



Titulació:

Grado en Ingeniería en Tecnologías Aeroespaciales

Alumno (*nombre y apellidos*):

Didac Royuela Domingo

Título del TFG:

Proyecto de diseño de un aeropuerto corporativo para Cataluña

Director del TFG:

Luis Manuel Pérez Llera

Convocatoria de entrega del TFG:

Junio del 2015

Contenido de este volumen:

DOCUMENTO 1.- MEMORIA

En primer lugar, quiero agradecer este Trabajo de Final de Grado a mi madre Francisca Domingo Albert, mi padre Julián Royuela Olmo y a mi hermana Laia Royuela Domingo por el apoyo y el cariño recibido por su parte durante estos años, ya que sin ellos no hubiera sido posible llegar hasta aquí.

También quisiera agradecer muy especialmente este proyecto a mis amigos y compañeros de promoción Miguel Delgado Chicote y Alejandro Domínguez Moreno por su amistad, apoyo, colaboración y por las experiencias vividas junto a ellos en estos cuatro años de Grado.

Finalmente, también quiero agradecer a mi director, Luis Manuel Pérez Llera por su ayuda prestada estos meses durante la realización del proyecto.

Lista de contenido

Lista de tablas	5
Lista de figuras	5
1.- Introducción.....	8
2.- Justificación del emplazamiento	9
2.1.- Necesidad de un aeropuerto corporativo en Cataluña.....	11
2.2.- Localización de la propuesta de Santa Agnès de Malanyanes	11
3.- Prognosis de tráfico	13
3.1.- Prognosis de operaciones.....	13
3.1.1.- Distribución anual de operaciones del aeropuerto de referencia.....	13
3.1.2.- Previsión de la distribución anual de operaciones del aeropuerto de referencia	14
3.1.3.- Previsión de la distribución anual de operaciones para el aeropuerto diseñado.....	16
3.1.4.- Previsión de la distribución mensual de operaciones en el año de diseño para el aeropuerto diseñado	18
3.2.- Prognosis de pasajeros.....	19
3.2.1.- Distribución anual de pasajeros del aeropuerto de referencia.....	19
3.2.2.- Previsión de la distribución anual de pasajeros del aeropuerto de referencia	20
3.2.3.- Previsión de la distribución anual de pasajeros para el aeropuerto diseñado.....	22
3.2.4.- Previsión de la distribución mensual de pasajeros en el año de diseño para el aeropuerto diseñado	23
3.3.- Determinación de la flota usuaria y las aeronaves características.....	24
4.- Diseño y desarrollo del área de movimiento	27
4.1.- Diseño y desarrollo de pista	28
4.1.1.- Orientación geográfica de la pista.....	28
4.1.2.- Configuración de pista	30
4.1.3.- Capacidad de pista	31
4.1.4.- Dimensionado de pista	32
4.1.5.- Ayudas visuales y radioayudas.....	36
4.2.- Diseño y desarrollo de las calles de rodadura	49

4.2.1.- Configuración de las calles de rodadura	50
4.2.2.- Dimensionado de las calles de rodadura	51
4.2.3.- Ayudas visuales.....	52
4.3.- Diseño y desarrollo del área de plataforma	57
4.3.1.- Características principales de los puestos de estacionamiento.....	57
4.3.2.- Ayudas visuales.....	60
4.4.- Descripción y desarrollo de las servidumbres físicas	61
5.- Diseño y desarrollo del área terminal.....	63
6.- Determinación de las instalaciones aeroportuarias adicionales	66
6.1.- Torre de control.....	67
6.1.1.- Dimensionado y ubicación de la torre de control.....	67
6.1.2.- Características de la torre de control	68
6.2.- Equipamiento de salvamento y extinción de incendios.....	69
6.2.1.- Ubicación del equipamiento de salvamento y extinción de incendios.....	69
6.2.2.- Características del equipamiento de salvamento y extinción de incendios.....	69
6.3.- Instalaciones de suministros	70
6.4.- Hangar	71
6.5.- Helipuerto.....	72
6.5.1.- Configuración geométrica	73
6.5.2.- Superficies limitadoras de obstáculos	77
7.- Resumen económico del proyecto	78
8.- Aspectos ambientales asociados al aeropuerto	78
8.1.- Impactos ambientales directos	78
8.2.- Impactos ambientales potenciales	79
8.3.- Impactos ambientales indirectos	80
9.- Aspectos de seguridad asociados al aeropuerto.....	80
10.- Conclusiones y recomendaciones	81
11.- Aspectos temporales asociados al proyecto	83
12.-Normativa	84
13.- Bibliografía	85

Lista de tablas

<i>Tabla 1.- Crecimiento anual compuesto (2011-2014)</i>	15
<i>Tabla 2.- Crecimiento anual compuesto (2011-2014)</i>	21
<i>Tabla 3.- Envergadura y distancia de despegue de los jets de mayor tamaño candidatos a la flota usuaria</i>	26
<i>Tabla 4.- Número de clave del aeropuerto en función de la LCR</i>	27
<i>Tabla 5.- Letra de clave del aeropuerto en función de la envergadura y de la anchura exterior del tren de aterrizaje principal de la aeronave determinante</i>	27
<i>Tabla 6.- Condiciones reales del lugar de emplazamiento de la pista</i>	33
<i>Tabla 7.- TORA y TODA de los jets de mayor tamaño candidatos a la flota usuaria</i> ...	34
<i>Tabla 8.- Valores mínimos de anchura de pista recomendados por OACI en función de la clave de referencia del aeródromo</i>	35
<i>Tabla 9.- Características de la señal de punto de visada</i>	37
<i>Tabla 10.- Dimensiones de la superficie protectora de obstáculos para vuelo instrumental de número de clave 3</i>	43
<i>Tabla 11.- Dimensiones de los puestos de estacionamiento de tipo VII</i>	59
<i>Tabla 12.- Dimensiones de las superficies limitadoras de obstáculos para clave de referencia 3C y aproximación de precisión Cat. II</i>	63
<i>Tabla 13.- Características de las instalaciones presentes en la planta inferior</i>	64
<i>Tabla 14.- Características de las instalaciones presentes en la planta superior</i>	65
<i>Tabla 15.- Características del helicóptero de diseño</i>	74
<i>Tabla 16.- Dimensiones de las posiciones de estacionamiento de tipo VIII</i>	76
<i>Tabla 17.- Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos del helipuerto</i>	77
<i>Tabla 18.- Presupuesto total del aeropuerto corporativo de Santa Agnès de Malanyanes</i>	78

Lista de figuras

<i>Figura 1.- Plan de aeropuertos, aeródromos y helipuertos de Cataluña (2009-2015)</i> ...	9
<i>Figura 2.- Mapa de aeropuertos corporativos en Europa</i>	10
<i>Figura 3.- Propuesta de emplazamiento del aeropuerto corporativo</i>	12
<i>Figura 4.- Histórico de operaciones de la terminal corporativa de El Prat (1999-2014)</i>	14
<i>Figura 5.- Previsión de la distribución anual de operaciones en el aeropuerto de referencia (2015-2029)</i>	16
<i>Figura 6.- Previsión de la distribución anual de operaciones en el aeropuerto diseñado (2014-2029)</i>	17
<i>Figura 7.- Previsión de la distribución mensual de operaciones en el aeropuerto diseñado (2029)</i>	19

<i>Figura 8.- Histórico de pasajeros de la terminal corporativa de El Prat (1999-2014)...</i>	20
<i>Figura 9.- Previsión de la distribución anual de pasajeros en el aeropuerto de referencia</i>	22
<i>Figura 10.- Previsión de la distribución anual de pasajeros en el aeropuerto diseñado</i>	23
<i>Figura 11.- Previsión de la distribución mensual de pasajeros en el aeropuerto diseñado (2029).....</i>	24
<i>Figura 12.- Curva de absorción de la componente transversal del viento según las direcciones del viento presentes en la zona de emplazamiento del aeropuerto</i>	29
<i>Figura 13.- Ubicación de la pista.....</i>	30
<i>Figura 14.- Diagrama de determinación de la capacidad horaria básica para una única pista para condiciones de vuelo instrumental (IFR).....</i>	31
<i>Figura 15.- Acotación de las señales designadoras de pista usadas en el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes, en metros.....</i>	37
<i>Figura 16.- Señalización horizontal de la pista.....</i>	38
<i>Figura 17.- Sistemas de guiado de la pista</i>	39
<i>Figura 18.- Ubicación de las luces de extremo de pista</i>	40
<i>Figura 19.- Sistema de luces de aproximación de precisión Cat. II</i>	41
<i>Figura 20.- Configuraciones del sistema de aproximación PAPI</i>	42
<i>Figura 21.- Sistema de aproximación PAPI.....</i>	43
<i>Figura 22.- Disposición de las diferentes radioayudas en la pista diseñada.....</i>	44
<i>Figura 23.- Principio de funcionamiento del LLZ.....</i>	45
<i>Figura 24.- Principio de funcionamiento del GP.....</i>	47
<i>Figura 25.- Ubicación de los letreros de punto de información de VOR y de ILS presentes en cada cabecera de pista.</i>	49
<i>Figura 26.- Maniobra de acceso a la cabecera de pista 22 para el despegue.....</i>	50
<i>Figura 27.- Prolongación de la señal de eje de las calles de rodadura sobre la pista del aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes</i>	53
<i>Figura 28.- Señal de punto de espera de la pista de configuración A.....</i>	54
<i>Figura 29.- Ubicación de las señales de punto de espera intermedio</i>	54
<i>Figura 30.- Ubicación de los letreros con instrucciones obligatorias presentes en las calles de rodadura</i>	55
<i>Figura 31.- Ubicación de los puestos de estacionamiento en contacto con el área terminal.....</i>	58
<i>Figura 32.- Área de plataforma</i>	59
<i>Figura 33.- Puesto de estacionamiento del aeropuerto diseñado.....</i>	59
<i>Figura 34.- Ubicación del área terminal</i>	63
<i>Figura 35.- Caracterización interior de la planta inferior de la terminal.....</i>	64
<i>Figura 36.- Caracterización interior de la planta superior de la terminal.....</i>	65
<i>Figura 37.- Ubicación de la zona de aparcamiento</i>	66
<i>Figura 38.- Ubicación de la torre de control</i>	67

<i>Figura 39.- Ubicación de las carreteras de servicio.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 40.- Ubicación de las instalaciones de suministros y del equipamiento de extinción de incendios.</i>	<i>71</i>
<i>Figura 41.- Ubicación del hangar.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 42.- Ubicación del helipuerto.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 43.- Configuración geométrica del helipuerto.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 44.- Señalización horizontal y balizamiento de las calles de rodadura aérea ...</i>	<i>76</i>

1.- Introducció

Este proyecto consiste en llevar a cabo el diseño de un aeropuerto de aviación corporativa en Cataluña. Este tipo de aeropuerto está destinado, como su propio nombre indica, a albergar vuelos de negocio, de transporte corporativo, turísticos, así como también tiene la capacidad de ofrecer el servicio de aerotaxi.

