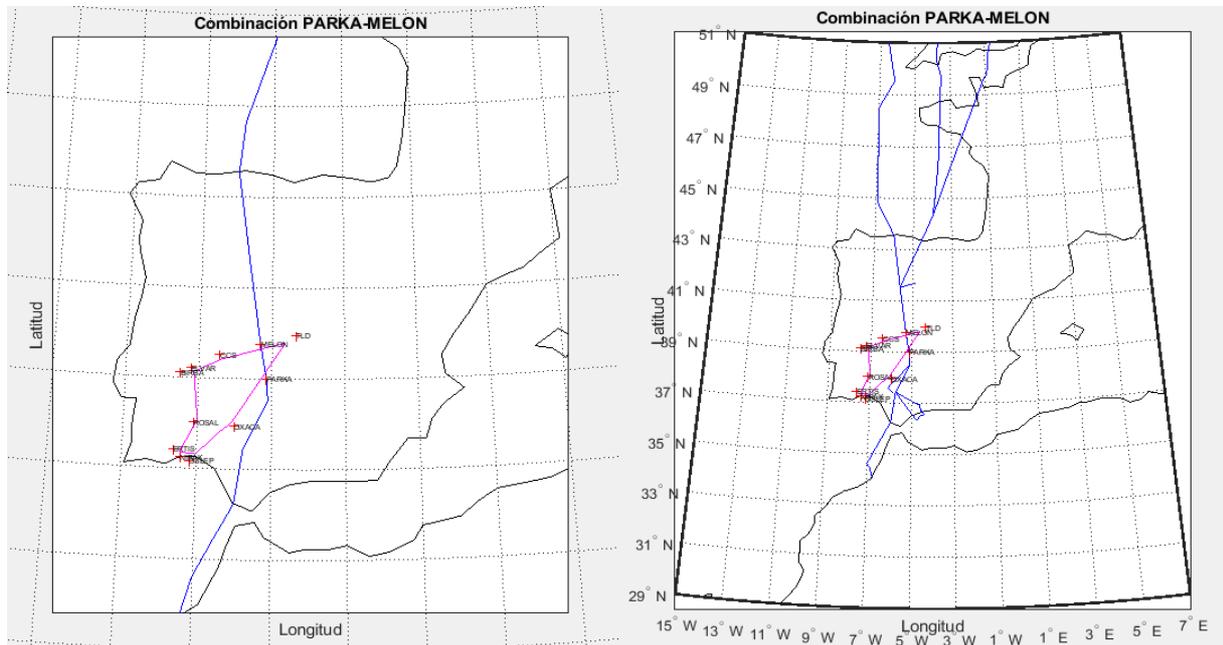


Figura 3.23. Representación en detalle de trayectorias para combinación PARKA-MELON el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Marruecos - Reino Unido	1	100%
Total	1	100%

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Península sur) - Oeste de Europa	2	50,00%
España (Península sur) - España (Península norte)	1	25,00%
Marruecos - Oeste de Europa	1	25,00%
Total	4	100%

Tabla 3.33. Agrupación de vuelos según zonas de conexión clasificados en PARKA-MELON el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

	Cantidad
Norte-Sur	0
Sur-Norte	1

	Cantidad
Norte-Sur	0
Sur-Norte	4

Tabla 3.34. Clasificación según dirección preferida de vuelos clasificados en PARKA-MELON el día 27/10/2018 (izquierda) y día 02/03/2019 (derecha)

Como conclusión del análisis de las trayectorias de ambos días se refleja en la tabla 3.35 el número total de vuelos, agregando los dos días, que se han considerado que poseen trayectorias afectadas por la posibilidad de sobrevolar la región de espacio aéreo formada por las restricciones LER86, LED124 y LED126. Se presentan clasificados según la dirección preferida de paso y el sentido. Se puede observar que la dirección preferente más solicitada, con gran ventaja sobre el resto, es la noreste-sudoeste y su inverso. Seguido por las direcciones norte-sur y este-oeste en una segunda posición, quedando como la dirección de paso menos requerida por los vuelos la noroeste-sudeste y su inverso.

	Cantidad	Total
Norte-Sur	22	44
Sur-Norte	22	
Noreste-Sudoeste	76	259
Sudoeste-Noreste	183	
Este-Oeste	29	29
Oeste-Este	0	
Noroeste-Sudeste	6	8
Sudeste-Noroeste	2	
Total		340

Tabla 3.35. Tabla resumen de direcciones preferidas de paso por la región del espacio aéreo de estudio

Cabe destacar que existen vuelos que, compartiendo el mismo origen y destino, se encuentran clasificados en diferentes grupos según los puntos de paso del contorno. Se destacan dos casos distintos de este hecho.

Por un lado, se ha visto que se da en vuelos inversos (por ejemplo Sevilla-París y París-Sevilla). Estos vuelos han transitado por unos puntos de paso u otros influidos principalmente por el sentido de las rutas de navegación española.

Por otro lado, existen algunos casos en los que siendo el sentido de vuelo el mismo se poseen dos opciones de rutas que pasan por diferentes puntos de paso del contorno de la región de estudio, los cuales no están situados próximos. Esto refleja que la ruta no está totalmente fijada y puede encontrarse unas nuevas rutas que atraviesen el espacio aéreo de las restricciones que se adapten más a sus necesidades diarias, dependiendo por ejemplo de las condiciones atmosféricas o el estado de saturación del espacio aéreo. Un ejemplo de ello es el vuelo Tenerife-Holanda, cuya ruta pasa por ELVAR o por OSLEP-TLD. Esta última opción es más beneficiosa para el proveedor de navegación aérea español porque supone más recorrido por el espacio aéreo español y por tanto, aporta mayores ingresos económicos para el proveedor de servicios de navegación aérea. También se aprecia que en el día 2 de marzo de 2019 existen pares de vuelos con esta misma situación, rutas que comparten el mismo origen y destino y en el mismo sentido de vuelo, clasificadas en diferentes grupos, pero en este caso uno de los grupos de clasificación corresponde a los puntos de paso de una ruta condicional. Se destacan dos ejemplos que corresponden a dos de las rutas condicionales que existen en el espacio aéreo de estudio, analizadas en puntos previos:

- Los vuelos Sevilla-Edimburgo donde uno de ellos posee una trayectoria que pasa por TLD y otro de ellos por el tramo de la UM30 (CDR2) entre PARKA y MELON.
- Los vuelos Málaga-Santiago de Compostela pasan por el punto de paso TLD una de ellas y otra opción por ROSAL, que indica que toma la ruta por la UM744 (CDR2).

Esto último implica que las rutas condicionales son útiles cuando están disponibles, puesto que en otro caso, se podrían haber planificado las trayectorias por rutas del contorno siempre disponibles, las cuales no se ven afectadas por las condiciones de uso de las restricciones. En el ejemplo anterior esto correspondería con seguir empleando la ruta de TLD en ambos casos. Por tanto, se pone en manifiesto la idea introducida en el punto 2.3

sobre la obtención de ciertos beneficios del uso las rutas condicionales, que deben corresponder con ahorro de distancia recorrida y tiempo.

Lo anterior demuestra la necesidad de disponer mejores conexiones por la región del espacio aéreo analizado para satisfacer al tráfico aéreo. Esto es alcanzado a través del diseño de nuevas rutas que atraviesen las restricciones.

4 DISEÑO DE LA RED DE RUTAS

Para el diseño de la nueva red de rutas se parte de dos redes iniciales, una para cada día analizado. Estas sirven de base para añadir las nuevas rutas diseñadas. Las redes iniciales son distintas para cada día porque pertenecen a ciclos AIRAC diferentes. La configuración del espacio aéreo cambia cada 28 días, generándose entonces un nuevo ciclo periódicamente. Las redes iniciales se construyen a partir de las redes de rutas proporcionadas por DDR. Éstas se amplían, por motivos que se describen en el punto 4.1, con los enlaces presentes en los planes de vuelo de las trayectorias correspondientes a los dos días analizados. Finalmente, se eliminan las rutas condicionales CDR2 establecidas a través de las restricciones bajo estudio para simular que no están disponibles.

Las nuevas rutas se han diseñado basándose en dar respuesta a las direcciones preferidas de paso de los vuelos, obtenidas anteriormente. Las rutas incluidas se consideran de tipo CDR1 y disponibles las 24 horas. Al considerarse navegación RNAV, las rutas pueden trazarse por donde se desee, tal y como se comentó previamente.

Se han elaborado dos diseños de rutas nombrados como diseño 1 y diseño 2. En cada diseño se han añadido conjuntos de rutas nuevas o modificaciones a las existentes. Ambos diseños se aplican iguales a las redes iniciales de los dos días. Por tanto, se obtienen dos redes modificadas en cada uno de los días estudiados.

En la figura 4.1 se aprecia de forma esquemática el proceso de obtención de las redes modificadas. La designación de las redes obtenidas es:

Red modificada 1.1. Aplicación del diseño 1 a la red inicial del día 27 de octubre de 2018.

Red modificada 1.2. Aplicación del diseño 2 a la red inicial del día 27 de octubre de 2018.

Red modificada 2.1. Aplicación del diseño 1 a la red inicial del día 2 de marzo de 2019.

Red modificada 2.2. Aplicación del diseño 2 a la red inicial del día 2 de marzo de 2019.

Estas redes de rutas son diferentes al ser las redes iniciales de cada día distintas, puesto que parten de ciclos AIRAC no coincidentes y poseen conexiones generadas por los planes de vuelo, y se añaden nuevas conexiones.

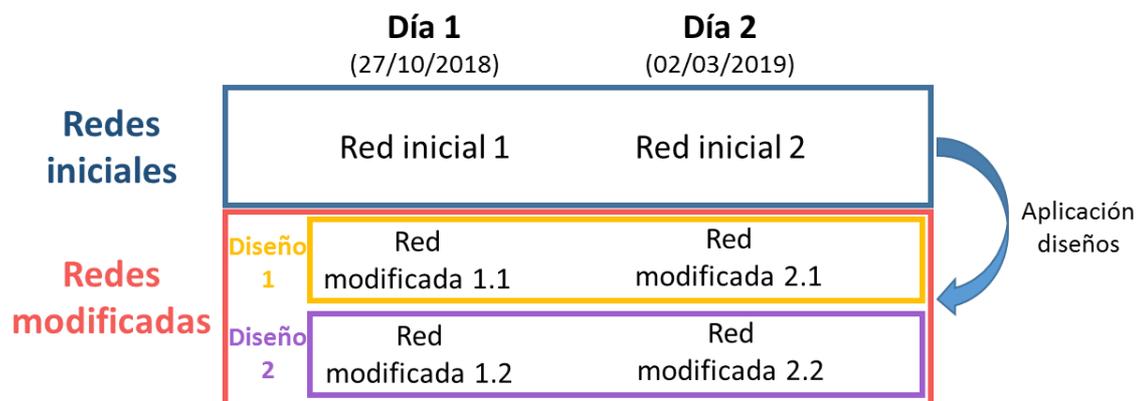


Figura 4.1. Esquema de obtención redes modificadas

4.1 Redes iniciales

Para la construcción de las redes iniciales se parte de los datos proporcionados por la base de datos DDR de Eurocontrol correspondientes a los ciclos AIRAC 1811 para el día 27/10/2018 y 1903 en el día 02/03/2019. En ellos aparece la información sobre los puntos de paso (nombre, latitud y longitud), enlaces que se establecen entre estos puntos y los aeropuertos (expresados por su código OACI) que se consideran en la red.

Se ha realizado tres importantes modificaciones de las redes de conexiones proporcionadas por DDR. Estas son las expuestas a continuación:

1. Se han preprocesado las redes iniciales para añadirles las conexiones de los planes de vuelo. Las redes proporcionadas por DDR no estaban preparadas para ser empleadas en los cálculos de optimización realizados posteriormente; algunos de los enlaces que la componían llegaban a un punto muerto, es decir, dejaban de conectarse con otros puntos de paso. Esto conllevaba situaciones de imposibilidad de hallar solución al problema de encontrar caminos entre ciertos orígenes y destinos. Para solventar esta situación se ha optado por ampliar la red con los enlaces de las trayectorias planificadas para cada uno de los días, como se indicó anteriormente. Se supone que aquellas conexiones que aparecen en las trayectorias planificadas estuvieron realmente disponibles. Esto ha conllevado un preprocesado de las redes en el que se ha ido barriando todos los planes de vuelo de cada día y se han añadido aquellos enlaces que no se encontraban en la red. En ciertos casos, ha sido necesario añadir puntos de paso no existentes entre los de las redes de los archivos de DDR. Este cálculo se ha realizado de forma independiente para cada uno de los días analizados.
2. Añadir los aeropuertos como puntos de paso puesto que permite facilitar el cálculo de optimización masivo posterior. En versiones previas del optimizador empleado en este trabajo se debía indicar de forma manual los puntos de paso de las SID o STAR asociados a cada aeropuerto de origen y destino respectivamente para cada vuelo, los cuales están establecidos en el fichero de DDR para el ciclo AIRAC correspondiente. Para poder realizar este cambio a forma automática se ha incluido la lectura de estos ficheros de aeropuertos con sus puntos de paso de las SID y STAR, añadiéndose las conexiones entre estos puntos a los enlaces existentes en la red. Previamente, ha sido necesario incluir también los aeropuertos como puntos de paso a la red disponible generada con el archivo del ciclo AIRAC que ha sido provisto. Además, ciertos puntos de paso de las SID y las STAR han sido incluidos también al no encontrarse tampoco entre los puntos de la red inicial, como les ocurre a los aeropuertos. Este proceso se vuelve a realizar de forma independiente en cada uno de los días analizados.
3. Eliminación de las rutas CDR2 que atraviesan el espacio aéreo de estudio indicadas en la sección de descripción de la región analizada (Punto 2.3.2 Rutas en el interior). La razón es como se ha visto en el análisis de tráfico, muy pocos vuelos las usan (14 vuelos el día 27/10/2018 y 7 vuelos el día 02/03/2019) por lo que no deben estar disponibles la mayor parte del tiempo. Posteriormente al incluirse en las redes modificadas se puede obtener los vuelos que se ven beneficiados por la disponibilidad de paso por estas aerovías. Se han eliminado los enlaces correspondientes a las aerovías UM744 entre ROSAL y SANTA, UZ180 entre MELON-USIBA y USIBA-OXACA y UM30 entre PARKA-MELON.

4.2 Diseños propuestos

Las nuevas rutas incluidas en los diseños se han seleccionado en función a las direcciones preferidas de paso identificadas en la clasificación de los vuelos. Se ha intentado cumplir todos los requisitos de las direcciones obtenidas, pero se ha dado mayor importancia a aquellas direcciones que pueden servir a un mayor número de vuelos (noreste y sudoeste o viceversa y norte a sur o viceversa) según los resultados que se obtuvieron. En la disposición de las aerovías se ha tenido en cuenta las limitaciones de la red española existentes en el entorno, lo cual ha imposibilitado cumplir con las rutas estrictamente en los sentidos deseados, llegando a ser imposible el establecimiento de una ruta en dirección este-oeste en ambos sentidos.

Se han propuesto dos diseños de rutas para comprobar cual opción es más adecuada para hacer frente a las necesidades de los vuelos. La diferencia entre los dos diseños es una única aerovía en cada uno. Estas dos aerovías diferentes proponen formas distintas de adaptarse a una de las direcciones preferidas de paso de las trayectorias analizadas por el espacio aéreo de las restricciones, en concreto la dirección más numerosa, noreste-

sudoeste. Una de estas rutas surge siguiendo el consejo de ENAIRE, fruto de la experiencia sobre los flujos de tráfico aéreo y del conocimiento de las necesidades existentes en el espacio aéreo.

Los dos diseños son descritos en los subapartados siguientes.

4.2.1 Diseño 1

En este diseño se han añadido 7 conexiones nuevas entre los puntos de paso de la región del espacio aéreo en consideración. Se ha establecido una aerovía nueva y dos modificaciones de las direcciones de las rutas condicionales existentes que atraviesan las restricciones. Además se cambian las aerovías tipo CDR2 a CDR1 que se encuentran por la región analizada, según se estableció anteriormente. Los cambios introducidos se reflejan en cuatro rutas que se presentan a continuación:

- Aerovía 1. Es una aerovía nueva que conecta LASIB-TLD. Es bidireccional con niveles pares en sentido LASIB-TLD e impares en sentido TLD-LASIB.
- Aerovía 2. Corresponde con una ruta CDR2 bidireccional entre ROSAL-SANTA. Se pasa a considerar CDR1.
- Aerovía 3. Corresponde con una ruta CDR2 unidireccional entre MELON-USIBA-OXACA con niveles impares. Se pasa a considerar CDR1. Además de añade el sentido opuesto de navegación OXACA-USIBA-MELON con niveles de vuelo pares.
- Aerovía 4. Corresponde con una ruta CDR2 unidireccional entre HIJ-PARKA-MELON con niveles de vuelo pares. Se pasa a considerar CDR1. Además de añade el sentido opuesto de navegación MELON-PARKA-HIJ para niveles impares. También se añade la conexión HIJ-VULPE unidireccional con niveles impares.

Estas conexiones intentan abastecer a las direcciones de paso de vuelos por la región noreste-sudoeste e inversamente a través de la aerovía 1 y norte-sur junto a noroeste-sudeste y sus sentidos opuestos con las aerovías 3 y 4. La distribución de todas estas aerovías se pueden observar en la figura 4.2.

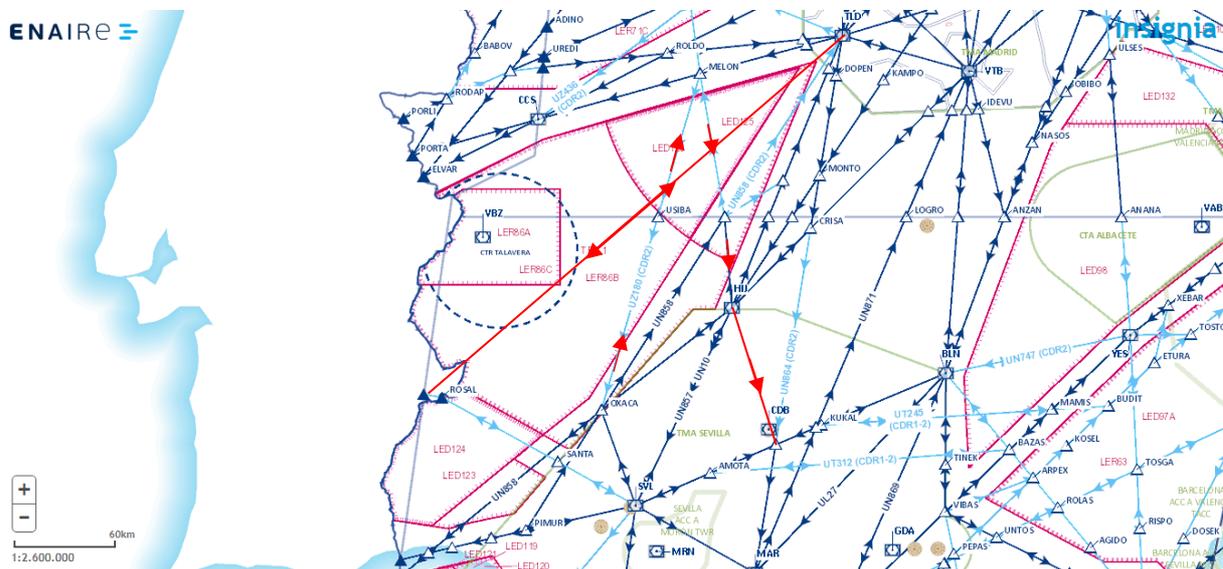


Figura 4.2. Diseño 1

Se debe indicar que es complicado implementar la conexión HIJ-VULPE debido a la sectorización del espacio aéreo, como fue clarificado por ENAIRE. La razón se debe a que el punto de paso VULPE es un punto de la STAR del aeropuerto de Málaga, pero el sector de control del que provienen los vuelos no es el que gestiona el permiso de entrada en este punto. El uso de esta conexión puede generar un mayor número de vuelos, lo cual provoca mayor carga de trabajo para los controladores aéreos. Sin embargo, se ha mantenido en el estudio con vistas al futuro rediseño de la red de rutas españolas que proyecta en las llegadas a Málaga una configuración de tipo parrilla. Esto podría eliminar el problema de congestión por el posible incremento de vuelos que lleguen a este punto atraídos por la nueva conexión.

4.2.2 Diseño 2

Este diseño es similar al anterior. Por consejo de Enaire se elimina la aerovía 1 y se añade una nueva, la aerovía 5 cuyas características son las indicadas a continuación.

- Aerovía 5. Se establece entre PESAS-TLD. Es unidireccional en el sentido según se ha nombrado y con niveles de vuelos pares.

Esta nueva aerovía incluida tiene el fin de servir a los vuelos que se determinaron con dirección de paso preferida sudoeste a noreste por la región del espacio aéreo analizado. Corresponde con la clasificación, presentada previamente, de mayor número de vuelos supuestos beneficiados por esta dirección al poder atravesar la región analizada. Se puede visualizar la descripción realizada en la figura 4.3.

En contra, posee el inconveniente de formar un ángulo muy pequeño con la aerovía UN858 en su enlace en TLD, lo cual puede suponer una dificultad añadida a los controladores para gestionar las aeronaves que transitan por este punto. Se podría complicar el mantenimiento de la distancia de separación requerida entre las aeronaves.

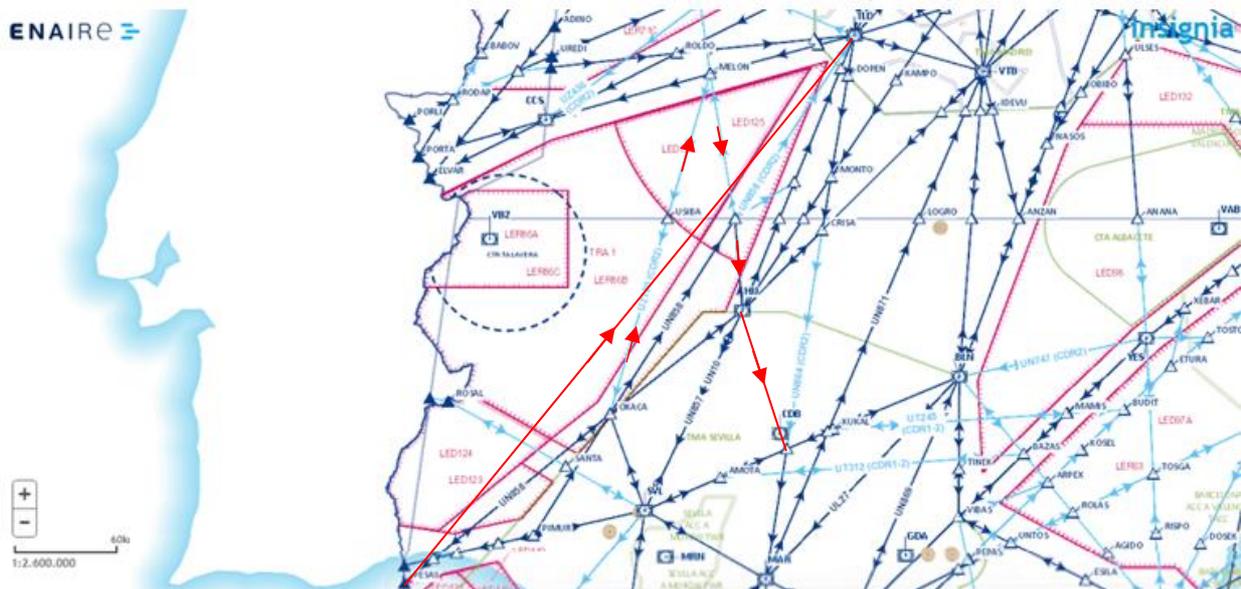


Figura 4.3. Diseño 2

De forma general, los niveles de vuelos par o impares especificados para cada una de las nuevas conexiones añadidas en ambos diseños no tienen impacto en los cálculos posteriores realizados. Simplemente clarifican la integración de las mismas en la red existente. Por ello, se han determinado estos niveles para los sentidos impuestos según el estudio de las rutas del entorno de esta región analizada, presentado en las secciones iniciales de este trabajo (Punto 2.3 Rutas aéreas) y complementado con una visión general de la red de rutas española. Se ha seguido el patrón existente, el cual consiste en niveles pares para los sentidos de las aerovías que van hacia el norte y niveles impares para los sentidos hacia el sur.

5 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA RED DE RUTAS

Se debe evaluar la validez de las redes de rutas elaboradas y reflejar su adecuada adaptación a las necesidades de los flujos de tráfico aéreo detectados. Este fin se alcanza a través de la optimización de los vuelos empleando las tres redes de rutas de cada día (una inicial y dos modificadas), presentadas en la sección anterior. Este proceso se realiza para los días 27/10/2018 y 02/03/2019 de forma independiente.

La optimización de las trayectorias de los vuelos de cada día ayudará a confirmar la cantidad que se pueden ver beneficiados de la disponibilidad de paso por las restricciones del espacio aéreo LER86, LED124 y LED126.

Se evalúan todos los vuelos registrados en cada día para comprobar si existen nuevos vuelos que podrían verse ahora beneficiados por las mejoras en la red de navegación por la región analizada, aunque éstos no hayan sido considerados en el análisis de tráfico presentado en la Sección 3 por no poseer trayectorias planificadas por los puntos del contorno de la región bajo estudio.

5.1 Modelo de optimización

La optimización de trayectorias empleada busca una ruta entre un origen y un destino que minimice la distancia. No se tienen en cuenta aspectos económicos como de tasas aéreas de sobrevuelo o el precio del combustible y tampoco fenómenos atmosféricos.

La optimización se basa en la resolución de un problema de programación lineal entera (ILP del inglés Integer Linear Programming) que puede ser expresado como:

$$\begin{cases} Ax = B \\ \text{Sujeto a } \min(\text{Link_distance} \cdot x) \end{cases}$$

Donde cada una de las variables poseen los significados siguientes:

A es una matriz cuyos componentes pueden tomar los valores 0, 1 y -1. Cada fila corresponde a un punto de paso de los existentes en la red y las columnas corresponden a los enlaces disponibles. El valor 0 indica que el punto de paso no aparece en el enlace, el valor 1 significa que el punto de paso en el enlace es de salida y el valor -1 que el punto de paso es de llegada en el enlace. Por ejemplo, si el enlace de puntos de paso fuera 3-4, al 3 le correspondería un 1 y al 4 un -1 puesto que se permite el vuelo desde el 3 hasta el 4.

Como aclaración se presenta el siguiente ejemplo práctico para demostrar cómo se forma la matriz A . Si se dispusiera de 4 puntos de paso en la red designados como 1, 2, 3 y 4 y se tuvieran las siguientes conexiones posibles mostradas en forma matricial, donde la columna primera indica el punto de salida y la segunda columna el de llegada:

$$\text{link} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 4 \\ 2 & 1 \\ 2 & 3 \\ 3 & 1 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}$$

Entonces la matriz A que se genera asociada a estos enlaces, teniendo en cuenta que se tienen 4 nodos y 6

conexiones, es:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

B es un vector columna de longitud igual al número de puntos de paso disponibles en la red, formado por ceros excepto un 1 en la posición del nodo de origen y un -1 en la posición del nodo de destino.

Link_distance es un vector columna de longitud igual al número de enlaces y que contiene la distancia entre los puntos de paso de cada una de las conexiones existentes. Esta distancia se calcula como la distancia loxodrómica, es decir, con líneas de rumbo constante y sobre una esfera de dimensión el radio de la tierra (6371 km) más una altitud de 11784 m que corresponde con un nivel de vuelo de crucero en el espacio aéreo superior.

x es el vector de decisión que indica los puntos de la red que componen la trayectoria optimizada. Tiene como longitud el número de enlaces disponibles en la red y está formado por los valores 0 y 1. El valor 1 indica que el punto forma parte de la trayectoria y el valor 0 por el contrario no forma parte de ella.

Para obtener la ruta que sigue la aeronave indicando los puntos de paso por los que pasa, se multiplica la fila de A en la posición del nodo inicial por cada valor de x y la posición en la que el resultado sea mayor a 0 indica la fila del enlace que se toma. El punto siguiente se genera del valor de la segunda columna de la matriz de enlaces existentes que se encuentra en la fila del valor obtenido. Este punto de paso pasa a ser el nuevo inicial, para poder seguir calculando los siguientes puntos de paso.

La realización del optimizador no ha sido el objeto de este trabajo, al haber sido proporcionado por el profesor Antonio Franco. Sin embargo, se ha requerido comprender su modo de funcionamiento con el objetivo de adaptarlo al estudio del problema tratado.

Al tratarse un elevado número de vuelos, puesto que se optimizan 28.916 en el día 27/10/2018 y 24.641 en el día 02/03/2019, se ha introducido un criterio que permite la eliminación de aquellos vuelos que no tienen ninguna posibilidad de pasar por el espacio aéreo analizado. El objetivo principal es disminuir el tiempo de cálculo. Para ello, no se consideran para optimizar los vuelos cuyos orígenes y destinos se sitúan:

- En longitudes mayores que el extremo más oriental de la región de uso restringido.
- En longitudes menores que el extremo más occidental de la región de uso restringido.
- En latitudes mayores que el extremo más al norte de la región de uso restringido.

No se ha impuesto límite inferior en las latitudes porque puede que las rutas de menor distancia correspondan en la red con curvas hacia el hemisferio norte.

Otra medida para reducir el tiempo de optimización ha sido determinar los vuelos con mismo origen y destino y, en caso que ya hubieran sido optimizados con anterioridad, tomar esa solución.

Además se han tenido inconvenientes en la optimización con algunos vuelos. Se trata de vuelos que tienen el mismo aeropuerto como origen y destino o vuelos con origen o destino identificado como ZZZZ. Estos últimos son vuelos con origen o destino sin identificar y muchos de ellos están formados por una media de 4 tramos en el plan de vuelo. Se ha solucionado el problema descartándolos de la optimización.

Se optimiza tres veces los vuelos para cada día, que corresponde a cada una de las redes modificadas y la inicial. Por tanto, se optimiza en total 6 veces. Se obtiene en cada optimización: los vuelos que son eliminados de la optimización al cumplir algunas de las condiciones indicadas previamente, la distancia optimizada, el camino de puntos de paso que siguen las trayectorias optimizadas, y la cantidad de vuelos repetidos de cada vuelo con mismo origen y destino. Los resultados obtenidos de las dos redes modificadas se comparan con las redes iniciales en los dos días, para determinar cuáles son los vuelos que se ven afectados por las nuevas conexiones a través de la región de estudio. Esto se establece mediante los vuelos cuya distancia mínima en la trayectoria optimizada se ve reducida en las redes modificadas respecto a las distancia en la trayectoria de la red inicial.

De forma visual y aclaratoria, el proceso seguido en la optimización se muestra en el diagrama de la figura 5.1.

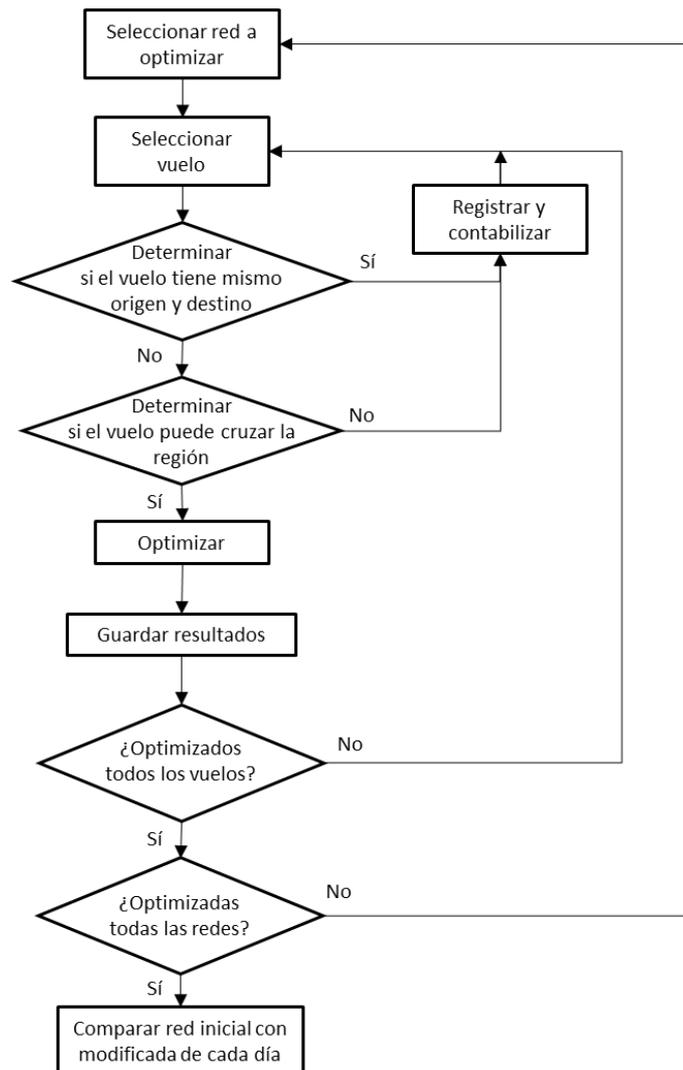


Figura 5.1. Diagrama de proceso seguido en la optimización

5.2 Indicadores de mejora

La evaluación de los beneficios de los diseños se basan en dos indicadores: reducción de la distancia recorrida y variación en las unidades de servicio. Se centra la valoración en los vuelos cuyas trayectorias emplean las nuevas rutas diseñadas, los cuales son considerados como afectados por las modificaciones realizadas en la red.

A continuación, en los subapartados siguientes se explica cada uno de los indicadores.

5.2.1 Distancia recorrida

Con las distancias recorridas de las trayectorias optimizadas se calcula la diferencia de distancias entre la obtenida en la red inicial y las modificadas. Los vuelos en los que esta distancia se vea reducida son los considerados como afectados por el nuevo diseño. Esto es debido a que si se emplean estas nuevas aerovías es porque consiguen una reducción de distancia en la trayectoria, al optimizarse la distancia. En otro caso seguirían el mismo camino optimizado que en la red inicial puesto que solo se ha modificado las nuevas conexiones en las redes modificadas respecto a la inicial.

Estos ahorros se muestran de forma individual, para cada vuelo afectado y en conjunto, para cada una de las nuevas rutas. Estos valores se obtienen como la suma de la disminución de distancia de los vuelos que pasan por cada aerovía modificada.

5.2.2 Unidades de servicio

Las mejoras conseguidas con el uso del espacio aéreo analizado por los vuelos civiles no solo deben conllevar la reducción de distancia recorrida por los vuelos (aspecto beneficioso para las compañías aéreas), sino que también debe reflejar un cambio favorable para el proveedor de navegación aérea español medido a través de las unidades de servicio (N). Este parámetro es en el que se basa el proveedor de servicios de navegación aérea en España para calcular las tasas por el servicio de navegación aérea en ruta. La fórmula para obtener las unidades de servicio es:

$$N = d \cdot p$$

Donde:

d : coeficiente de distancia. Indica la distancia de vuelo realizada en el espacio aéreo español. Se obtiene dividiendo por 100 la distancia, expresada en kilómetros, entre entrada y salida del espacio aéreo. Se debe reducir en 20 km la distancia de los vuelos por cada origen o destino en espacio aéreo español.

p : coeficiente de peso. Se calcula con peso máximo certificado al despegue de la aeronave (en inglés Maximum Take Off Weight, MTOW) indicado en el certificado de aeronavegabilidad, en el manual de vuelo o en cualquier otro documento oficial equivalente. Se expresa en toneladas. Su cálculo se realiza con la siguiente expresión:

$$p = \sqrt{\frac{MTOW}{50}}$$

Para obtener el coeficiente de distancia ha sido necesario determinar los puntos de paso de entrada y salida de las trayectorias optimizadas con la red inicial y modificada de los vuelos afectados en el espacio aéreo español. Los valores de los pesos que se han empleado son los indicados en Skybrary [22]. Esta es una página web creada por EUROCONTROL y que posee como socios a OACI.