La configuración general de esta tipología de aeródromo suele estar caracterizada por disponer de una única pista de aproximadamente 2000 metros de pavimento, en la cual se realizan las operaciones de despegue y aterrizaje de las aeronaves que operan en el aeropuerto, como son los jets privados. Además de la pista, también se dispone de una plataforma con posiciones de estacionamiento en contacto y en remoto, rodaduras y calles de salida rápida.

Otras características importantes de este tipo de aeropuertos es la presencia de una terminal corporativa, dotada de centros de negocio, salas de reuniones, zonas VIP o zonas comerciales.

La necesidad de construir un nuevo aeropuerto corporativo en Cataluña viene motivada por el hecho de que la aviación corporativa suma dos años al alza desde el año 2011 en la terminal corporativa de El Prat, siendo un indicador claro y explícito de haber superado la caída producida en años anteriores causada por la grave crisis económica que hubo a nivel mundial y que, obviamente, también afectó al sector de la aviación corporativa en Cataluña. Además, la presencia de importantes eventos en Cataluña como son el Gran Premio de Fórmula 1 y de motociclismo que se celebran anualmente en el Circuit de Catalunya (Montmeló) o el Mobile World Congress, hacen presagiar un aumento en la demanda de vuelos en este sector y, por consiguiente, hacen que sea del todo necesaria la construcción de un aeropuerto de estas características en Cataluña.

Así pues, el objetivo de este trabajo es determinar correctamente las magnitudes de las instalaciones de las que va a disponer el aeropuerto corporativo diseñado, entre las que destacan las correspondientes al área de movimiento (pistas, rodadura, plataforma, servidumbres físicas), el área terminal y las instalaciones aeroportuarias adicionales (torre de control, equipamiento de extinción de incendios, instalaciones de suministros y hangares). No obstante, cabe destacar que previamente se ha requerido

realizar una prognosis de tráfico de la terminal corporativa de El Prat, elegido como aeropuerto de referencia, para así disponer de un pronóstico fiable sobre el número de operaciones que se realizarán en el aeropuerto diseñado en los próximos años y así poder dimensionar las diferentes instalaciones en base a la demanda de operaciones y pasajeros que se va a tener que abastecer.

2.- Justificación del emplazamiento

Uno de los aspectos más importantes a la hora de diseñar un aeropuerto corporativo es decidir el emplazamiento idóneo para su construcción.

Para ello, es importante analizar el “Pla d’ aeroports, aeròdroms i heliports de Catalunya”, aprobado por la Generalitat de Catalunya el 20 de enero de 2009 para el período de tiempo comprendido entre 2009 y 2015.

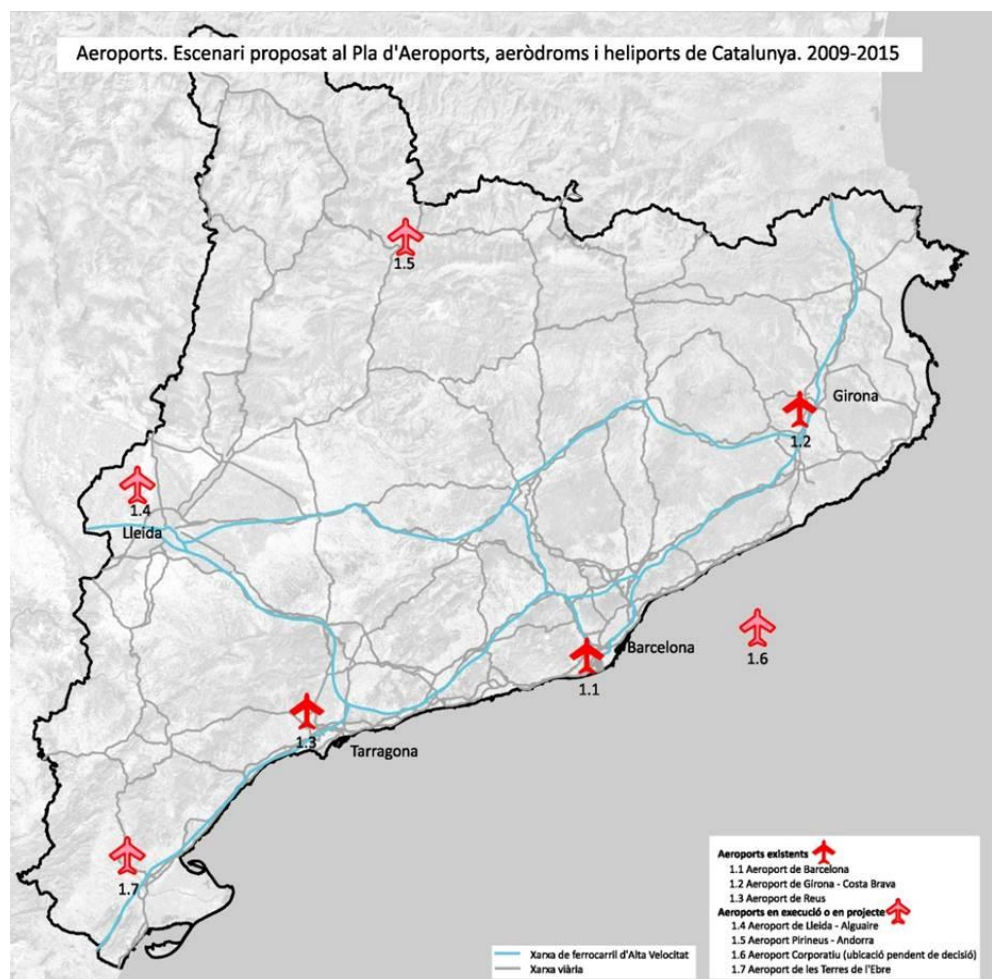


Figura 1.- Plan de aeropuertos, aeródromos y helipuertos de Cataluña (2009-2015)¹

¹ Fuente: Pla d’Aeroports, aeròdroms i heliports de Catalunya (2009-2015)

Tal y como se observa en la figura anterior [Figura 1], actualmente en Cataluña existen tres aeropuertos que están en activo, como son el aeropuerto de Barcelona-El Prat [1.1], el de Girona-Costa Brava [1.2] y el de Reus [1.3]. También existen cuatro aeropuertos que cuando se redactó este plan se encontraban en fase de ejecución o de proyecto, como son el aeropuerto de Lleida-Alguaire [1.4], el de Pirineus-Andorra [1.5], el de las tierras del Ebro [1.7] y, por último, se puede observar que dicho plan contempla el emplazamiento en Cataluña de un aeropuerto corporativo [1.6], que es precisamente el objetivo de este proyecto.

En la siguiente ilustración [Figura 2], se muestra cómo quedaría el mapa de aeropuertos corporativos en Europa después de la inclusión del aeropuerto diseñado en este proyecto. Se puede observar que el sector de la aviación corporativa se concentra en España (Madrid y Cataluña), Francia (Le Bourget y Cannes), Alemania (Frankfurt Egelsbach), Italia (Ciampino) y Reino Unido (Farnborough y London City).

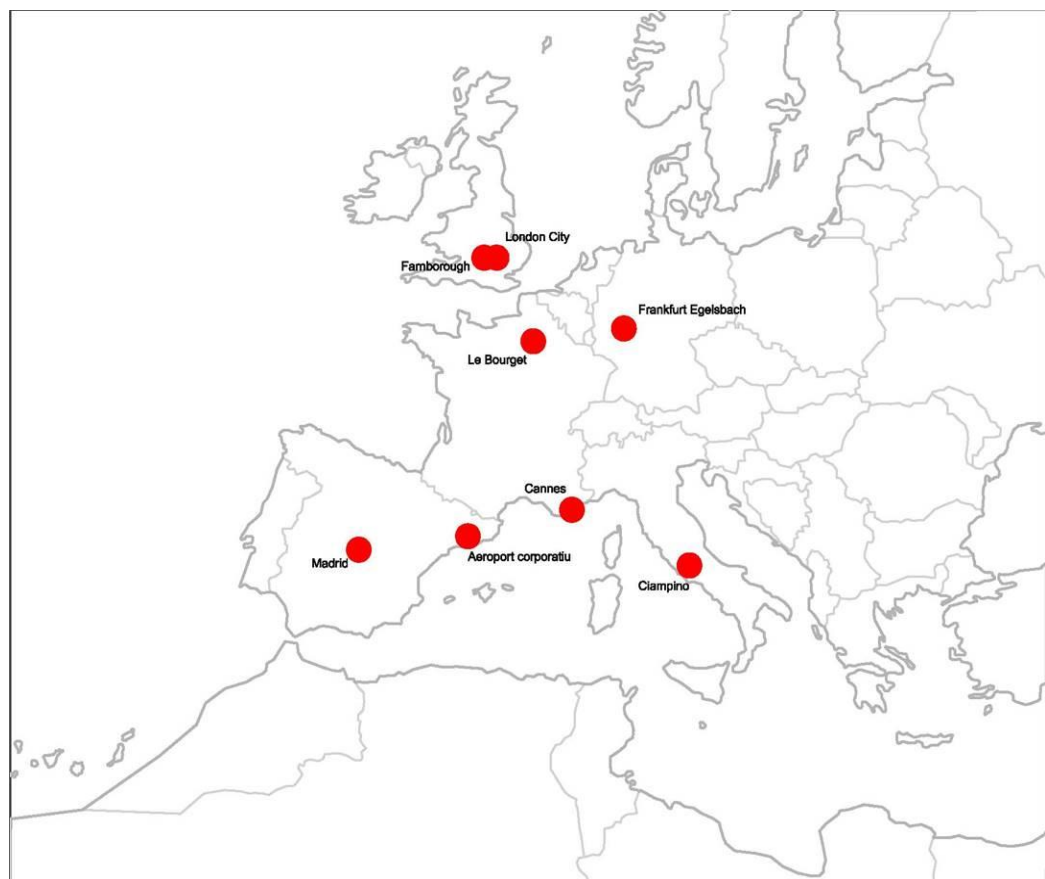


Figura 2.- Mapa de aeropuertos corporativos en Europa²

² Fuente: Dossier del DPTOP, "Emplaçament del futur aeroport corporatiu/d'empresa".

2.1.- Necesidad de un aeropuerto corporativo en Cataluña

La necesidad de construir un aeropuerto corporativo en Cataluña viene motivada principalmente por el hecho de que actualmente existe un mundo globalizado, en que se requieren múltiples conexiones punto a punto entre los países para así garantizar un óptimo desplazamiento del personal de las empresas hacia cualquier país en el que tenga una sede o ciertos intereses económicos, ya que las empresas compiten a nivel internacional con el sistema de globalización.

Catalunya es un territorio con fuerte presencia empresarial a nivel nacional e internacional y es necesario ofrecer a estas empresas una serie de infraestructuras hechas a medida como puede ser un aeropuerto corporativo, cuya finalidad u objetivo es albergar vuelos de negocio y corporativos y que ofrece actividad continua, con puntas en eventos de negocio o acontecimientos políticos o deportivos que sean del interés de dichas empresas o usuarios particulares. Además, una de los servicios que ofrece este tipo de aeropuertos al sector empresarial es que dispone de un área terminal corporativa, dotada de centros de negocio, salas de reuniones, zonas VIP y zonas comerciales.

2.2.- Localización de la propuesta de Santa Agnès de Malanyanes

En la siguiente figura [Figura 3], se muestra la localización de la propuesta de emplazamiento del aeródromo, correspondiente a la superficie delimitada por las líneas de contorno amarillas, situado en la localidad catalana de Santa Agnès de Malanyanes.



Figura 3.- Propuesta de emplazamiento del aeropuerto corporativo³

La elección de esta ubicación viene motivada por la conectividad idónea que ofrece con la capital catalana (ya que se encuentra a tan sólo 40,1 km), que tiene una meteorología adecuada, que es un lugar compatible con el espacio aéreo, que permite operaciones instrumentales de precisión en caso de que sean necesarias y el hecho de ser un terreno con unas dimensiones adecuadas para acoger un aeropuerto de semejantes características.

Otras razones para situar el aeropuerto en este emplazamiento es que es una zona con fuerte actividad y presencia industrial (la existencia del centro comercial de “La Roca Village” es un claro ejemplo) y también juega a favor de este emplazamiento su cercanía al Circuit de Catalunya (Montmeló), lugar de gran interés puesto que es el lugar donde se celebran grandes eventos deportivos cada año como son el Gran Premio del mundial de motociclismo y el de Fórmula 1, respectivamente, así como jornadas de entrenamientos libres y clasificatorios de ambas competiciones y otros eventos que se celebran en el mismo circuito como son “Las 24 horas de Motociclismo”. Es por eso que en los meses de celebración de dichos eventos deportivos aumentarían considerablemente el número de operaciones en el aeropuerto, con el beneficio que eso conllevaría para el aeropuerto y para otros sectores de la zona como son el de la hostelería o el de la gastronomía.

³ Imagen extraída de Google Earth

3.- Prognosis de tráfico

Una vez determinada la ubicación del aeropuerto corporativo y haber justificado la necesidad de su construcción, el siguiente objetivo es realizar la previsión de operaciones totales de aeronaves y de pasajeros, distinguiendo entre el ámbito internacional y doméstico que tendrán lugar en el aeropuerto diseñado, ya que se trata de uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo el diseño del mismo.

3.1.- Prognosis de operaciones

En este apartado se realizará un estudio detallado acerca de la distribución anual de operaciones que han tenido lugar en el aeropuerto de referencia entre el 1999 y el 2014, con la finalidad de realizar una previsión de las operaciones que se realizarán en el mismo en el período comprendido entre el 2015 y el 2029, elegido como año de diseño del aeropuerto diseñado en Santa Agnès de Malanyanes. Una vez realizada la previsión de operaciones desde el 2015 hasta el 2029, se realizará la misma previsión pero ahora extrapolada al aeropuerto diseñado y, finalmente, se procederá a realizar una previsión de la distribución mensual de operaciones en el aeropuerto diseñado para así determinar el mes punta del año de diseño en cuanto a operaciones se refiere.

3.1.1.- Distribución anual de operaciones del aeropuerto de referencia

Para llevar a cabo una correcta previsión del número total de operaciones que se realizarán en el aeropuerto diseñado es necesario realizar un análisis del histórico de operaciones de la terminal corporativa de El Prat (elegido como aeropuerto de referencia) para así realizar una previsión de las operaciones que se llevarán a cabo en el mismo aeropuerto en los próximos años y extrapolar dichos pronósticos al aeropuerto diseñado haciendo las correcciones necesarias en función del tipo de aeronave que va a operar en dicho aeropuerto.

En la siguiente figura [Figura 4], se observa un gráfico que muestra el histórico de operaciones que se han realizado en la terminal corporativa de El Prat en el período de tiempo comprendido entre 1999 y 2014.

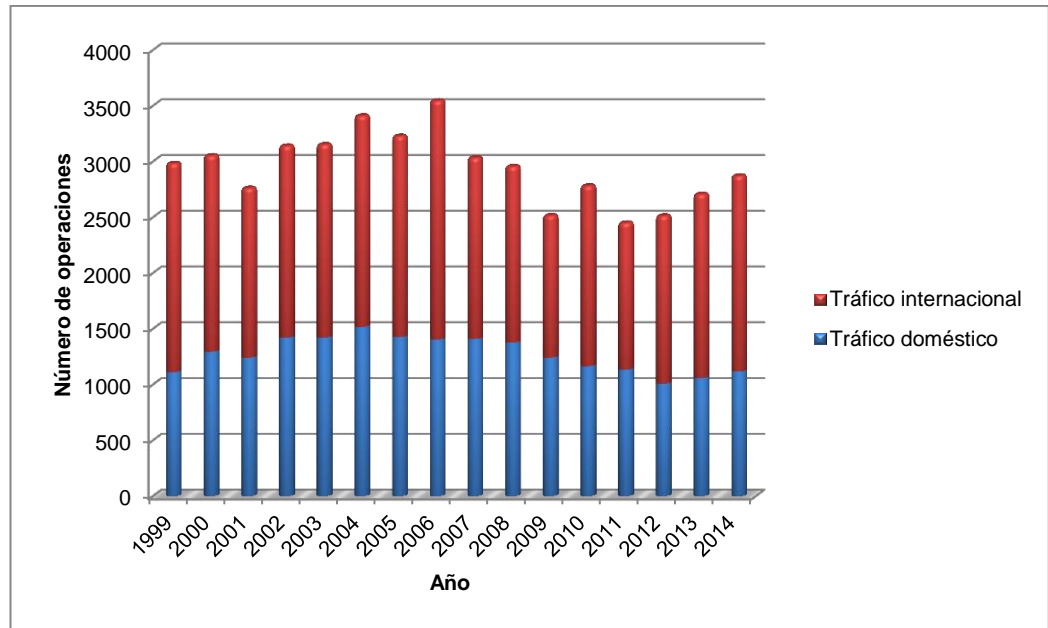


Figura 4.- Histórico de operaciones de la terminal corporativa de El Prat (1999-2014)⁴

En el histórico de operaciones anterior [Figura 4], se puede observar un comportamiento creciente en el número de operaciones realizadas desde el 2001 hasta el 2006 y, a partir de ese mismo año, se aprecia la afectación que tuvo la crisis económica mundial en el sector de la aviación corporativa, ya que se observa un período de recesión del número de operaciones desde el 2006 hasta el 2011 (pasando de 3546 operaciones a 2451). No obstante, a partir de ese mismo año se está experimentando una fase de recuperación y crecimiento del número de vuelos correspondientes al sector de la aviación corporativa (pasando de las mencionadas 2451 operaciones hasta las 2873 operaciones que se produjeron en el 2014).

En conclusión, se observa que el número de operaciones en el aeropuerto de referencia elegido mantiene un carácter completamente ascendente y eso es precisamente un indicador de que el sector de la aviación corporativa en Cataluña está en fase de continuo crecimiento.

3.1.2.- Previsión de la distribución anual de operaciones del aeropuerto de referencia

En esta sección se realiza una previsión de la distribución anual de operaciones que se van a realizar en la terminal corporativa de El Prat en el período comprendido entre el 2015 y 2029, que es el año de diseño elegido.

⁴ Datos extraídos de Estadísticas de Tráfico de Aena

Para realizar dicha previsión, se ha calculado previamente la tasa de crecimiento anual compuesto o CAGR (Compound annual growth rate) correspondiente al número de operaciones producidas en la terminal corporativa de El Prat. El CAGR viene determinado por la siguiente expresión:

$$CAGR(t_0, t_n) = \left(\frac{V(t_n)}{V(t_0)} \right)^{\frac{1}{t_n - t_0}} - 1 \quad ^5$$

Donde t_0 es el año inicial, t_n el año final y $V(t_0)$ y $V(t_n)$ son el número de operaciones realizadas durante el año inicial y final, respectivamente.

Es importante destacar que, con la finalidad de obtener una buena precisión en el cálculo del CAGR, se ha elegido el período comprendido entre el 2011 y el 2014 debido a que se trata de un período corto de tiempo y con una fuerte regresión lineal en el número de operaciones.

Así pues, el procedimiento realizado para el cálculo del CAGR de operaciones domésticas, internacionales y totales, respectivamente, se muestra en la siguiente tabla [Tabla 1].

CRECIMIENTO ANUAL COMPUESTO (desde 2011 hasta 2014)				
	Número inicial de operaciones $V(t_0)$	Número final de operaciones $V(t_n)$	$t_n - t_0$	CAGR
Doméstico	1134	1118	3	-0,47%
Internacional	1317	1755	3	10,04%
Total	2451	2873	3	5,44%

Tabla 1.- Crecimiento anual compuesto (2011-2014)

Del cálculo del CAGR obtenido del aeropuerto de referencia se concluye que el número de operaciones domésticas mantienen una tasa de crecimiento ligeramente negativa aunque muy próxima al valor de estancamiento situada en el 0 %, mientras que el número de operaciones internacionales experimenta una tasa de crecimiento de un 10,04 %, lo que permite obtener un CAGR global de un 5,44%, que es un valor aceptable ya que es del mismo orden de magnitud que los obtenidos en otros aeropuertos corporativos europeos.