Se vuelven a comparar estos valores, obtenidos de los resultados de las trayectorias optimizadas, para cada una de las redes modificadas frente a la red inicial. Se realizan los cálculos solo para los vuelos afectados que emplean las nuevas conexiones diseñadas en cada día.

6 RESULTADOS

En este punto se presentan los resultados obtenidos tras la optimización de los vuelos para cada día. Se van a indicar aquellos vuelos que se ven afectados por las nuevas rutas de paso por el espacio aéreo de estudio (LER86, LED124 y LED126). Para ello, se diferencia entre los dos diseños aplicados, especificando para los dos días estudiados.

En las figuras de las trayectorias mostradas en la presente sección se sigue el criterio de colores mostrados en la leyenda de la figura 6.1. En las imágenes se representan de forma comparativa las trayectorias del plan de vuelo y las optimizadas con la red inicial y las dos modificadas.

Leyenda	
	Contorno región estudio
	Ruta optimizada red modificada
	Ruta optimizada red inicial
	Ruta planificada

Figura 6.1. Leyenda de figuras representación comparativa de trayectorias

Previo a la exposición de los resultados globales, se muestran las trayectorias obtenidas para ciertos vuelos particulares. Se ha considerado adecuado el criterio de semejanza entre las trayectorias planificadas y las optimizadas a través de la inspección visual de la representación de las mismas. La razón que verifica esta validez se debe a que si ambas coinciden, el cálculo de optimización aproxima la realidad de la operación del tráfico aéreo. En la mayoría de los vuelos se puede observar que ciertos tramos son coincidentes entre las tres trayectorias: planificada, optimizada con red inicial y optimizada con red modificada (figuras 6.2, 6.3 y 6.4). Los tramos diferentes se asumen que son debidos a la disponibilidad de los cambios en las rutas y nuevas conexiones en el caso de la red modificada o, a la posible aplicación de otros criterios de las compañías aéreas para planificar las trayectorias.

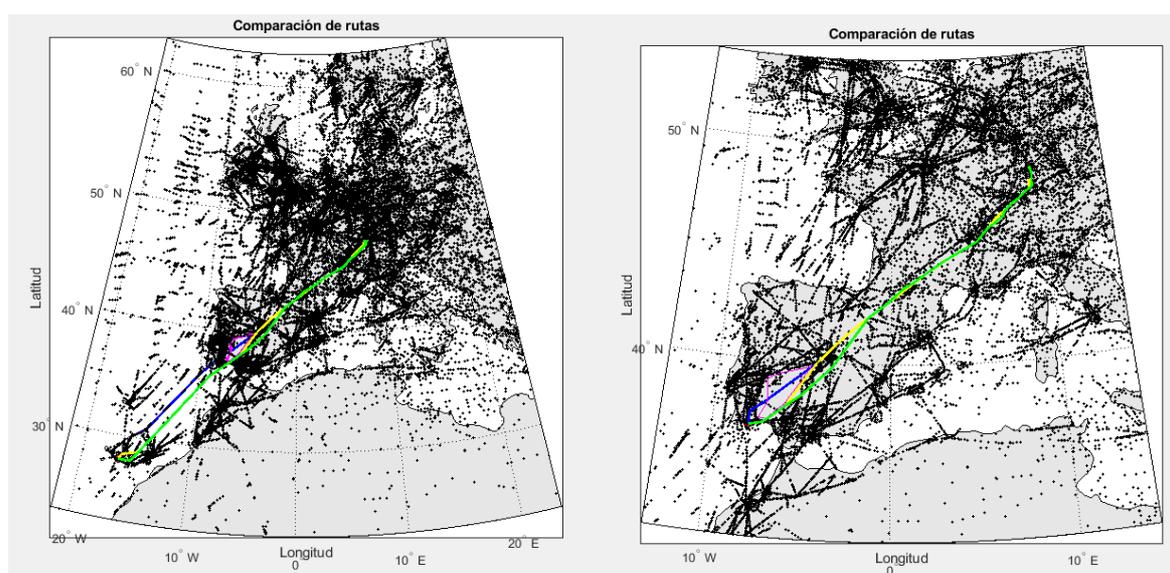


Figura 6.2. Vuelo GCTS-LSZH día 27/10/2018 a la izquierda y vuelo LPFR-EDDS día 02/03/2019 a la derecha para diseño 1

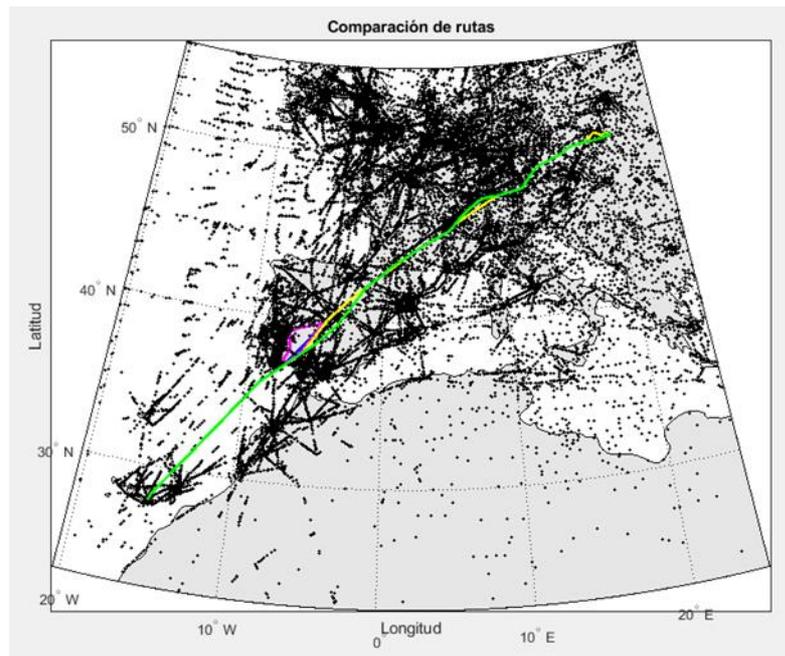


Figura 6.3. Vuelo GCLP-EPKK día 27/10/2018 para diseño 2

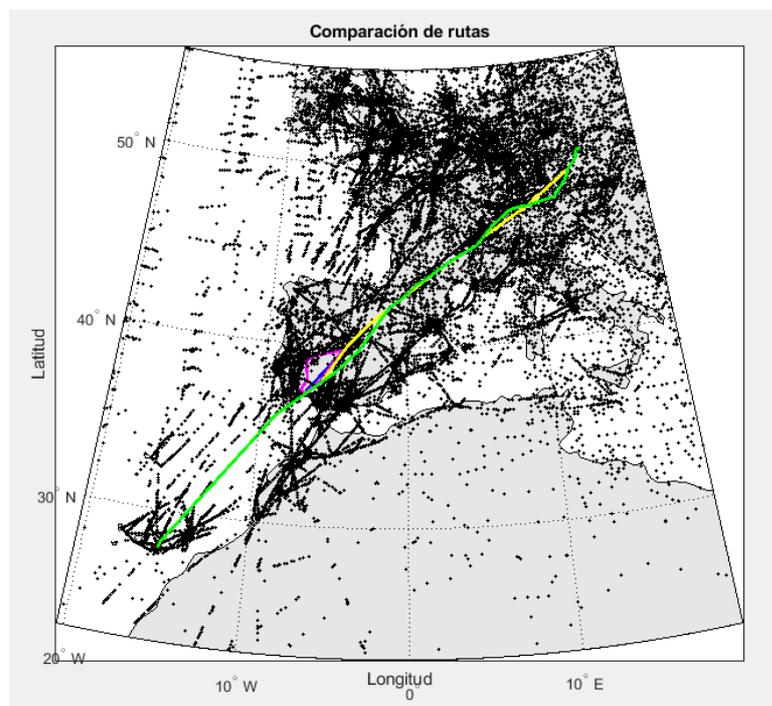


Figura 6.4. Vuelo GCLP-LKPR día 02/03/2019 para diseño 2

Incluso existen ciertas trayectorias planificadas y optimizadas en la red inicial (figuras 6.5 y 6.6) que son idénticas, lo cual demuestra que la planificación que realizan las aerolíneas muestra un deseo de disminuir la distancia recorrida. La optimización en la red modificada no será nunca igual a la trayectoria planificada puesto que se poseen otras conexiones disponibles que han sido añadidas, las cuales no existen cuando se planificaron los vuelos. Como excepción a este comentario se tienen algunos vuelos en los que se ha planificado por las CDR2 de la región del espacio aéreo analizado, debido a que estuvieron disponibles para los periodos de tiempo en los que se realizaron los vuelos, y coinciden con la trayectoria de menor distancia.

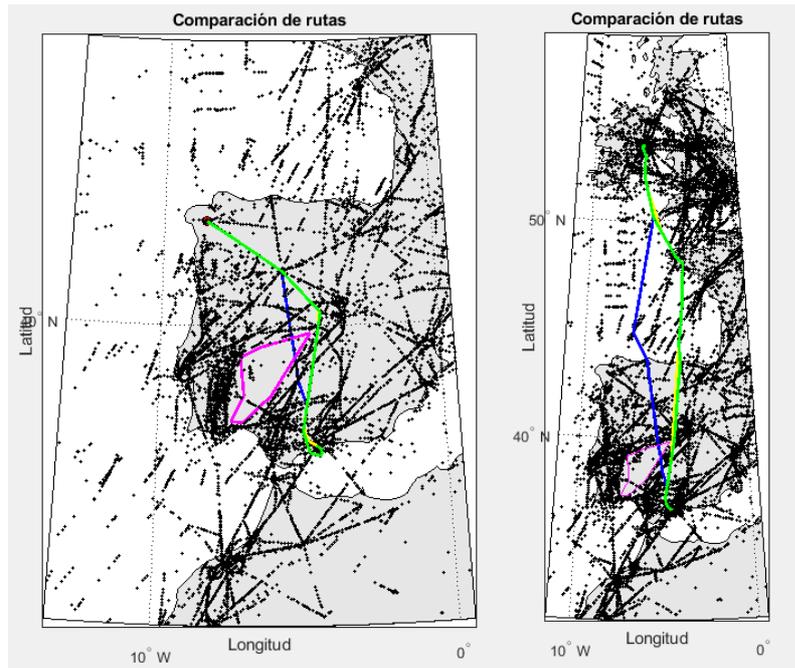


Figura 6.5. Vuelo LEST-LEMG día 27/10/2018 a la izquierda y vuelo EIDW-LEMG día 02/03/2019 a la derecha para diseño 1

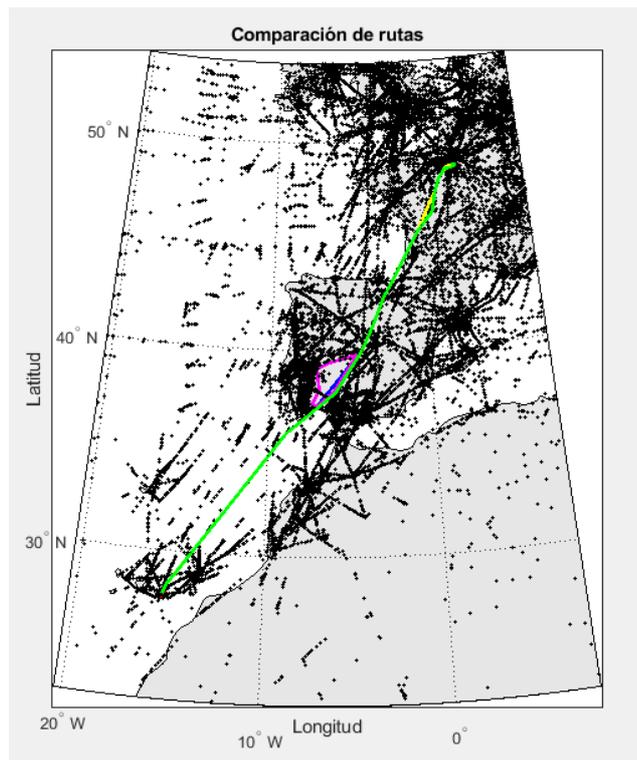


Figura 6.6. Vuelo GCLP-LFPO día 27/10/2018 para diseño 2

Aunque también se dan ciertos casos en los que las trayectorias son diferentes por completo comparando la del plan de vuelo y las optimizadas (figuras 6.7 y 6.8), lo cual se puede justificar por el hecho presentado anteriormente, sobre los criterios que siguen en las aerolíneas para seleccionar la ruta sea otro diferente a la distancia. Además se debe tener en cuenta el efecto de las nuevas conexiones posibles sobre la región de estudio, para el caso que la ruta planificada y la modificada sean las diferentes (figura 6.9).

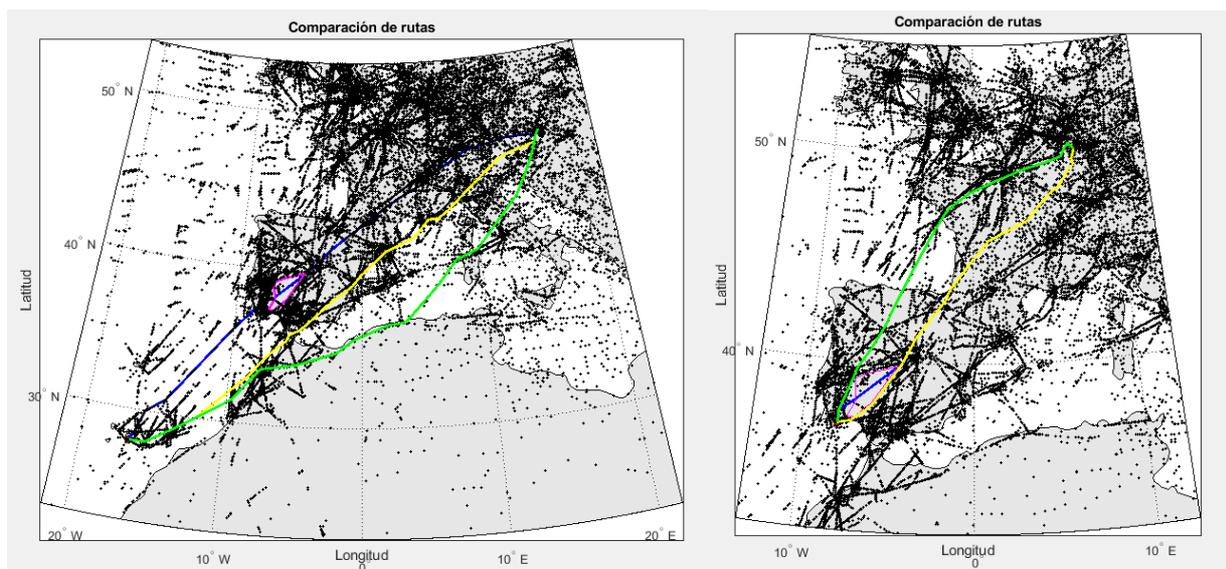


Figura 6.7. Vuelo GCTS-LOWW 27/10/2018 a la izquierda y vuelo LPFR-EDFH día 02/03/2019 a la derecha para diseño 1

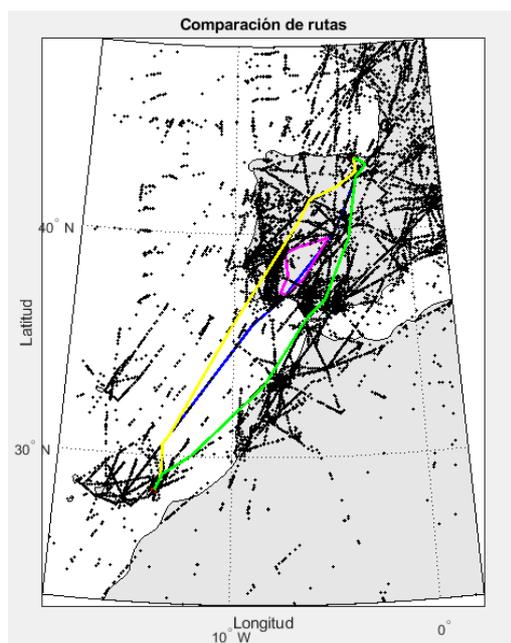


Figura 6.8. Vuelo GCFV-LEBB día 27/10/2018 para diseño 2

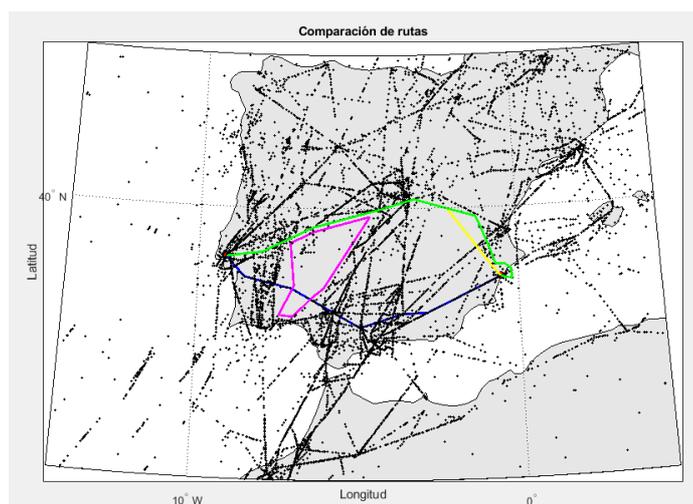


Figura 6.9. Vuelo LPPT-LEAL día 02/03/2019 para diseño 2

6.1 Diseño 1

Tras las simulaciones se obtiene que el diseño 1 beneficia a 67 vuelos el día 27/10/2018 y a 36 vuelos el día 02/03/2019. Se han obtenido al comparar los resultados de las optimizaciones entre las redes iniciales y las modificadas generadas por el diseño 1 (redes modificadas 1.1 y 2.1).

En la sección 3 se identificaron 193 vuelos el día 27/10/2018 y 118 vuelos el día 02/03/2019 que podrían verse beneficiados por un rediseño de la red (se han descartado los vuelos con direcciones preferidas este-oeste, pues las redes diseñadas no favorecen a estos vuelos). Se puede comprobar que el orden de magnitud entre los números de vuelos obtenidos y supuestos es razonable, siendo los supuestos superiores al ser una cuantificación inicial realizada por inspección visual. Esto es otra muestra de la validez de los resultados obtenidos de la optimización.

Los vuelos afectados en cada uno de los días se muestran seguidamente en las tablas 6.1 y 6.2 donde se muestran los aeropuertos conectados (los aeropuertos se describen mediante sus códigos OACI, los cuales se recogen en el Anexo A del presente trabajo). Se especifica la aerovía que emplean, la distancia que ahorra el paso por ella en comparación con la optimización con la red inicial y la diferencia en las unidades de servicio. En el caso de la diferencia de distancia el signo es positivo puesto que solo se reduce la distancia, pero para las unidades de servicio aparecen signos negativos y positivos. Si el valor es positivo indican que se aumentan las unidades de servicio en el espacio aéreo español (aspecto beneficioso) y si es negativo que se pierden. Más información sobre el cálculo de las unidades de servicio se detalla en las tablas presentes en el Anexo C.

27/10/2018							
Origen	Destino	Cantidad	Modelo Aeronave	MTOW (Tn)	Diferencia distancias (Km)	Diferencia unidades de servicio	Aerovía
PFR	EDDS	1	A319	6,40E+01	1,10E+00	0,00	1
EIDW	LEMG	7	B738	7,05E+01	1,18E+01	0,93	4
EGAA	LEMG	4	B738	7,05E+01	1,18E+01	0,93	4
LEZL	LPPT	3	AT76	2,30E+01	5,72E+01	0,00	2
LEZL	EIDW	1	B738	7,05E+01	2,26E-02	0,00	3
LPFR	LFSB	1	A320	7,35E+01	1,10E+00	-1,11	1
GCTS	EDDM	3	A321	8,90E+01	6,60E+00	-1,47	1
LEMG	LEST	1	B738	7,05E+01	5,41E+01	-4,65	2
GCTS	UUJEE	2	A333	2,30E+02	6,60E+00	-2,36	1
LPPT	LEAL	1	AT76	2,30E+01	1,36E+01	-0,03	2
EIDW	LEZL	1	B738	7,05E+01	3,37E+01	0,53	3
GCTS	EDJA	1	B738	7,05E+01	6,60E+00	-1,31	1

LPPT	LEZL	3	AT76	2,30E+01	5,97E+01	0,00	2
LPFR	EDDT	1	A320	7,35E+01	1,10E+00	-1,11	1
LPFR	LFJL	1	C680	1,37E+01	1,00E+00	-0,48	1
LPFR	LSZH	1	A320	7,35E+01	1,10E+00	-1,00	1
LEAL	LPPT	1	AT76	2,30E+01	2,46E+01	-0,03	2
LPFR	LFPO	3	A320	7,35E+01	1,10E+00	-1,13	1
LPFR	EDDF	3	A321	8,90E+01	1,10E+00	-1,22	1
GCTS	LIMC	1	A320	7,35E+01	6,60E+00	-1,34	1
GCTS	EDDS	1	B738	7,05E+01	6,60E+00	-1,31	1
LPBJ	LEZG	1	C130	7,03E+01	5,12E+00	0,88	1
LEZL	EGGD	1	A320	7,35E+01	2,26E-02	0,00	3
LPFR	EDJA	1	B738	7,05E+01	1,10E+00	-0,98	1
LEMG	LPPT	2	AT76	2,30E+01	5,78E+01	0,16	2
EICK	LEMG	2	A320	7,35E+01	3,94E+01	0,00	4
LPFR	EDFH	1	B738	7,05E+01	1,10E+00	-1,09	1
LPPT	LEMG	2	AT76	2,30E+01	5,16E+01	0,16	2
LPFR	LOWW	1	A320	7,35E+01	1,09E+00	-1,00	1
GCTS	EPMO	1	B738	7,05E+01	6,60E+00	-1,31	1
LPFR	EDDM	2	A321	8,90E+01	1,10E+00	-1,10	1
GCTS	LSZH	2	A320	7,35E+01	6,60E+00	-1,34	1
GCTS	LSGG	1	A320	7,35E+01	6,60E+00	-1,34	1
KPSM	LEMO	1	K35R	1,47E+02	6,74E+00	0,24	2
GCTS	LOWW	1	A320	7,35E+01	5,00E+00	-4,49	1
EINN	LEMG	1	A320	7,35E+01	3,94E+01	0,00	4
FQMA	LPPT	1	A343	2,75E+02	1,20E+01	10,30	2
LEST	LEMG	1	B738	7,05E+01	3,94E+01	0,00	4
EIKY	LEMG	1	E55P	7,95E+00	3,94E+01	0,00	4
GCTS	LFBO	1	A319	6,40E+01	6,60E+00	-1,25	1
DAAG	CYUL	1	A332	2,30E+02	4,04E+01	0,24	2
LPFR	LSGG	1	A320	7,35E+01	1,10E+00	-1,00	1
Total		67					

Tabla 6.1. Vuelos beneficiados por diseño 1 día 27/10/2018

02/03/2019							
Origen	Destino	Cantidad	Modelo Aeronave	MTOW (Tn)	Diferencia distancias (Km)	Diferencia unidades de servicio	Aerovía
LEVD	LEMG	1	B738	7,05E+01	3,94E+01	0,00	4
LPPT	LEAL	1	AT76	2,30E+01	2,49E+01	-0,03	2
LPFR	EDDF	2	A320	7,35E+01	1,09E+00	-1,11	1
LEMG	LEVD	1	B738	7,05E+01	6,02E+00	0,00	3
LPFR	LOWW	1	A319	6,40E+01	1,09E+00	-0,94	1
LEMG	EINN	1	B738	7,05E+01	5,21E+00	0,93	3
LEMG	LPPT	3	AT76	2,30E+01	5,31E+01	0,16	2
LPFR	EDDM	2	A320	7,35E+01	1,09E+00	-1,00	1
GMFF	LFRB	1	B738	7,05E+01	3,66E+01	0,41	3
LPPT	LEZL	2	AT76	2,30E+01	5,13E+01	-0,01	2
LEMG	LEST	1	B738	7,05E+01	4,61E+01	-4,65	2
LFRB	GMFF	1	B738	7,05E+01	1,00E+01	0,26	3
LPPT	LEMG	3	AT76	2,30E+01	5,13E+01	0,11	2
EINN	LEMG	1	B738	7,05E+01	3,65E+01	0,93	4
LPFR	LFBO	1	A320	7,35E+01	1,09E+00	-1,00	1
EGAA	LEMG	1	B738	7,05E+01	1,18E+01	0,93	4
LEAL	LPPT	1	AT76	2,30E+01	1,63E+01	-0,03	2
LEST	LEMG	1	B738	7,05E+01	3,94E+01	0,00	4

LEZL	LPPT	3	AT76	2,30E+01	5,25E+01	0,00	2
LPFR	LFOB	1	B738	7,05E+01	1,09E+00	-1,11	1
EIDW	LEMG	2	A321	8,90E+01	1,18E+01	1,04	4
LPFR	LFPO	1	A320	7,35E+01	1,09E+00	-1,13	1
LPFR	LSGG	1	CL30	1,70E+01	1,09E+00	-0,48	1
LPFR	EDFH	1	B738	7,05E+01	1,09E+00	-1,09	1
LPFR	EDDS	1	A319	6,40E+01	1,09E+00	-0,94	1
LPBJ	OMAM	1	C17	2,65E+02	5,61E+01	-11,15	2
Total		36					

Tabla 6.2. Vuelos beneficiados por diseño 1 día 02/03/2019

Se puede deducir de los orígenes y destinos de los vuelos beneficiados que corresponden con los supuestos en la clasificación de forma visual. Se dan vuelos entre Canarias y el centro y oeste de Europa y entre el sur de la península española y el oeste de Europa tanto centro como norte. Además de vuelos con origen en el sur de Portugal mayoritariamente hacia Europa del centro y oeste. También se ven algunas conexiones entre África (Marruecos) y Europa. Se comprueban que no se dan conexiones que fueron consideradas como no afectadas como son: las salidas y llegadas a Madrid; entre Málaga y centro y oeste de Europa, exceptuando los vuelos con Irlanda; Portugal y zonas al norte como Reino Unido y Marruecos con el centro de Europa.

El análisis del origen y destino que pasan por cada una de las aerovías en ambos días es el siguiente:

- **Aerovía 1** (TLD-LASIB y LASIB-TLD). Se dan vuelos con origen en Portugal (aeropuerto de Faro en su mayoría) o en Tenerife Sur cuyos destinos son al centro Europa (Alemania, norte de Italia, Austria, Suiza o este de Francia). El día 02/03/2019 solo se efectúan desde Faro.
- **Aerovía 2** (SANTA-ROSAL y ROSAL-SANTA). Se obtienen vuelos entre el sur de la península (Sevilla, Málaga o Alicante) o este de África (Maputo o Argelia) y Portugal (Lisboa) o Santiago de Compostela y uno a Canadá (27/10/2018). En el día 02/03/2019 además existe uno a Abu Dabi desde Portugal.
- **Aerovía 3** (OXACA-MELON y MELON-OXACA). Se poseen vuelos entre Sevilla y Reino Unido o Irlanda para el día 27/10/2018 y entre Málaga con Valladolid o Irlanda y Francia con Marruecos en el día 02/03/2019 (no presentes en el otro día).
- **Aerovía 4** (VULPE-MELON y MELON-VULPE). Formada con destino en Málaga y origen en Reino Unido, Irlanda, Valladolid o Santiago de Compostela.

Se han estudiado la relación entre los vuelos que se ven afectados cada día como un medio para comprobar la validez de los resultados. Si estos vuelos fueran muy diferentes podría demostrar un síntoma de error en los cálculos realizados. Se comprueba que la mayoría de los vuelos beneficiados se encuentran en los dos días (marcados en verde en las tablas 6.1 y 6.2). También existen vuelos en un día que no se dan en el otro día (marcados en color rosa en las tablas 6.1 y 6.2), es decir, son vuelos que solo se realizaron en uno de los días. Sin embargo, existen algunos vuelos (marcados en blanco en las tablas anteriores) que solo aparecen como beneficiados en uno de los días pero en otro día existen y no han sido afectados. Esto se ha determinado como consecuencia de que las redes son diferentes para cada uno de los días (las redes proporcionada por DDR pertenecen a diferentes ciclos AIRAC y fueron ampliadas con la información de los planes de vuelo para cada día).

En adición, se han obtenido vuelos nuevos que antes no aparecían en el paso por el contorno de la región. Estos son DAAG-CYUL, KPSM-LEMO y LPBJ-OMAM (estos dos últimos son vuelos militares efectuados como civiles al ser entre bases aéreas militares). Muestra la posibilidad de atraer nuevo tráfico de paso por el espacio aéreo español, ya que el primero de ellos no tenía en su plan de vuelo sobrevolar España. Como ejemplo, se puede observar en la figura 6.10 que la trayectoria planificada y la optimizada en la red inicial (colores verde y amarillo respectivamente) coinciden y ambas no pasan por la región del espacio aéreo estudiado. Sin embargo, la trayectoria optimizada (azul) en la red modificada por el diseño 1 emplea una de las aerovías incluidas.

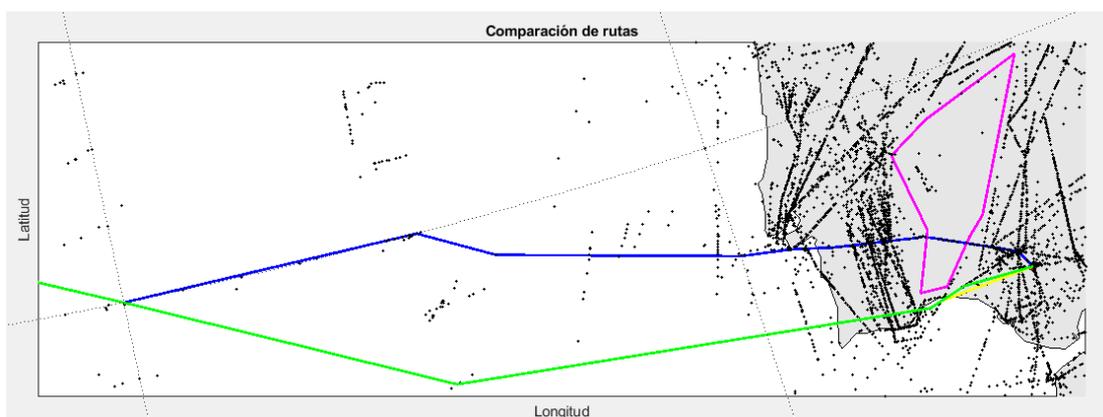


Figura 6.10. Comparación de rutas planificada y optimizadas con diseño 1 vuelo KPSM-LEMO día 27/10/2018

De forma resumida, las ventajas conseguidas relativas al ahorro de distancia y la variación de las unidades de servicio de los vuelos se recogen en la tabla 6.3. Se presentan los resultados para ambos días de forma conjunta, esto permite la comparación sencilla.

Día 27/10/2019

Aerovía 1 (TLD-LASIB y LASIB-TLD)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
32	61,83 (114,51)	-40,28

Aerovía 2 (SANTA-ROSAL y ROSAL-SANTA)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
16	389,2 (720,73)	6,70

Aerovía 3 (OXACA-MELON y MELON-OXACA)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
3	18,22 (33,75)	0,53

Aerovía 4 (OXACA-MELON y MELON-OXACA)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
16	176,46 (326,77)	10,18

Día 02/03/2019

Aerovía 1 (TLD-LASIB y LASIB-TLD)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
11	6,46 (11,97)	-10,91

Aerovía 2 (SANTA-ROSAL y ROSAL-SANTA)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
15	387,14 (716,92)	-15,07

Aerovía 3 (OXACA-MELON y MELON-OXACA)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
4	31,26 (57,88)	1,60

Aerovía 4 (OXACA-MELON y MELON-OXACA)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
6	81,39 (150,73)	3,93

Tabla 6.3. Resumen comparativo de resultados totales para diseño 1 en el día 27/10/2018 (a la izquierda) y día 02/03/2019 (a la derecha)

En total para el día 27 de octubre de 2018 se ahorraría en total 645,71nm (1195,8 km) si por las restricciones se permitiera establecer las conexiones diseñadas y se planificara con la red propuesta. En el día 2 de marzo de 2019 se disminuirían 506,25 nm (937,5 km) por la misma razón. El ahorro medio por vuelo es de 11,18 nm. El equivalente en ahorro de combustible si suponemos que el consumo es de un kilogramo por segundo y la velocidad de vuelo en crucero calculada en puntos precedentes (236,05 m/s) se obtienen 5065,7 kg y 3971,6 kg cada día respectivamente, lo que arroja una media de 87.7 kg por vuelo.

Por otro lado, se observa que la aerovía 1 genera pérdidas en las unidades de servicio de las trayectorias optimizadas en las redes modificadas respecto a las redes iniciales en ambos días. Se puede deber a que los vuelos entran directamente desde Portugal cuando antes lo hacían desde el sur de la península. Como se puede observar en vuelo de ejemplo de la figura 6.11. Por lo que a nivel económico para el proveedor de servicios de navegación no es beneficiosa esta conexión al suponer una pérdida media del entorno de una unidad de servicio por vuelo que emplea esta aerovía cada uno de los días, concretamente 1,26 unidades de servicio perdidas por vuelo el día 27/10/2018 y 0,99 unidades de servicio disminuidas en el día 02/03/2019.

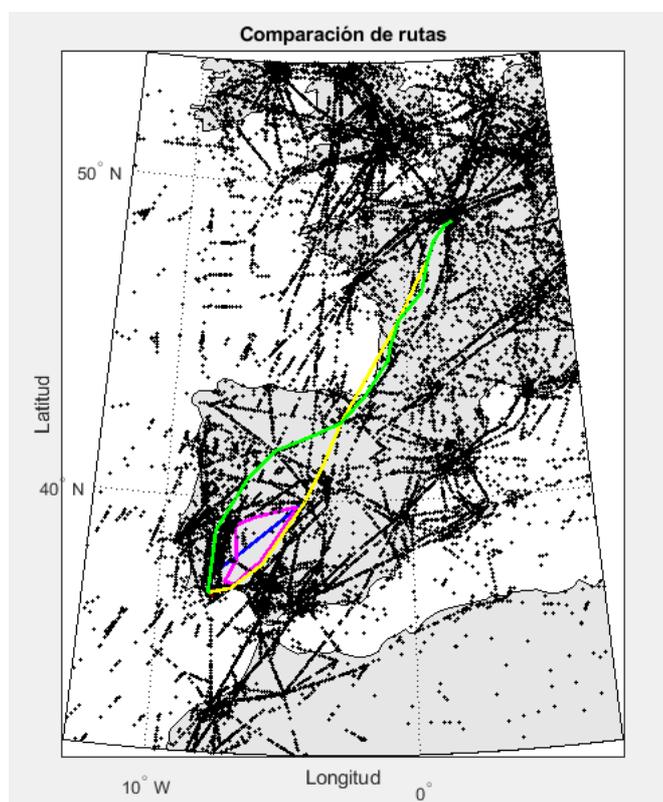


Figura 6.11. Vuelo LPFR-LFPO día 27/10/2018 para diseño 1

Sin embargo, para las aerovías 3 y 4 modificadas se obtienen en ambos días un aumento de las unidades de servicio para el proveedor de servicios de navegación aérea español. Pero para la aerovía 2 se dan dos casos diferentes para cada día analizado: crecimiento y disminución de las unidades de servicio que no permiten determinar si esta modificación es beneficiosa a nivel de beneficios económicos para el proveedor de servicios de navegación. Tras un análisis de los vuelos de cada día que emplean esta conexión, se ha descubierto que la razón de esta variación se debe a que existen algunos vuelos en cada día que no están presentes en los afectados del otro, y en el caso del día 27/10/2018 aumentan las unidades de servicio y en el día 02/03/2019 disminuyen las unidades de servicio, mientras que el resto de vuelos afectados son iguales y crecen o disminuyen las unidades de servicio de la misma forma.