Finalmente, en la figura posterior [Figura 5] se observa la previsión de la distribución anual de operaciones desde el 2015 hasta el 2029 del aeropuerto

⁵ Fórmula extraída de <http://www.investopedia.com/terms/c/cagr.asp>

de referencia tras aplicar la tasa del crecimiento anual compuesto obtenida en las operaciones domésticas e internacionales, respectivamente. Se puede observar, como se ha anunciado en el cálculo del CAGR, que el número de operaciones domésticas se mantienen prácticamente estancadas, con un ligero decrecimiento de un -0,47% mientras que, sin embargo, el número de operaciones internacionales experimentan un aumento muy considerable de un 10,04%, que se pone de manifiesto gracias a la pendiente positiva que se observa en los datos correspondientes al número de operaciones anuales presentes en el gráfico.

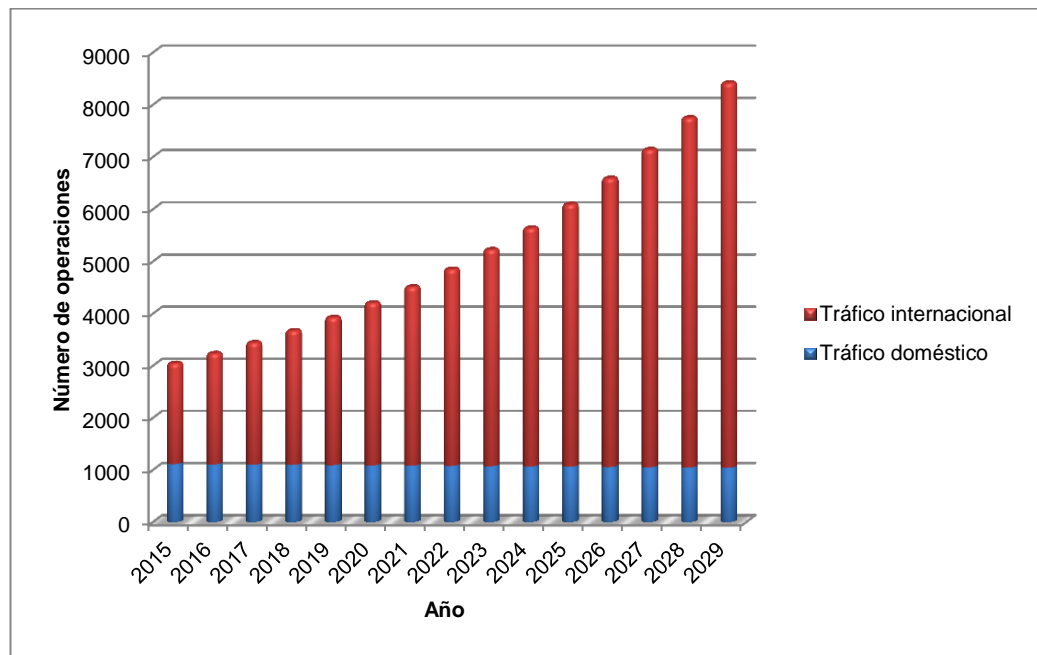


Figura 5.- Previsión de la distribución anual de operaciones en el aeropuerto de referencia (2015-2029)

3.1.3.- Previsión de la distribución anual de operaciones para el aeropuerto diseñado

Una vez realizada la previsión de la distribución anual de operaciones que tienen lugar en la terminal corporativa de El Prat, el siguiente objetivo es realizar el mismo procedimiento para el aeropuerto diseñado en este proyecto. Para ello, se sigue el mismo procedimiento que en el apartado anterior, considerando como válidas las tasas de crecimiento anual compuesto obtenidas para el aeropuerto de referencia, pero descartando las operaciones realizadas con aeronaves de gran tamaño como son los A-300, A-310, A-318, A-319, A-320, A-321, A-330 y A-340 de Airbus o los B-737, B-747, B-757, B-767 y B-777 de Boeing.

Los modelos de aviones mencionados en el párrafo anterior se han tenido en cuenta a la hora de realizar la prognosis de tráfico de la terminal corporativa de El Prat, debido a que se han realizado puntualmente operaciones con este tipo de aeronave ya que las operaciones de la terminal corporativa de El Prat se realizan en las pistas del aeropuerto de El Prat, aeropuerto capacitado para operar con este tipo de aeronaves.

Sin embargo, en el aeropuerto diseñado ubicado en Santa Agnès de Malanyanes, se van a absorber operaciones de aeronaves con igual o menor distancia de despegue que el Gulfstream G450, como se detalla en el capítulo 3.3, titulado “*Determinación de la flota usuaria y las aeronaves características*”.

Así pues, en la siguiente figura [Figura 6] se muestra la previsión obtenida de la distribución anual de operaciones para el aeropuerto diseñado en Santa Agnès de Malanyanes. Se puede concluir que en el año de diseño se esperan realizar 7795 operaciones, de las cuales 979 serán de ámbito doméstico y 6816 de ámbito internacional, respectivamente.

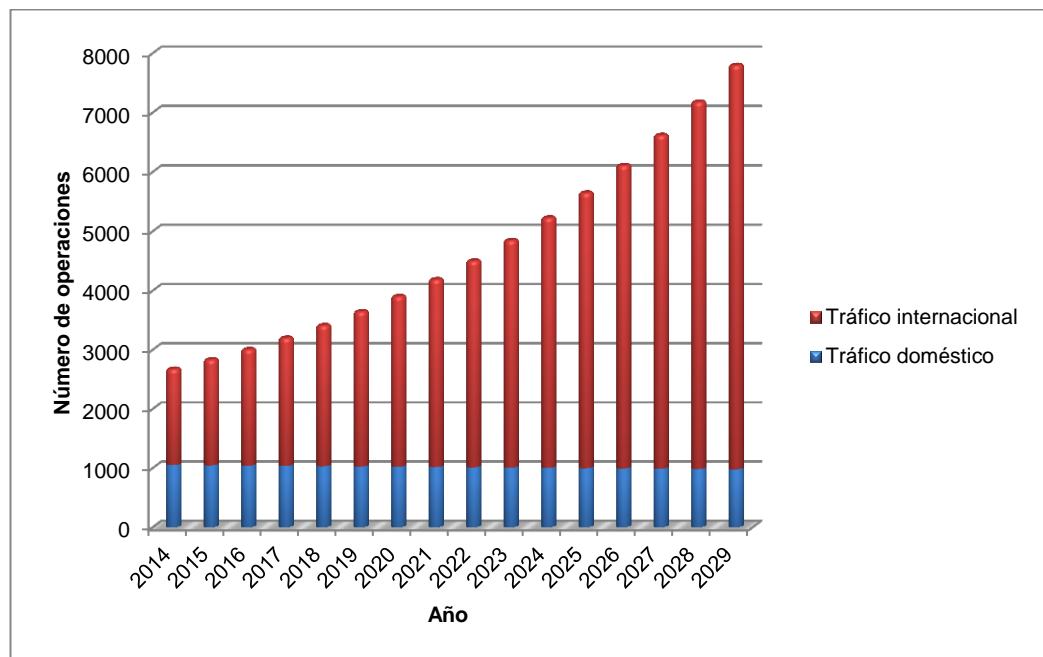


Figura 6.- Previsión de la distribución anual de operaciones en el aeropuerto diseñado (2014-2029)

3.1.4.- Previsión de la distribución mensual de operaciones en el año de diseño para el aeropuerto diseñado

Finalmente, el siguiente objetivo es realizar una previsión de la distribución mensual de operaciones que van a tener lugar en el aeropuerto diseñado en el año 2029, elegido como año de diseño. Esta previsión tiene como objetivo determinar el mes punta en el que se producirán más operaciones en el año de diseño.

Para realizar dicha previsión, el procedimiento a seguir ha sido recopilar datos procedentes del departamento de Estadísticas de Tráfico de Aena sobre las operaciones que ha habido mensualmente de enero a diciembre del 2014 y, posteriormente, aplicar los CAGR obtenidos en el apartado 3.1.2 para así calcular las previsiones de operaciones mensuales año a año hasta el 2029.

Así pues, en la siguiente figura [Figura 7] se observa la distribución mensual de operaciones en el año de diseño (2029). Se puede observar que el mes punta en el cual se producirán más operaciones es el mes de junio (con 924 operaciones, siendo 113 de ámbito doméstico y 811 del sector internacional, respectivamente) y puede ser debido, entre otros motivos, a la celebración del Gran Premio de Moto GP en el Circuit de Catalunya (Montmeló) y al inicio del período vacacional de verano de un sector de la población catalana. También destaca la gran demanda de operaciones existentes en los meses de septiembre (con un total de 850 operaciones) y octubre (mes en el que tienen lugar 871 operaciones).

Por otra parte, se observa que en el mes de mayo, en el cual se celebran eventos deportivos importantes a nivel mundial como el Gran Premio de Fórmula 1 en el Circuit de Catalunya (Montmeló) el número de operaciones también es elevado, ya que se realizarán 673 operaciones, suponiendo una gran fuente de ingresos para el sector turístico, comercial y hostelero de la zona. Finalmente, también se puede concluir que los meses con menos demanda de operaciones son enero y noviembre, cuando se realizarán 369 y 433 operaciones, respectivamente.

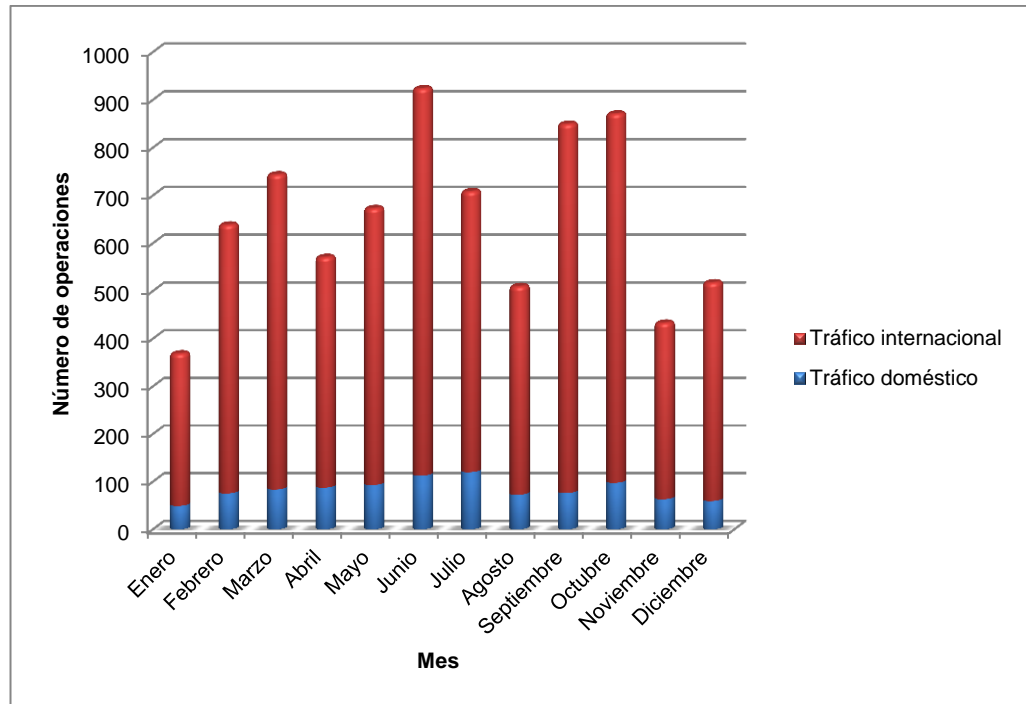


Figura 7.- Previsión de la distribución mensual de operaciones en el aeropuerto diseñado (2029)

3.2.- Prognosis de pasajeros

En este apartado se realizará un estudio detallado acerca de la distribución anual de pasajeros en el aeropuerto de referencia entre el 1999 y el 2014, con el objetivo de realizar una previsión de los pasajeros que transitarán dicho aeropuerto en el período comprendido entre el 2015 y el 2029, elegido como año de diseño del aeropuerto diseñado en Santa Agnès de Malanyanes. Una vez realizada la previsión de pasajeros desde el 2015 hasta el 2029, se procederá a realizar la misma previsión pero ahora extrapolada al aeropuerto diseñado en Santa Agnès de Malanyanes y, finalmente, se procederá a realizar una previsión de la distribución mensual de pasajeros en el aeropuerto diseñado para así determinar el mes punta del año de diseño en cuanto a tráfico de pasajeros se refiere, parámetro de diseño importante para determinar las dimensiones del área terminal.

3.2.1.- Distribución anual de pasajeros del aeropuerto de referencia

Para realizar la previsión de pasajeros en el aeropuerto diseñado, se realiza un procedimiento análogo al realizado para determinar la previsión de operaciones en el mismo aeropuerto. Para ello, inicialmente es necesario determinar la distribución de pasajeros en el aeropuerto de referencia.

En la siguiente figura [Figura 8], se observa un gráfico correspondiente a la distribución de pasajeros en la terminal corporativa de El Prat, desde el 1999 al 2014. Se puede observar que el número de pasajeros que transitan dicha terminal mantiene un comportamiento ascendente desde 1999, únicamente interrumpido en 2006, 2007, 2009 y 2011, en los cuales el número de pasajeros se vio reducido respecto al año anterior.

Un último dato significativo de este histórico de pasajeros es el fuerte aumento de pasajeros que ha tenido lugar en 2014, con un total de 18715 (correspondiente a un aumento del 38,09 % respecto al 2013). Este aumento considerable del número de pasajeros se puede interpretar como una señal de superación de la pasada crisis económica por parte del sector de la aviación corporativa.

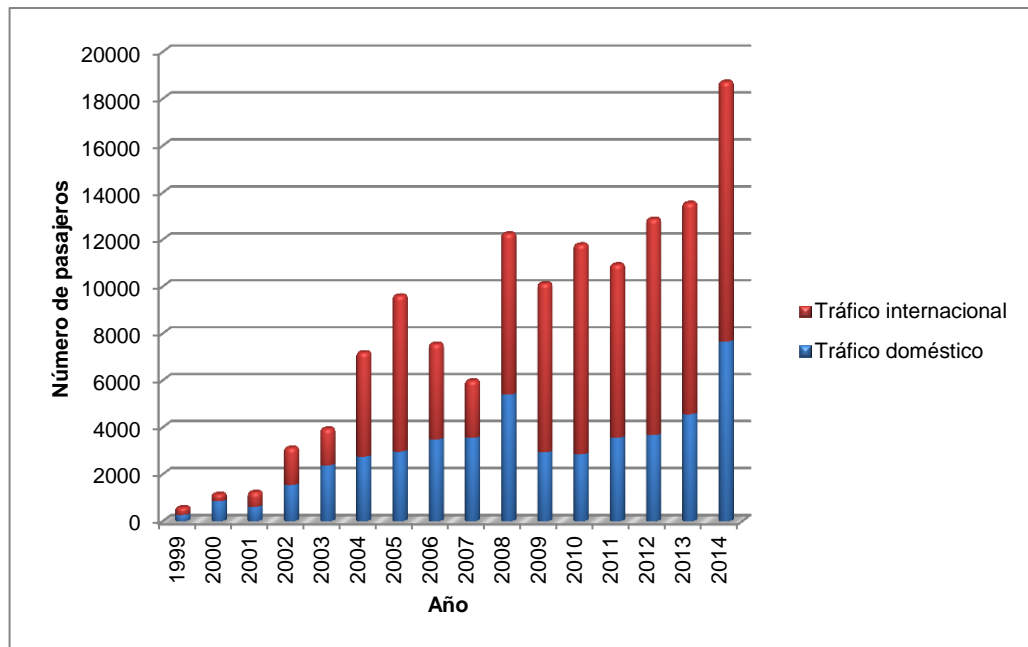


Figura 8.- Histórico de pasajeros de la terminal corporativa de El Prat (1999-2014)⁶

3.2.2.- Previsión de la distribución anual de pasajeros del aeropuerto de referencia

Tras realizar un estudio sobre la distribución de pasajeros que transitaron la terminal corporativa de El Prat en el período comprendido entre el 1999 y 2014, el siguiente objetivo es realizar la previsión de pasajeros en dicha terminal desde el 2015 hasta el 2029, elegido como año de diseño.

⁶ Datos extraídos de Estadísticas de Tráfico de Aena

Para ello, se repite el proceso seguido en el apartado 3.1.2, titulado “Previsión de la distribución anual de operaciones del aeropuerto de referencia” para determinar la previsión de operaciones del aeropuerto de referencia.

Así pues, inicialmente se calculan los CAGR correspondientes a los pasajeros domésticos e internacionales, respectivamente, aplicando la misma expresión que en el apartado 3.1.2, resultando los valores recogidos en la siguiente tabla [Tabla 2].

CRECIMIENTO ANUAL COMPUESTO (desde 2011 hasta 2014)				
	Número inicial de pasajeros $V(t_0)$	Número final de pasajeros $V(t_1)$	t_1-t_0	CAGR
Doméstico	3561	7656	3	29,07%
Internacional	7370	11059	3	14,49%
Total	10931	18715	3	19,63%

Tabla 2.- Crecimiento anual compuesto (2011-2014)

Del cálculo de los valores de CAGR del aeropuerto de referencia correspondientes al tráfico de pasajeros [Tabla 2], se concluye que el tráfico de pasajeros domésticos ha tenido una tasa de crecimiento correspondiente al doble de la tasa de crecimiento obtenida por el tráfico de pasajeros internacionales, resultando un CAGR total de 19,63 %.

Así pues, en la siguiente figura [Figura 9], se puede observar la previsión de la distribución anual de pasajeros en el aeropuerto de referencia desde el 2015 hasta el 2029 que se ha realizado aplicando la tasa de crecimiento anual compuesto obtenida para los pasajeros domésticos e internacionales, respectivamente.

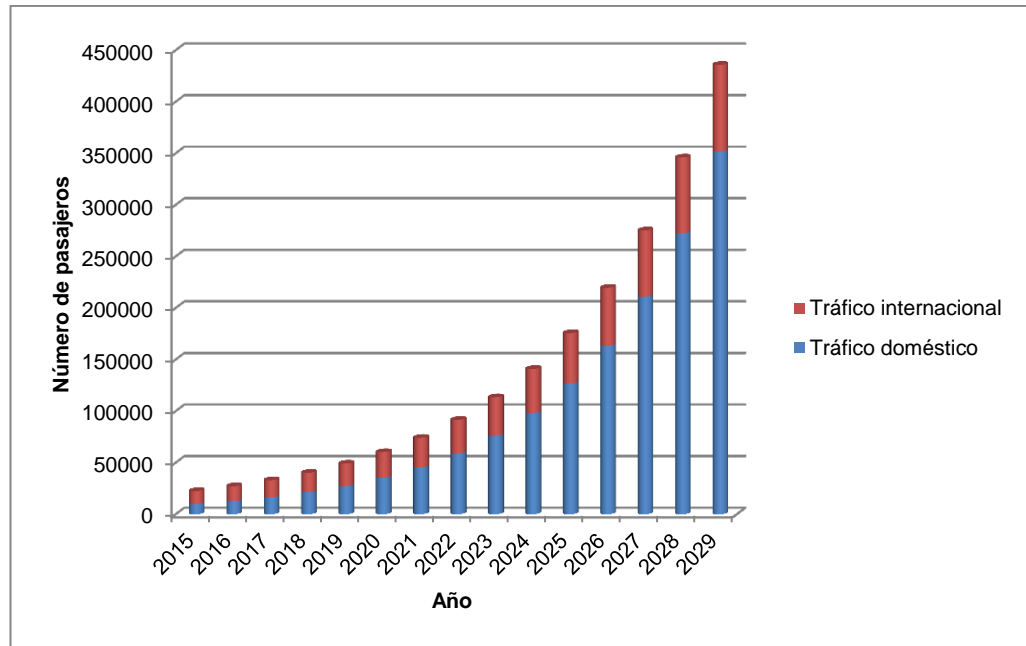


Figura 9.- Previsión de la distribución anual de pasajeros en el aeropuerto de referencia (2015-2029)

En la figura anterior [Figura 9], se observa como el crecimiento del tráfico doméstico es mucho mayor que el del tráfico internacional, debido a que el primero tiene el doble de tasa de crecimiento anual compuesto que el segundo. La pendiente claramente positiva del gráfico también es otro indicador de que el tráfico global de pasajeros aumenta año a año hasta el 2029.