En total, la diferencia de unidades de servicio son de pérdidas en ambos días con valores similares: el día 27/10/2018 se perderían 22,87 unidades de servicio y el día 02/03/2019 de reducirían en 20,45. En unidades monetarias supondría respectivamente 1402,62 € y 1254,20 € (se ha considerado una tarifa de 61,33€ según se especifica en el AIP [14]). De media para el día 27 de octubre de 2018 se da una reducción de unidades de servicio por vuelo de 0,34 y para el día 2 de marzo de 2019 una pérdida de 0,57 por vuelo.

Los resultados descritos muestran que el diseño de forma global no es adecuado desde el punto de vista económico para el proveedor de servicios de navegación aérea español, pero sí para las aerolíneas al obtener reducciones de distancia recorrida. La aerovía 3 y 4 parecen las más prometedoras para implantar en la red de navegación porque suponen en ambos días un aumento de unidades de servicio y una reducción de distancia en las trayectorias. Entonces quedarían satisfechas las dos partes interesadas: proveedor de navegación aérea y las aerolíneas. Destacar que la aerovía 2 obtiene una mejor reducción de distancia recorrida aunque genere pérdidas de forma global entre los dos días.

6.2 Diseño 2

Los vuelos del día 27/10/2018 que son beneficiados por la nueva red de conexiones del diseño 2 son un total de 74 vuelos. En el día 02/03/2019 se han obtenido 117 vuelos beneficiados por la nueva red. De nuevo, se han obtenido al comparar los resultados de las optimizaciones entre las redes iniciales y las modificadas generadas por el diseño 2 (redes modificadas 1.2 y 2.2).

Según la clasificación realizada anteriormente (Sección 3) se supuso 193 vuelos como posibles afectados para el día 27/10/2018 y 118 para el día 02/03/2019. A ellos se les ha eliminado vuelos que correspondían direcciones de paso este-oeste que no se consideran suplidos por los diseños propuestos.

Se puede comprobar que en este nuevo caso las cifras de vuelos afectados supuestos y obtenidos de la optimización son casi idénticas. El aumento de vuelos influenciados por la red diseñada se ha debido, como se verá en los datos presentados a continuación, a la nueva conexión añadida entre PESAS-TLD. La razón es que esta conexión modifica levemente una de las rutas existentes que rodea la región en esta dirección, suponiendo un pequeño ahorro de distancia. Esta disminución es inferior a la reducción conseguida con la conexión en la misma dirección de paso propuesta en el diseño 1 entre LASIB-TLD. Sin embargo, se encuentra en un punto clave que corresponde con el flujo de entrada a España, lo cual permite atraer a un mayor número de vuelos, tal y como fue indicado por Enaire.

Se muestran a continuación en las tablas 6.4 y 6.5 los vuelos beneficiados en cada uno de los días, estando expresados los orígenes y destinos conectados (los aeropuertos se describen mediante sus códigos OACI, los cuales se recogen en el Anexo A del presente trabajo). Se especifica, al igual que en la exposición del diseño 1, la aerovía que emplean, la distancia que ahorra el paso por ella en comparación con la optimización con la red inicial y la diferencia de unidades de servicio. Se sigue el mismo criterio de signos que se presentó en el apartado anterior.

27/10/2018							
Origen	Destino	Cantidad	Modelo Aeronave	MTOW (Tn)	Diferencia distancias (Km)	Diferencia unidades de servicio	Aerovía
EIDW	LEMG	7	B738	7,05E+01	1,18E+01	0,93	4
EGAA	LEMG	4	B738	7,05E+01	1,18E+01	0,93	4
LEZL	LPPT	3	AT76	2,30E+01	5,72E+01	0,00	2
LEZL	EIDW	1	B738	7,05E+01	2,26E-02	0,00	3
GCLP	LFPO	1	A321	8,90E+01	5,20E+00	0,00	5
SBGR	EDDF	2	B77W	3,52E+02	5,20E+00	0,00	5
GCFV	LEBB	1	A320	7,35E+01	4,94E+00	2,66	5
GCTS	EDDM	3	A321	8,90E+01	5,20E+00	0,00	5
LEMG	LEST	1	B738	7,05E+01	5,41E+01	-4,65	2
GCLP	LEBB	1	A320	7,35E+01	4,94E+00	2,66	5
GCLP	UUEE	1	A333	2,30E+02	5,20E+00	0,00	5
GCTS	UUEE	2	A333	2,30E+02	5,20E+00	-1,94	5
LPPT	LEAL	1	AT76	2,30E+01	1,36E+01	-0,03	2
EIDW	LEZL	1	B738	7,05E+01	3,37E+01	0,53	3
GCTS	EDJA	1	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
GCLP	EPKK	1	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
LPPT	LEZL	3	AT76	2,30E+01	5,97E+01	0,00	2
SAEZ	EDDF	2	B77L	3,47E+02	5,20E+00	0,00	5
LEAL	LPPT	1	AT76	2,30E+01	2,46E+01	0,38	2
GCLP	LSZH	2	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
SBKP	LFPO	1	A332	2,30E+02	5,20E+00	0,00	5
GCLP	EDDF	2	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
GCLP	EDDS	1	A320	7,35E+01	5,20E+00	0,00	5
GCTS	LIMC	1	A320	7,35E+01	5,20E+00	0,00	5
GCTS	EDDS	1	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
LEZL	EGGD	1	A320	7,35E+01	2,26E-02	0,00	3

LEMG	LPPT	2	AT76	2,30E+01	5,78E+01	0,16	2
EICK	LEMG	2	A320	7,35E+01	3,94E+01	0,00	4
LPPT	LEMG	2	AT76	2,30E+01	5,16E+01	0,16	2
GCTS	EPMO	1	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
GCRR	LFPO	1	A321	8,90E+01	1,35E+00	-0,22	5
GVAC	EDDM	1	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
GCRR	LEBB	1	A320	7,35E+01	4,94E+00	2,66	5
GCTS	LSZH	2	A320	7,35E+01	5,20E+00	0,00	5
GCTS	LSGG	1	A320	7,35E+01	5,20E+00	0,00	5
KPSM	LEMO	1	K35R	1,47E+02	6,74E+00	0,24	2
SBGR	LSZH	1	B77W	3,52E+02	5,20E+00	0,00	5
GCLP	LFLL	1	A320	7,35E+01	5,20E+00	0,00	5
GCLP	EDDM	1	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
GCTS	LOWW	1	A320	7,35E+01	3,55E+00	-3,15	5
EINN	LEMG	1	A320	7,35E+01	3,94E+01	0,00	4
FQMA	LPPT	1	A343	2,75E+02	1,20E+01	10,30	2
LEST	LEMG	1	B738	7,05E+01	3,94E+01	0,00	4
EIKY	LEMG	1	E55P	7,95E+00	3,94E+01	0,00	4
GCLP	LKPR	1	B739	7,90E+01	5,20E+00	0,00	5
GCLP	EDDT	1	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
GCTS	LFBO	1	A319	6,40E+01	5,20E+00	0,00	5
SBGL	EDDF	1	B748	4,48E+02	4,70E+00	-2,72	5
DAAG	CYUL	1	A332	2,30E+02	4,04E+01	0,24	2
GCLP	EDDP	1	A321	8,90E+01	5,20E+00	0,00	5
Total		74					

Tabla 6.4. Vuelos beneficiados por diseño 2 día 27/10/2018

02/03/2019							
Origen	Destino	Cantidad	Modelo Aeronave	MTOW (Tn)	Diferencia distancias (Km)	Diferencia unidades de servicio	Aerovía
GCLP	EDDS	2	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
GCFV	EDDT	3	B738	7,05E+01	4,08E+00	-0,54	5
GCFV	EDDM	3	B738	7,05E+01	7,47E-01	-0,11	5
SBGL	LFLB	1	GLF5	4,03E+01	5,20E+00	0,00	5
GCFV	LFSB	1	A320	7,35E+01	7,47E-01	-0,11	5
GCLP	EDDN	1	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
GCLP	LFLX	1	IL76	1,70E+02	5,20E+00	0,00	5
LEVD	LEMG	1	B738	7,05E+01	3,94E+01	0,00	4
GCTS	UUEE	2	A333	2,30E+02	5,20E+00	0,00	5
GCFV	EDDS	2	A320	7,35E+01	7,47E-01	-0,11	5
SCEL	LFPG	1	B77W	3,52E+02	6,44E-01	6,55	5
GCRR	LFPG	2	B738	7,05E+01	6,44E-01	2,93	5
GCLP	LFSB	2	A320	7,35E+01	5,20E+00	0,00	5
LPPT	LEAL	1	AT76	2,30E+01	2,49E+01	-0,03	2
GCLP	LFLL	1	A320	7,35E+01	5,20E+00	0,00	5
GCLP	EDDM	5	LJ35	8,30E+00	5,20E+00	0,00	5
GCTS	LSZH	3	A320	7,35E+01	5,20E+00	0,00	5
SBGR	EDDF	2	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
LEMG	LEVD	1	B738	7,05E+01	6,02E+00	0,00	3
GCFV	LSGG	1	A320	7,35E+01	7,47E-01	-0,11	5
GCTS	EDDM	3	A321	8,90E+01	5,20E+00	0,00	5
GCLP	LKPR	2	B739	7,90E+01	5,20E+00	0,00	5
SBGL	LFPG	2	B772	2,47E+02	6,44E-01	5,49	5
SBGR	LFLY	1	FA7X	2,89E+01	5,20E+00	0,00	5

GCCR	LFPO	1	A321	8,90E+01	1,35E+00	-0,22	5
LEMG	EINN	1	B738	7,05E+01	5,21E+00	0,93	3
GCTS	LOWW	4	A320	7,35E+01	3,56E+00	-3,15	5
GCFV	LFPG	3	A320	7,35E+01	6,44E-01	2,99	5
LEMG	LPPT	3	AT76	2,30E+01	5,31E+01	0,16	2
GMFF	LFRB	1	B738	7,05E+01	3,66E+01	0,41	3
LPPT	LEZL	2	AT76	2,30E+01	5,13E+01	-0,01	2
SBGR	LFPG	3	B772	2,47E+02	6,44E-01	5,49	5
LEMG	LEST	1	B738	7,05E+01	4,61E+01	-4,65	2
GCCR	LFBD	2	A321	8,90E+01	5,20E+00	0,00	5
LFRB	GMFF	1	B738	7,05E+01	1,00E+01	0,26	3
LPPT	LEMG	3	AT76	2,30E+01	5,13E+01	0,11	2
GVAC	LKPR	1	B38M	8,22E+01	5,20E+00	0,00	5
EINN	LEMG	1	B738	7,05E+01	3,65E+01	0,93	4
GCLP	EDDP	2	A320	7,35E+01	5,20E+00	0,00	5
GCFV	LEBB	1	A320	7,35E+01	4,94E+00	2,66	5
SBGL	EDDF	1	B744	3,97E+02	5,20E+00	0,00	5
GCLP	LFPG	1	A320	7,35E+01	6,44E-01	2,99	5
GCFV	EDDB	2	B738	7,05E+01	4,08E+00	-0,54	5
GCCR	LEBB	1	A320	7,35E+01	4,94E+00	2,66	5
GCLP	EDDT	1	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
GCLP	LSZH	1	A320	7,35E+01	5,20E+00	0,00	5
GCTS	LSGG	1	A320	7,35E+01	5,20E+00	0,00	5
EGAA	LEMG	1	B738	7,05E+01	1,18E+01	0,93	4
GVAC	EDDF	1	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
LEAL	LPPT	1	AT76	2,30E+01	1,63E+01	-0,03	2
GCTS	LIMC	1	A320	7,35E+01	5,20E+00	0,00	5
LEST	LEMG	1	B738	7,05E+01	3,94E+01	0,00	4
LEZL	LPPT	3	AT76	2,30E+01	5,25E+01	0,00	2
SBGL	ELLX	1	B744	3,97E+02	2,19E+00	6,96	5
GVBA	LFPG	1	B738	7,05E+01	6,44E-01	2,93	5
GVAC	LFPG	1	B738	7,05E+01	6,44E-01	2,93	5
EIDW	LEMG	2	A321	8,90E+01	1,18E+01	1,04	4
GCFV	EDDP	2	A321	8,90E+01	4,08E+00	-0,60	5
GCFV	EPMO	1	B738	7,05E+01	7,47E-01	-0,11	5
GCLP	LOWS	1	A320	7,35E+01	5,20E+00	0,00	5
GCTS	EDJA	1	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
GCLP	EPMO	1	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
GCTS	EDDS	2	A319	6,40E+01	5,20E+00	0,00	5
GCTS	EPMO	1	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
GCLP	EDDB	1	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
SBGR	LSGS	1	GLF6	4,52E+01	5,20E+00	0,00	5
GCFV	EDDF	2	B753	1,24E+02	4,08E+00	-0,71	5
GCLP	EDDF	3	B738	7,05E+01	5,20E+00	0,00	5
GCTS	LFBO	2	A319	6,40E+01	5,20E+00	0,00	5
SBGR	LSZH	1	B77W	3,52E+02	5,20E+00	0,00	5
SBGL	LSZH	1	A333	2,30E+02	5,20E+00	0,00	5
GCLP	LEBB	1	A320	7,35E+01	4,94E+00	2,66	5
LPBJ	OMAM	1	C17	2,65E+02	5,61E+01	-11,15	2
Total		117					

Tabla 6.5. Vuelos beneficiados por diseño 2 día 02/03/2019

Tras la comparación de los vuelos obtenidos como resultado con los del diseño 1 se aprecia que se les han añadido principalmente vuelos que parten o se dirigen a las Islas Canarias y ya no están presentes los vuelos entre el sur de Portugal (Aeropuerto de Faro), los cuales se puede observar que hacían exclusivamente uso de la conexión LASIB-TLD eliminada en esta red. Entonces, el análisis de los orígenes y destinos de los vuelos

afectados corresponden, de nuevo, con los supuestos en la clasificación de forma visual. Se dan vuelos entre Canarias y el centro y oeste de Europa y entre el sur de la península y el centro o norte del oeste de Europa. También se ven algunas conexiones entre África (Marruecos) y Europa. En este caso quedan reducidas las conexiones con Portugal, siendo principalmente con Lisboa. Se comprueba que no se dan conexiones que fueron consideradas como no afectadas como las salidas y llegadas a Madrid o entre Málaga y centro y oeste de Europa, solo aplican los vuelos con Irlanda. Tampoco se registran los vuelos entre Portugal y zonas al norte como Reino Unido o los de Marruecos con el centro de Europa.

Se ha estudiado la relación entre los vuelos que se ven afectados cada día como en se realizó para la red anterior. Se comprueba que la mayoría de los vuelos beneficiados se encuentran en los dos días (marcados en verde en las tablas 6.4 y 6.5). De nuevo, existen vuelos en un día que no se tienen en el otro día (marcados en color rosa en las tablas 6.4 y 6.5), es decir, son vuelos que solo se realizaron en uno de los dos días. Sin embargo, existen otra vez algunos vuelos (marcados en blanco en las tablas anteriores) que solo aparecen como beneficiados en uno de los días habiéndose realizado también en el otro día pero han dado como resultado ser afectados. Esto se ha determinado como fruto de las redes diferentes para cada uno de los días y en concreto para este caso, los vuelos que no son afectados en un día comparado en distancia con los afectados del otro día este valor es menor en los que no se han registrado como afectados. Tiene sentido que no aparezcan al tener una distancia inferior sin necesidad de uso de las conexiones disponibles en la red modificada.

En adición, se han obtenido vuelos nuevos que antes no aparecían en el paso por el contorno de la región. Estos son GVBA-LFPG, SBGL-LFLB y SBGR-LFLY. Estos casos tenían planificado el paso por el espacio aéreo español aunque permite consolidar el mismo e incluso, como sucede en el caso del vuelo entre Cabo Verde (GVBA) a París (LFPG), se aumenta el tramo de sobrevuelo por España (figura 6.12).

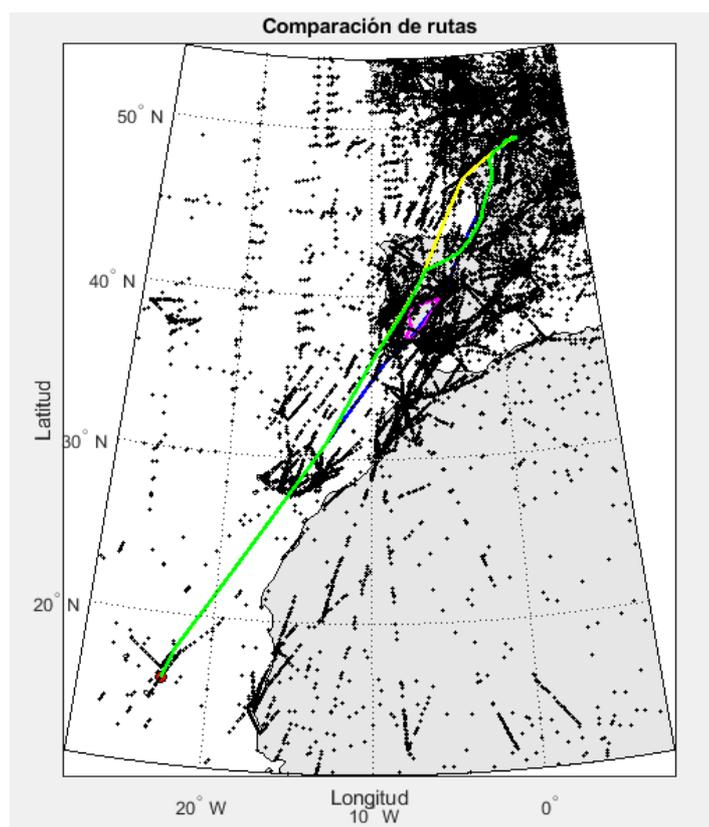


Figura 6.12. Comparación de rutas planificada y optimizadas con diseño 2 vuelo GVBA-LFPG día 02/03/2019

El análisis de origen y destino que pasan por cada una de las conexiones en ambos días es la misma que la realizada para el diseño 1 en el caso de las aerovías 2, 3 y 4, puesto que son iguales las conexiones y se mantienen los mismos días de estudio. Tampoco se ha producido transferencia de tráficos de estas aerovías a la variada en el diseño 2, la razón es que cubren direcciones diferentes de paso por la región bajo análisis. Para la aerovía denominada 5 entre PESAS-TLD se posee el siguiente tipo de tráfico:

- **Aerovía 5 (PESAS-TLD).** Principalmente está formado por vuelos con origen en las Islas Canarias (en

un 85% del total de vuelos de paso por esta conexión de la red contabilizando ambos días). El resto poseen origen en el Sur de América (como Brasil o Argentina) o islas del Atlántico como Cabo verde. Sus destinos son mayoritariamente al centro de Europa (Alemania, Austria o República Checa) así como a Francia.

De forma global, las ventajas conseguidas en relación al ahorro de distancia y a la variación de las unidades de servicio de los vuelos se recogen en la tabla 6.6. De nuevo, se presentan ambos días juntos para poder realizar una comparación de forma sencilla de los resultados generados. Más información sobre el cálculo de las unidades de servicio se detalla en las tablas presentes en el Anexo C.

Día 27/10/2019

Aerovía 2 (SANTA-ROSAL y ROSAL-SANTA)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
16	389,2 (720,73)	7,11

Aerovía 3 (OXACA-MELON y MELON-OXACA)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
3	18,22 (33,75)	0,53

Aerovía 4 (VULPE-MELON y MELON-VULPE)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
16	176,46 (326,77)	10,18

Aerovía 5 (PESAS-TLD)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
39	105,8 (195,92)	-1,97

Día 02/03/2019

Aerovía 2 (SANTA-ROSAL y ROSAL-SANTA)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
15	387,14 (716,92)	-15,07

Aerovía 3 (OXACA-MELON y MELON-OXACA)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
4	31,26 (57,88)	1,60

Aerovía 4 (VULPE-MELON y MELON-VULPE)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
6	81,39 (150,73)	3,93

Aerovía 5 (PESAS-TLD)		
Nº Vuelos	Distancia reducida Nm (Km)	Diferencia unidades servicio
92	191,48 (354,59)	53,66

Tabla 6.6. Resumen comparativo de resultados totales para diseño 2 en el día 27/10/2018 (a la izquierda) y día 02/03/2019 (a la derecha)

En total para el día 27 de octubre de 2018 se ahorraría en total 689,67 nm (1277,2 km) si se establecieran las conexiones nuevas o modificadas y se planificara con la red propuesta. En el día 2 de marzo de 2019 se disminuirían 691,26 nm (1280,1 km) por la misma razón. En este diseño, el ahorro medio por vuelo es de 7,2 nm. Esta reducción de distancia implicaría una reducción en el consumo de combustible que para la velocidad de crucero de 236,05 m/s, calculada en secciones anteriores, sería de 5410,6 kg y 5423,1 kg en cada día respectivamente, lo que arroja una media de 56,7 kg por vuelo.

Se deriva del análisis de los resultados que las aerovías 2, 3 y 4 poseen el mismo comportamiento que en el generado en la red anterior, la causa es que estas aerovías son las mismas en las dos redes modificadas y los vuelos también son iguales al ser los mismos días analizados.

Por otro lado, en la aerovía 5 (la nueva conexión incluida en las redes de este diseño) se obtienen aumento y disminución de las unidades de servicio en cada día lo que no permiten determinar si esta modificación es beneficiosa a nivel económico para el proveedor de servicios de navegación. Aunque el crecimiento es de unas 50 unidades de servicio para el día 2 de marzo de 2019, lo cual es muy superior a la pérdida de 2 unidades de servicio del día 27 de octubre de 2018. Se han analizado los vuelos de cada día que emplean esta conexión y se

ha observado que la razón de esta variación se debe a que existen algunos vuelos en el día 02/03/2019 que no están presentes en los afectados del día 27/10/2018 y son los que hacen aumentar las unidades de servicio de una red a otra. Los vuelos de paso por esta conexión del día 27/10/2018 que son diferentes a los que se dan en el día 2 de marzo de 2019 no hacen aumentar las unidades de servicio. El resto de vuelos son comunes y tienen una tendencia de aumento o disminución similares en ambos días.

En total la diferencia de unidades de servicio son de ganancias en ambos días: el día 27/10/2018 se ganarían 15,85 unidades de servicio y el día 02/03/2019 crecería en 44,12. La conversión en unidades monetarias ganadas sería respectivamente 972,08 € y 2705,88 € (se ha considerado una tarifa de 61,33€ según se especifica en el AIP [14]). Esto muestra que el diseño de forma global es adecuado desde el punto de vista económico para la recaudación del proveedor de navegación aérea español. De media para el día 27 de octubre de 2018 se obtiene un aumento de unidades de servicio por vuelo de 0,21 y para el día 2 de marzo de 2019 una ganancia de 0,38 por vuelo.

Los resultados descritos muestran que este segundo diseño es beneficioso tanto para las aerolíneas como para el proveedor de servicios de navegación aérea. Las aerovías 3 y 4 vuelven a ser unas buenas candidatas para implantar en la red de navegación. De nuevo la aerovía 2 es la que produce una mayor disminución de la distancia recorrida, aunque posee pérdidas para el proveedor de navegación aérea. Sin embargo, en este diseño se puede destacar la aerovía 5 porque genera una reducción de distancia en las trayectorias elevado y además el mayor incremento logrado de unidades de servicio de media para los dos días.

6.3 Resumen de resultados

A continuación, en la tabla 6.7 se presentan los resultados más relevantes obtenidos en cada diseño en los dos días analizados para poder compararlos y ver el efecto de las rutas propuestas.

		27/10/2018				02/03/2019			
		Nº Vuelos	Distancia reducida (Nm)	Diferencia unidades servicio	Diferencia Unidades monetaria (€)	Nº Vuelos	Distancia reducida (Nm)	Diferencia unidades servicio	Unidades monetaria (€)
Diseño 1	Aerovía 1	32	61,83	-40,28	-2470,37	11	6,46	-10,91	-669,11
	Aerovía 2	16	389,20	6,70	410,91	15	387,14	-15,07	-924,24
	Aerovía 3	3	18,22	0,53	32,50	4	31,26	1,60	98,13
	Aerovía 4	16	176,46	10,18	624,34	6	81,39	3,93	241,03
	Totales	67	645,71	-22,87	-1402,62	36	506,25	-20,45	-1254,20
Diseño 2	Aerovía 2	16	389,20	6,70	410,91	15	387,14	-15,07	-924,24
	Aerovía 3	3	18,22	0,53	32,50	4	31,26	1,60	98,13
	Aerovía 4	16	176,46	10,18	624,34	6	81,39	3,93	241,03
	Aerovía 5	39	105,80	-1,97	-120,82	92	191,48	53,66	3290,97
	Totales	74	689,68	15,44	946,94	117	691,27	44,12	2705,88

Tabla 6.7. Resumen comparativo de resultados para ambos diseños propuestos

Podemos extender estos resultados a valores anuales. El diseño 1 genera de media una reducción en la distancia de 575,98 nm y una disminución de las unidades de servicio de 21,66. Lo cual en un año genera unas pérdidas de 484.868,8 € y una disminución de 210.232,7 nm. Para el caso del diseño 2 se tiene una media de 690,48 nm de distancia reducida y un aumento de unidades de servicio de 29,78. Entonces anualmente se obtienen unas ganancias de 666.638,7 € anuales y una disminución de distancia recorrida de 252.025,2 nm. Se debe tener en cuenta que estos valores pueden ser una sobreestimación puesto que, como se dijo al principio del documento, los flujos de tráfico de los sábados son algo diferentes a los del resto de días de la semana. Además el tráfico aéreo depende de muchos factores y varía a lo largo del año, como puede ser el cambio de temporada, o de un año a otro por el crecimiento de tráfico o la variación de destinos de los vuelos.

De forma resumida se establece que el diseño 1 sólo beneficia a las aerolíneas mientras que el diseño 2 beneficia tanto a las aerolíneas como al proveedor de servicios de navegación aérea español. Por tanto, el diseño 2 parece más prometedor. Sin embargo, cabe destacar que el beneficio medio por vuelo de reducción de la distancia recorrida en el diseño 2 es menor que el obtenido en el diseño 1 (7,2 nm y 11,18 nm respectivamente). Por lo que existe el riesgo de que las compañías aéreas no consideren este beneficio suficiente como para cambiar sus rutas. Entonces es posible que no aprovechen el nuevo diseño y los beneficios globales para las aerolíneas y para el proveedor podrían verse reducidos.

7 CONCLUSIONES

En este Trabajo Fin de Máster se han propuesto y analizado dos diseños de rutas aéreas en la zona oeste del espacio aéreo de la región sur de España. El diseño de las conexiones y modificaciones de las rutas se centra en conseguir beneficios para las aerolíneas, a través de la reducción de distancia recorrida en las trayectorias, y para el proveedor de servicios de navegación aérea español, mediante de mejoras económicas cuantificadas con las unidades de servicio.

En primer lugar se ha descrito de forma física y funcional las restricciones del espacio aéreo superior que son el centro del estudio realizado: LER86, LED124 y LED126. Esto ha permitido entender el problema existente y aportar conocimientos empleados para la solución propuesta. Ha consistido en conocer la extensión, el uso y las conexiones en la red de navegación aérea existentes en estas zonas del espacio aéreo español. Las actividades para la que está destinada esta región son de uso militar (reabastecimiento en vuelo, vuelo supersónico, entrenamiento o aprendizaje) y existen tres aerovías condicionales de tipo CDR2 que atraviesan estas restricciones.

A fin de determinar las necesidades de los vuelos que sobrevuelan esta zona, se han examinado los vuelos de dos días significativos (27/10/2018 y 02/03/2019) que pasan por el contorno de la región estudiada o hacen uso de las aerovías condicionales establecidas por las restricciones. Se han clasificado los vuelos según los puntos de paso del contorno y a su vez agrupado por las zonas geográficas de sus orígenes y destinos. Para ello se han empleado los planes de vuelo presentados. Se ha obtenido que el foco de vuelos afectados son entre las Islas Canarias, Marruecos y sur de Portugal o España (península) hacia el oeste y centro de la zona norte o central de Europa. Esta agrupación ha facilitado la determinación de las direcciones preferidas de paso de los vuelos por el área analizada, con el objetivo de disminuir la distancia recorrida, lo cual es deseado por las compañías aéreas. Esto se ha realizado de forma visual con las representaciones de las trayectorias de los vuelos sobre proyecciones de tipo Lambert, que permiten que las ortodrómicas se conviertan en líneas rectas. La principal dirección de paso encontrada es noreste-sudoeste e inversamente, seguido de la norte-sur y la noroeste-sudeste y sus opuestos. La dirección este-oeste es la menos solicitada. Esto permite dar una orientación para diseñar las conexiones adecuadas según los flujos de tráfico. Con este proceso se ha logrado conocer los vuelos que se consideran afectados por la presencia de las restricciones en el espacio aéreo.

A continuación, se han establecido dos diseños para hacer frente a las necesidades del tráfico según las direcciones determinadas al poder atravesar el espacio aéreo analizado. Estas redes se han creado por nuevas conexiones o cambios en las aerovías existentes.

Para comprobar si estos diseños son adecuados, se han optimizado con ellos todos los vuelos de cada día considerando la minimización de la distancia de las trayectorias y se han comparado con la optimización en base a las redes iniciales sin estas modificaciones. Se ha definido un problema de programación lineal entera. Ello ha permitido confirmar que los vuelos considerados como beneficiados por la región son correctos, así como su procedencia y destinos. Además se ha verificado que los vuelos que se han tomado como no influenciados en la clasificación según la dirección de paso son apropiados. En total, los vuelos afectados asciende a 67 el día 27/10/2018 y 36 en el día 02/03/2019 para el diseño 1 y para el diseño 2 son 74 y 117 respectivamente en cada día. Además se cuantifican con los resultados obtenidos los parámetros de distancia reducida y diferencia de unidades de servicio.

A la vista de los resultados obtenidos se puede establecer que el diseño 2 es el más beneficioso tanto desde el ámbito de ahorro de distancia recorrida como económicamente para las recaudaciones del proveedor de navegación aérea español, debido a los posibles incrementos de unidades de servicio que conlleva este diseño. De media entre los dos días se consiguen 690, 48 nm de distancia reducida y un aumento de unidades de servicio de 29,78. Los valores medios por vuelo son una reducción de 3,62 nm y un aumento de 0,16 unidades de servicio.

Como estimación anual de podrían alcanzar unos incrementos de beneficios para el proveedor de navegación aérea de 666.638,7 € anuales y una disminución de distancia recorrida de 252.025,2 nm.

El diseño 2 está formado por 4 nuevas rutas (aerovías 2, 3, 4 y 5). La aerovía 2 se establece entre los puntos de paso SANTA y ROSAL con sentido bidireccional. Sirve al tráfico entre el sur de la península española (Sevilla, Málaga o Alicante) o este de África (Maputo o Argelia) y Portugal (Lisboa) o el norte peninsular (Santiago de Compostela). La aerovía 3 está establecida entre OXACA y MELON, es bidireccional y sirve a flujos entre el sur de la península o Marruecos con el norte de la península, Francia o las Islas Británicas. La aerovía 4 diseñada entre VULPE y MELON, también bidireccional, sirve al tráfico que va desde las Islas Británicas o el norte de la península hasta Málaga. La nueva aerovía 5 va desde PESAS a TLD sirviendo principalmente al tráfico procedente de las Islas Canarias hasta el centro (Alemania, Austria o República Checa) y oeste (Francia) de Europa.

Por último, se enumeran posibles extensiones del estudio realizado.

1. Red de rutas mejorada. Sería necesario perfeccionar la red del espacio aéreo empleada en la optimización. Para ello se requieren archivos de datos más efectivos para definir el espacio aéreo, ya que los proporcionados por DDR presentan rutas incompletas y carecen de información sobre el horario de utilización de las rutas condicionales.
2. Optimización de las trayectorias teniendo en cuenta más efectos considerados por las aerolíneas: costes de navegación, costes temporales, y efectos de la meteorología. No se tienen en cuenta intereses de las compañías aéreas como el combustible o el tiempo de vuelo. Todos estos aspectos podrían abarcarse introduciendo más funcionalidades en el optimizador a fin de reflejar mejor el comportamiento real de las aerolíneas a nivel económico y de navegación. Sin embargo, algunos de estos elementos son de difícil consideración puesto que obedecen a criterios internos de las aerolíneas y de complicado acceso.
3. Extender el estudio a más días. Con ello se conseguiría tener mayor variedad de situaciones y obtener un comportamiento aún más exacto de la región analizada. Sin embargo, esto supondría el tratamiento de una cantidad de datos muy elevada.

REFERENCIAS

- [1] Gestión del tránsito aéreo, Procedimientos para los servicios de navegación aérea, Doc 4444, 2007, OACI
- [2] Presentación de los resultados estadísticos sobre el transporte aéreo de 2017, 2018, OACI
- [3] Air Transport Monthly Monitor Reports, 2019, OACI
- [4] Formulario B. Origen y destino por vuelo, 2012, OACI
- [5] Memoria anual 2014, Enaire
- [6] Memoria anual 2015, Enaire
- [7] Memoria anual 2016, Enaire
- [8] Memoria anual 2017, Enaire
- [9] Informe estadísticos aeropuertos anual 2015, Aena
- [10] Informe estadísticos aeropuertos anual 2016, Aena
- [11] Informe estadísticos aeropuertos anual 2017, Aena
- [12] Informe estadísticos aeropuertos anual 2018, Aena
- [13] AIP España: ENR 5.1-1 Zonas prohibidas, restringidas y peligrosas; espacios aéreos temporalmente segregados, 17 de Agosto de 2017, Enaire
- [14] AIP España: GEN 4.2-1 Tasas de Navegación Aérea, 19 de julio de 2018, Enaire
- [15] AIP España: AD 2-LEBZ 1, 1 febrero 2018, Enaire
- [16] AIP España: ENR 3.3-1 Rutas de navegación aérea, 14 de marzo, Enaire
- [17] AIP Portugal: ENR 6.01-5, 21 junio 2018, Nav Portugal
- [18] Web Eurocontrol: <https://www.eurocontrol.int/articles/free-route-airspace>
- [19] AIP Portugal: ENR 1.7.5, Table of cruising levels, Nav Portugal
- [20] Real Decreto 1180/2018, de 21 de septiembre, por el que se desarrolla el Reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea
- [21] AIP España: ENR 3.3-1 Rutas de navegación aérea, 18 de julio de 2019, Enaire
- [22] Página web: https://www.skybrary.aero/index.php/Main_Page#operational-issues

GLOSARIO

ACC: Area Control Center (Centro de Control de Área)

AIP: Aeronautical Information Publication (Publicación de información aeronáutica)

AIRAC: Aeronautical Information Regulation And Control (Regulación y control de la información aeronáutica)

CDR: Conditional Route (Ruta condicional)

DDR: Demand Data Repository

FL: Flight Level (Nivel de vuelo)

OACI: Organización de la Aviación Civil Internacional

RNAV: Area navigation (Navegación de área)

SID: Standard Instrumental Departure (Salida normalizada por instrumentos)

STAR: Standard Arrival Route (Llegada normalizada por instrumentos)

ANEXO A: CÓDIGOS OACI DE AEROPUERTOS

- CYUL: Aeropuerto internacional Pierre Elliott Trudeau de Montreal, Quebec (Canadá)
- DAAG: Aeropuerto Internacional de Hourai Boumedienne (Argelia)
- DTTA: Aeropuerto de Túnez- Cartago (Túnez)
- EBBR: Aeropuerto de Bruselas (Bruselas)
- EBCI: Aeropuerto de Bruselas Sur (Bruselas)
- EBOS: Aeropuerto Internacional de Ostende-Brujas, Ostende (Bélgica)
- EDDB: Aeropuerto de Berlín Schoenefeld (Alemania)
- EDDC: Aeropuerto de Dresde, Dresde (Alemania)
- EDDE: Aeropuerto de Erfurt, Erfurt (Alemania)
- EDDF: Aeropuerto de Frankfurt (Alemania)
- EDDG: Aeropuerto Münster-Osnabrück, Greven (Alemania)
- EDDH: Aeropuerto de Hamburgo (Alemania)
- EDDL: Aeropuerto Internacional de Dusseldorf (Alemania)
- EDDK: Aeropuerto de Colonia- Bonn, Colonia (Alemania)
- EDDM: Aeropuerto Internacional de Múnich-Franz Josef Strauss, Múnich (Alemania)
- EDDN: Aeropuerto de Núremberg, Núremberg (Alemania)
- EDDP: Aeropuerto de Leipzig/Halle, Schkeuditz (Alemania)
- EDDS: Aeropuerto de Stuttgart (Alemania)
- EDDT: Aeropuerto de Berlín-Tegel, Berlín (Alemania)
- EDDV: Aeropuerto de Hannover, Hannover (Alemania)
- EDDW: Aeropuerto de Bremen, Bremen (Alemania)
- EDFH: aeropuerto de Fráncfort-Hahn, Rhein-Hunsrück (Alemania)
- EDLP: Aeropuerto de Paderborn/Lippstadt, Ostwestfalen-Lippe (Alemania)
- EDLV: Aeropuerto de Weeze, Weeze (Alemania)
- EDJA: Aeropuerto de Memmingen, Memmingerberg (Alemania)
- EDNY: Aeropuerto de Friedrichshafen, Friedrichshafen (Alemania)
- EDSB: Aeropuerto de Karlsruhe-Baden Baden, Karlsruhe-Baden Baden (Alemania)
- EETN: Aeropuerto de Tallin (Estonia)
- EFHK: Aeropuerto de Helsinki-Vantaa (Finlandia)
- EFTP: Aeropuerto de Tampere-Pirkkala, Pirkkala (Finlandia)
- EGAA: Aeropuerto Internacional de Belfast (Irlanda del Norte)
- EGBB: Aeropuerto de Birmingham, Bickenhill (Reino Unido)
- EGCC: Aeropuerto de Manchester, Manchester (Reino Unido)
- EGFF: Aeropuerto de Cardiff, Gales (Reino Unido)
- EGGD: Aeropuerto Internacional de Bristol, North Somerset (Reino Unido)
- EGGP: aeropuerto internacional John Lennon, Liverpool (Reino Unido)
- EGGW: Aeropuerto de Londres Luton, Luton (Reino Unido)
- EGHH: Aeropuerto Internacional de Bournemouth, Bournemouth (Reino Unido)
- EGHI: Aeropuerto de Southampton, Southampton (Reino Unido)
- EGJB: Aeropuerto de Guernsey, Guernsey (Reino Unido)
- EGJJ: Aeropuerto de Jersey, Isla de Jersey (Reino Unido)
- EGKK: Aeropuerto de Londres Gatwick (Reino Unido)
- EGLF: Aeropuerto de Farnborough, Hampshire (Reino Unido)

- EGLL: Aeropuerto Internacional de Londres Heathrow, Londres (Reino Unido)
- EGMC: Aeropuerto de Londres-Southend, Essex (Reino Unido)
- EGMD: Aeropuerto de Lydd, Lydd (Reino Unido)
- EGNM: Aeropuerto Internacional de Leeds Bradford, Yorkshire (Reino Unido)
- EGNT: Aeropuerto Newcastle, Newcastle (Reino Unido)
- EGNX: aeropuerto de East Midlands, Leicestershire (Reino Unido)
- EGPH: Aeropuerto de Edimburgo, Turnhouse, Escocia (Reino Unido)
- EGPF: Aeropuerto Internacional de Glasgow, Renfrewshire (Reino Unido)
- EGTE: Aeropuerto internacional de Exeter, East Devon (Reino Unido)
- EGSS: Aeropuerto Londres-Stansted (Reino Unido)
- EHAM: Aeropuerto de Ámsterdam- Schiphol, Holanda (Países Bajos)
- EHEH: Aeropuerto de Eindhoven, Eindhoven (Países Bajos)
- EHRD: Aeropuerto de Róterdam (Países Bajos)
- EICK: Aeropuerto de Cork, Cork (Irlanda)
- EIDW: Aeropuerto de Dublín (Irlanda)
- EIKN: Aeropuerto de Irlanda del Oeste, Charlestown (Irlanda)
- EINN: Aeropuerto de Shannon, Shannon (Irlanda)
- EKBI: Aeropuerto de Billund, Billund (Dinamarca)
- EKCH: Aeropuerto de Copenhague-Kastrup, Copenhague (Dinamarca)
- EKYT: Aeropuerto de Aalborg, Nørresundby (Dinamarca)
- ELLX: Aeropuerto Internacional de Luxemburgo Findel (Luxemburgo)
- ENAL: Aeropuerto de Ålesund-Vigra, Vigra (Noruega)
- ENCN: Aeropuerto de Kristiansand-Kjevik, Kristiansand (Noruega)
- ENBR: Aeropuerto de Bergen-Flesland, Bergen (Noruega)
- ENGM: Aeropuerto de Oslo-Gardermoen, Gardermoen (Noruega)
- ENML: Aeropuerto de Molde-Årø, Molde (Noruega)
- ENTO: Aeropuerto de Sandfjord-Torp, Vestfold (Noruega)
- ENVA: Aeropuerto de Trondheim-Værnes, Stjørdal (Noruega)
- ENZV: Aeropuerto de Stavanger-Sola, Sola (Noruega)
- EPKK: Aeropuerto Internacional Juan Pablo II Cracovia-Balice, Balice (Polonia)
- EPKT: Aeropuerto Internacional de Katowice, Pyrzowice (Polonia)
- EPMO: Aeropuerto de Varsovia-Modlin, Varsovia (Polonia)
- EPPO: Aeropuerto de Poznan-Ławica, Pozna (Polonia)
- EPWA: Aeropuerto Chopin de Varsovia, Varsovia (Polonia)
- ESGG: Aeropuerto de Gotemburgo-Landvetter, Gotemburgo, (Suecia)
- ESGJ: Aeropuerto de Jonkoping (Suecia)
- ESMQ: Aeropuerto de Kalmar, Kalmar (Suecia)
- ESMS: Aeropuerto de Malmö, Svedala (Suecia)
- ESNS: Aeropuerto de Skellefteå, Skellefteå (Suecia)
- ESNY: Aeropuerto de Soderhamn (Suecia)
- ESPA: Aeropuerto de Luleå (Suecia)
- ESSA: Aeropuerto de Estocolmo (Suecia)
- ESSP: Aeropuerto de Norrköping, Norrköping (Suecia)
- FQMA: Aeropuerto Internacional de Maputo, Maputo (República de Mozambique)
- GABS: Aeropuerto Internacional de Bamako Senou, Bankamo (Mali)
- GBYD: Aeropuerto Internacional Yundum, Banjul (Gambia)
- GCLA: Aeropuerto de la Palma (España)
- GCLP: Aeropuerto de Gran Canaria, Gran Canaria (España)
- GCFV: Aeropuerto de Fuerteventura (España)
- GCRR: Aeropuerto de Lanzarote (España)
- GCTS: Aeropuerto de Tenerife Sur, Tenerife (España)
- GCXO: Aeropuerto Tenerife Norte, Tenerife (España)

- GFLL: Aeropuerto Internacional de Freetown-Lungi, Port Loko (Sierra Leona)
- GMAD: Aeropuerto de Agadir-Al Massira, Agadir (Marruecos)
- GMFF: Aeropuerto de Fez-Saïss, Fez (Marruecos)
- GMME: Aeropuerto de Rabat-Salé, Rabat (Marruecos)
- GMMI: Aeropuerto Essaouira-Mogador, Essaouira (Marruecos)
- GMMN: Aeropuerto Internacional Mohammed V, Casablanca (Marruecos)
- GMMX: Aeropuerto de Marrakech-Menara (Marruecos)
- GMTT: Aeropuerto Internacional de Tánger-Ibn Batouta, Tánger (Marruecos)
- GOBD: Aeropuerto Internacional Blaise Diagne, Ndiass (Senegal)
- GOOY: Aeropuerto Internacional de Dakar (Senegal)
- GQNO: Aeropuerto Internacional de Nouakchott–Oumtounsy, Nouakchott (Mauritania)
- GVAC: Aeropuerto Internacional Amíl Cabral (Cabo Verde)
- GVBA: Aeropuerto Internacional Aristides Pereira (Cabo Verde)
- KPSM: Aeropuerto Internacional Portsmouth, Rockingham County, New Hampshire (Estados Unidos de América)
- KTEB: Aeropuerto de Teterboro, Bergen (Estados Unidos de América)
- LFAV: Aeropuerto de Valenciennes-Denain, Valenciennes (Francia)
- LDZA: Aeropuerto Franjo Tudman, Zagreb (Croacia)
- LKPR: Aeropuerto Internacional de Praga Václav Havel, Praga (República Checa)
- LFLX: Aeropuerto Châteauroux-Déols “Marcel Dassault”, Déols (Francia)
- LBSF: Aeropuerto Internacional de Sofía, Sofía (Bulgaria)
- LEAL: Aeropuerto de Alicante-Elche, Alicante (España)
- LEBB: Aeropuerto de Bilbao (España)
- LEBL: Aeropuerto de Barcelona, Barcelona (España)
- LEJR: Aeropuerto de Jerez, Cadiz (España)
- LEMD: Aeropuerto de Madrid Barajas (España)
- LEMG: Aeropuerto de Málaga, Málaga (España)
- LEMO: Base aérea militar de Morón, Arahal, Sevilla (España)
- LEPA: Aeropuerto de Palma, Palma de Mallorca (España)
- LERT: Aeropuerto de Cádiz-Rota, Cádiz (España)
- LEST: Aeropuerto de Santiago de Compostela, Galicia (España)
- LEVC: Aeropuerto de Valencia, Valencia (España)
- LEVD: Aeropuerto de Valladolid, Valladolid (España)
- LEVT: Aeropuerto de Vitoria, Vitoria (España)
- LEZG: Aeropuerto de Zaragoza, Zaragoza (España)
- LEZL: Aeropuerto de Sevilla, Sevilla (España)
- LFBD: Aeropuerto de Burdeos-Merignac (Francia)
- LFBO: Aeropuerto Internacional de Toulouse Blagnac (Francia)
- LFBP: Aeropuerto Internacional de Pau-Pirineos, Pau (Francia)
- LFJL: Aeropuerto de Metz-Nancy-Lorena (Francia), Verny (Francia)
- LFLB: Aeropuerto Chambéry-Savoie, Savoy (Francia)
- LFLY: Aeropuerto de Lyon-Saint Exupéry, Colombier-Saugnieu (Francia)
- LFLY: Aeropuerto de Lyon–Bron, Bron (Francia)
- LFML: Aeropuerto de Marsella (Francia)
- LFMN: Aeropuerto de Niza- Costa Azul (Francia)
- LFOB: Aeropuerto de Beauvais-Tillé, Tillé (Francia)
- LFOK: Aeropuerto de Châlons Vatry, Marne (Francia)
- LFOT: Aeropuerto Tours Val de Loire, Tours (Francia)
- LFPB: Aeropuerto de París - Le Bourget (Francia)
- LFPG: Aeropuerto París Charles de Gaulle (Francia)
- LFPO: Aeropuerto París Orly (Francia)
- LFQQ: Aeropuerto de Lille- Lesquin, Lille (Francia)

- LFRB: Aeropuerto de Brest-Bretagne, Brest (Francia)
- LFRG: Aeropuerto Deauville Normandie, Deauville (Francia)
- LFRN: Aeropuerto de Rennes Bretaña, Saint-Jacques-de-la-Lande (Francia)
- LFRS: Aeropuerto de Nantes Atlantique, Nantes (Francia)
- LFSB: Aeropuerto de Basilea-Mulhouse-Friburgo, Región Alsacia (Francia) (EUROAIPOORT sirve a Suiza, Francia y Alemania)
- LFST: Aeropuerto de Estrasburgo (Francia)
- LFTH: Aeropuerto de Toulon-Hyères, Hyères (Francia)
- LGAV: Aeropuerto Internacional Eleftherios Venizelos, Spata-Artemida (Grecia)
- LHBP: Aeropuerto Internacional de Budapest Ferenc Liszt, Budapest (Hungría)
- LICT: Aeropuerto Vincenzo Florio, Trapani, Sicilia (Italia)
- LIMC: Aeropuerto de Milán-Malpensa (Italia)
- LIME: Aeropuerto Internacional de Orio al Serio, Bérgamo (Italia)
- LIMF: Aeropuerto de Turín-Caselle, Turín (Italia)
- LIPE: Aeropuerto de Bolonia, Bolonia (Italia)
- LIPX: Aeropuerto de Verona-Villafranca, Verona (Italia)
- LIRA: Aeropuerto de Roma-Ciampino (Italia)
- LIRF: Aeropuerto de Roma- Fiumicino (Italia)
- LIRN: Aeropuerto de Nápoles-Capodichino (Italia)
- LIRP: Aeropuerto Internacional Galileo Galilei, Pisa (Italia)
- LIRQ: Aeropuerto de Florencia, Florencia (Italia)
- LMML: Aeropuerto de Malta, Gudja (Malta)
- LOWS: Aeropuerto de Salzburgo, Salzburgo (Austria)
- LOWW: Aeropuerto Internacional de Viena (Austria)
- LPBJ: Aeropuerto militar de Beja (portugal)
- LPFR: Aeropuerto de Faro (Portugal)
- LPLA: Aeropuerto de Lajes, Lajes (Portugal)
- LPMA: Aeropuerto de Madeira, Madeira (Portugal)
- LPPT: Aeropuerto de Lisboa (Portugal)
- LTBA: Aeropuerto Internacional Atatürk, Estambul (Turquía)
- LROP: Aeropuerto Internacional Henri Coandă, Bucarest (Rumania)
- LSGG: Aeropuerto Internacional de Ginebra (Suiza)
- LSZH: Aeropuerto de Zúrich (Suiza)
- LUKK: Aeropuerto de Chisinau (Moldavia)
- LXGB: Aeropuerto de Gibraltar, Gibraltar (Reino Unido)
- LZIB: Aeropuerto de Bratislava-Milan Rastislav Stefanik, Bratislava (Eslovaquia)
- MKJS: Aeropuerto Internacional Sir Donald Sangster, Bahía Montego (Jamaica)
- OMAM: Aeropuerto militar Al-Dhafra, base aérea francesa (Emiratos Árabes)
- OMDB: Aeropuerto Internacional de Dubái (Emiratos Árabes)
- SAEZ: Aeropuerto Internacional Ministro Pistarini, Buenos Aires (Argentina)
- SBKP: Aeropuerto Internacional de Viracopos, Campinas (Brasil)
- SCEL: Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez, Pudahuel (Chile)
- SBFZ: Aeropuerto Internacional Pinto Martins, Fortaleza-Ceará (Brasil)
- SBGL: Aeropuerto Internacional de Galeao, Río de Janeiro (Brasil)
- SBGR: Aeropuerto Internacional de Sao Paulo- Guarulhos (Brasil)
- SBRF: Aeropuerto Internacional de Recife-Guararapes, Recife (Brasil)
- SKBO: Aeropuerto Internacional El Dorado, Bogotá (Colombia)
- SPJC: Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, Callao (Perú)
- TFFR: Aeropuerto Internacional Pointe-à-Pitre, Abymes, Guadalupe (Francia)
- TXKF: Aeropuerto Internacional L.F. Wade (Las Bermudas, Reino Unido)
- ULLI: Aeropuerto Internacional Púlkovo, San Petersburgo (Rusia)
- UUEE: Aeropuerto de Moscú (Rusia)

ANEXO B: ANÁLISIS DETALLADO DEL TRÁFICO ACTUAL

Combinación de vuelos día 27/10/2018

❖ TLD

La representación de las trayectorias de los vuelos de esta clasificación, la cual está formada por los aquellos cuyas trayectorias pasan por el punto de paso denominado TLD, se presenta en la figura B.1. Por otro lado, los orígenes y destinos de estos vuelos junto a la cantidad de cada conexión se muestran en la tabla B.1. Además en la columna “inverso” se indica la cantidad de vuelos en sentido opuesto a la combinación indicada de origen-destino.

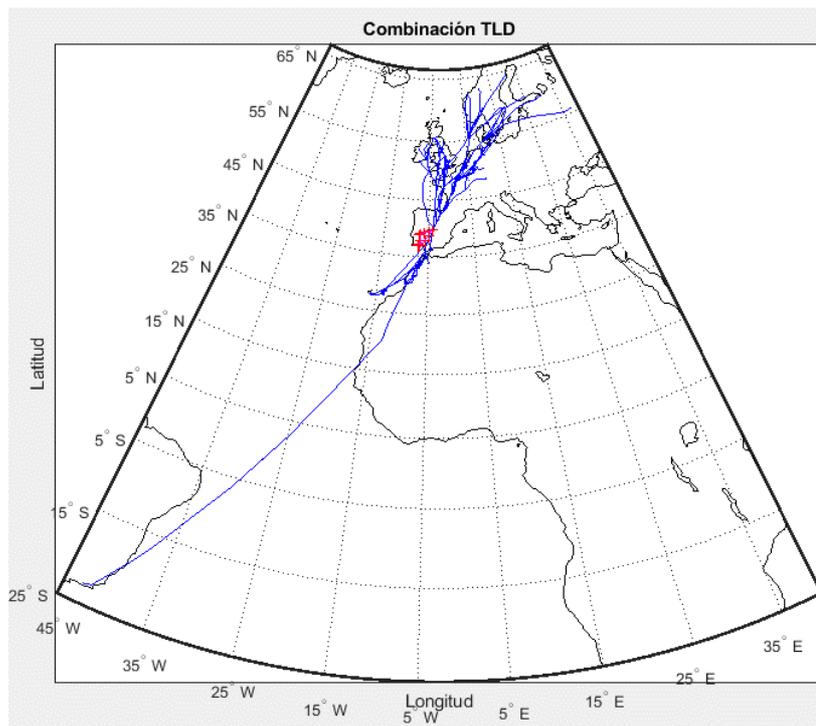


Figura B.1. Representación trayectorias combinación TLD día 27/10/2018

TLD					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
París	Francia	Rabat	Marruecos	2	6
Menara	Marruecos	Bruselas	Bruselas	3	
Londres	Reino Unido	Málaga	España	10	
Jersey	Reino Unido	Málaga	España	1	
Dublín	Irlanda	Málaga	España	7	
Belfast	Irlanda del Norte	Málaga	España	1	
Bruselas	Bruselas	Tánger	Marruecos	2	

Gotemburgo	Suecia	Málaga	España	2	
Fuerteventura	España	Glasgow	Reino Unido	1	
Glasgow	Reino Unido	Málaga	España	1	
París	Francia	Sevilla	España	1	
Casablanca	Marruecos	Londres	Reino Unido	2	
Hampshire	Reino Unido	Menara	Marruecos	1	
Fuerteventura	España	Manchester	Reino Unido	2	
Menara	Marruecos	Burdeos	Francia	1	
París	Francia	Fez	Marruecos	1	
Newcastle	Reino Unido	Málaga	España	2	
Liverpool	Reino Unido	Málaga	España	2	
Estocolmo	Suecia	Casablanca	Marruecos	1	1
Guernsey	Reino Unido	Málaga	España	1	
Casablanca	Marruecos	Frankfurt	Alemania	2	
Edimburgo	Reino Unido	Málaga	España	3	
Bristol	Reino Unido	Málaga	España	4	
Lydd	Reino Unido	Jerez	España	1	
Manchester	Reino Unido	Málaga	España	4	
Lanzarote	España	Dusseldorf	Alemania	1	
Agadir	Marruecos	Dusseldorf	Alemania	1	
Helsinki	Finlandia	Málaga	España	3	
Tenerife	España	Birmingham	Reino Unido	1	
Agadir	Marruecos	Bruselas	Bruselas	2	
Fuerteventura	España	París	Francia	2	
Nantes	Francia	Málaga	España	2	
Casablanca	Marruecos	Bruselas	Bruselas	2	
Yorkshire	Reino Unido	Málaga	España	2	
Casablanca	Marruecos	París	Francia	7	
Southampton	Reino Unido	Málaga	España	1	
Moscú	Rusia	Málaga	España	1	
Bruselas	Bruselas	Málaga	España	2	
Menara	Marruecos	París	Francia	6	
Estocolmo	Suecia	Málaga	España	2	
Luxemburgo	Luxemburgo	Málaga	España	1	
Casablanca	Marruecos	Nantes	Francia	1	
Agadir	Marruecos	Holanda	Países Bajos	1	
Leicestershire	Reino Unido	Málaga	España	1	
Río de Janeiro	Brasil	París	Francia	2	
Fuerteventura	España	Róterdam	Países Bajos	1	
Gran Canaria	España	Copenhague	Dinamarca	1	
Tillé	Francia	Menara	Marruecos	1	
Londres	Reino Unido	Sevilla	España	2	
Sola	Noruega	Málaga	España	1	
Tillé	Francia	Rabat	Marruecos	1	
Copenhague	Dinamarca	Málaga	España	2	
Bergen	Noruega	Málaga	España	1	
Gardermoen	Noruega	Málaga	España	3	
Hamburgo	Alemania	Málaga	España	1	
Fuerteventura	España	Hannover	Alemania	1	1
Menara	Marruecos	Lille	Francia	1	
Tenerife	España	París	Francia	1	
Fuerteventura	España	Hamburgo	Alemania	1	
Menara	Marruecos	Weeze	Alemania	1	
Estocolmo	Suecia	Agadir	Marruecos	1	
Gran Canaria	España	Vigra	Noruega	1	
Gran Canaria	España	Stjordal	Noruega	1	
Casablanca	Marruecos	Burdeos	Francia	1	
Lanzarote	España	Bilbao	España	1	

Gran Canaria	España	Kalmar	Suecia	1	
Gran Canaria	España	Molde	Noruega	1	
Lanzarote	España	Bruselas	Bruselas	3	
Manchester	Reino Unido	Menara	Marruecos	1	
Bournemouth	Reino Unido	Málaga	España	1	
Birmingham	Reino Unido	Málaga	España	1	
Rabat	Marruecos	Londres	Reino Unido	2	1
Fuerteventura	España	Holanda	Países Bajos	1	
Rennes	Francia	Málaga	España	1	
San Petersburgo	Rusia	Tenerife	España	1	
París	Francia	Málaga	España	1	
Skellefteå	Suecia	Málaga	España	1	
Fuerteventura	España	Stuttgart	Alemania	1	
Charlestown	Irlanda	Málaga	España	1	
Bruselas	Bruselas	Fez	Marruecos	1	
Agadir	Marruecos	París	Francia	1	
Casablanca	Marruecos	Holanda	Países Bajos	2	
Casablanca	Marruecos	Manchester	Reino Unido	1	
Lanzarote	España	París	Francia	1	
Agadir	Marruecos	Dublín	Irlanda	1	
Londres	Reino Unido	Gibraltar	Reino Unido	1	
Menara	Marruecos	Rhein-Hunsrück	Alemania	1	
Menara	Marruecos	Londres	Reino Unido	1	
Lanzarote	España	Manchester	Reino Unido	1	
Cork	Irlanda	Málaga	España	1	
Deauville	Francia	Lanzarote	España	1	
Fuerteventura	España	Dusseldorf	Alemania	1	
Eindhoven	Países Bajos	Málaga	España	1	
Bruselas	Bruselas	Rabat	Marruecos	1	
Menara	Marruecos	Marne	Francia	1	
East Devon	Reino Unido	Málaga	España	1	
Total					167

Tabla B.1. Vuelos clasificados en TLD del día 27/10/2018

Si se analiza estas conexiones se deduce que 62 de los vuelos llegan o salen de Marruecos desde zonas del norte (Suecia), oeste (Francia o Reino Unido) y centro (Alemania) de Europa, 75 tienen como destino el sur de la península española (Málaga, Sevilla o Jerez) procediendo de la zona norte, centro y oeste de Europa, lo cual supone un casi un 45% del total de los vuelos y 28 son origen en las Islas Canarias hacia el norte, oeste y centro de Europa. El resumen de la cantidad de vuelos agrupados según la zona geográfica que conectan se muestra en la tabla B.2.

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Brasil - Francia	2	1,20%
España (Península sur) - Centro, Norte y Oeste de Europa	75	44,91%
España (Canarias) - Centro, Norte y Oeste de Europa	28	16,77%
Marruecos - Centro, Norte y Oeste de Europa	62	37,13%
Total	167	100,00%

Tabla B.2. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD del día 27/10/2018

Se estudia las direcciones preferidas de paso de trayectoria de estos vuelos por la región del espacio aéreo analizado (LER86, LED124 y LED126). Para ello, se ha determinado tras un análisis visual que los vuelos con conexión con Málaga no se ven afectados por la región puesto que las ortodrómicas que unen sus destinos no cruzan esta zona. También se excluyen de beneficios de esta región los vuelos entre Marruecos y Europa oeste y central (Francia, Alemania, Bruselas o Finlandia), pero sí se considerarán con el oeste las conexiones con Reino Unido. Estas decisiones son comprobadas si han sido adecuadas a través de la optimización de trayectorias. El resumen de la cantidad de vuelos que se establecen como afectados por la región y la dirección en la que se

verían beneficiados en caso de poder atravesar esta región del espacio aéreo se muestra en la tabla B.3.

	Cantidad
Norte-Sur	7
Sur-Norte	7
Noreste-Sudoeste	2
Sudoeste-Noreste	21

Tabla B.3. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en TLD el día 27/10/2018

❖ ELVAR

La figura B.2 representa las trayectorias que forman parte de este grupo de clasificación que se caracterizan por pasar únicamente por el punto de paso ELVAR del contorno de la región estudiada. En total son 89 vuelos. En la tabla B.4 se muestran los orígenes y destinos de los vuelos, además de la cantidad de cada una de las conexiones especificándose el número de vuelos con sentido de conexión opuesto al mostrado en el origen-destino.

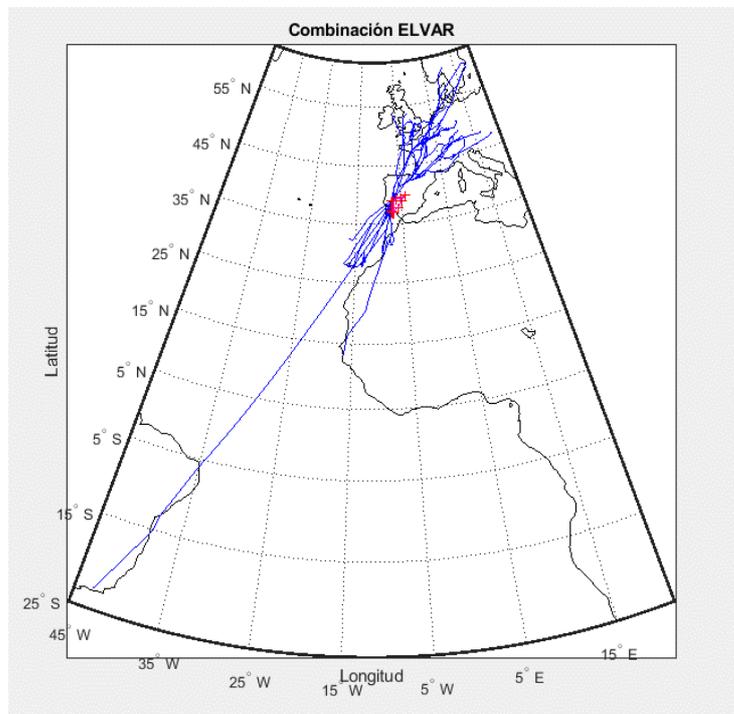


Figura B.2. Representación trayectorias combinación ELVAR día 27/10/2018

ELVAR					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Stuttgart	Alemania	Lanzarote	España	1	
Faro	Portugal	Londres	Reino Unido	9	
Faro	Portugal	Stuttgart	Alemania	1	1
Faro	Portugal	Tillé	Francia	1	
Múnich	Alemania	Gran Canaria	España	1	
Faro	Portugal	Estocolmo	Suecia	2	
Faro	Portugal	Dublín	Irlanda	2	
Faro	Portugal	East Devon	Reino Unido	1	
Burdeos	Francia	Menara	Marruecos	1	
Dusseldorf	Alemania	Menara	Marruecos	1	
Faro	Portugal	Gardermoen	Noruega	1	
París	Francia	Faro	Portugal	1	
Bérgamo	Italia	Tenerife	España	1	

Viena	Austria	Gran Canaria	España	1	
Menara	Marruecos	Londres	Reino Unido	2	
Billund	Dinamarca	Tenerife	España	1	
Faro	Portugal	Birmingham	Reino Unido	3	
París	Francia	Menara	Marruecos	1	
Budapest	Hungría	Faro	Portugal	1	
Bilbao	España	Fuerteventura	España	1	
Faro	Portugal	Verny	Francia	1	
Faro	Portugal	Zúrich	Suiza	1	1
Erfurt	Alemania	Fuerteventura	España	1	
Bilbao	España	Lanzarote	España	1	
Faro	Portugal	Luxemburgo	Luxemburgo	1	
Faro	Portugal	Eindhoven	Países Bajos	1	
Bajul	Gambia	Holanda	Países Bajos	1	
Río de Janeiro	Brasil	Londres	Reino Unido	1	
Alsacia	Francia	Faro	Portugal	1	
Pau	Francia	Menara	Marruecos	1	
Alsacia	Francia	Fuerteventura	España	1	
Tenerife	España	Londres	Reino Unido	1	
Agadir	Marruecos	Lille	Francia	2	
Alsacia	Francia	Gran Canaria	España	1	
Lanzarote	España	Londres	Reino Unido	1	
Faro	Portugal	Leicestershire	Reino Unido	2	
Faro	Portugal	Bruselas	Bruselas	1	
Zúrich	Suiza	Fuerteventura	España	1	
Múnich	Alemania	Faro	Portugal	1	
Nantes	Francia	Agadir	Marruecos	1	
Fuerteventura	España	Londres	Reino Unido	1	
Gran Canaria	España	Londres	Reino Unido	1	
Toulouse	Francia	Faro	Portugal	1	
París	Francia	Fuerteventura	España	1	
Agadir	Marruecos	París	Francia	1	
Núremberg	Alemania	Fuerteventura	España	1	
Gran Canaria	España	Eindhoven	Países Bajos	1	
Múnich	Alemania	Fuerteventura	España	2	
Gran Canaria	España	Frankfurt	Alemania	1	
Casablanca	Marruecos	Nantes	Francia	1	
Múnich	Alemania	Tenerife	España	1	
Frankfurt	Alemania	Casablanca	Marruecos	1	
Fuerteventura	España	Frankfurt	Alemania	1	
Madeira	Portugal	Bruselas	Bruselas	1	
Madeira	Portugal	Estocolmo	Suecia	2	
Milán	Italia	Lanzarote	España	1	
Lanzarote	España	Deauville	Francia	1	
Fuerteventura	España	Bruselas	Bruselas	1	
Zúrich	Suiza	Gran Canaria	España	2	
Zúrich	Suiza	Tenerife	España	1	
Tenerife	España	Holanda	Países Bajos	1	
Faro	Portugal	Hamburgo	Alemania	1	
Memmingerberg	Alemania	Tenerife	España	1	
Lyon	Francia	Adadir	Marruecos	1	
Bilbao	España	Tenerife	España	1	
Lanzarote	España	Yorkshire	Reino Unido	1	
Faro	Portugal	Dusseldorf	Alemania	1	
Faro	Portugal	Róterdam	Países Bajos	1	
Ginebra	Suiza	Casablanca	Marruecos	1	

Tabla B.4. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en ELVAR día 27/10/2018

Del análisis de los orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este grupo se refleja de forma resumida en la tabla B.5 las posibles agrupaciones. Se obtiene un 45% de los vuelos (40 rutas) tienen origen en Portugal y poseen como destino Noroeste y centro de Europa, incluido sur de Francia. Seguido se encuentra 33 conexiones entre las Islas Canarias y el noreste de Europa y zona sur del centro de Europa (Suiza e Italia). Finalmente, entre las combinaciones más numerosas se encuentra Marruecos hacia y desde el centro y oeste de Europa.

Zonas origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Brasil - Reino Unido	1	1,12%
España (Canarias) - Centro, Norte y Oeste de Europa	28	31,46%
España (Canarias) - Sur Europa	5	5,62%
Gambia - Reino Unido	1	1,12%
Marruecos - Centro y Oeste de Europa	14	15,73%
Portugal - Centro, Norte y Oeste de Europa	40	44,94%
Total	89	100%

Tabla B.5. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en ELVAR del día 27/10/2018

Las direcciones preferidas de paso de estos vuelos se han determinado con un análisis visual de nuevo. No se han tomado en consideración las trayectorias entre Italia-Canarias, Marruecos y el sur del centro de Europa, Reino Unido-Portugal y Reino Unido-Canarias. La razón es que no se ven afectados por la región puesto que las rutas ortodrómicas que unen sus orígenes y destinos no cruzan esta región. Estas decisiones se comprueban con la optimización de las trayectorias. En la tabla B.6 se cuantifican los vuelos que se aplican y la dirección de paso en la que se verían beneficiados en caso de que esta región del espacio aéreo fuera modificada con nuevas rutas aéreas que lo atravesaran. En ella se indica además la cantidad de vuelos según el sentido.

	Cantidad
Norte-Sur	0
Sur-Norte	2
Noreste-Sudoeste	29
Sudoeste-Noreste	23

Tabla B.6. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en ELVAR el día 27/10/2018

❖ OSLEP-TLD

La figura B.3 muestra las trayectorias que forman parte de esta combinación, los cuales se caracterizan porque sus trayectorias pasan por los puntos de paso OSLEP y TLD del contorno del área estudiada. En total son 59 vuelos. Los orígenes y destinos de estos vuelos junto a la cantidad de cada conexión se muestran en la tabla B.7. Además en la columna “inverso” se indica la cantidad de vuelos en sentido opuesto a la combinación indicada de origen-destino.