3.2.3.- Previsión de la distribución anual de pasajeros para el aeropuerto diseñado

Una vez realizada la previsión de la distribución anual de pasajeros que transitan la terminal corporativa de El Prat, el siguiente objetivo es realizar el mismo procedimiento para el aeropuerto diseñado. Para ello, se sigue el mismo procedimiento que en el anterior apartado, considerando como válidas las tasas de crecimiento anual compuesto obtenidas para el aeropuerto de referencia, pero descartando los pasajeros correspondientes a las operaciones realizadas con aeronaves de gran tamaño como son los A-300, A-310, A-318, A-319, A-320, A-321, A-330 y A-340 de Airbus o los B-737, B-747, B-757, B-767 y B-777 de Boeing, tal y como se ha realizado en el apartado 3.1.3, puesto que en el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes se van a realizar operaciones con aviones de igual o menor distancia de despegue que el Gulfstream G450, tal y como se ha explicado en el apartado 3.1.3.

En la siguiente figura [Figura 10], se muestra la previsión de pasajeros que transitarán el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes hasta el año de diseño. Es importante destacar que en el año 2029 está previsto que transiten el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes un total de 94342 pasajeros, de los cuáles 60451 serán domésticos y 33891 serán de ámbito internacional, respectivamente.

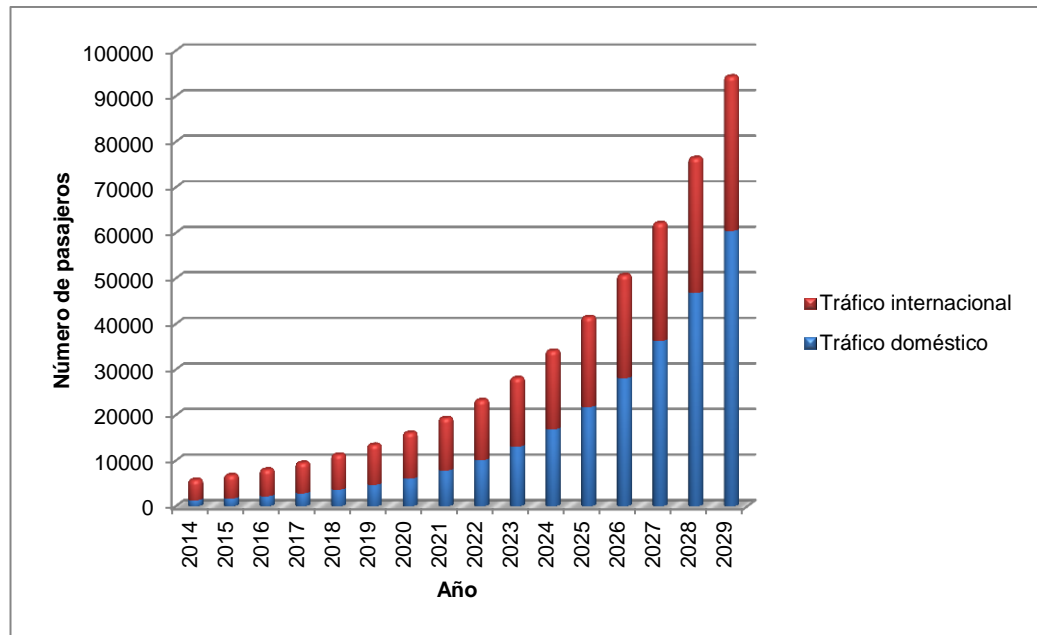


Figura 10.- Previsión de la distribución anual de pasajeros en el aeropuerto diseñado (2014-2029)

3.2.4.- Previsión de la distribución mensual de pasajeros en el año de diseño para el aeropuerto diseñado

Finalmente, se realiza una previsión de la distribución mensual de pasajeros que van a transitar el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes en el año 2029, elegido como año de diseño. Esta previsión tiene como objetivo determinar el mes punta en el que habrá más pasajeros en el año de diseño, y así utilizar este dato como parámetro de diseño de cara al dimensionado del área terminal.

Para realizar dicha previsión, el procedimiento a seguir es análogo al realizado en la sección 3.1.4 y consiste en recopilar datos procedentes del departamento de Estadísticas de Tráfico de Aena sobre los pasajeros que han transitado mensualmente la terminal corporativa de El Prat desde enero a diciembre del 2014 y, posteriormente, aplicar los CAGR obtenidos en el apartado 3.2.2 para así calcular las previsiones de pasajeros mensuales año a año hasta el 2029.

Así pues, en la siguiente figura [Figura 11], se observa la distribución mensual de pasajeros en el año de diseño (2029). Se puede observar que el mes punta con más pasajeros es el mes de junio (con 13555 pasajeros, de los cuáles 9325 son domésticos y 4230 son internacionales, respectivamente), coincidiendo así con el mes punta de operaciones. También destaca la gran cantidad de pasajeros que, según la previsión realizada, transitarán el aeropuerto en los meses de setiembre, octubre y noviembre, con un total de 9015, 9498 y 9853 pasajeros, respectivamente.

Por otra parte, se observa que los meses de menor afluencia de pasajeros en el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes en 2029, serán enero, marzo y abril, con un total de 5731, 5694 y 5735 pasajeros, respectivamente.

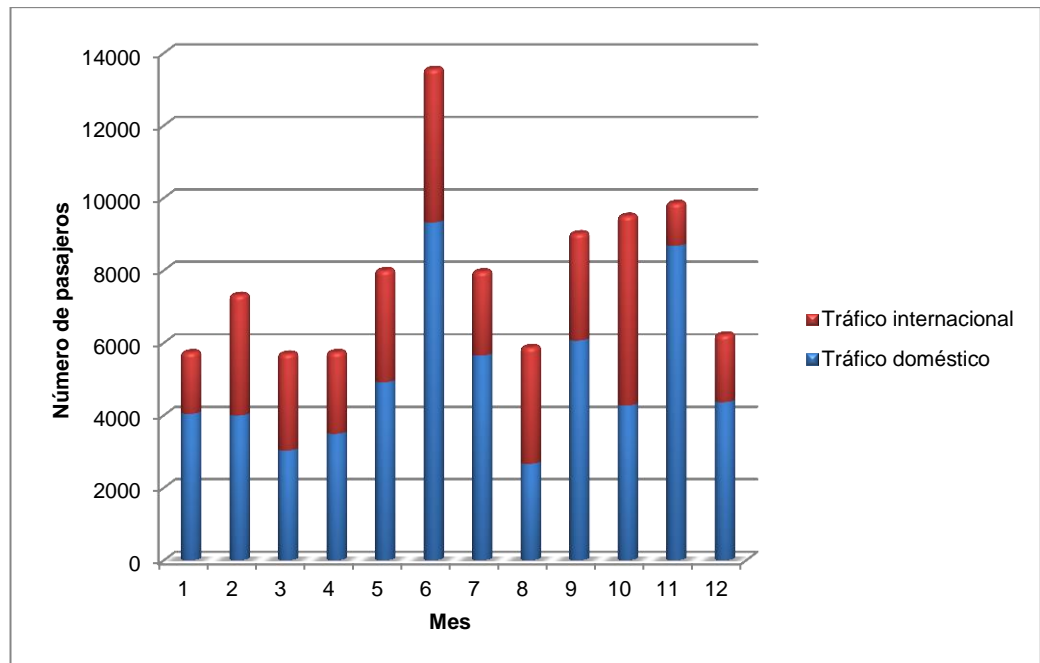


Figura 11.- Previsión de la distribución mensual de pasajeros en el aeropuerto diseñado (2029)

Finalmente, es importante destacar que todos los gráficos presentes en la prognosis de tráfico han sido realizados a partir de los datos recogidos en el Anexo A: Prognosis de tráfico, perteneciente a Documento 2.- Anexos.

3.3.- Determinación de la flota usuaria y las aeronaves características

Con la finalidad de diseñar correctamente las instalaciones de que va a disponer el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes, es importante decidir

previamente el tipo de aeronave que va a poder operar en el aeropuerto y, posteriormente, determinar cuáles van a ser las aeronaves características y que, por consiguiente, determinarán el número y la letra de clave del aeródromo diseñado.

Inicialmente, es importante destacar que, a diferencia de la terminal corporativa de El Prat, el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes no va a realizar operaciones con aviones de gran tamaño, como son los A-300, A-310, A-318, A-319, A-320, A-321, A-330 y A-340 de Airbus o los B-737, B-747, B-757, B-767 y B-777 de Boeing, debido principalmente a dos motivos.

El primero de ellos es que el aeropuerto que se diseña es de carácter corporativo, es decir, que está diseñado para albergar operaciones realizadas principalmente con jets privados y, por lo tanto, no está previsto que operen en éste aviones de gran tamaño como los anteriormente mencionados.

Y el segundo motivo, pero no menos importante, es que el terreno en el cuál se ha decidido ubicar el aeropuerto corporativo (ubicado en la localidad catalana de Santa Agnès de Malanyanes) no reúne las condiciones necesarias para que aviones de semejante tamaño pudieran operar en él, ya que sería imposible ubicar una pista en este terreno con una longitud suficiente para que dichas aeronaves de gran tamaño pudieran efectuar el despegue o aterrizaje. Por lo tanto, operar con este tipo de aeronaves queda totalmente descartado.

Así pues, al ser un aeropuerto corporativo, absorberá operaciones de jets privados que tengan la capacidad de operar en las dimensiones de pista disponibles. Estos jets corresponderán a compañías especializadas en realizar operaciones de aviación corporativa, como son Gestair, ExecuJet y Executive Airlines, así como a clientes particulares.

Para seleccionar correctamente el tipo de jet que operará en el aeropuerto y que, por consiguiente, formará la flota usuaria del mismo, se han seleccionado los jets de mayor tamaño susceptibles de poder operar en el aeropuerto corporativo diseñado, ya que corresponden a los casos críticos a estudiar para ver si pueden operar o no en dicho aeropuerto.

Así pues, para poder determinar correctamente la flota usuaria, se analiza la envergadura y la distancia de despegue de los casos críticos correspondientes a los jets de mayor tamaño con los que operan Gestair, ExecuJet, Executive Airlines y clientes particulares. La envergadura y distancia de despegue

correspondientes a estas aeronaves (ordenadas en orden decreciente de distancia de despegue) se recogen en la siguiente tabla [Tabla 3].