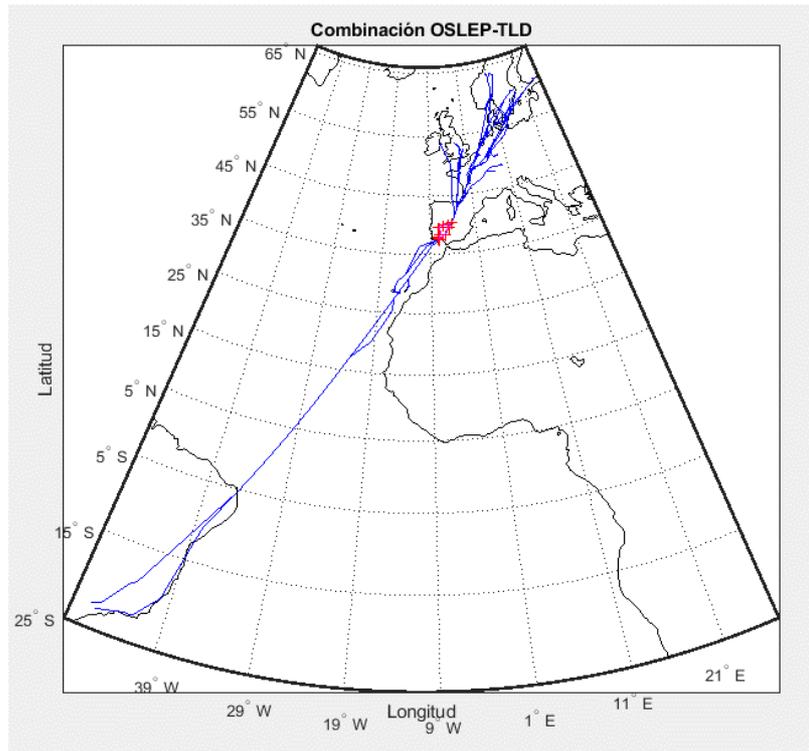


Figura B.3. Representación trayectorias combinación OSLEP-TLD día 27/10/2018

OSLEP-TLD					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Tenerife	España	Colonia	Alemania	1	
Fuerteventura	España	Colonia	Alemania	1	
Gran Canaria	España	Gardermoen	Noruega	2	
Gran Canaria	España	Estocolmo	Suecia	4	
Fuerteventura	España	Munster	Alemania	1	
Tenerife	España	Bilbao	España	1	
Cabo Verde	Cabo Verde	Helsinki	Finlandia	1	
Tenerife	España	Luxemburgo	Luxemburgo	2	
Gran Canaria	España	Bilbao	España	1	
Fuerteventura	España	Bremen	Alemania	1	
Tenerife	España	Holanda	Países Bajos	2	
Tenerife	España	Dusseldorf	Alemania	1	
Tenerife	España	Londres	Reino Unido	2	
Tenerife	España	Helsinki	Finlandia	1	
Gran Canaria	España	Holanda	Países Bajos	3	
Tenerife	España	Manchester	Reino Unido	1	
Gran Canaria	España	Norrköping	Suecia	1	
Gran Canaria	España	Londres	Reino Unido	1	
Gran Canaria	España	Copenhague	Dinamarca	2	
Lanzarote	España	Dusseldorf	Alemania	2	
Tenerife	España	Copenhague	Dinamarca	1	
Gran Canaria	España	Stjordal	Noruega	2	
Gran Canaria	España	Ostende	Bélgica	1	
Gran Canaria	España	Colonia	Alemania	2	
Cabo Verde	Cabo Verde	París	Francia	1	
Campinas	Brasil	París	Francia	1	
Sao Paulo	Brasil	París	Francia	1	
Tenerife	España	Billund	Dinamarca	1	
Gran Canaria	España	Frankfurt	Alemania	1	

Gran Canaria	España	Manchester	Reino Unido	1
Tenerife	España	Stuttgart	Alemania	1
Tenerife	España	Bruselas	Bruselas	2
Gran Canaria	España	Bruselas	Bruselas	2
Cabo Verde	Cabo Verde	Holanda	Países Bajos	1
Gran Canaria	España	Kristiansand	Noruega	1
Gran Canaria	España	Malmö	Suecia	1
Tenerife	España	Frankfurt	Alemania	1
Gran Canaria	España	Dublín	Irlanda	1
Fuerteventura	España	Alsacia	Francia	1
Tenerife	España	Leicestershire	Reino Unido	1
Gran Canaria	España	Gotemburgo	Suecia	1
Gran Canaria	España	París	Francia	1
Fuerteventura	España	Paderborn	Alemania	1
Tenerife	España	Kalmar	Suecia	1

Tabla B.7. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP-TLD día 27/10/2018

Tras estudiar los orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se representa el resumen de las agrupaciones en la tabla B.8. Se obtiene que la gran mayoría de vuelo proceden de las Islas Canarias (54 vuelos) con destino el norte (Dinamarca, Finlandia o Noruega), oeste y el centro de Europa. Además se tienen algunos vuelos transoceánicos hacia Sudamérica.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Brasil - Oeste central Europa	2	3,39%
Cabo Verde - Norte y Oeste de Europa	3	5,08%
España (Canarias) - Centro, Norte y Oeste de Europa	54	91,53%
Total	59	100%

Tabla B.8. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-TLD del día 27/10/2018

Con una inspección visual se determinan las direcciones preferidas de paso de estos vuelos por la región estudiada (LER86, LED124 y LED126). Se han excluido los vuelos entre Canarias y Reino Unido. La razón es que no se ven afectados por la región puesto que las trayectorias ortodrómicas entre sus orígenes y destinos no cruzan esta zona. Estas decisiones se comprueban con la optimización de las trayectorias. En la tabla B.9 se cuantifican los vuelos que se toman y la dirección en la que se verían beneficiados si se pudiera atravesar la región del espacio aéreo bajo estudio. Se indica la cantidad de vuelos según el sentido también.

	Cantidad
Noreste-Sudoeste	0
Sudoeste-Noreste	51

Tabla B.9. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en OSLEP-TLD el día 27/10/2018

❖ BIRBA

La figura B.4 muestra las trayectorias de los vuelos que forman parte de este grupo de clasificación, los cuales pasan solo por el punto de paso BIRBA del contorno del área estudiada. El recuento asciende a 28 vuelos. En la tabla B.10 se muestran los orígenes y destinos de los vuelos, además de la cantidad de cada una de las conexiones especificándose el número de vuelos con sentido de conexión opuesto al mostrado en el origen-destino.

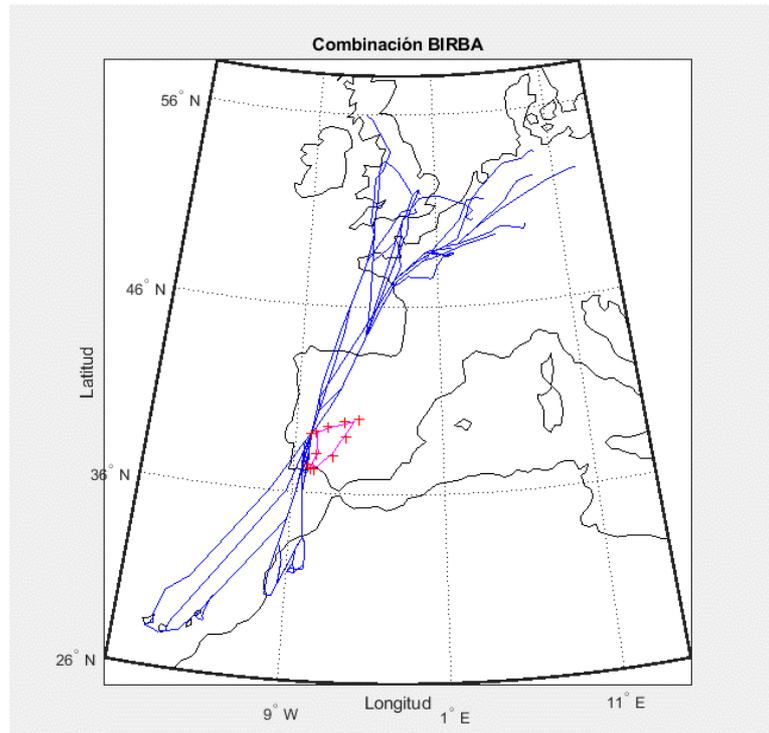


Figura B.4. Representación trayectorias combinación BIRBA día 27/10/2018

BIRBA					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Agadir	Marruecos	Londres	Reino Unido	1	
Bruselas	Bruselas	Lanzarote	España	1	
Hannover	Alemania	Agadir	Marruecos	1	
Faro	Portugal	Glasgow	Reino Unido	1	
Bruselas	Bruselas	Casablanca	Marruecos	1	
Menara	Marruecos	París	Francia	1	3
Berlín	Alemania	Faro	Portugal	1	
Faro	Portugal	Londres	Reino Unido	3	
Gran Canaria	España	Manchester	Reino Unido	1	
Tenerife	España	Luxemburgo	Luxemburgo	1	
Frankfurt	Alemania	Casablanca	Marruecos	1	
París	Francia	Casablanca	Marruecos	1	
Faro	Portugal	Bristol	Reino Unido	1	
Bruselas	Bruselas	Agadir	Marruecos	2	
Faro	Portugal	Manchester	Reino Unido	1	
Bruselas	Bruselas	Menara	Marruecos	3	
Menara	Marruecos	Eindhoven	Países Bajos	1	
Frankfurt	Alemania	Menara	Marruecos	1	
Hamburgo	Alemania	Faro	Portugal	1	
París	Francia	Tenerife	España	1	

Tabla B.10. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en BIRBA día 27/10/2018

En función de las zonas de orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se representa en la tabla B.11 las agrupaciones a modo de resumen. Se obtiene que la gran cantidad de los vuelos (16) se dan entre Marruecos y la zona oeste y central de Europa (Alemania, Bruselas, Reino Unido o Francia). Además se poseen vuelos entre Portugal y las mismas zonas de Europa que para el caso de Marruecos (oeste y centro), así como en minoría entre las Islas Canarias y el centro u oeste de Europa (Bruselas, Luxemburgo o Reino Unido).

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Canarias) - Centro y Oeste de Europa	4	14,29%
Marruecos - Centro y Oeste de Europa	16	57,14%
Portugal - Centro y Oeste de Europa	8	28,57%
Total	28	100%

Tabla B.11. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en BIRBA del día 27/10/2018

El análisis visual de las trayectorias determina las direcciones preferidas de paso de estos vuelos por la región estudiada. Se han excluido los vuelos entre Canarias-Reino Unido y Portugal-Reino Unido. Se vuelve a considerar que no se ven afectados por el espacio aéreo puesto que la unión ortodrómica de sus orígenes y destinos no cruzan esta zona. Estas decisiones se contrastan con la optimización de las trayectorias. En la tabla B.12 se cuantifican los vuelos que se tienen en cuenta y la dirección en la que se verían beneficiados si la región del espacio aéreo dispusiera de aerovías que la atravesaran. Se indica la cantidad de vuelos según el sentido también.

	Cantidad
Norte-Sur	1
Sur-Norte	0
Noreste-Sudoeste	3
Sudoeste-Noreste	1

Tabla B.12. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en BIRBA el día 27/10/2018

❖ CCS-ELVAR

Las trayectorias de los vuelos que conforman este grupo se representan en la figura B.5. Se caracterizan por pasar como inicio y fin por los puntos de paso del contorno del área analizada CCS y ELVAR. El número de vuelos que forman parte son un total de 27. Los orígenes y destinos de estos vuelos junto a la cantidad de cada conexión se muestran en la tabla B.13. Además en la columna “inverso” se indica la cantidad de vuelos en sentido opuesto a la combinación indicada de origen-destino.

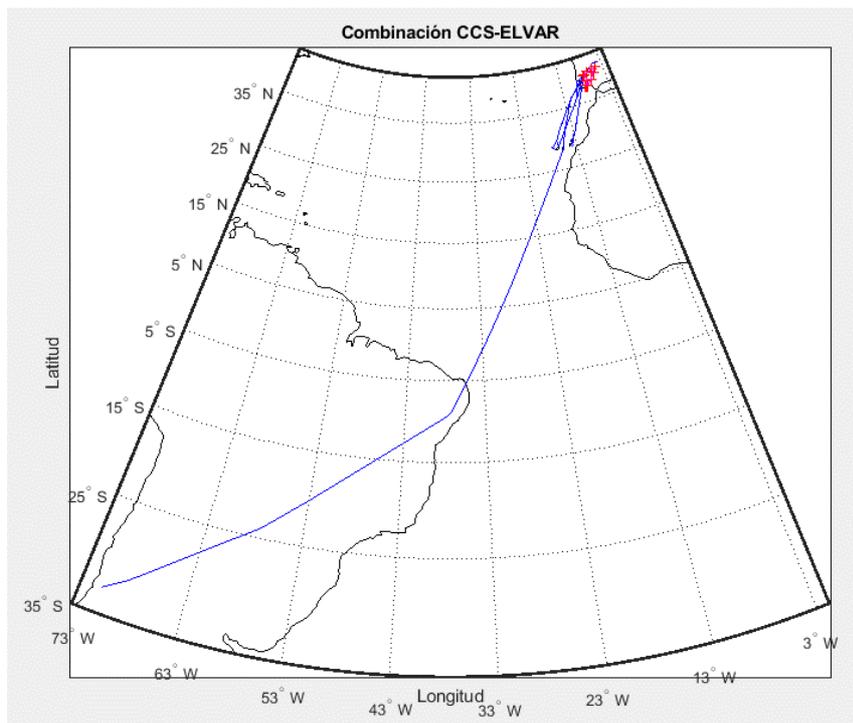


Figura B.5. Representación trayectorias combinación CCS-ELVAR día 27/10/2018

CCS-ELVAR					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Madrid	España	Tenerife	España	9	
Madrid	España	Gran Canaria	España	9	
Madrid	España	La Palma	España	2	
Madrid	España	Fuerteventura	España	4	
Madrid	España	Lanzarote	España	2	
Madrid	España	Pudahuel	Chile	1	

Tabla B.13. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en CCS-ELVAR día 27/10/2018

Las agrupaciones de vuelos según las zonas de sus orígenes y destinos se sintetizan en la tabla B.14. Se obtiene que todos los vuelos tienen origen en Madrid y van a Canarias, excepto uno que es transoceánico con destino a Chile.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Madrid) - Chile	1	3,7%
España(Madrid) - España (Canarias)	26	96,3%
Total	27	100%

Tabla B.14. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en CCS-ELVAR del día 27/10/2018

Estos vuelos no van a verse afectados por el espacio aéreo analizado en caso de que se den modificaciones en las rutas que lo atraviesan, la razón es que dependen de las cartas SID del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas, tal y como ha sido indicado por Enaire. Entonces no se han contabilizado dentro de las direcciones preferidas.

❖ OSLEP-PARKA

Las trayectorias de los vuelos que conforman este grupo se representan en la figura B.6. Los puntos de paso del contorno del área estudiada que sirven para clasificar estos vuelos en este grupo son OSLEP y PARKA. En total son una cantidad de 25 vuelos los que forman esta agrupación. En la tabla B.15 se muestran los orígenes y destinos de los vuelos, además de la cantidad de cada una de las conexiones especificándose el número de vuelos con sentido de conexión opuesto mostrado en el origen-destino.

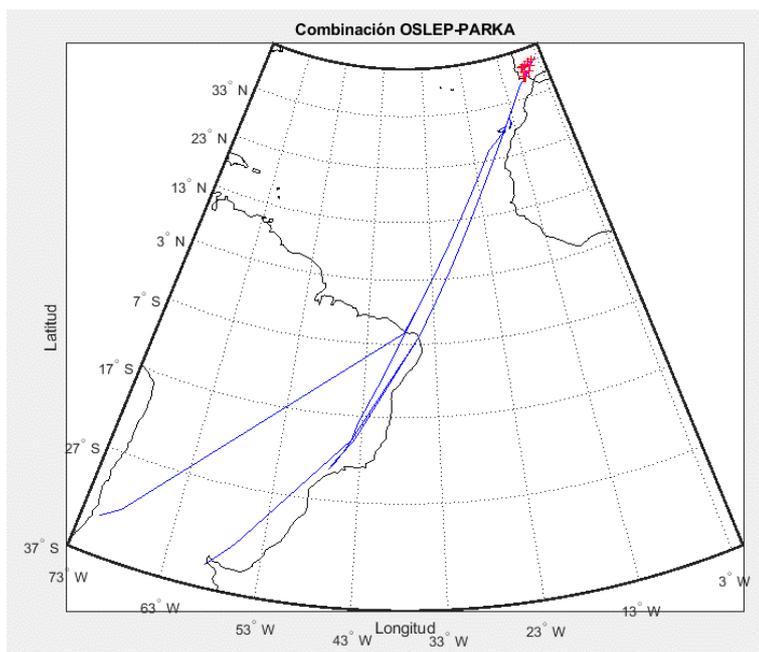


Figura B.6. Representación trayectorias combinación OSLEP-PARKA día 27/10/2018

OSLEP-PARKA					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Gran Canaria	España	Madrid	España	9	
Fuerteventura	España	Madrid	España	3	
Tenerife	España	Madrid	España	6	
Buenos Aires	Argentina	Madrid	España	1	
Lanzarote	España	Madrid	España	3	
Padahuel	Chile	Madrid	España	1	
Sao Paulo	Brasil	Madrid	España	2	

Tabla B.15. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP-PARKA día 27/10/2018

Las agrupaciones de vuelos según sus orígenes y destinos se indican en la tabla B.16. Se da en este caso que todos los vuelos tienen Madrid como destino y provienen de las Islas Canarias, excepto tres de ellos que son transoceánicos desde Sudamérica.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Madrid) - Argentina	1	4%
España (Madrid) - Brasil	2	8%
España(Madrid) - España (Canarias)	22	88%
Total	25	100%

Tabla B.16. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-PARKA del día 27/10/2018

Estos vuelos no van a verse afectados por el espacio aéreo analizado en caso de que se modificaran las rutas que pasan por él, la razón es que dependen de las cartas STAR sobre procedimientos del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas, tal y como ha sido indicado por Enaire. Por lo que no se han contabilizado dentro de las direcciones preferidas.

❖ TLD- ELVAR

En la figura B.7 se muestran las trayectorias de los vuelos que forman parte de este grupo de clasificación, los cuales pasan por los puntos de paso TLD y ELVAR del contorno del espacio aéreo en consideración. La cantidad de vuelos asciende a 20 vuelos en este grupo. Los orígenes y destinos de estos vuelos junto a la cantidad de cada conexión se muestran en la tabla B.17. Además en la columna “inverso” se indica la cantidad de vuelos en sentido opuesto a la combinación indicada de origen-destino.

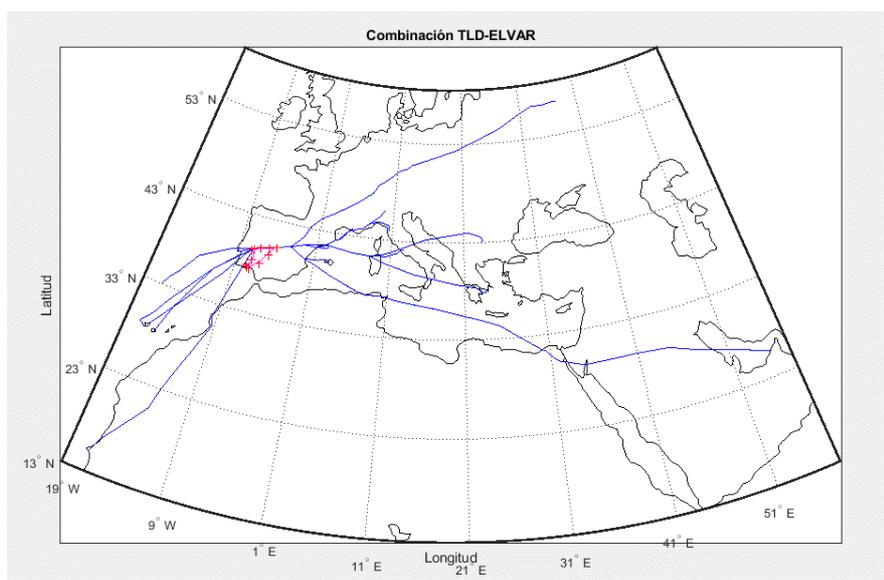


Figura B.7. Representación trayectorias combinación TLD-ELVAR día 27/10/2018

TLD-ELVAR					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Barcelona	España	Lisboa	Portugal	3	
Dubái	Emiratos	Lisboa	Portugal	2	
Barcelona	España	Madeira	Portugal	1	
Moscú	Rusia	Tenerife	España	1	
Barcelona	España	Tenerife	España	3	
Marsella	Francia	Ndias	Senegal	1	
Pisa	Italia	Lisboa	Portugal	1	
Bérgamo	Italia	Lisboa	Portugal	1	
Mallorca	España	Lisboa	Portugal	1	
Sofía	Bulgaria	Lisboa	Portugal	1	
Barcelona	España	Gran Canaria	España	1	
Túnez	Túnez	Lisboa	Portugal	1	
Spata-Artemida	Grecia	Lisboa	Portugal	1	
Roma	Italia	Lisboa	Portugal	2	

Tabla B.17. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en TLD-ELVAR día 27/10/2018

En función de las zonas de orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se representa en la tabla B.18 las posibles agrupaciones. Se obtiene que la mayor parte de los vuelos (14) tienen como destino Portugal y provienen del sureste de Europa (Italia o Bulgaria entre otros) y países árabes (Emiratos Árabes). También en minoría se dan vuelos entre Barcelona (origen) y las Islas Canarias (destino). Existiendo únicamente un vuelo entre Francia y Senegal.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Francia - Senegal	1	5%
España (Canarias) - España(Barcelona) y Rusia	5	25%
Portugal - Este y Sur Europa	14	70%
Total	20	100%

Tabla B.18. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-ELVAR día 27/10/2018

Para determinar las direcciones preferidas de paso de las trayectorias por la región de estudio (LER86, LED124 y LED126) a través de un análisis visual de las trayectorias. No se van a tener en cuenta los vuelos entre las Islas Canarias y Barcelona, Francia y el norte de África y Portugal con el norte de Italia. La razón es que se considera que no están directamente afectados por el espacio aéreo estudiado puesto que las ortodrómicas que unen sus orígenes y destinos no cruzan esta zona. Esta decisión se valida con la optimización de trayectorias. En la tabla B.19 se cuantifican los vuelos que se consideran y la dirección de paso preferida por las restricciones, así como el sentido.

	Cantidad
Este-Oeste	9
Oeste-Este	0
Noreste-Sudoeste	5
Sudoeste-Noreste	0

Tabla B.19. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en TLD-ELVAR el día 27/10/2018

❖ OSLEP-OXACA

Las trayectorias que forman parte de esta combinación de la clasificación se pueden observar en la figura B.8, los cuales pasan por los puntos de paso OSLEP y OXACA del contorno del área estudiada. En total son 20 vuelos. En la tabla B.20 se muestran los orígenes y destinos de los vuelos, además de la cantidad de cada una de las conexiones especificándose el número de vuelos con sentido de conexión opuesto al mostrado en el origen-

destino.

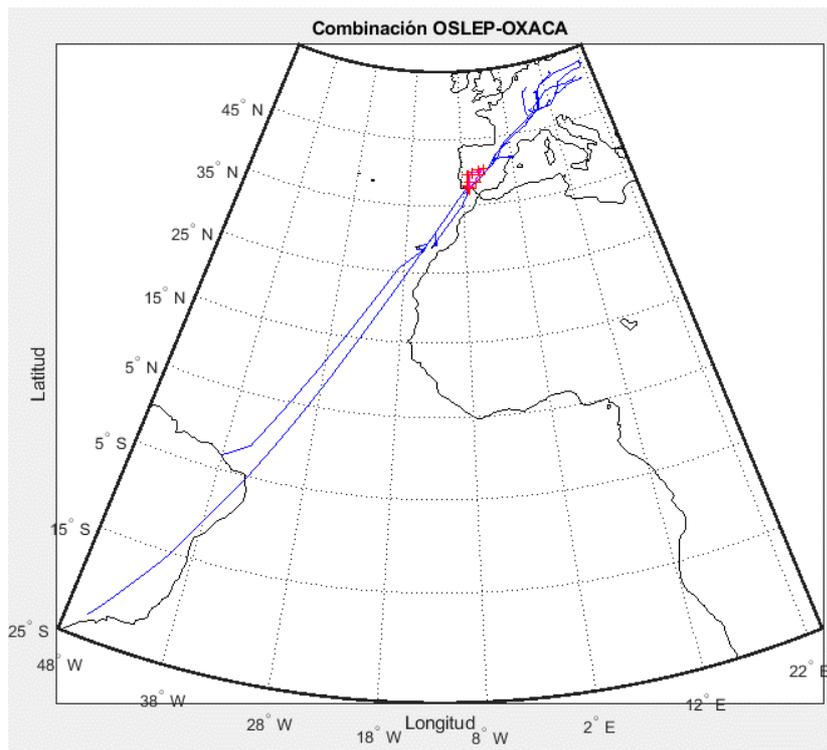


Figura B.8. Representación trayectorias combinación OSLEP-OXACA día 27/10/2018

OSLEP-OXACA					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Gran Canaria	España	Cracovia	Polonia	1	
Tenerife	España	Berlín	Alemania	1	
Katowice	Polonia	Lanzarote	España	1	
Fuerteventura	España	Berlín	Alemania	1	
Lanzarote	España	Colonia	Alemania	1	
Fuerteventura	España	Zúrich	Suiza	1	
Gran Canaria	España	Zúrich	Suiza	1	
Tenerife	España	Varsovia Modlin	Polonia	1	
Tenerife	España	Zúrich	Suiza	2	
Tenerife	España	Ginebra	Suiza	1	
Tenerife	España	Alsacia	Francia	1	
Tenerife	España	Barcelona	España	1	
Fortaleza	Brasil	Frankfurt	Alemania	1	
Tenerife	España	Múnich	Alemania	2	
Gran Canaria	España	Praga	República Checa	1	
Tenerife	España	Toulouse	Francia	1	
Lanzarote	España	Varsovia Chopin	Polonia	1	
Sao Paulo	Brasil	Barcelona	España	1	

Tabla B.20. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP-OXACA día 27/10/2018

Las agrupaciones según el estudio de los orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se resume en la tabla B.21. Se determina que la mayoría de los vuelos (una cantidad de 18) poseen origen en las Islas Canarias y se dirigen al norte y centro de Europa como Alemania, Polonia o República Checa. Además se tienen algunos vuelos transoceánicos con destino a Brasil desde Alemania y España (Barcelona).

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Brasil - España(Barcelona)	1	5%
Brasil - Alemania	1	25%
España (Canarias) - Oeste, Centro y Este central Europa	18	70%
Total	20	100%

Tabla B.21. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-OXACA día 27/10/2018

Con una inspección visual se definen las direcciones preferidas de paso de estos vuelos por la región estudiada. No se han eliminado ninguno de los vuelos en este caso, al considerarse que todas las trayectorias se ven afectadas por la zona del espacio aéreo que se analiza. En la tabla B.22 se cuantifican los vuelos y la dirección deseada de paso. En adición, se indica la cantidad de vuelos según el sentido.

	Cantidad
Noreste-Sudoeste	1
Sudoeste-Noreste	19

Tabla B.22. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en OSLEP-OXACA el día 27/10/2018

❖ PARKA-TLD

Las trayectorias de los vuelos que forman parte de esta grupo de clasificación se muestran en la figura B.9, los cuales pasan por los puntos de paso TLD y PARKA del contorno del espacio aéreo en consideración. La cantidad de vuelos son un total de 19 en este grupo. Los orígenes y destinos de estos vuelos junto a la cantidad de cada conexión se muestran en la tabla B.23. Además en la columna “inverso” se indica la cantidad de vuelos en sentido opuesto a la combinación indicada de origen-destino.

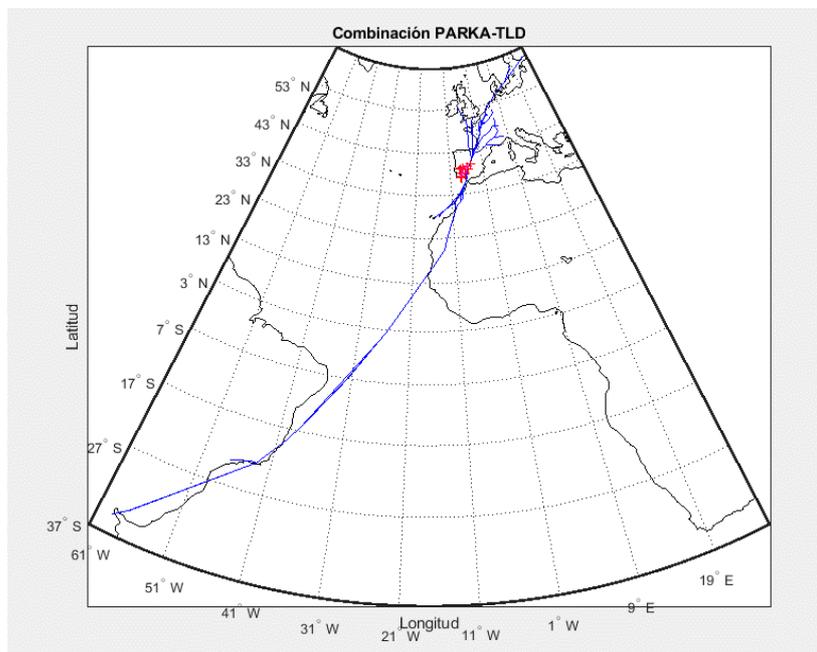


Figura B.9. Representación trayectorias combinación PARKA-TLD día 27/10/2018

PARKA-TLD					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Lanzarote	España	Alsacia	Francia	1	
Buenos Aires	Argentina	París	Francia	2	
Jerez	España	Luxemburgo	Luxemburgo	1	
Lanzarote	España	París	Francia	1	
Sevilla	España	Bruselas	Bruselas	1	
Jerez	España	Hyères	Francia	1	
Menara	Marruecos	Londres	Reino Unido	1	
Sevilla	España	Turín	Italia	1	
Agadir	Marruecos	Estocolmo	Suecia	1	
Sevilla	España	Valenciennes	Francia	1	
Tánger	Marruecos	Londres	Reino Unido	1	
Gran Canaria	España	Helsinki	Finlandia	1	
Sao Paulo	Brasil	París	Francia	1	
Rabat	Marruecos	Tillé	Francia	1	
Fuerteventura	España	Dublín	Irlanda	1	
Casablanca	Marruecos	Alsacia	Francia	1	
Tánger	Marruecos	Weeze	Alemania	1	
Rabat	Marruecos	Bruselas	Bruselas	1	

Tabla B.23. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en PARKA-TLD día 27/10/2018

En función de las zonas de orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se representa en la tabla B.24 las agrupaciones realizadas. Se obtiene que el principal foco de conexiones se da con origen en Marruecos hacia el noroeste y centro de Europa (Francia, Finlandia, Bruselas, Reino Unido o Suecia). Seguidamente se encuentran los vuelos entre el sur de la península de España con las zonas oeste (Francia o Bruselas) y sur (Italia) de Europa (5 vuelos) y 4 vuelos con origen las Islas Canarias hacia el noroeste de Europa. También se dan vuelos transoceánicos entre Francia y Sudamérica.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Canarias) - Oeste central y Norte Europa	4	21,05%
España (Península sur) - Oeste y Sur Europa	5	26,32%
Francia - Argentina	2	10,53%
Francia - Brasil	1	5,26%
Marruecos-Oeste, Centro y Este central Europa	7	36,84%
Total	19	100%

Tabla B.24. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en PARKA-TLD día 27/10/2018

Las direcciones preferidas de paso de las trayectorias por la región de estudio (LER86, LED124 y LED126) a través de un análisis visual de las trayectorias. No se van a tener en cuenta los vuelos entre Marruecos con los destinos localizados al este de las conexiones que se dan desde este origen (Francia, Alemania o Bruselas). A la vez que el sur de la península con en oeste y sur de Europa (Francia o Italia respectivamente). Se debe a que se estima que no están directamente afectados por el paso a través del espacio aéreo analizado puesto que las ortodrómicas que unen sus orígenes y destinos no cruzan esta zona. Esta decisión se valida con la optimización de las trayectorias. En la tabla B.25 se cuantifican los vuelos que se consideran y la dirección en la que se verían beneficiados si por la región del espacio aéreo se establecieran aerovías, así como el sentido.

	Cantidad
Norte-Sur	0
Sur-Norte	3
Noreste-Sudoeste	0
Sudoeste-Noreste	6

Tabla B.25. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en PARKA-TLD el día 27/10/2018

❖ TLD-CCS

La figura B.10 muestra las trayectorias que forman parte de esta combinación de la clasificación, los cuales pasan por los puntos de paso TLD y CCS. En total son 17 vuelos. En la tabla B.26 se muestran los orígenes y destinos de los vuelos, además de la cantidad de cada una de las conexiones especificándose el número de vuelos con sentido de conexión opuesto al mostrado en el origen-destino.

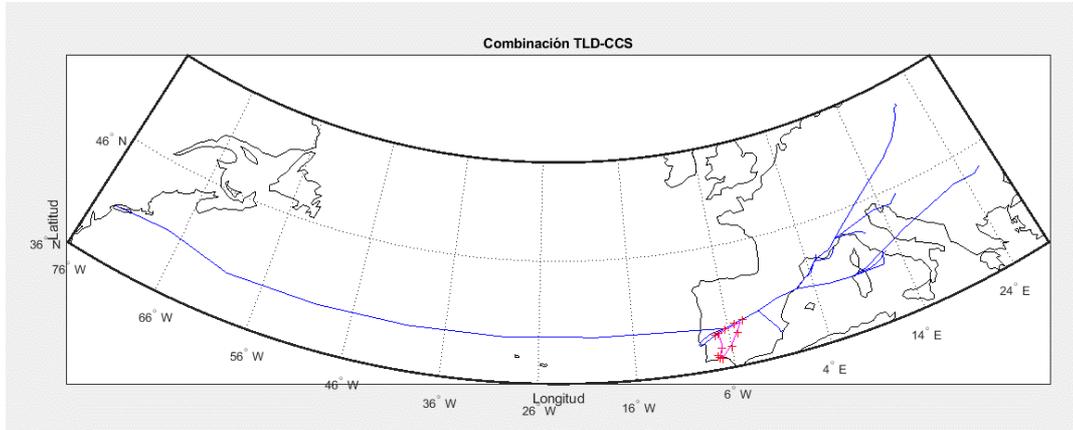


Figura B.10. Representación trayectorias combinación TLD-CCS día 27/10/2018

TLD-CCS					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Florenia	Italia	Lisboa	Portugal	2	
Roma	Italia	Lisboa	Portugal	6	
Bucarest	Rumania	Lisboa	Portugal	1	
Alicante	España	Condado Bergen	EEUU	1	
Zagred	Croacia	Lisboa	Portugal	1	
Niza	Francia	Lisboa	Portugal	3	
Varsovia	Polonia	Lisboa	Portugal	1	
Marsella	Francia	Lisboa	Portugal	2	

Tabla B.26. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en TLD-CCS día 27/10/2018

Tras el estudio de las zonas de los orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se refleja en la tabla B.27 el resumen de las agrupaciones. Se obtiene que casi la totalidad de los vuelos tienen como destino Portugal (16 vuelos) con origen el sureste de Europa. Además se da un vuelo transoceánico hacia Estados Unidos desde Alicante.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Alicante - EEUU	1	5,88%
Portugal - Sur y Este de Europa	16	94,12%
Total	17	100%

Tabla B.27. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-CCS día 27/10/2018

Tras una inspección visual se determinan las direcciones preferidas de paso de estos vuelos por el espacio aéreo estudiado. Se han excluido las conexiones desde Portugal a los destinos más al norte de los dados en este grupo. La razón es que no se ven afectados por la región puesto que las ortodrómicas que unen sus destinos no atraviesan la región en consideración. De nuevo, estas decisiones se comprueban con la optimización de trayectorias. En la tabla B.28 se cuantifican los vuelos que se consideran y la dirección de interés si se dispusieran conexiones por la región del espacio aéreo. Se indica la cantidad de vuelos según el sentido también.