Modelo de aeronave	Envergadura [m]	Longitud de campo de referencia [m]
Bombardier Global 5000	28,6	1887
Bombardier Global Express XRS	28,6	1887
Embraer Lineage 1000	28,72	1870
Gulfstream 550	28,5	1801
Gulfstream 650	30,36	1786
Bombardier Challenger 604	19,61	1780
Bombardier Challenger 605	19,61	1780
Gulfstream G450	23,72	1707
Dassault Falcon 7X	26,21	1693
Embraer Legacy 600	21,17	1692
Embraer Legacy 650	21,17	1692
Dassault Falcon 2000	19,33	1657
Bombardier Challenger 601	19,61	1646
Dassault Falcon 900LX	21,38	1635
Dassault Falcon 900	19,33	1615
Bombardier Challenger 300	19,46	1510
Dassault Falcon 900DX EASY	19,33	1490

Tabla 3.- Envergadura y distancia de despegue de los jets de mayor tamaño candidatos a la flota usuaria

De las aeronaves presentes en la tabla anterior [Tabla 3], se descartan Bombardier Global 5000, Bombardier Global Express XRS, Embraer Lineage 1000, Gulfstream 550, Gulfstream 650, Bombardier Challenger 604, Bombardier Challenger 605, debido a que el recorrido de despegue disponible en el aeropuerto (TORA del inglés *“Take-Off Run Available”*) es menor que el requerido por las aeronaves descartadas. El cálculo de la TORA se incluye en el apartado 4.1.4, titulado *“Dimensionado de pista”*.

Así pues, la flota usuaria estará formada por todos los jets privados de las compañías de Gestair, ExecuJet, Executive Airlines y clientes particulares, a excepción de las aeronaves descartadas.

El siguiente objetivo, una vez definida la flota usuaria que operará en el aeropuerto, es determinar las aeronaves características y, por consiguiente, la clave de referencia del aeródromo.

Una aeronave característica es el Gulfstream G450, ya que es la aeronave de la flota usuaria con mayor longitud de campo de referencia (1707 m). Esta aeronave, por consiguiente, determina que el número de clave del aeropuerto sea el 3, ya que el valor de la longitud de campo de referencia está comprendido entre 1200 y 1800 metros. (Ver Tabla 4).

Número de clave	Longitud de campo de referencia [m]
1	$LCR < 800$
2	$800 \leq LCR < 1200$
3	$1200 \leq LCR < 1800$
4	$LCR \geq 1800$

Tabla 4.- Número de clave del aeropuerto en función de la LCR⁷

Por otro lado, la otra aeronave característica es el Dassault Falcon 7X, ya que es la aeronave de la flota usuaria con mayor envergadura (26,21 m) y que, además, tiene mayor anchura exterior del tren de aterrizaje principal (6,56 m). Esta aeronave determina que la letra de clave del aeropuerto sea C, ya que su envergadura está comprendida entre 24 y 36 metros y la anchura exterior del tren de aterrizaje principal está comprendida entre 6 y 9 metros, respectivamente. (Ver Tabla 5).

Letra de clave	Envergadura [m]	Anchura exterior del tren de aterrizaje principal [m]
A	$e < 15$	$a < 4,5$
B	$15 \leq e < 24$	$4,5 \leq a < 6$
C	$24 \leq e < 36$	$6 \leq a < 9$
D	$36 \leq e < 52$	$9 \leq a < 14$
E	$52 \leq e < 65$	$9 \leq a < 14$
F	$65 \leq e < 80$	$14 \leq a < 16$

Tabla 5.- Letra de clave del aeropuerto en función de la envergadura y de la anchura exterior del tren de aterrizaje principal de la aeronave determinante⁸

Por lo tanto, la clave de referencia del aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes es 3C.

4.- Diseño y desarrollo del área de movimiento

A continuación, tras realizar un estudio detallado sobre la prognosis de tráfico que se espera tener en el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes, se debe

⁷ Datos extraídos del Anexo 14 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)

⁸ Datos extraídos del Anexo 14 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)

diseñar y desarrollar el área de movimiento, formada por la pista, las calles de rodadura y la plataforma.

4.1.- Diseño y desarrollo de pista

Uno de los elementos principales del aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes es la pista, en la cual los aviones que integran la flota usuaria puedan realizar satisfactoriamente el despegue y el aterrizaje. En esta sección, se determina inicialmente la orientación geográfica de la pista, así como la configuración, capacidad y dimensionado de la misma. Finalmente, también se definen las ayudas visuales y radioayudas de que va a disponer la pista diseñada.

4.1.1.- Orientación geográfica de la pista

Uno de los aspectos más importantes a la hora de diseñar la pista de un aeropuerto es determinar la orientación geográfica de la misma, que viene condicionada por las características del viento presente en la zona de emplazamiento y las características geográficas de la zona.

Para decidir la orientación de una pista, por lo tanto, se deben tener en cuenta las condiciones de viento, ya que el viento en contra del movimiento de las aeronaves aumenta la sustentación en el despegue y favorece las maniobras de frenado en el aterrizaje. Por otro lado, también es importante destacar que la pista debe orientarse lo más próxima posible a la dirección que tengan los vientos dominantes de la zona de ubicación y se debe orientar de manera que las operaciones con viento cruzado sean minimizadas y se eviten operaciones con viento de cola.

Para ello, se ha realizado la siguiente curva de absorción de la componente transversal del viento según las diferentes direcciones de viento presentes en la zona de ubicación del aeropuerto. (Ver Figura 12). El proceso de elaboración de la curva de absorción de la componente transversal del viento se detalla en el Anexo B, titulado “Diseño y desarrollo del área de movimiento”.

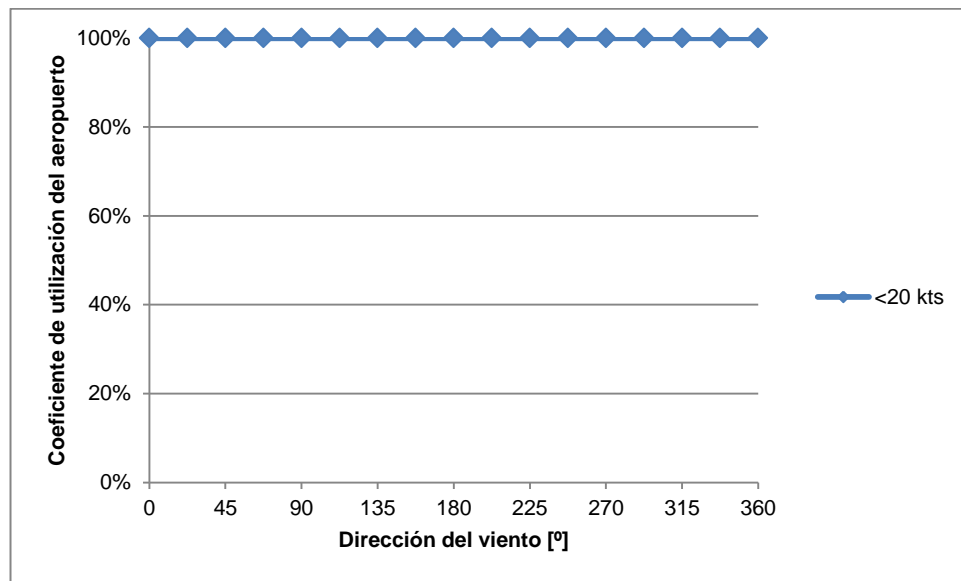


Figura 12.- Curva de absorción de la componente transversal del viento según las direcciones del viento presentes en la zona de emplazamiento del aeropuerto⁹

En el aeropuerto diseñado, con una LCR máxima (longitud del campo de referencia) mayor a 1500 m, OACI recomienda valores máximos de componentes transversales de 20 nudos. En la *Figura 12* se observa que el coeficiente de utilización para los vientos con una velocidad menor o igual a 20 nudos es 100% en cualquier dirección. No obstante, se ha comprobado que para LCR inferiores a 1200 m, que corresponde a la situación más restrictiva posible en la cual la OACI recomienda no superar valores máximos de componentes transversales de 10 nudos, que el coeficiente de utilización para estos vientos también es 100%.

Al no existir ninguna limitación en la orientación de la pista debida a las componentes de los vientos, debido a la ausencia de coeficientes de utilización inferiores a 95%, se ha orientado la pista teniendo en cuenta los criterios geográficos de la zona. Se ha procurado la dirección con menor pendiente longitudinal que evite la presencia de zonas montañosas en las áreas de servidumbres físicas y permita un mayor aprovechamiento del espacio.

Por estos motivos, la orientación geográfica de la pista seleccionada ha sido 41° / 221°, correspondientes a las orientaciones geográficas de pista norte y

⁹ Los datos de la velocidad y dirección de los vientos han sido extraídos del Servei Meteorològic de Catalunya, correspondientes a la información de vientos de Montmeló desde 2001 a 2005. Se ha asumido la hipótesis de que la dirección y velocidad de los vientos serán iguales en la zona de emplazamiento del aeropuerto, debido a su proximidad.

pista sur, respectivamente , tal y como se puede observar en la siguiente figura [Figura 13], en la cual la línea roja representa el terreno elegido para la ubicación de la pista.

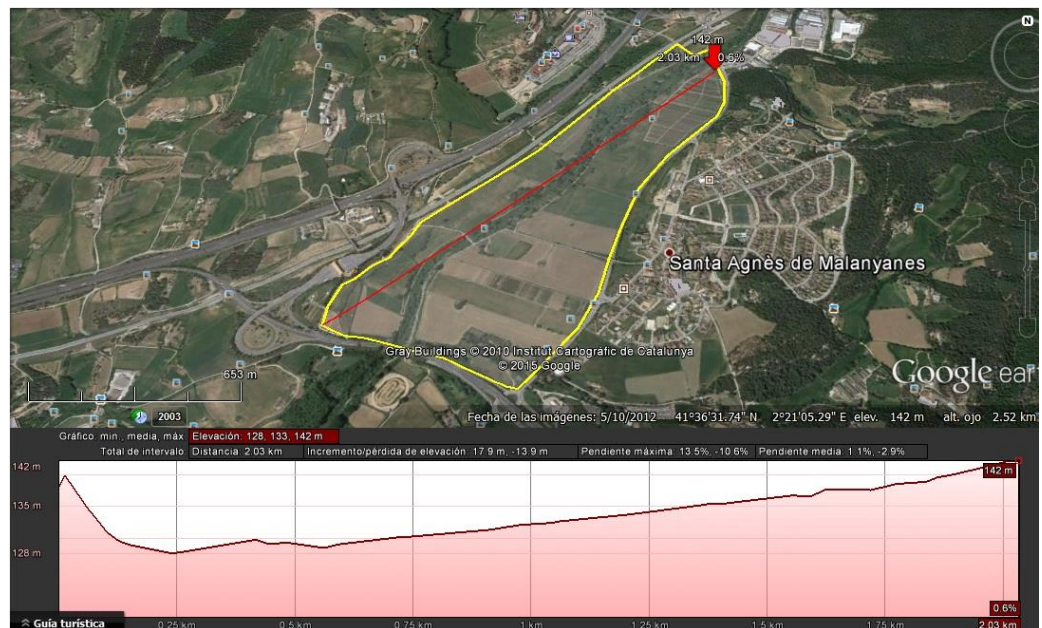


Figura 13.- Ubicación de la pista¹⁰

Finalmente, teniendo en cuenta la orientación magnética del lugar de emplazamiento (2° E), la denominación de las pistas será 04 y 22.