	Cantidad
Este-Oeste	8
Oeste-Este	0

Tabla B.28. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en TLD-CCS el día 27/10/2018

❖ PARKA

Las trayectorias de los vuelos que forman parte de este grupo de la clasificación se muestran en la figura B.11, los cuales pasan por el punto de paso PARKA del contorno del espacio aéreo en consideración. La cantidad de vuelos son un total de 7. Los orígenes y destinos de estos vuelos junto a la cantidad de cada conexión se muestran en la tabla B.29. Además en la columna “inverso” se indica la cantidad de vuelos en sentido opuesto a la combinación indicada de origen-destino.

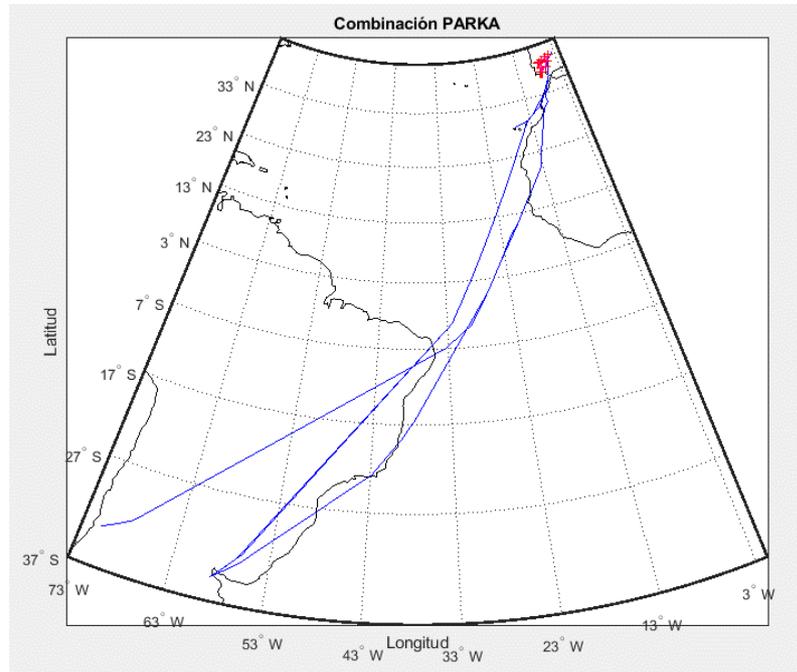


Figura B.11. Representación trayectorias combinación PARKA día 27/10/2018

PARKA					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Casablanca	Marruecos	Madrid	España	2	
Tenerife	España	Madrid	España	1	
Buenos Aires	Argentina	Madrid	España	3	
Padahuel	Chile	Madrid	España	1	

Tabla B.29. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en PARKA día 27/10/2018

En función de las zonas de orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se representa en la tabla B.30 un resumen de las agrupaciones realizadas. En su totalidad los vuelos se establecen entre Madrid y zonas al suroeste de esta localización (Islas Canarias, Marruecos o Sudamérica). Siendo Madrid el destino en todos ellos.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Madrid) - Zonas al suroeste	7	100%
Total	7	100%

Tabla B.30. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en PARKA-TLD día 27/10/2018

Ninguno de estos vuelos se considera en la clasificación según la dirección preferida de paso por la región del espacio aéreo analizado. La razón es que se encuentran afectados por las cartas STAR, por lo que no pueden modificar en gran medida su ruta en caso de que se pudiera establecer una trayectoria que atravesara las restricciones.

❖ MELON-OXACA

La figura B.12 muestra las trayectorias que forman parte de este grupo de la clasificación, los cuales pasan por los puntos de paso MELON y OXACA del contorno de la región estudiada. En total son 7 vuelos. En la tabla B.31 se muestran los orígenes y destinos de los vuelos, además de la cantidad de cada una de las conexiones especificándose el número de vuelos con sentido de conexión opuesto mostrado en el origen-destino.

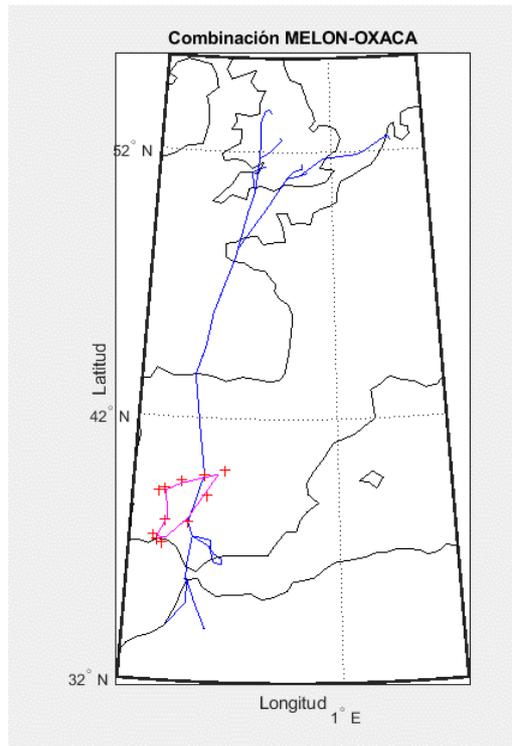


Figura B.12. Representación trayectorias combinación MELON-OXACA día 27/10/2018

MELON-OXACA					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Londres	Reino Unido	Tánger	Marruecos	1	
Birmingham	Reino Unido	Málaga	España	1	
Londres	Reino Unido	Rabat	Marruecos	1	
Manchester	Reino Unido	Málaga	España	1	
Brístol	Reino Unido	Málaga	España	1	
Holanda	Países Bajos	Málaga	España	1	
Londres	Reino Unido	Fez	Marruecos	1	

Tabla B.31. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en MELON-OXACA día 27/10/2018

Tras el estudio de las zonas de los orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se refleja en la tabla B.32 el resumen de las posibles agrupaciones. Se poseen dos focos de conexión en el mismo orden de cantidad de vuelos, Marruecos con destino el oeste de Europa y el sur de la península de España con mismo destino al oeste de Europa. Con un número de 3 y 4 vuelos respectivamente cada uno de ellos. La zona oeste está formada por Reino Unido y Países Bajos en este caso de forma concreta.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Península sur) - Oeste de Europa	4	57,14%
Marruecos - Oeste de Europa	3	42,86%
Total	7	100%

Tabla B.32. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en MELON-OXACA día 27/10/2018

Tras una inspección visual se determinan las direcciones preferidas de paso de estos vuelos por el espacio aéreo estudiado. Se han excluido los vuelos de Málaga, puesto que sus conexiones no poseen trayectorias que se vean afectados por la región analizada. En la tabla B.33 se contabilizan el número de vuelos que se consideran y la dirección de interés de paso por la zona del espacio aéreo en cuestión. También se indica la cantidad de vuelos según el sentido.

	Cantidad
Norte-Sur	3
Sur-Norte	0

Tabla B.33. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en MELON-OXACA el día 27/10/2018

❖ ROSAL

Las trayectorias de los vuelos que forman parte de este grupo de la clasificación se muestran en la figura B.13, los cuales pasan por el punto de paso ROSAL del contorno del espacio aéreo en consideración (LER86, LED124 y LED126). La cantidad de vuelos son un total de 6. Los orígenes y destinos de estos vuelos junto a la cantidad de cada conexión se muestran en la tabla B.34. Además en la columna “inverso” se indica la cantidad de vuelos en sentido opuesto a la combinación indicada de origen-destino.

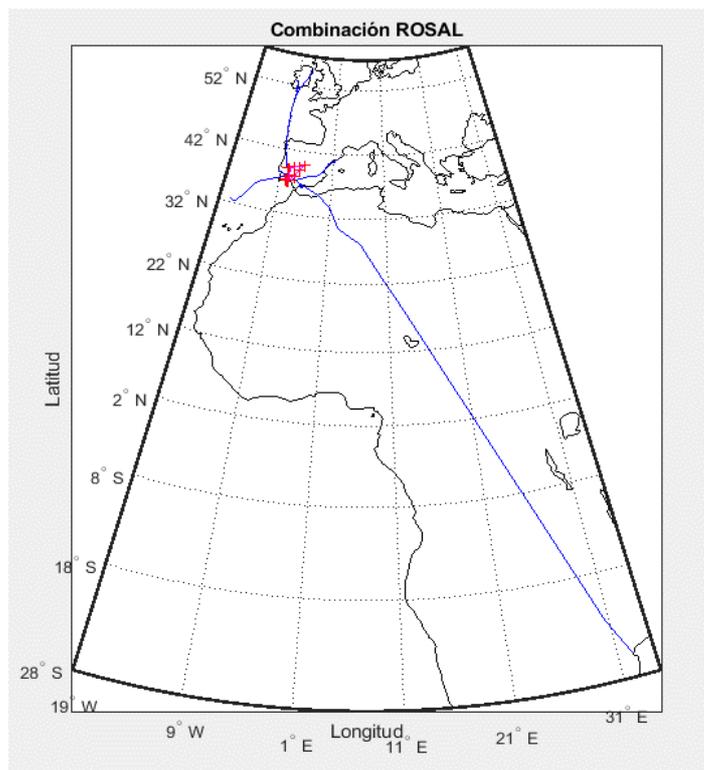


Figura B.13. Representación trayectorias combinación ROSAL día 27/10/2018

ROSAL					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Málaga	España	Santiago	España	1	
Madeira	Portugal	Barcelona	España	1	
Cork	Irlanda	Málaga	España	1	
Belfast	Irlanda del Norte	Málaga	España	1	
Shannon	Irlanda	Málaga	España	1	
Maputo	Mozambique	Lisboa	Portugal	1	

Tabla B.34. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en ROSAL día 27/10/2018

En función de las zonas geográficas de orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se representa en la tabla B.35 un resumen de las agrupaciones realizadas. Cinco de los seis vuelos tienen su destino en el sur de España (península) provenientes del noroeste de Europa (Reino Unido e Irlanda), existiendo uno desde el norte de la península. Únicamente se da un vuelo desde Portugal hacia la zona sur y oriental de África.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Península sur) - Oeste de Europa	5	83,33%
Portugal - Suroeste de África	1	16,67%
Total	6	100%

Tabla B.35. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en ROSAL día 27/10/2018

Se subclasifican las trayectorias según un análisis visual por la dirección deseada de paso por la región del espacio aéreo de estudio. No se ha eliminado ninguno de los vuelos y se refleja en la tabla B.36 el número de vuelos según la dirección, incluido el sentido de paso.

	Cantidad
Noreste-Sudoeste	0
Sudoeste-Noreste	1
Noroeste-Sudeste	4
Sudeste-Noroeste	1

Tabla B.36. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en ROSAL el día 27/10/2018

❖ OSLEP

La figura B.14 muestra las trayectorias que forman parte de este grupo de la clasificación, los cuales pasan por el punto de paso OSLEP del contorno de la región estudiada. En total son 3 vuelos. En la tabla B.37 se muestran los orígenes y destinos de los vuelos, además de la cantidad de cada una de las conexiones especificándose el número de vuelos, si existen, con sentido de conexión inverso al mostrado en el origen-destino.

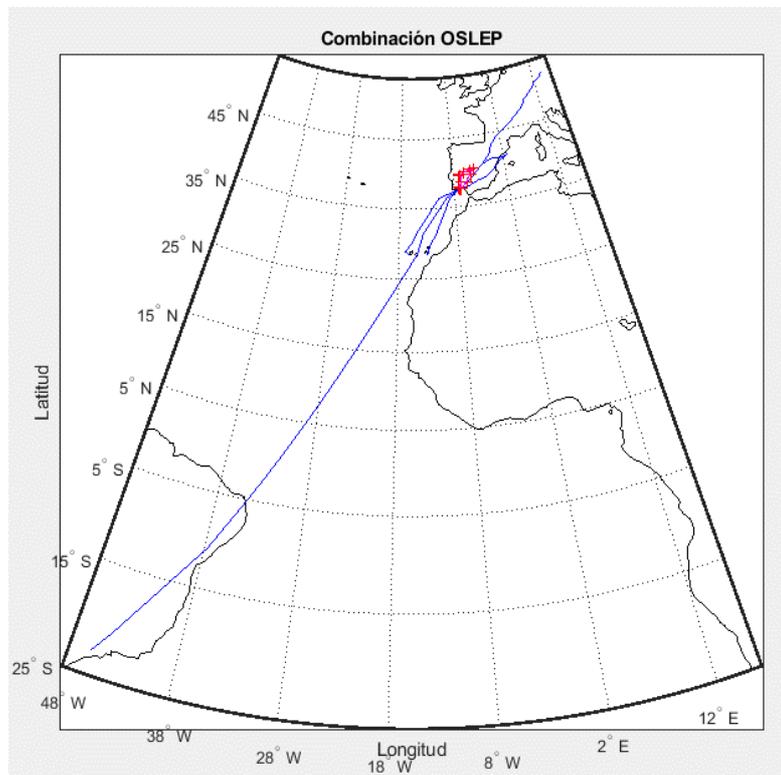


Figura B.14. Representación trayectorias combinación MELON-OXACA día 27/10/2018

OSLEP					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Barcelona	España	Sao Paulo	Brasil	1	
Barcelona	España	Tenerife	España	1	
Dresde	Alemania	Fuerteventura	España	1	

Tabla B.37. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP día 27/10/2018

Si se estudia de las zonas de los orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se destacan dos grupos que se muestran en la tabla B.38. Dos de los vuelos poseen como origen el aeropuerto de Barcelona uno de ellos con destino a las Islas Canarias y otro a Brasil, ambos situados al suroeste de la localización de origen. Un vuelo conecta Alemania (origen) con las Islas Canarias.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Barcelona) - Zona Sur este	2	66,67%
España (Canarias) - Centro Europa	1	33,33%
Total	3	100%

Tabla B.38. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP día 27/10/2018

Tras una inspección visual se determinan las direcciones preferidas de paso de estos vuelos por el espacio aéreo estudiado. No se ha considerado los vuelos con origen en Barcelona en la clasificación, al considerarse que su trayectoria no se ve beneficiada por atravesar la zona del espacio aéreo analizado. Como se ha comentado anteriormente se comprueba la validez de esta decisión con la optimización de trayectorias. En la tabla B.39 se contabilizan el número de vuelos que se consideran y la dirección de interés de paso por la zona del espacio aéreo en cuestión. También se indica la cantidad de vuelos según el sentido.

	Cantidad
Noreste-Sudoeste	0
Sudoeste-Noreste	1

Tabla B.39. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en OSLEP el día 27/10/2018

❖ TLD-BIRBA

La figura B.15 representa las trayectorias que forman parte de este grupo de la clasificación, los cuales pasan por los puntos de paso TLD y BIRBA del contorno de la región del espacio aéreo considerada. En total son 3 vuelos. En la tabla B.40 se muestran los orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este grupo así como la cantidad de cada una de las conexiones o sus inversos, si existen.

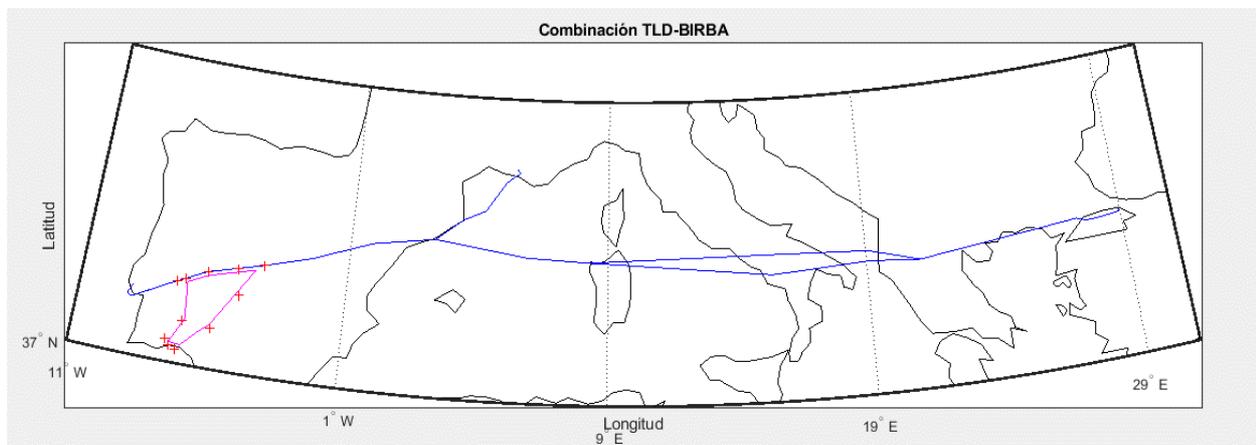


Figura B.15. Representación trayectorias combinación TLD-BIRBA día 27/10/2018

TLD-BIRBA					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Marsella	Francia	Lisboa	Portugal	1	
Estambul	Turquía	Lisboa	Portugal	2	

Tabla B.40. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en TLD-BIRBA día 27/10/2018

Si se estudia de las zonas de los orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se destacan dos tipos que se muestran en la tabla B.41. Todos los vuelos tienen como destino Portugal y poseen origen sureste de Europa (Marsella y Estambul).

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Portugal - Sureste de Europa	3	100%
Total	3	100%

Tabla B.41. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-BIRBA día 27/10/2018

Tras una inspección visual se determinan las direcciones deseadas de paso de estos vuelos por el espacio aéreo estudiado. En la tabla B.42 se contabilizan el número de vuelos que se consideran y la dirección de interés de paso por la zona del espacio aéreo en cuestión. También se indica la cantidad de vuelos según el sentido.

	Cantidad
Este-Oeste	3
Oeste-Este	0

Tabla B.42. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en TLD-BIRBA el día 27/10/2018

❖ OXACA-PARKA

Esta combinación está formada únicamente por un vuelo, el cual se representa su trayectoria en la figura B.16. Su origen es Madrid y su destino Brasil (tabla B.43). No se va a considerar clasificado en una dirección de paso por la región puesto que depende de las cartas SID del aeropuerto de Madrid, entonces no se puede modificar en gran medida su trayectoria en caso que se pudiera sobrevolar por el espacio aéreo con restricciones analizado.

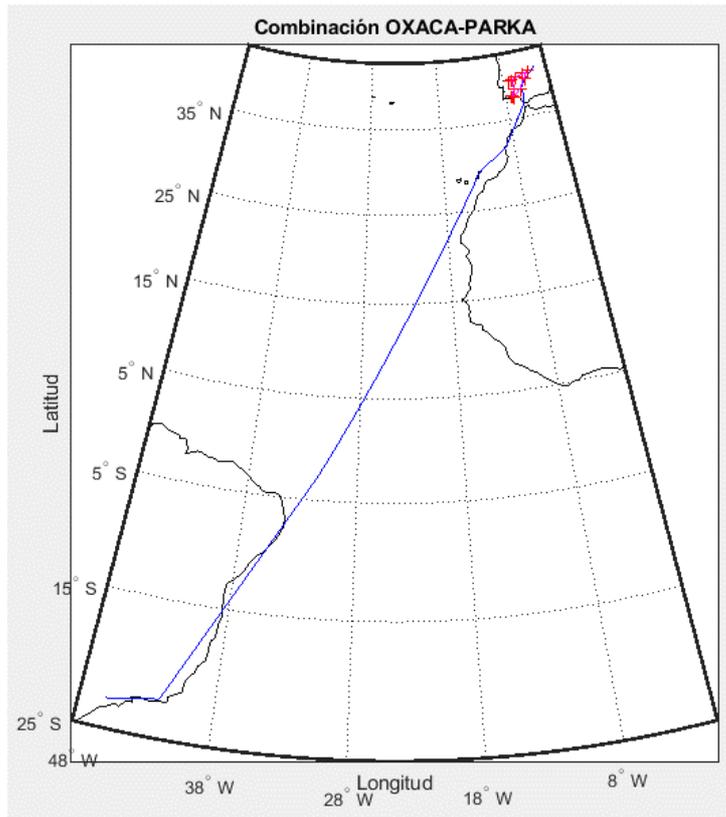


Figura B.16. Representación trayectoria combinación OXACA-PARKA día 27/10/2018

OXACA-PARKA					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Sao Paulo	Brasil	Madrid	España	1	

Tabla B.43. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OXACA-PARKA día 27/10/2018

❖ CCS

Esta combinación está formado únicamente por un vuelo, el cual se representa su trayectoria en la figura B.17. Su origen es Madrid y su destino Portugal (tabla B.44). No se va a considerar clasificado en una dirección de paso por la región puesto que depende de las cartas SID del aeropuerto de Madrid, entonces no se puede modificar en gran medida su trayectoria en caso que se permita el sobrevuelo por el espacio aéreo con restricciones analizado.

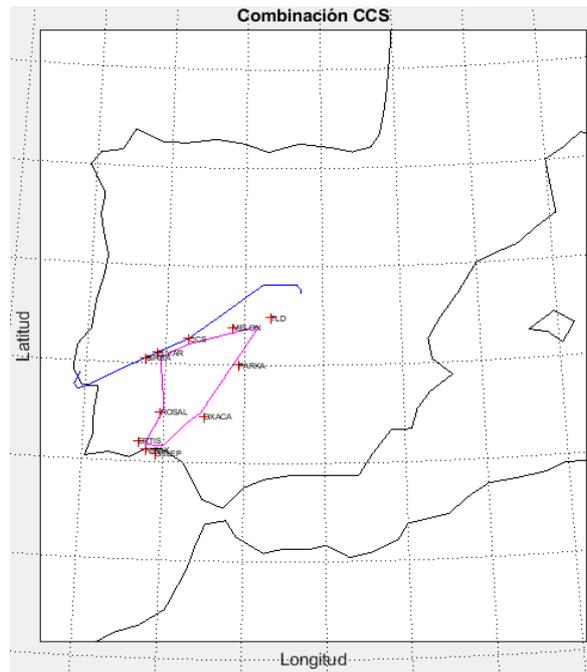


Figura B.17. Representación trayectoria combinación CCS día 27/10/2018

CCS					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Madrid	España	Lisboa	España	1	

Tabla B.44. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en CCS día 27/10/2018

❖ PARKA-MELON

Esta combinación está formado únicamente por un vuelo, el cual se representa su trayectoria en la figura B.18. Su origen es Marruecos y se dirige a Reino Unido (tabla B.45). Analizando de forma visual la trayectoria para añadirla a una dirección deseada de paso por la región del espacio aéreo de estudio se decide que le corresponde la dirección norte-sur (tabla B.46).

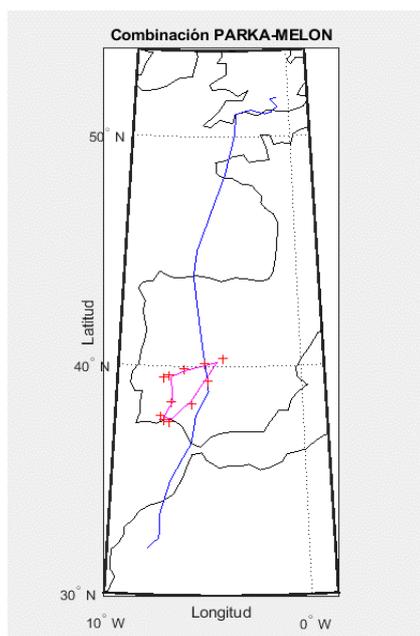


Figura B.18. Representación trayectoria combinación PARKA-MELON día 27/10/2018

PARKA-MELON					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Menara	Marruecos	Hampshire	Reino Unido	1	

Tabla B.45. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en PARKA-MELON día 27/10/2018

	Cantidad
Norte-Sur	0
Sur-Norte	1

Tabla B.46. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en PARKA-MELON el día 27/10/2018

Combinación de vuelos día 02/03/2019

❖ TLD

Las trayectorias que se clasifican en este grupo se caracterizan por pasar por el punto de paso del contorno de la zona del espacio aéreo de estudio TLD. En la figura B.19 se observan las trayectorias de los vuelos que forman parte de esta clasificación. En total son 113 vuelos. La tabla B.47 muestra los orígenes y destinos de los vuelos y la cantidad según el sentido de la conexión.

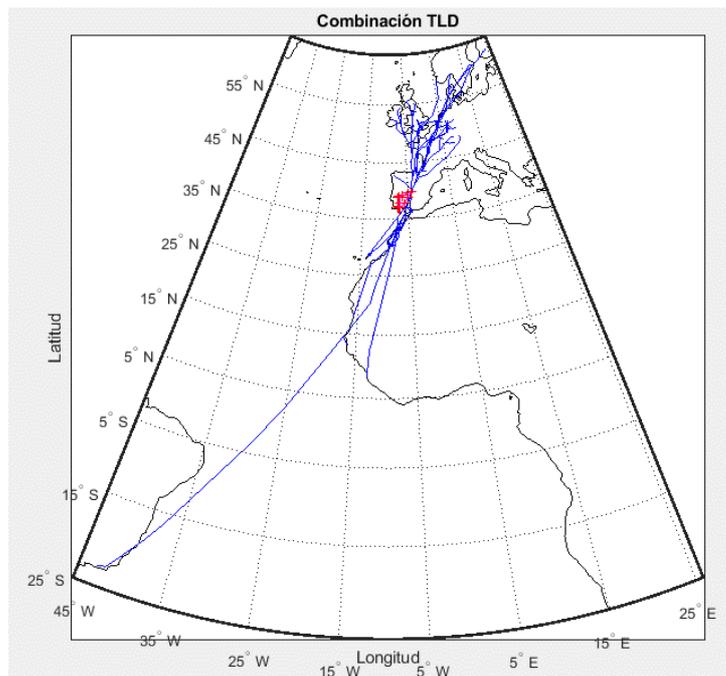


Figura B.19 Representación trayectorias combinación ELVAR día 02/03/2019

TLD					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Colonia	Alemania	Málaga	España	1	
Londres	Reino Unido	Menara	Marruecos	1	1
Valladolid	España	Málaga	España	1	
Rabat	Marruecos	París	Francia	9	
Tánger	Marruecos	Holanda	Países Bajos	1	
Casablanca	Marruecos	París	Francia	12	
Menara	Marruecos	París	Francia	6	
Málaga	España	Copenhague	Dinamarca	3	

Fuerteventura	España	Stuttgart	Alemania	1	
Róterdam	Países Bajos	Málaga	España	1	
Londres	Reino Unido	Sevilla	España	3	
Eindhoven	Países Bajos	Sevilla	España	1	
Casablanca	Marruecos	Bruselas	Bruselas	2	
Agadir	Marruecos	París	Francia	3	
Manchester	Reino Unido	Málaga	España	3	
Agadir	Marruecos	Lille	Francia	1	
Menara	Marruecos	Alsacia	Francia	1	
Bristol	Reino Unido	Málaga	España	2	
Río de Janeiro	Brasil	París	Francia	1	
Menara	Marruecos	Pau	Francia	1	
Londres	Reino Unido	Málaga	España	7	
Newcastle	Reino Unido	Málaga	España	2	
Birmingham	Reino Unido	Málaga	España	2	
Agadir	Marruecos	Dusseldorf	Alemania	1	
Casablanca	Marruecos	Holanda	Países Bajos	1	
Nantes	Francia	Málaga	España	1	
Fuerteventura	España	Ostwestfalen	Alemania	1	
Port Loko	Sierra Leona	Bruselas	Bruselas	1	
Deauville	Francia	Lanzarote	España	1	
Casablanca	Marruecos	Estrasburgo	Francia	1	
Casablanca	Marruecos	Frankfurt	Alemania	2	
Casablanca	Marruecos	Estocolmo	Suecia	1	
Casablanca	Marruecos	Alsacia	Francia	1	
Málaga	España	Pirkkala	Finlandia	1	
Shannon	Irlanda	Málaga	España	1	
Holanda	Países Bajos	Agadir	Marruecos	1	
Yorkshire	Reino Unido	Málaga	España	1	
Sola	Noruega	Málaga	España	1	
Fuerteventura	España	Bilbao	España	1	
Edimburgo	Reino Unido	Sevilla	España	1	
Menara	Marruecos	Burdeos	Francia	2	
Nouakchott	Mauritania	París	Francia	1	
Rabat	Marruecos	Londres	Reino Unido	1	2
Belfast	Irlanda del Norte	Málaga	España	1	
Casablanca	Marruecos	Londres	Reino Unido	1	
Menara	Marruecos	Dusseldorf	Alemania	1	
Banjul	Gambia	Holanda	Países Bajos	1	
Santiago	España	Málaga	España	1	
Dublín	Irlanda	Málaga	España	2	
Tánger	Marruecos	Bruselas	Bruselas	1	
Essaouira	Marruecos	Weeze	Alemania	1	
Nantes	Francia	Casablanca	Marruecos	1	1
Nørresundby	Dinamarca	Málaga	España	1	
Edimburgo	Reino Unido	Málaga	España	1	
Bristol	Reino Unido	Sevilla	España	1	
Menara	Marruecos	Marne	Francia	1	
Dublín	Irlanda	Lanzarote	España	1	
Gales	Reino Unido	Málaga	España	1	
Vestfold	Noruega	Málaga	España	1	
Menara	Marruecos	Tours	Francia	1	
Estocolmo	Suecia	Málaga	España	1	
Menara	Marruecos	Rhein-Hunsrück	Alemania	1	
Casablanca	Marruecos	Burdeos	Francia	1	
Essaouira	Marruecos	Burdeos	Francia	1	

Tabla B.47. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en TLD día 02/03/2019

En la tabla B.48 se muestra la agrupación de los vuelos según las zonas de orígenes y destinos. Se deduce de esta clasificación que la mayoría de los vuelos tienen procedencia o destino en Marruecos con un 54,67% del total de vuelos de este grupo, seguido de los que tienen origen en el sur de la península (Sevilla o Málaga) con un 37,17%. Todos estos establecen conexión con el centro, norte y oeste de Europa

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Brasil - Francia	1	0,88%
Bruselas - Sierra Leona	1	0,88%
España (Península sur) - Centro, Norte y Oeste de Europa	42	37,17%
España (Canarias) - Centro y Oeste de Europa	5	4,42%
Francia - Mauritania	1	0,88%
Marruecos - Centro, Norte y Oeste de Europa	62	57,87%
Países Bajos - Gambia	1	0,88%
Total	113	100%

Tabla B.48. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD del día 02/03/2019

Para la subclasificación de estos vuelos en las direcciones preferida de paso por la región de estudio se aplica la inspección visual. No se han incluido ciertos vuelos al no considerarse según su origen y destino que se puedan ver beneficiados por las posibles modificaciones de las conexiones por las restricciones en el espacio aéreo. Estos son las conexiones entre las Islas Canarias y Reino Unido, Marruecos y el centro o noreste de Europa (Finlandia o Alemania) y Málaga con el oeste y este del norte y centro de Europa y Sevilla con Francia. El número de vuelos tenidos en cuenta clasificados se muestran en la tabla B.49.

	Cantidad
Norte-Sur	8
Sur-Norte	3
Noreste-Sudoeste	2
Sudoeste-Noreste	7
Noroeste-Sudeste	2
Sudeste-Noroeste	0

Tabla B.49. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en ELVAR el día 02/03/2019

❖ ELVAR

La figura B.20 muestra las trayectorias que conforman este grupo de la clasificación, los cuales pasan únicamente por el punto de paso ELVAR del contorno de la región estudiada (LER86, LED124 y LED126). En total forman parte 6 vuelos. La tabla B.50 contiene todos los orígenes y destinos de los vuelos que componen esta agrupación y la cantidad según el sentido de la conexión, estando indicado los casos en los que las conexiones son inversas a las indicadas en el origen y destino.

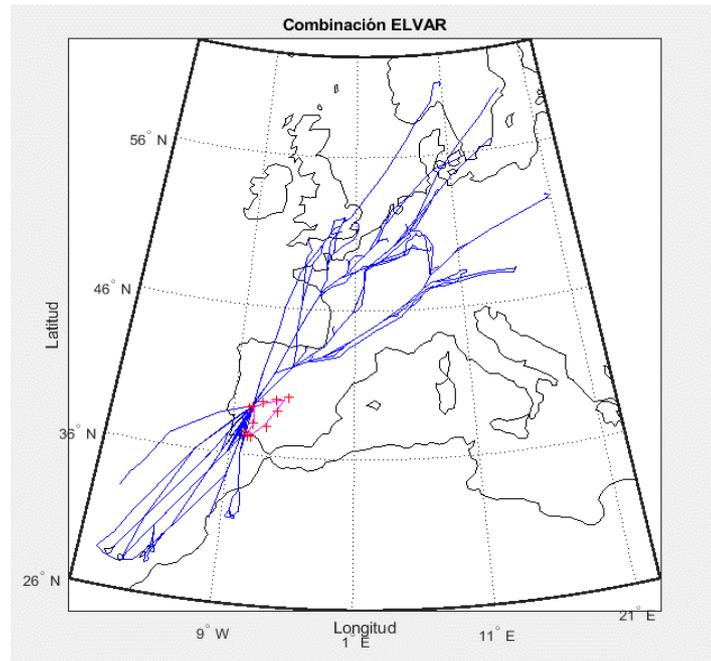


Figura B.20. Representación trayectorias combinación ELVAR día 02/03/2019

ELVAR					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Londres	Reino Unido	Menara	Marruecos	3	1
Bilbao	España	Fuerteventura	España	1	
Bilbao	España	Lanzarote	España	1	
Ginebra	Suiza	Fuerteventura	España	1	
Lanzarote	España	París	Francia	1	1
Múnich	Alemania	Tenerife	España	1	
Lanzarote	España	Deauville	Francia	1	
Bilbao	España	Tenerife	España	1	
Memmingerberg	Alemania	Tenerife	España	1	
Varsovia	Polonia	Madeira	Portugal	1	
Stuttgart	Alemania	Lanzarote	España	1	
Gran Canaria	España	Colonia	Alemania	1	
Lanzarote	España	Rhein-Hunsrück	Alemania	1	
Faro	Portugal	Viena	Austria	1	
Hamburgo	Alemania	Fuerteventura	España	2	
Menara	Marruecos	Tillé	Francia	1	
Colonia	Alemania	Lanzarote	España	1	
Varsovia	Polonia	Tenerife	España	1	
Múnich	Alemania	Faro	Portugal	2	1
Londres	Reino Unido	Faro	Portugal	1	1
Menara	Marruecos	Gardermoen	Noruega	1	
Burdeos	Francia	Menara	Marruecos	1	
Menara	Marruecos	Holanda	Países Bajos	1	
Kalmar	Suecia	Gran Canaria	España	1	
Faro	Portugal	Nantes	Francia	1	
Viena	Austria	Tenerife	España	1	
Burdeos	Francia	Essaouira	Marruecos	1	
Fuerteventura	España	Bruselas	Bruselas	1	
Lyon	Francia	Gran Canaria	España	1	
Gran Canaria	España	Londres	Reino Unido	3	
París	Francia	Faro	Portugal	1	
Estocolmo	Suecia	Gran Canaria	España	1	

Múnich	Alemania	Gran Canaria	España	1
Frankfurt	Alemania	Fuerteventura	España	1
Lanzarote	España	Weeze	Alemania	1
Vitoria	España	Tenerife	España	1
Frankfurt	Alemania	Faro	Portugal	1
Zúrich	Suiza	Gran Canaria	España	1
Fuerteventura	España	París	Francia	1
Stuttgart	Alemania	Faro	Portugal	1
Faro	Portugal	Copenhague	Dinamarca	1
Menara	Marruecos	Copenhague	Dinamarca	1
Menara	Marruecos	Bruselas	Bruselas	1
Faro	Portugal	Luxemburgo	Luxemburgo	1
Faro	Portugal	East Devon	Reino Unido	1
Dusseldorf	Alemania	Gran Canaria	España	1

Tabla B.50. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en ELVAR día 02/03/2019

Del análisis de los orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este grupo se refleja de forma resumida en la tabla B.51 las posibles agrupaciones según zonas geográficas. Se deduce que un 55,36% de los vuelos (31 rutas) tienen origen en su mayoría en las Islas Canarias y poseen como destino, de forma variada, el este, centro (Francia y Suiza por ejemplo), norte y oeste de Europa. En menor cantidad se encuentran las conexiones entre Portugal y el centro (Alemania o Austria), norte (como Dinamarca) y oeste (Francia o Reino Unido) de Europa. Finalmente, Marruecos hacia o desde el norte y oeste de Europa.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Canarias) - Este, Centro, Oeste y Norte de Europa	31	55,36%
Marruecos - Norte y Oeste de Europa	11	19,64%
Portugal - Centro, Norte y Oeste de Europa	14	25,00%
Total	56	100%

Tabla B.51. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en ELVAR del día 02/03/2019

Las direcciones preferidas de paso de estos vuelos por la región estudiada se han determinado nuevamente con un análisis visual. No se han tomado en consideración las trayectorias entre Marruecos y el oeste de Europa, Reino Unido-Portugal y Reino Unido-Canarias. La razón es que no se ven afectados por la región puesto que las ortodrómicas que unen sus orígenes y destinos no cruzan esta zona. Estas decisiones se comprueban con la optimización de las trayectorias. En la tabla B.52 se cuantifican los vuelos que se aplican y la dirección de paso en la que se verían beneficiados en caso de que se dispusieran nuevas aerovías por esta región del espacio aéreo. En ella se indica además la cantidad de vuelos según el sentido.

	Cantidad
Norte-Sur	3
Sur-Norte	1
Noreste-Sudoeste	27
Sudoeste-Noreste	12

Tabla B.52. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en ELVAR el día 02/03/2019

❖ OSLEP-TLD

La figura B.21 muestra las trayectorias que forman parte de esta combinación de la clasificación, los cuales pasan por los puntos de paso OSLEP y TLD del contorno del área estudiada. En total son 10 vuelos. Se especifican en la tabla B.53 el destino y origen de los vuelos, así como la cantidad de vuelos con esa conexión según el sentido en el que se realizan.

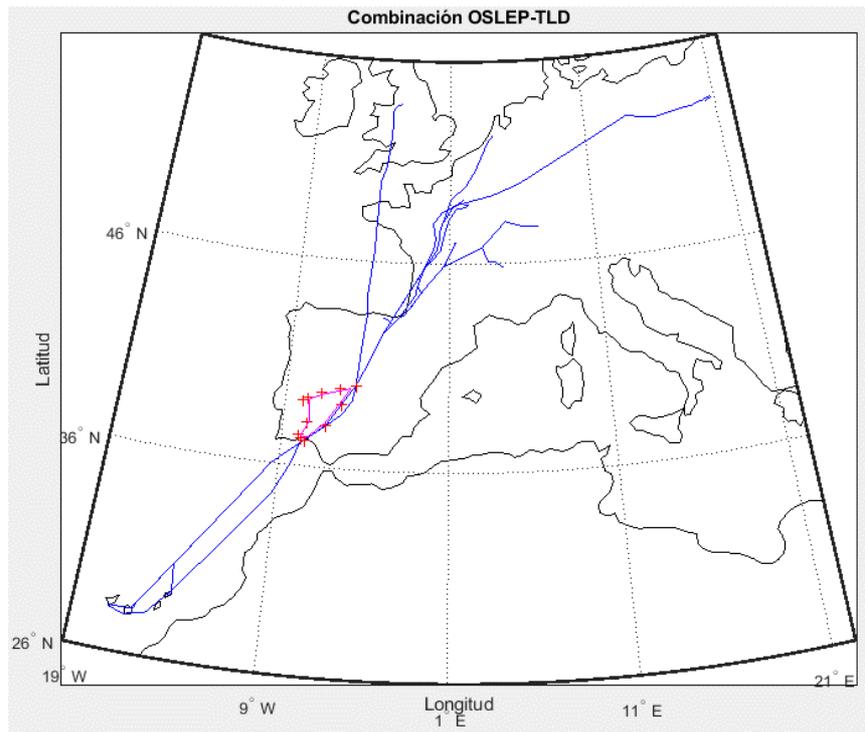


Figura B.21. Representación trayectorias combinación OSLEP-TLD día 02/03/2019

OSLEP-TLD					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Gran Canaria	España	Déols	Francia	1	
Lanzarote	España	Alsacia	Francia	1	
Tenerife	España	Róterdam	Países Bajos	1	
Gran Canaria	España	Lyon	Francia	1	
Gran Canaria	España	París	Francia	1	
Tenerife	España	Burdeos	Francia	1	
Manchester	Reino Unido	Tenerife	España	1	
Gran Canaria	España	Varsovia	Polonia	1	
Tenerife	España	París	Francia	1	
Gran Canaria	España	Bilbao	España	1	

Tabla B.53. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP-TLD día 02/03/2019

Si se estudian los orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se representa el resumen en la tabla B.54 las posibles agrupaciones según las zonas geográficas. Se obtiene que el total de los vuelos proceden de las Islas Canarias con destino el Este (Polonia) y oeste (Francia, Reino Unido o Países Bajos) de Europa.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Canarias) - Este y Oeste de Europa	10	91,53%
Total	10	100%

Tabla B.54. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-TLD día 02/03/2019

Con una inspección visual se determinan las direcciones deseadas de paso de estos vuelos por la región estudiada. Se han excluido los vuelos entre Canarias y Reino Unido. La razón es que no se ven afectados por la región puesto que las ortodrómicas que unen sus orígenes y destinos no cruzan esta zona. Estas decisiones se contrastan con la optimización de las trayectorias. En la tabla B.55 se cuantifican los vuelos que se toman y la dirección en la que se verían beneficiados si se modificaran las conexiones que atravesaran la región del espacio aéreo analizado. Se indica la cantidad de vuelos según el sentido también.

	Cantidad
Noreste-Sudoeste	0
Sudoeste-Noreste	9

Tabla B.55. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en OSLEP-TLD el día 02/03/2019

❖ BIRBA

La figura B.22 muestra las trayectorias de los vuelos que forman parte de este grupo de la clasificación, los cuales pasan solo por el punto de paso BIRBA del contorno del área estudiada. El recuento asciende a 14 vuelos en este grupo. En la tabla B.56 se muestran los destinos y orígenes de los vuelos. Además de aprecian las cantidades de vuelos realizados en cada sentido de la conexión origen-destino.

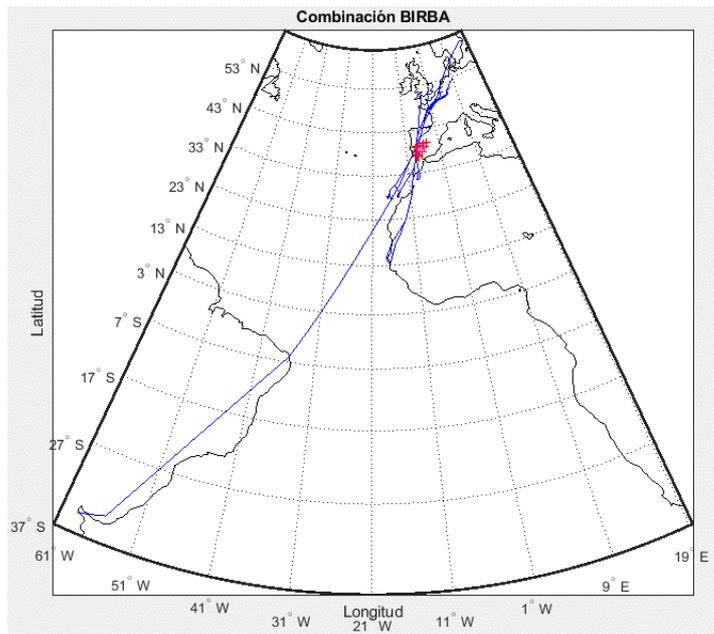


Figura B.22. Representación trayectorias combinación BIRBA día 02/03/2019

BIRBA					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Tenerife	España	Luxemburgo	Luxemburgo	1	
Agadir	Marruecos	Londres	Reino Unido	1	
Agadir	Marruecos	Estocolmo	Suecia	1	
Buenos Aires	Argentina	París	Francia	1	
Menara	Marruecos	Eindhoven	Países Bajos	1	
Bristol	Reino Unido	Fuerteventura	España	1	
Tenerife	España	Bilbao	España	1	
Agadir	Marruecos	Colonia	Alemania	1	
Agadir	Marruecos	Nantes	Francia	1	
Banjul	Gambia	Holanda	Países Bajos	1	
Hannover	Alemania	Menara	Marruecos	1	
Bruselas	Bruselas	Casablanca	Marruecos	1	
Lanzarote	España	Nantes	Francia	1	
Banjul	Gambia	Estocolmo	Suecia	1	

Tabla B.56. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en BIRBA día 02/03/2019

En función de las zonas de orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se representa en la tabla B.57 las agrupaciones geográficas a modo de resumen. Se obtiene que la mayoría de los vuelos (8) se dan conexiones entre Marruecos y la zona oeste (Bruselas, Reino Unido o Francia), centro (Alemania) y norte

(Suecia) de Europa. Además se poseen vuelos entre las Islas Canarias y el oeste (Luxemburgo o Reino Unido) y sur (España península) de Europa. Dándose en minoría vuelos entre el oeste de Europa y Sudamérica u oeste del norte de África.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Buenos Aires - Francia	1	7,14%
Gambia - Suecia	1	7,14%
Gambia - Países Bajos	1	7,14%
Marruecos - Centro, Norte y Oeste de Europa	8	57,14%
España (Canarias) - Oeste de Europa	3	21,43%
Total	28	100%

Tabla B.57. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en BIRBA día 02/03/2019

El análisis visual de las trayectorias determina las direcciones preferidas de paso de estos vuelos por la región estudiada. Se han excluido los vuelos entre Canarias-Reino Unido y algunos de los vuelos entre Marruecos y el oeste o norte de Europa (sí se consideran las conexiones con Reino Unido). Se vuelve a considerar que no se ven afectados por el espacio aéreo puesto que las ortodrómicas que unen sus orígenes y destinos no cruzan esta zona. La validez de estas decisiones se comprueba con la optimización de trayectorias. En la tabla B.58 se cuantifican los vuelos que se toman y la dirección en la que se verían beneficiados si por la región del espacio aéreo se establecieran nuevas aerovías. Se indica la cantidad de vuelos según el sentido también.

	Cantidad
Norte-Sur	0
Sur-Norte	1
Noreste-Sudoeste	0
Sudoeste-Noreste	6

Tabla B.58. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en BIRBA el día 02/03/2019

❖ CCS-ELVAR

Las trayectorias de los vuelos que conforman este grupo se representan en la figura B.23. Se caracterizan por pasar como inicio y fin por los puntos de paso del contorno del área analizada CCS y ELVAR. El número de vuelos que forman parte son en total 24. Todos los destinos y orígenes de los vuelos de esta agrupación se muestran en la tabla B.59. Se indican las cantidades en cada sentido de la conexión, teniendo en cuenta si son inversos a los orígenes y destinos indicados.

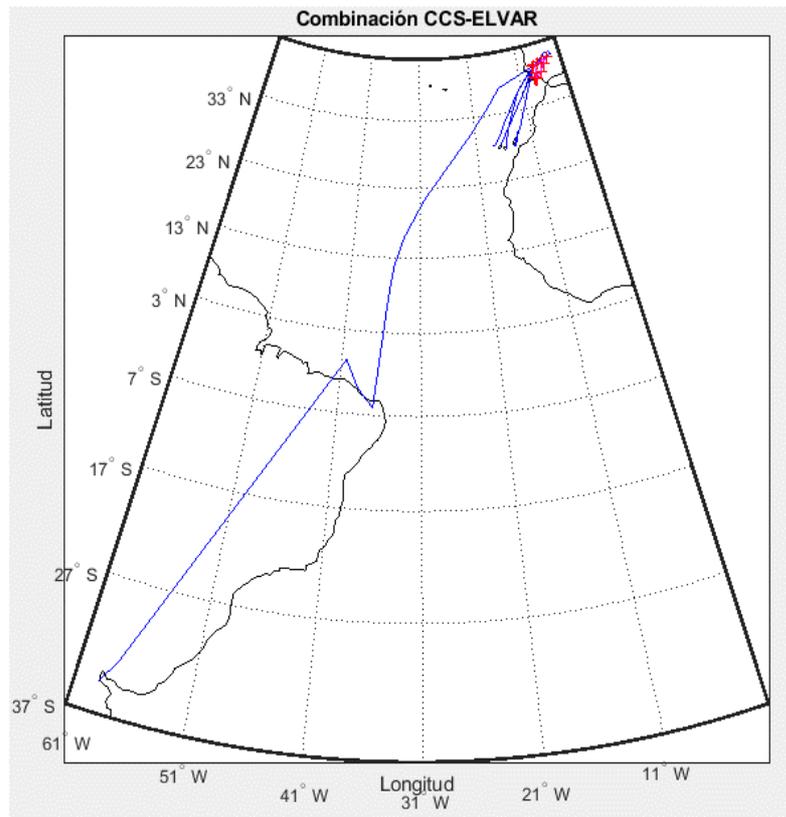


Figura B.23. Representación trayectorias combinación CCS-ELVAR día 02/03/2019

CCS-ELVAR					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Madrid	España	Gran Canaria	España	10	
Madrid	España	Tenerife	España	7	
Madrid	España	Lanzarote	España	3	
Madrid	España	La Palma	España	1	
Madrid	España	Buenos Aires	Argentina	1	
Madrid	España	Fuerteventura	España	2	

Tabla B.59. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en CCS-ELVAR día 02/03/2019

Las agrupaciones de vuelos según las zonas geográficas de sus orígenes y destinos se resumen en la tabla B.60. Se obtiene que todos los vuelos tienen origen en Madrid y van a las Islas Canarias, excepto uno que es transoceánico con destino a Argentina.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Madrid) - Argentina	1	4,17%
España(Madrid) - España (Canarias)	23	95,83%
Total	24	100%

Tabla B.60. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en CCS-ELVAR día 02/03/2019

Estos vuelos no van a verse afectados por el espacio aéreo analizado en caso de que las rutas que atraviesan las restricciones se vieran modificadas, la razón es que dependen de las cartas SID del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas, tal y como ha sido indicado por Enaire. Entonces no se han contabilizado dentro de las direcciones preferidas.

❖ OSLEP-PARKA

Las trayectorias de los vuelos que conforman este grupo se representan en la figura B.24. Los puntos de paso del contorno del área estudiada que sirven para clasificar estos vuelos en este grupo son OSLEP y PARKA. En total son una cantidad de 28 vuelos los que forman esta agrupación. La tabla B.61 contiene todos los orígenes y destinos de los vuelos que componen esta agrupación. Mostrándose también la cantidad según el sentido de la conexión entre ambos.

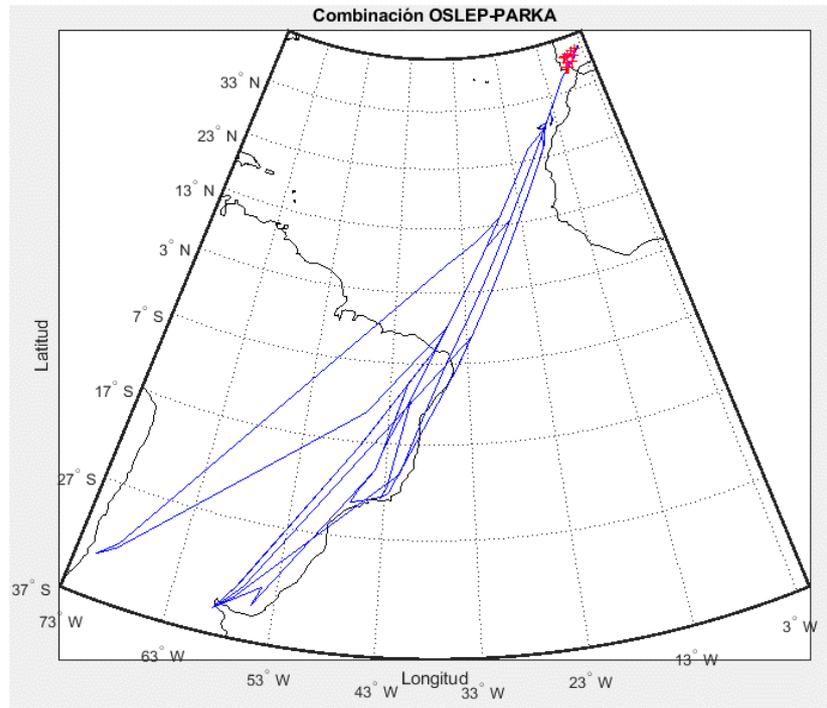


Figura B.24. Representación trayectorias combinación OSLEP-PARKA día 02/03/2019

OSLEP-PARKA					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Buenos Aires	Argentina	Madrid	España	5	
Pudahuel	Chile	Madrid	España	2	
Tenerife	España	Madrid	España	6	
Sao Paulo	Brasil	Madrid	España	3	
Gran Canaria	España	Madrid	España	6	
Lanzarote	España	Madrid	España	3	
Recife	Brasil	Madrid	España	1	
Fuerteventura	España	Madrid	España	1	
Río de Janeiro	España	Madrid	España	1	

Tabla B.61. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP-PARKA día 02/03/2019

Las agrupaciones de vuelos según sus zonas de orígenes y destinos se indican en la tabla B.62. Se da en este caso que todos los vuelos tienen Madrid como destino y provienen 17 de ellos de las Islas Canarias y 11 son transoceánicos desde Sudamérica.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Madrid) - Argentina	5	17,86%
España (Madrid) - Brasil	4	14,29%
España (Madrid) - Chile	2	7,14%
España (Madrid) - España (Canarias)	17	60,71%
Total	28	100%

Tabla B.62. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-PARKA día el día 02/03/2019

Estos vuelos no van a verse afectados por el espacio aéreo analizado, la razón es que dependen de las cartas STAR sobre procedimientos del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas, tal y como ha sido indicado por Enaire. Por lo que no se han contabilizado dentro de las direcciones deseadas de paso.

❖ TLD- ELVAR

En las figuras B.25 se muestran las trayectorias de los vuelos que forman parte de esta combinación de la clasificación, los cuales pasan por los puntos de paso TLD y ELVAR del contorno del espacio aéreo en consideración. La cantidad de vuelos asciende a 11 vuelos en este grupo. Se especifican en la tabla B.63 el destino y origen de los vuelos con las cantidades de cada uno según el sentido en el que se realizan.

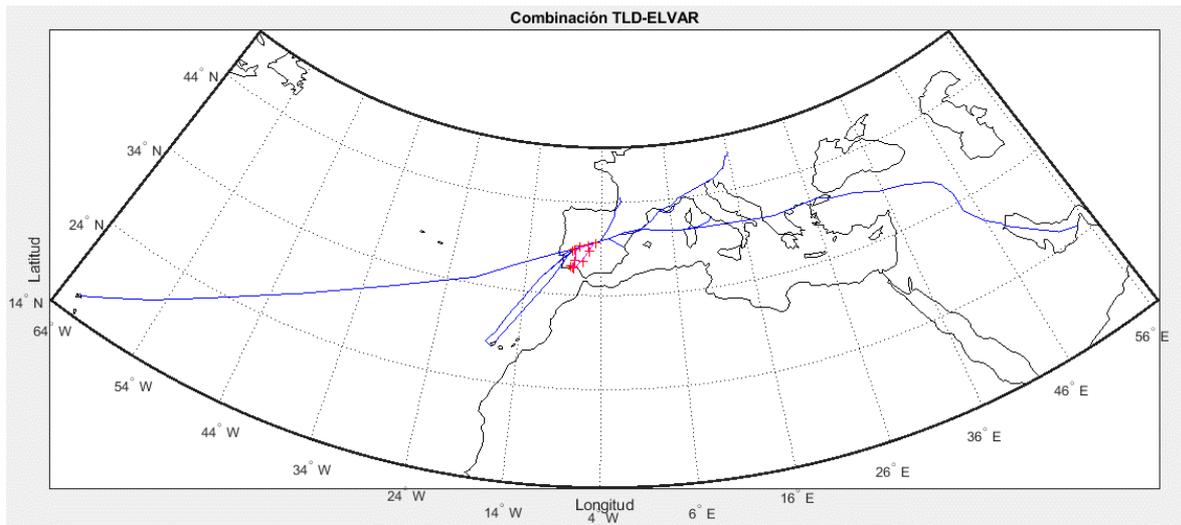


Figura B.25. Representación trayectorias combinación TLD-ELVAR día 02/03/2019

TLD-ELVAR					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Burdeos	Francia	Tenerife	España	1	
Roma	Italia	Guadalupe	Francia	1	
Dubái	Emiratos	Lisboa	Portugal	1	
Barcelona	España	Tenerife	España	1	
Niza	Francia	Lisboa	Portugal	1	
Barcelona	España	Lisboa	Portugal	3	
Viena	Austria	Tenerife	España	1	
Valencia	España	Lisboa	Portugal	2	

Tabla B.63. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en TLD-ELVAR

En función de las zonas de orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se representa en la tabla B.64 las agrupaciones. Se obtiene que la mayor parte de los vuelos (7) son con destino Portugal y provienen del sur de Europa (Italia o sur de Francia) o zonas al sur este de Europa (Emiratos Árabes). También en minoría se dan vuelos con destino las Islas Canarias y el centro, oeste y sur de Europa (Francia, Austria y España península, respectivamente). Existiendo únicamente un vuelo entre la isla francesa de Guadalupe e Italia.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Canarias) - Centro, Oeste y Sur Europa	3	27,27%
Francia (Guadalupe) - Italia	1	9,09%
Portugal - Sur de Europa	7	63,64%
Total	11	100%

Tabla B.64. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-ELVAR día 02/03/2019

Para determinar las direcciones deseadas de paso de las trayectorias por las restricciones se realiza un análisis visual de las trayectorias. No se van a tener en cuenta los vuelos entre las Islas Canarias y Barcelona y Portugal con el norte de Italia y España (península). La razón es que se considera que no están directamente afectados por el espacio aéreo estudiado puesto que las ortodrómicas que unen sus orígenes y destinos no cruzan esta zona. Esta decisión se valida con la optimización de trayectorias. En la tabla B.65 se cuantifican los vuelos que se consideran y la dirección en la que se verían beneficiados si en la región del espacio aéreo analizado se establecieran nuevas rutas que la atravesaran, así como el sentido.

	Cantidad
Este-Oeste	4
Oeste-Este	0
Noreste-Sudoeste	2
Sudoeste-Noreste	0

Tabla B.65. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en TLD-ELVAR el día 02/03/2019

❖ OSLEP-OXACA

Las trayectorias que forman parte de esta combinación de la clasificación se pueden observar en la figura B.26, los cuales pasan por los puntos de paso OSLEP y OXACA del contorno del área estudiada. En total son 34 vuelos. En la tabla B.66 se muestran los destinos y orígenes de los vuelos, así como las cantidades en cada sentido en el que se realizan cada uno de los vuelos registrados en este grupo.

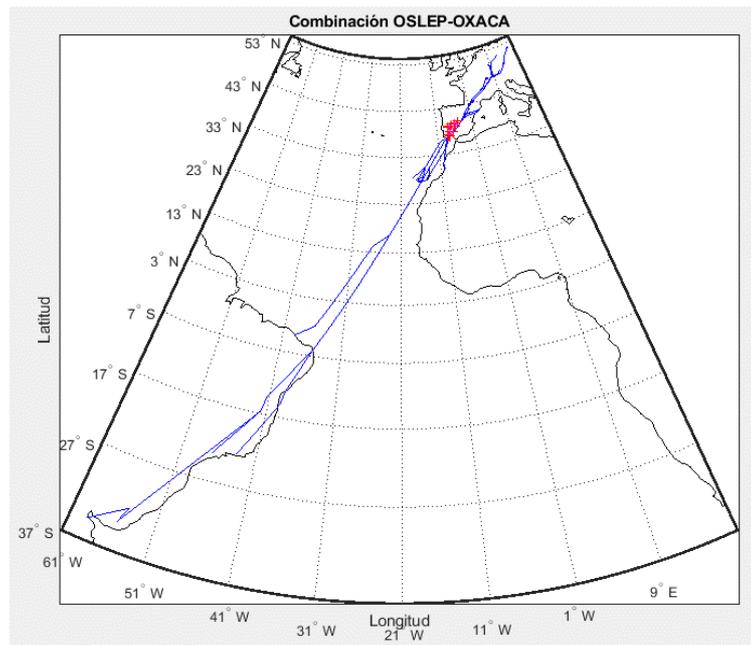


Figura B.26. Representación trayectorias combinación OSLEP-OXACA día 02/03/2019

OSLEP-OXACA					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Gran Canaria	España	Múnich	Alemania	4	
Tenerife	España	Zúrich	Suiza	2	
Sao Paulo	Brasil	Frankfurt	Alemania	1	
Agadir	Marruecos	Múnich	Alemania	1	
Alsacia	Francia	Tenerife	España	1	
Lyon	Francia	Essaouira	Marruecos	1	
Tenerife	España	Múnich	Alemania	2	
Barcelona	España	Tenerife	España	1	1
Buenos Aires	Argentina	Frankfurt	Alemania	1	
Barcelona	España	Gran Canaria	España	2	1

La Palma	España	Stuttgart	Alemania	1
Lanzarote	España	Pozna	Polonia	1
Gran Canaria	España	Schekeuditz	Alemania	1
Río de Janeiro	Brasil	Frankfurt	Alemania	1
Gran Canaria	España	Alsacia	Francia	1
Gran Canaria	España	Zúrich	Suiza	1
Tenerife	España	Ginebra	Suiza	1
Gran Canaria	España	Praga	República Checa	1
Tenerife	España	Frankfurt	Alemania	2
Fortaleza	Brasil	Frankfurt	Alemania	1
La Palma	España	Barcelona	España	1
Tenerife	España	Toulouse	Francia	2
Gran Canaria	España	Frankfurt	Alemania	2

Tabla B.66. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP-OXACA día 02/03/2019

Las agrupaciones según los el estudio de los orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se resume en la tabla B.67. Se determina que la mayor parte de los vuelos (un total de 28) poseen origen en las Islas Canarias, excepto alguno que sale de Barcelona, pero se dirige a las Islas Canarias. Desde esta zona se dirigen al este (República Checa o Polonia), centro (Alemania) y oeste (Suiza) de Europa. Además se tienen algunos vuelos transoceánicos con destino a Alemania desde Sudamérica. También en minoría se dan vuelos con conexión de Marruecos a Francia y Alemania.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Alemania - Argentina	1	2,94%
Alemania - Brasil	3	8,82%
España (Canarias) - Este, Centro y Oeste de Europa	28	82,35%
Marruecos - Centro y oeste de Europa	2	5,88%
Total	34	100%

Tabla B.67. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP-OXACA día 02/03/2019

Con una inspección visual se definen las direcciones preferidas de paso de estos vuelos por la región estudiada. Se eliminan en esta última clasificación los vuelos de origen o destino Marruecos y los de las Islas Canarias y Barcelona al considerarse que todas estas trayectorias no se ven afectadas por la zona del espacio aéreo que se analiza. En la tabla B.68 se cuantifican los vuelos y la dirección deseada para atravesar las restricciones. En adición, se indica la cantidad de vuelos según el sentido.

	Cantidad
Noreste-Sudoeste	1
Sudoeste-Noreste	25

Tabla B.68. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en OSLEP-OXACA el día 02/03/2019

❖ PARKA-TLD

Las trayectorias de los vuelos que forman parte de esta combinación de la clasificación se muestran en la figura B.27, los cuales pasan por los puntos de paso TLD y PARKA del contorno del espacio aéreo en consideración. La cantidad de vuelos son un total de 20 en este grupo. Todos los destinos y orígenes de los vuelos se muestran en la tabla B.69. Se indican la cantidad de cada uno según el sentido en el que se realizan, siguiendo el sentido origen-destino o el inverso.

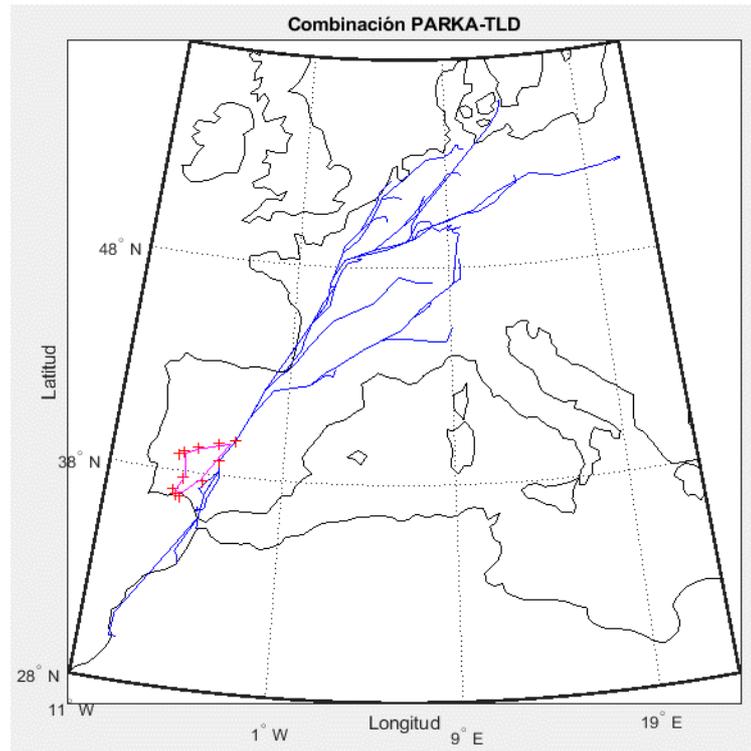


Figura B.27. Representación trayectorias combinación PARKA-TLD día 02/03/2019

PARKA-TLD					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Sevilla	España	Alsacia	Francia	1	
Sevilla	España	Berlín	Alemania	1	
Sevilla	España	París	Francia	1	
Tánger	Marruecos	Bruselas	Bruselas	1	
Sevilla	España	Copenhague	Dinamarca	1	
Sevilla	España	Varsovia	Polonia	1	
Sevilla	España	Luxemburgo	Luxemburgo	1	
Sevilla	España	Toulouse	Francia	1	
Jerez	España	Hamburgo	Alemania	1	
Sevilla	España	Eindhoven	Países Bajos	1	
Jerez	España	Frankfurt	Alemania	1	
Sevilla	España	Bruselas	Bruselas	1	
Jerez	España	Stuttgart	Alemania	1	
Sevilla	España	Milán	Italia	1	
Agadir	Marruecos	Holanda	Países Bajos	1	
Sevilla	España	Frankfurt	Alemania	1	
Jerez	España	Dusseldorf	Alemania	1	
Jerez	España	Hannover	Alemania	1	
Rabat	Marruecos	Bruselas	Bruselas	1	
Sevilla	España	Tours	Francia	1	

Tabla B.69. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en PARKA-TLD día 02/03/2019

En función de las zonas de orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se representa en la tabla B.70 las agrupaciones realizadas. Se obtiene que la principal cantidad de conexiones, con un total de 17 vuelos, se dan con origen en España en el sur de la península (Jerez y Sevilla) hacia el este (Polonia), centro (Alemania), norte (Dinamarca) y oeste (Francia, Países Bajos o Bruselas) de Europa. En menor cantidad se dan vuelos entre Marruecos y Bruselas o Países Bajos.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Península sur) - Este, Centro, Norte y Oeste de Europa	16	80,00%
España (Península sur) - Sur de Europa	1	5,00%
Marruecos - Oeste Europa	3	15,00%
Total	20	100%

Tabla B.70. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en PARKA-TLD día 02/03/2019

Las direcciones deseadas de paso de las trayectorias por la región de estudio. Se deciden a través de un análisis visual de las trayectorias. Ninguno de los vuelos se toman en consideración porque se estima que no están directamente afectados por el espacio aéreo analizado puesto que las ortodrómicas que unen sus orígenes y destinos no cruzan esta región. Esta decisión se valida con la optimización de trayectorias.

❖ TLD-CCS

La figura B.28 muestra las trayectorias que forman parte de esta combinación de la clasificación, los cuales pasan por los puntos de paso denominados TLD y CCS del contorno del área estudiada. En total componen este grupo 11 vuelos. La tabla B.71 contiene todos los orígenes y destinos de los vuelos que componen esta agrupación, junto a la cantidad según el sentido origen-destino o inverso en el que se efectuaron.

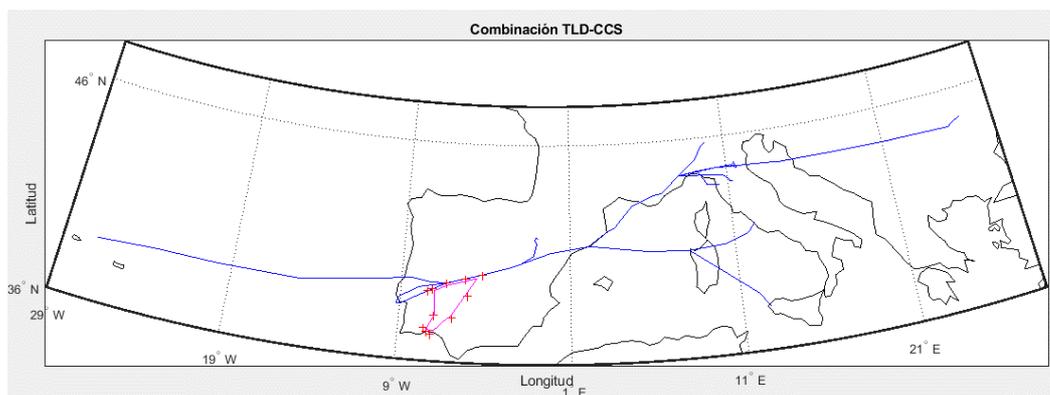


Figura B.28. Representación trayectorias combinación TLD-CCS día 02/03/2019

TLD-CCS					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Pisa	Italia	Lisboa	Portugal	1	
Roma	Italia	Lisboa	Portugal	3	
Bolonia	Italia	Lisboa	Portugal	1	
Bucarest	Rumania	Lisboa	Portugal	1	
Zaragoza	España	Lisboa	Portugal	1	
Bérgamo	Italia	Lisboa	Portugal	1	
Trapani	Italia	Lajes	Portugal	1	
Florenia	Italia	Lisboa	Portugal	2	

Tabla B.71. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en TLD-CCS día 02/03/2019

Tras el estudio de las zonas de los orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se refleja en la tabla B.72 el resumen de las posibles agrupaciones. Se obtiene que la totalidad de los vuelos salen de Portugal con destino el sureste de Europa (Italia y Rumania).

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
Portugal - Este y Sur de Europa	11	100,00%
Total	11	100%

Tabla B.72. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en TLD-CCS día 02/03/2019

Tras una inspección visual se determinan las direcciones preferidas de paso de estos vuelos por el espacio aéreo estudiado. Se han excluido las conexiones desde Portugal a los destinos más al norte de los dados en este grupo. La razón es que no se ven afectados por la región puesto que las ortodrómicas que unen sus destinos no atraviesan la región en consideración. De nuevo, estas decisiones se validan con la optimización de las trayectorias. En la tabla B.73 se cuantifican los vuelos que se consideran y la dirección de interés si se permitiera atravesar la región del espacio aéreo por nuevas aerovías. Se indica la cantidad de vuelos según el sentido también.

	Cantidad
Este-Oeste	4
Oeste-Este	0

Tabla B.73. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en TLD-CCS el día 02/03/2019

❖ PARKA

Las trayectorias de los vuelos que forman parte de este grupo de la clasificación se muestran en la figura B.29, los cuales pasan por el punto de paso PARKA del contorno del espacio aéreo en consideración. Únicamente están clasificado dos vuelos en este grupo que vienen especificados en la tabla B.74 que comparten el origen y destino.

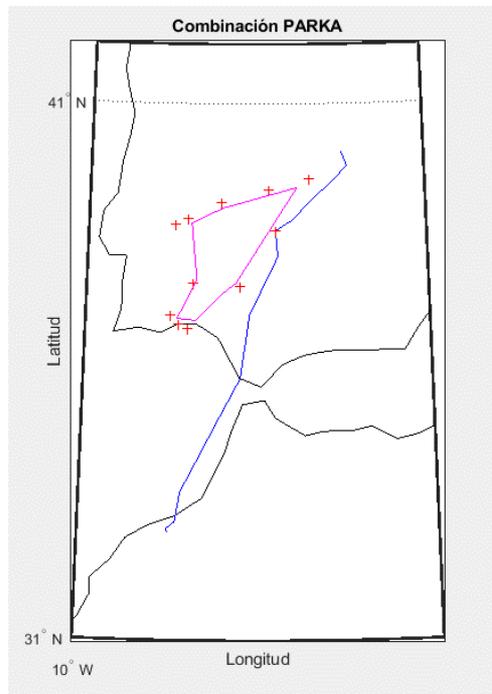


Figura B.29. Representación trayectorias combinación PARKA día 02/03/2019

PARKA					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Casablanca	Marruecos	Madrid	España	2	

Tabla B.74. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en PARKA día 02/03/2019

Ninguno de estos vuelos se considera en la clasificación según la dirección deseada de paso por la región del espacio aéreo analizado. La razón es que se encuentran afectados por las cartas STAR, por lo que no pueden modificar en gran medida su ruta en caso de que existieran rutas que atravesara las restricciones en una dirección beneficiosa para ellos.

❖ MELON-OXACA

La figura B.30 muestra las trayectorias que forman parte de este grupo de la clasificación, los cuales pasan por los puntos de paso MELON y OXACA del contorno de la región estudiada. Simplemente está formado por un vuelo cuyo origen y destino viene indicado en la tabla B.75.

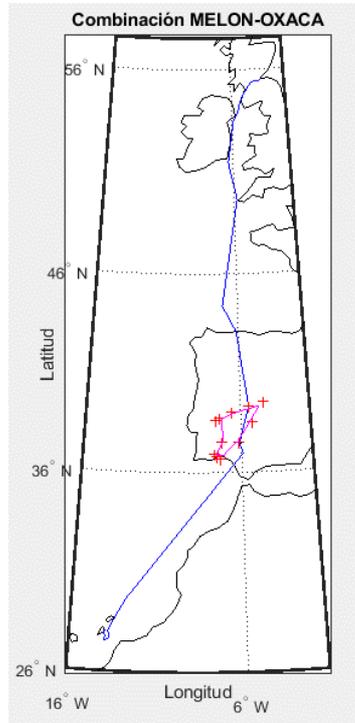


Figura B.30. Representación trayectorias combinación MELON-OXACA día 02/03/2019

MELON-OXACA					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Edimburgo	Reino Unido	Fuerteventura	España	1	

Tabla B.75. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en MELON-OXACA día 02/03/2019

Tras una inspección visual se determina que no se ve afectado los la región de estudio porque la ortodrómica entre los puntos de conexión inicial y final no atraviesan las restricciones.

❖ ROSAL

Las trayectorias de los vuelos que forman parte de este grupo de la clasificación se muestran en la figura B.31, los cuales pasan por el punto de paso ROSAL del contorno del espacio aéreo en consideración (LER86, LED124 y LED126). La cantidad de vuelos son un total de 2 los que componen este grupo. En la tabla B.76 se muestran los destinos y orígenes de estos vuelos y la cantidad de cada uno según el sentido de realización.

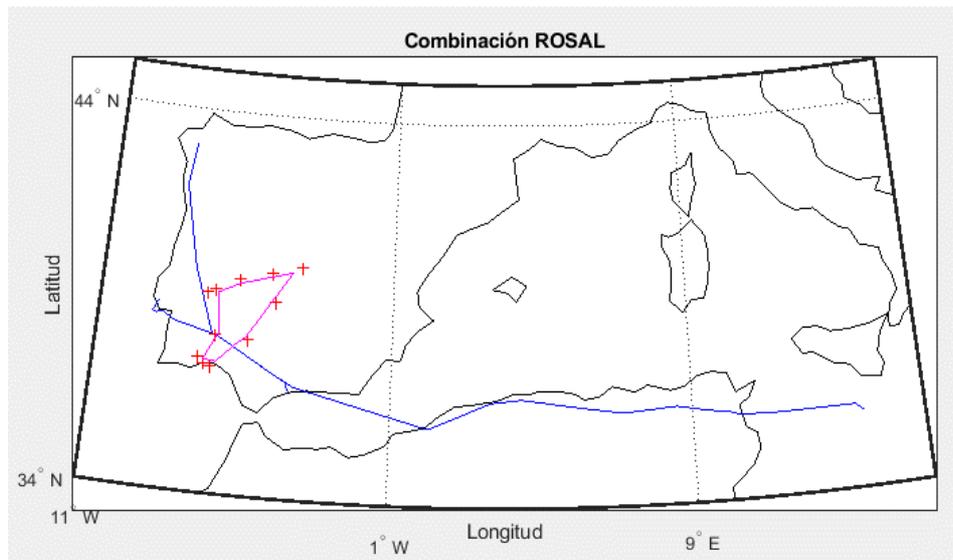


Figura B.31. Representación trayectorias combinación ROSAL día 02/03/2019

ROSAL					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Málaga	España	Santiago	España	1	
Malta	Malta	Lisboa	Portugal	1	

Tabla B.76. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en ROSAL día 03/02/2019

En función de las zonas de orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se representa en la tabla B.77 un resumen de las agrupaciones realizadas según la zona geográfica, teniendo ambos como origen el sur de Europa y el destino la península Ibérica (Portugal y España).

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Península sur) - España (Península norte)	1	50,00%
Portugal - Sureste de Europa	1	50,00%
Total	2	100%

Tabla B.77. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en ROSAL día 02/03/2019

Se subclasifican las trayectorias según un análisis visual según la dirección deseada de paso por la región del espacio aéreo de estudio en la situación en la que el uso restringido cesara. No se ha eliminado ninguno de los vuelos y se refleja en la tabla B.78 el número de vuelos según la dirección, incluido el sentido de paso.

	Cantidad
Este-Oeste	1
Oeste-Este	0
Noroeste-Sudeste	0
Sudeste-Noroeste	1

Tabla B.78. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en ROSAL el día 02/03/2019

❖ OSLEP

La figura B.32 muestra las trayectorias que forman parte de este grupo de la clasificación, los cuales pasan por el punto de paso OSLEP del contorno de la región estudiada. En total son 9 vuelos. Todos los destinos y orígenes de los vuelos se muestran en la tabla B.79. Además se incluyen las cantidades de cada uno según el sentido en el que se han realizado.

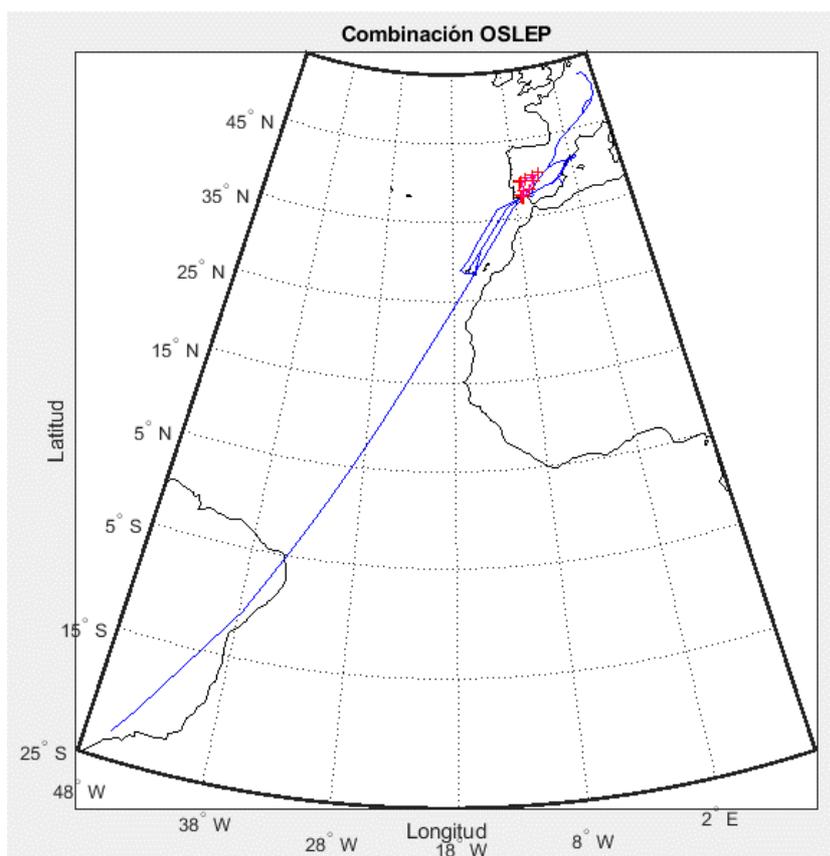


Figura B.32. Representación trayectorias combinación MELON-OXACA día 02/03/2019

OSLEP					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Gran Canaria	España	Sevilla	España	2	
Barcelona	España	Tenerife	España	2	
Alsacia	Francia	Gran Canaria	España	1	
Tenerife	España	Alicante	España	1	
Gran Canaria	España	Barcelona	España	1	
Dusseldorf	Alemania	Gran Canaria	España	1	
Barcelona	España	Sao Paulo	Brasil	1	

Tabla B.79. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en OSLEP día 02/03/2019

Si se estudia de las zonas geográficas de los orígenes y destinos de los vuelos que forman parte de este conjunto se destacan dos posibles subagrupaciones que se muestran en la tabla B.80. Ciertos vuelos poseen como origen o destino el aeropuerto de Barcelona y conectan las Islas Canarias y Brasil, ambos situados al suroeste de la localización de Barcelona. Por otro lado, se dan vuelos entre las Islas Canarias con Europa central (Alemania), oeste (Francia) y sur (España península).

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Barcelona) - Zonas al Suroeste	4	44,44%
España (Canarias) - Centro, Oeste y Sur Europa	5	55,55%
Total	9	100%

Tabla B.80. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en OSLEP día 02/03/2019

Tras una inspección visual se determinan las direcciones preferidas de paso de estos vuelos por el espacio aéreo estudiado. No se ha considerado en la clasificación los vuelos con conexión en Barcelona ni los del sureste España península al considerarse que su ortodrómica no se ve beneficiada por el estado de la zona del espacio aéreo estudiada, como se ha comentado anteriormente se contrasta la validez de esta decisión con la optimización

las de trayectorias. En la tabla B.81 se contabilizan el número de vuelos que se consideran y la dirección de interés de paso por la zona del espacio aéreo en cuestión. También se indica la cantidad de vuelos según el sentido.

	Cantidad
Noreste-Sudoeste	3
Sudoeste-Noreste	0

Tabla B.81. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en OSLEP el día 02/03/2019

❖ TLD-BIRBA

La figura B.33 muestra las trayectorias que forman parte de este grupo de la clasificación, los cuales pasan por los puntos de paso TLD y BIRBA del contorno de la región del espacio aéreo considerada. Solo contiene este grupo un vuelo, expresado su origen y destino en la tabla B.82.

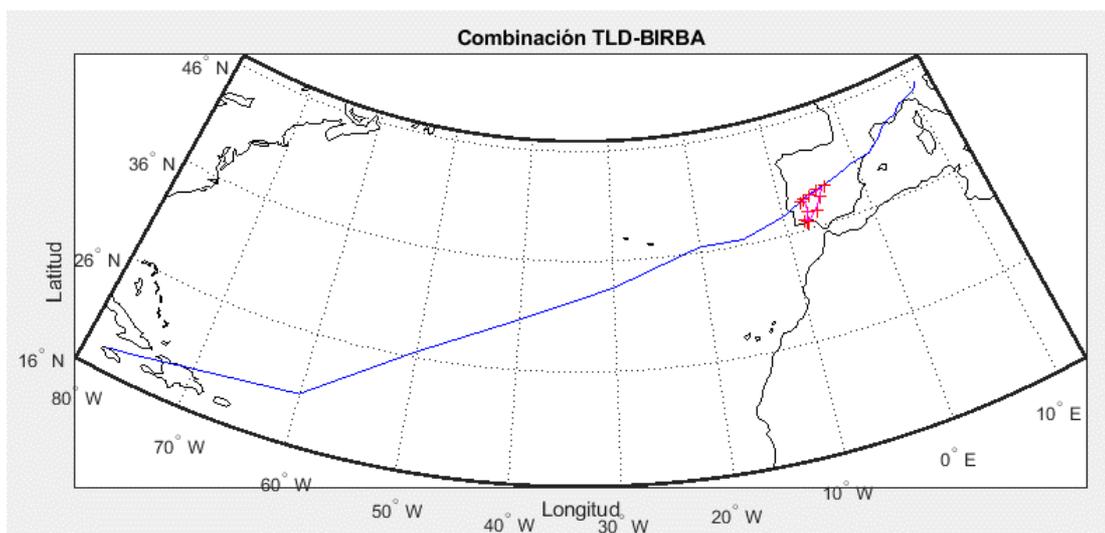


Figura B.33. Representación trayectorias combinación TLD-BIRBA día 02/03/2019

TLD-BIRBA					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Verona	Italia	Bahía Montengo	Jamaica	1	

Tabla B.82. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en TLD-BIRBA día 02/03/2019

Tras una inspección visual se determinan que no existe dirección preferida de paso de este vuelo por el espacio aéreo estudiado, al determinarse que no se ve afectada por la región del espacio aéreo analizado. Se comprueba esta decisión con la optimización de las trayectorias.

❖ CCS

Este grupo se caracteriza por pasar por clasificarse por el paso por el punto de paso CCS. Únicamente está formado por un vuelo, el cual se representa su trayectoria en la figura B.34. Su origen y destino se muestra en la tabla B.83. No se va a considerar clasificado en una dirección preferida de paso por la región puesto que depende de las cartas SID del aeropuerto de Madrid al tener salida del mismo. Entonces no se puede modificar en gran medida su trayectoria en caso que se pueda realizar el sobrevuelo por el espacio aéreo con restricciones analizado por nuevas rutas.

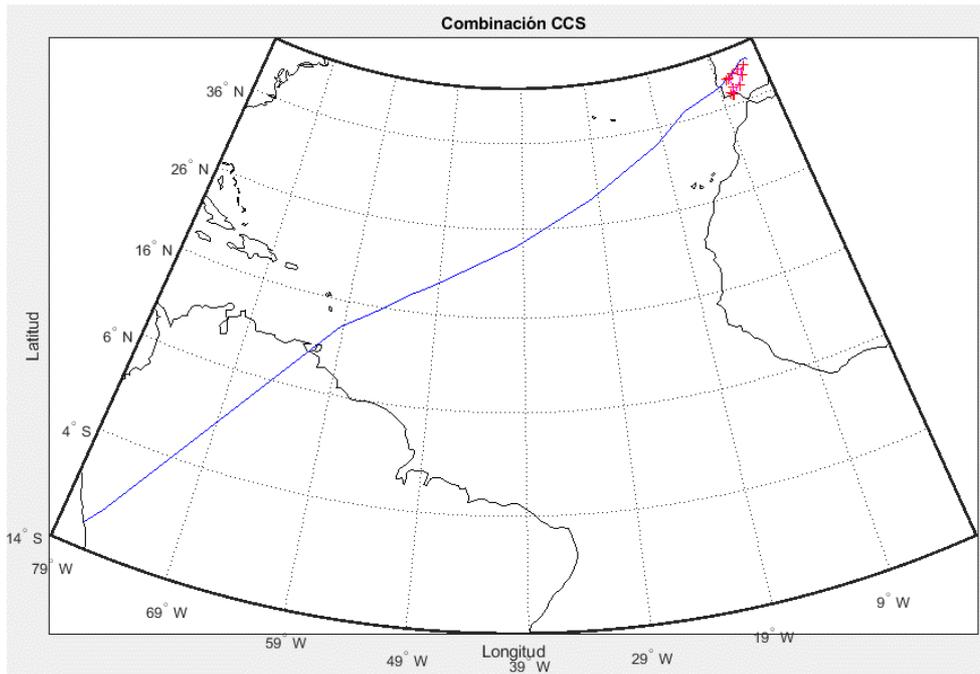


Figura B.34. Representación trayectoria combinación CCS día 02/03/2019

CCS					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Madrid	España	Callao	Lima	1	

Tabla B.83. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en CCS día 02/03/2019

❖ PARKA-MELON

Se caracteriza este grupo por el paso de los vuelos por los puntos de paso de la región de estudio PARKA y MELON. Se representan sus trayectorias en la figura B.35. El origen y el destino de los 4 vuelos que forman parte de esta clasificación se pueden observar en la tabla B.84.

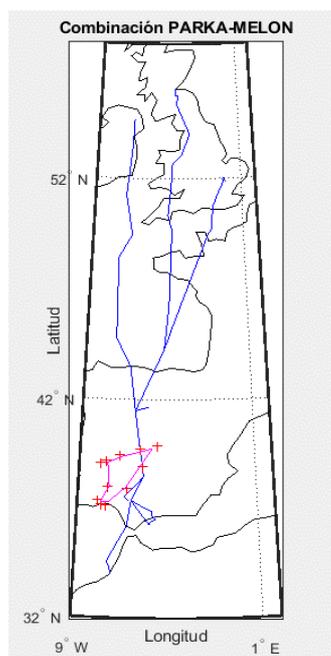


Figura B.35. Representación trayectoria combinación PARKA-MELON día 02/03/2019

PARKA-MELON					
Origen		Destino		Vuelos	Inversos
Aeropuerto	País	Aeropuerto	País	Cantidad	Cantidad
Sevilla	España	Edimburgo	Reino Unido	1	
Málaga	España	Valladolid	España	1	
Rabat	Marruecos	Londres	Reino Unido	1	
Málaga	España	Belfast	Irlanda del Norte	1	

Tabla B.84. Orígenes y destinos de vuelos clasificados en PARKA-MELON día 02/03/2019

De la observación de los orígenes y destinos de los vuelos se puede establecer subgrupos de clasificación según las zonas geográficas de conexión. Por un lado, se encuentran los vuelos con origen en España zona sur de la península que van a zonas del norte de península y al oeste de Europa. Por otro lado, solo se da un vuelo desde Marruecos a Reino Unido. Entonces se puede observar que todos tienen procedencia en las zonas al sur de Europa. De forma esquemática se puede observar lo expuesto en la tabla B.85.

Recuento zonas Origen-destino	Cant.	% Total de combinaciones
España (Península sur) - Oeste de Europa	2	50,00%
España (Península sur) - España (Península norte)	1	25,00%
Marruecos - Oeste de Europa	1	25,00%
Total	4	100%

Tabla B.85. Agrupación vuelos según zonas de conexión clasificados en PARKA-MELON día 02/03/2019

Según una inspección visual se puede establecer las direcciones preferidas de paso por la región de estudio del espacio aéreo. No se ha excluido ninguno de los vuelos.

	Cantidad
Norte-Sur	0
Sur-Norte	4

Tabla B.86. Clasificación según dirección preferente de paso de vuelos agrupados en PARKA-MELON el día 02/03/2019

ANEXO C: CÁLCULO DE LAS UNIDADES DE SERVICIO

Se presentan los puntos de paso de entrada y salida al espacio aéreo en los cuales se basan el cálculo de la distancia necesaria para obtener las unidades de servicio. Se detallan los puntos para cada una de las trayectorias optimizadas: red inicial y red modificada. Se muestran diferenciándose entre los dos diseños y para cada uno de los días estudiados.

❖ Diseño 1

27/10/2018					
Origen	Destino	WP entrada red inicial	WP salida red inicial	WP entrada red modi	WP salida red modi
LPFR	EDDS	MINTA	TOPTU	LASIB	TOPTU
EIDW	LEMG	DELOG	LEMG	KORUL	LEMG
EGAA	LEMG	DELOG	LEMG	KORUL	LEMG
LEZL	LPPT	LEZL	MINTA	LEZL	LASIB
LEZL	EIDW	LEZL	DELOG	LEZL	DELOG
LPFR	LFSB	MINTA	URUNA	LASIB	URUNA
GCTS	EDDM	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-SAMAR	LASIB-TOPTU
LEMG	LEST	LEMG	LEST	LEMG-LASIB	TURON-LEST
GCTS	UUEE	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-SAMAR	LASIB-TOPTU
LPPT	LEAL	ELVAR	LEAL	LASIB	LEAL
EIDW	LEZL	DELOG	LEZL	KORUL	LEZL
GCTS	EDJA	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-SAMAR	LASIB-TOPTU
LPPT	LEZL	MINTA	LEZL	LASIB	LEZL
LPFR	EDDT	MINTA	URUNA	LASIB	URUNA
LPFR	LFJL	MINTA	URUNA	LASIB	URUNA
LPFR	LSZH	MINTA	TOPTU	LASIB	TOPTU
LEAL	LPPT	LEAL	ELVAR	LEAL	LASIB
LPFR	LFPO	MINTA	ABRIX	LASIB	ABRIX
LPFR	EDDF	MINTA	URUNA	LASIB	URUNA
GCTS	LIMC	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-SAMAR	LASIB-TOPTU
GCTS	EDDS	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-SAMAR	LASIB-TOPTU
LPBJ	LEZG	PORTA	LEZG	LASIB	LEZG
LEZL	EGGD	LEZL	DELOG	LEZL	DELOG
LPFR	EDJA	MINTA	TOPTU	LASIB	TOPTU
LEMG	LPPT	LEMG	MINTA	LEMG	LASIB
EICK	LEMG	KORUL	LEMG	KORUL	LEMG
LPFR	EDFH	MINTA	URUNA	LASIB	URUNA
LPPT	LEMG	MINTA	LEMG	LASIB	LEMG
LPFR	LOWW	MINTA	TOPTU	LASIB	TOPTU
GCTS	EPMO	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-SAMAR	LASIB-TOPTU
LPFR	EDDM	MINTA	TOPTU	LASIB	TOPTU
GCTS	LSZH	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-SAMAR	LASIB-TOPTU
GCTS	LSGG	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-SAMAR	LASIB-TOPTU
KPSM	LEMO	MINTA	LEMO	LASIB	LEMO

GCTS	LOWW	GCTS-KORAL	BARPA-DIBER	GCTS-SAMAR	LASIB-TOPTU
EINN	LEMG	KORUL	LEMG	KORUL	LEMG
FQMA	LPPT	BAMBA	ORTOP	LIGUM	LASIB
LEST	LEMG	LEST	LEMG	LEST	LEMG
EIKY	LEMG	KORUL	LEMG	KORUL	LEMG
GCTS	LFBO	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-SAMAR	LASIB-TOPTU
DAAG	CYUL	CARBO	MINTA	CARBO	LASIB
LPFR	LSGG	MINTA	TOPTU	LASIB	TOPTU

Tabla C.1. Vuelos beneficiados por diseño 1 día 27/10/2018. Puntos de paso entrada y salida espacio aéreo español

02/03/2019					
Origen	Destino	WP entrada red inicial	WP salida red inicial	WP entrada red modi	WP salida red modi
LEVD	LEMG	LEVD	LEMG	LEVD	LEMG
LPPT	LEAL	ELVAR	LEAL	LASIB	LEAL
LPFR	EDDF	MINTA	URUNA	LASIB	URUNA
LEMG	LEVD	LEMG	LEVD	LEMG	LEVD
LPFR	LOWW	MINTA	TOPTU	LASIB	TOPTU
LEMG	EINN	LEMG	DELOG	LEMG	KORUL
LEMG	LPPT	LEMG	MINTA	LEMG	LASIB
LPFR	EDDM	MINTA	TOPTU	LASIB	TOPTU
GMFF	LFRB	BERUM	DELOG	LINTO	LOTEE
LPPT	LEZL	NIRAK	LEZL	LASIB	LEZL
LEMG	LEST	LEMG	LEST	LEMG-LASIB	TURON-LEST
LFRB	GMFF	DELOG	LINTO	LOTEE	LINTO
LPPT	LEMG	NIRAK	LEMG	LASIB	LEMG
EINN	LEMG	DELOG	LEMG	KORUL	LEMG
LPFR	LFBO	MINTA	TOPTU	LASIB	TOPTU
EGAA	LEMG	DELOG	LEMG	KORUL	LEMG
LEAL	LPPT	LEAL	ELVAR	LEAL	LASIB
LEST	LEMG	LEST	LEMG	LEST	LEMG
LEZL	LPPT	LEZL	MINTA	LEZL	LASIB
LPFR	LFOB	MINTA	ABRIX	LASIB	ABRIX
EIDW	LEMG	DELOG	LEMG	KORUL	LEMG
LPFR	LFPO	MINTA	ABRIX	LASIB	ABRIX
LPFR	LSGG	MINTA	TOPTU	LASIB	TOPTU
LPFR	EDFH	MINTA	URUNA	LASIB	URUNA
LPFR	EDDS	MINTA	TOPTU	LASIB	TOPTU
LPBJ	OMAM	ELVAR	OSPOK	LASIB	CARBO

Tabla C.2. Vuelos beneficiados por diseño 1 día 02/03/2019. Puntos de paso de entrada y salida espacio aéreo español

❖ **Diseño 2**

27/10/2018					
Origen	Destino	WP entrada red inicial	WP salida red inicial	WP entrada red modi	WP salida red modi
EIDW	LEMG	DELOG	LEMG	KORUL	LEMG
EGAA	LEMG	DELOG	LEMG	KORUL	LEMG
LEZL	LPPT	LEZL	MINTA	LEZL	LASIB
LEZL	EIDW	LEZL	DELOG	LEZL	DELOG
GCLP	LFPO	GCLP-VASTO	PESAS-ABRIX	GCLP-VASTO	PESAS-ABRIX
SBGR	EDDF	IPERA-VASTO	PESAS-URUNA	IPERA-VASTO	PESAS-URUNA
GCFV	LEBB	GCFV-VASTO	PORTA-LEBB	GCFV-VASTO	PESAS-LEBB
GCTS	EDDM	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU

LEMG	LEST	LEMG	LEST	LEMG-LASIB	TURON-LEST
GCLP	LEBB	GCLP-VASTO	PORTA-LEBB	GCLP-VASTO	PESAS-LEBB
GCLP	UUEE	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU
GCTS	UUEE	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	LASIB-TOPTU
LPPT	LEAL	ELVAR	LEAL	LASIB	LEAL
EIDW	LEZL	DELOG	LEZL	KORUL	LEZL
GCTS	EDJA	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
GCLP	EPKK	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
LPPT	LEZL	MINTA	LEZL	LASIB	LEZL
SAEZ	EDDF	IPERA-VASTO	PESAS-URUNA	IPERA-VASTO	PESAS-URUNA
LEAL	LPPT	LEAL	ELVAR	LEAL	LASIB
GCLP	LSZH	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU
SBKP	LFPO	IPERA-VASTO	PESAS-ABRIX	IPERA-VASTO	PESAS-ABRIX
GCLP	EDDF	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA
GCLP	EDDS	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU
GCTS	LIMC	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
GCTS	EDDS	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
LEZL	EGGD	LEZL	DELOG	LEZL	DELOG
LEMG	LPPT	LEMG	MINTA	LEMG	LASIB
EICK	LEMG	KORUL	LEMG	KORUL	LEMG
LPPT	LEMG	MINTA	LEMG	LASIB	LEMG
GCTS	EPMO	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
GCRR	LFPO	GCRR-KORAL	ADUBI-LUSEM	GCRR-VASTO	PESAS-ABRIX
GVAC	EDDM	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU
GCRR	LEBB	GCRR-VASTO	PORTA-LEBB	GCRR-VASTO	PESAS-LEBB
GCTS	LSZH	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
GCTS	LSGG	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
KPSM	LEMO	MINTA	LEMO	LASIB	LEMO
SBGR	LSZH	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU
GCLP	LFL	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU
GCLP	EDDM	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU
GCTS	LOWW	GCTS-KORAL	BARPA-DIBER	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
EINN	LEMG	KORUL	LEMG	KORUL	LEMG
FQMA	LPPT	BAMBA	ORTOP	LIGUM	LASIB
LEST	LEMG	LEST	LEMG	LEST	LEMG
EIKY	LEMG	KORUL	LEMG	KORUL	LEMG
GCLP	LKPR	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU
GCLP	EDDT	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA
GCTS	LFBO	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
SBGL	EDDF	GUNET-KORAL	ADUBI-TOPTU	IPERA-VASTO	PESAS-URUNA
DAAG	CYUL	CARBO	MINTA	CARBO	LASIB
GCLP	EDDP	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA

Tabla C.3. Vuelos beneficiados por diseño 2 día 27/10/2018. Puntos de paso de entrada y salida espacio aéreo español

02/03/2019					
Origen	Destino	WP entrada red inicial	WP salida red inicial	WP entrada red modi	WP salida red modi
GCLP	EDDS	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU
GCFV	EDDT	GCFV-KORAL	ADUBI-TOPTU	GCFV-VASTO	PESAS-URUNA
GCFV	EDDM	GCFV-KORAL	ADUBI-TOPTU	GCFV-VASTO	PESAS-TOPTU
SBGL	LFLB	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU
GCFV	LFSB	GCFV-KORAL	ADUBI-TOPTU	GCFV-VASTO	PESAS-TOPTU
GCLP	EDDN	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU
GCLP	LFLX	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA
LEVD	LEMG	LEVD	LEMG	LEVD	LEMG

GCTS	UUEE	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
GCFV	EDDS	GCFV-KORAL	ADUBI-TOPTU	GCFV-VASTO	PESAS-TOPTU
SCEL	LFPG	IPERA-VASTO	PORTA-DELOG	IPERA-VASTO	PESAS-ABRIX
GCRR	LFPG	GCRR-VASTO	PORTA-DELOG	GCRR-VASTO	PESAS-ABRIX
GCLP	LFSB	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU
LPPT	LEAL	ELVAR	LEAL	LASIB	LEAL
GCLP	LFLL	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU
GCLP	EDDM	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU
GCTS	LSZH	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
SBGR	EDDF	IPERA-VASTO	PESAS-URUNA	IPERA-VASTO	PESAS-URUNA
LEMG	LEVD	LEMG	LEVD	LEMG	LEVD
GCFV	LSGG	GCFV-KORAL	ADUBI-TOPTU	GCFV-VASTO	PESAS-TOPTU
GCTS	EDDM	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
GCLP	LKPR	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU
SBGL	LFPG	IPERA-VASTO	PORTA-DELOG	IPERA-VASTO	PESAS-ABRIX
SBGR	LFly	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU
GCRR	LFPO	GCRR-KORAL	ADUBI-LUSEM	GCRR-VASTO	PESAS-ABRIX
LEMG	EINN	LEMG	DELOG	LEMG	KORUL
GCTS	LOWW	GCTS-KORAL	BARPA-DIBER	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
GCFV	LFPG	GCFV-VASTO	PORTA-DELOG	GCFV-VASTO	PESAS-ABRIX
LEMG	LPPT	LEMG	MINTA	LEMG	LASIB
GMFF	LFrb	BERUM	DELOG	LINTO	LOTEE
LPPT	LEZL	NIRAK	LEZL	LASIB	LEZL
SBGR	LFPG	IPERA-VASTO	PORTA-DELOG	IPERA-VASTO	PESAS-ABRIX
LEMG	LEST	LEMG	LEST	LEMG-LASIB	TURON-LEST
GCRR	LFBD	GCRR-VASTO	PESAS-URUNA	GCRR-VASTO	PESAS-URUNA
LFrb	GMFF	DELOG	LINTO	LOTEE	LINTO
LPPT	LEMG	NIRAK	LEMG	LASIB	LEMG
GVAC	LKPR	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU
EINN	LEMG	DELOG	LEMG	KORUL	LEMG
GCLP	EDDP	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA
GCFV	LEBB	GCFV-VASTO	PORTA-LEBB	GCFV-VASTO	PESAS-LEBB
SBGL	EDDF	IPERA-VASTO	PESAS-URUNA	IPERA-VASTO	PESAS-URUNA
GCLP	LFPG	GCLP-VASTO	PORTA-DELOG	GCLP-VASTO	PESAS-ABRIX
GCFV	EDDB	GCFV-KORAL	ADUBI-TOPTU	GCFV-VASTO	PESAS-URUNA
GCRR	LEBB	GCRR-VASTO	PORTA-LEBB	GCRR-VASTO	PESAS-LEBB
GCLP	EDDT	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA
GCLP	LSZH	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU
GCTS	LSGG	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
EGAA	LEMG	DELOG	LEMG	KORUL	LEMG
GVAC	EDDF	IPERA-VASTO	PESAS-URUNA	IPERA-VASTO	PESAS-URUNA
LEAL	LPPT	LEAL	ELVAR	LEAL	LASIB
GCTS	LIMC	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
LEST	LEMG	LEST	LEMG	LEST	LEMG
LEZL	LPPT	LEZL	MINTA	LEZL	LASIB
SBGL	ELLX	IPERA-VASTO	PORTA-DELOG	IPERA-VASTO	PESAS-ABRIX
GVBA	LFPG	IPERA-VASTO	PORTA-DELOG	IPERA-VASTO	PESAS-ABRIX
GVAC	LFPG	IPERA-VASTO	PORTA-DELOG	IPERA-VASTO	PESAS-ABRIX
EIDW	LEMG	DELOG	LEMG	KORUL	LEMG
GCFV	EDDP	GCFV-KORAL	ADUBI-TOPTU	GCFV-VASTO	PESAS-URUNA
GCFV	EPMO	GCFV-KORAL	ADUBI-TOPTU	GCFV-VASTO	PESAS-TOPTU
GCLP	LOWS	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU
GCTS	EDJA	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
GCLP	EPMO	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU	GCLP-VASTO	PESAS-TOPTU
GCTS	EDDS	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU

GCTS	EMPO	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
GCLP	EDDB	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA
SBGR	LSGS	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU
GCFV	EDDF	GCFV-KORAL	ADUBI-TOPTU	GCFV-VASTO	PESAS-URUNA
GCLP	EDDF	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA	GCLP-VASTO	PESAS-URUNA
GCTS	LFBO	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU	GCTS-VASTO	PESAS-TOPTU
SBGR	LSZH	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU
SBGL	LSZH	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU	IPERA-VASTO	PESAS-TOPTU
GCLP	LEBB	GCLP-VASTO	PORTA-LEBB	GCLP-VASTO	PESAS-LEBB
LPBJ	OMAM	ELVAR	OSPOK	LASIB	CARBO

Tabla C.4. Vuelos beneficiados por diseño 2 día 02/03/2019. Puntos de paso de entrada y salida espacio aéreo español