La razón por la cual se tiene en cuenta la declinación magnética correspondiente al lugar de ubicación del aeropuerto es debido a que las observaciones meteorológicas se refieren al norte geográfico (azimut) mientras que, por el contrario, las pistas se orientan al norte magnético. Por lo que la declinación magnética correspondiente al aeropuerto hay que sumarla si se encuentra en el Oeste o restarla si está en el Este, como es el caso.

4.1.2.- Configuración de pista

Otro aspecto importante a tener en cuenta en el proceso de diseño de pista es la configuración que va a tener, es decir, establecer el número de pistas y su disposición entre ellas (en el caso de que haya más de una).

Para ello, es necesario haber realizado previamente el cálculo de los coeficientes de utilización del aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes, ya que el número y orientación de pistas han de ser tales que garanticen que el

¹⁰ Imagen y datos extraídos de Google Earth

coeficiente de utilización no sea inferior al 95% para las aeronaves con las que el aeropuerto ha de operar, de tal manera que si con una única pista no se cumple con un mínimo de 95% de coeficiente de utilización sería necesaria la construcción de una pista adicional cruzada a la ya existente.

En el caso del aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes, todos los coeficientes de utilización obtenidos son del 100%, incluso para la situación más restrictiva posible de LCR inferiores a 1200 m. Por consiguiente, no es necesaria la construcción de una pista adicional cruzada, y por lo tanto, el aeropuerto dispondrá de una única pista cuyas denominaciones de cabeceras de pista serán 04 y 22, respectivamente.

4.1.3.- Capacidad de pista

Según la normativa de la Federal Aviation Administration (FAA), se procede a determinar la capacidad horaria teórica de la pista.

Para ello, se hace uso del diagrama de determinación de la capacidad horaria básica para una única pista para condiciones de vuelo instrumental (IFR). (Ver Figura 14).

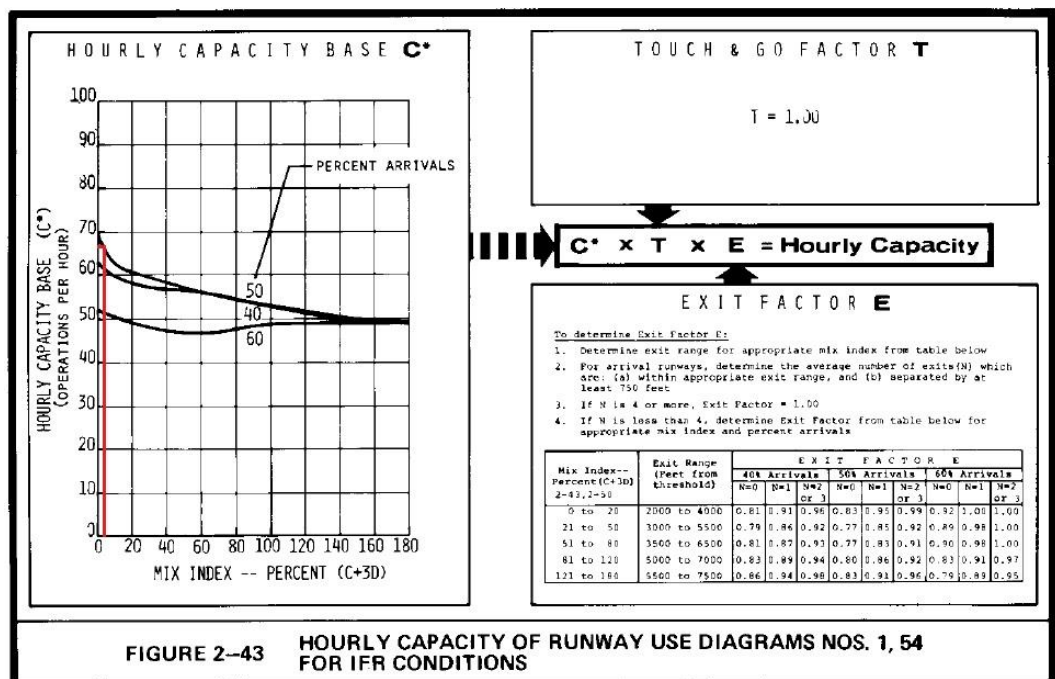


Figura 14.- Diagrama de determinación de la capacidad horaria básica para una única pista para condiciones de vuelo instrumental (IFR)¹¹

¹¹ Diagrama extraído del informe FAA-RD-74-124

Para el aeropuerto diseñado, el índice de mezcla (*mix index*) obtenido ha sido $\%C+3\cdot(\%D)=3\%$ (ver procedimiento de cálculo en el Anexo B, titulado “Diseño y desarrollo del área de movimiento”).

Entrando en el diagrama de determinación de la capacidad horaria básica con este valor de índice de mezcla, suponiendo un porcentaje de llegadas en el año de diseño de un 50%, se obtiene una capacidad horaria básica de $C^*=66$ operaciones por hora. (Ver Figura 14).

Por otro lado, el factor T (*touch and go factor*) es $T=1$ para condiciones de vuelo instrumental y, por último, el factor E (*exit factor*) es $E=0,95$, valor obtenido en la tabla del factor E, con los valores de índice de mezcla y de porcentaje de llegadas mencionados anteriormente, y con $N=1$, ya que va a disponer de una calle de salida rápida.

Por lo tanto, la capacidad horaria de pista del aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes es de $C^*\cdot T\cdot E= 62,7$ operaciones/hora, capacidad suficiente teniendo en cuenta la previsión realizada.

4.1.4.- Dimensionado de pista

En la información aeronáutica del AIP (Publicación de Información Aeronáutica), se deben recoger 4 distancias declaradas para cada sentido de la pista del aeropuerto. Éstas son:

- Recorrido de despegue disponible (TORA del inglés “*Take-Off Run Available*”)
- Distancia de despegue disponible (TODA del inglés “*Take-Off Distance Available*”)
- Distancia de aceleración-parada disponible (ASDA del inglés “*Accelerate-Stop Distance Available*”)
- Distancia de aterrizaje disponible (LDA del inglés “*Landing Distance Available*”)

A continuación se procede al cálculo de cada una de estas distancias declaradas:

Recorrido de despegue disponible (TORA)

El cálculo de la TORA se realiza a partir de la distancia de despegue del Gulfstream G450 (aeronave característica de número de clave) en condiciones

ISA a nivel del mar, que corresponde a la LCR de esta aeronave y es de 1707 m (Ver Tabla 3).

Una vez determinada la distancia de despegue del Gulfstream G450 en condiciones ISA a nivel del mar, se realiza la corrección de dicha distancia debido a los valores de elevación, pendiente y temperatura de la zona de emplazamiento de la pista, recogidos en la siguiente tabla.

Elevación [m]¹²	133
Temperatura de la atmosfera tipo a elevación de 133 m [°C]	14,136
Temperatura de referencia del aeródromo diseñado	23,6
Pendiente [%]¹³	-0,9

Tabla 6.- Condiciones reales del lugar de emplazamiento de la pista

Así pues, con la ayuda de las fórmulas extraídas del extracto del manual de diseño de aeródromos de OACI DOC 9157, se procede a calcular la corrección de la longitud de pista:

-Longitud de pista para el despegue corregida por elevación:

$$1707 \cdot \left(1 + 0,07 \cdot \frac{133}{300}\right) = 1759,97 \text{ m}$$

-Longitud de pista para el despegue corregida por elevación y temperatura:

$$1759,97 \cdot (1 + (23,6 - 14,136) \cdot 0,01) = 1926,55 \text{ m}$$

-Longitud de pista para el despegue corregida por elevación, temperatura y pendiente:

$$1926,55 \cdot (1 - 0,9 \cdot 0,1) = 1753,16 \text{ m} \approx 1754 \text{ m}$$

Por lo tanto, la TORA del aeropuerto diseñado es de 1754 m, dejando un margen de seguridad de 0,84 m. Cabe destacar, que para determinar que la aeronave crítica de número de clave es la Gulfstream G450, se ha realizado previamente este mismo procedimiento con el resto de los jets de mayor tamaño candidatos a la flota usuaria, obteniendo los resultados que se adjuntan en la siguiente tabla [Tabla 7] de TORA y TODA, para cada aeronave, respectivamente. Finalmente, se han descartado todas las aeronaves cuya TODA fuese mayor que la distancia disponible para la ubicación de la pista,

¹² Elevación correspondiente a la ubicación de la pista (Ver Figura 13)

¹³ Pendiente medio correspondiente a la ubicación de la pista (Ver Figura 13)

que es de 2030 metros (ver *Figura 13*), confirmándose que la aeronave característica en número de clave es el Gulfstream G450 y que, por consiguiente, la TORA de la pista ha de ser de 1754 m, dejando así un margen de seguridad de 0,84 m.

Modelo de aeronave	LCR [m]	LCR corregida por elevación [m]	LCR corregida por elevación y temperatura [m]	TORA [m]	TODA [m]
Bombardier Global 5000	1887	1945,56	2129,70	1938,02	2228,73
Bombardier Global Express XRS	1887	1945,56	2129,70	1938,02	2228,73
Embraer Lineage 1000	1870	1928,03	2110,51	1920,56	2208,65
Gulfstream 550	1801	1856,89	2032,64	1849,70	2127,15
Gulfstream 650	1786	1841,43	2015,71	1834,29	2109,44
Bombardier Challenger 604	1780	1835,24	2008,94	1828,13	2102,35
Bombardier Challenger 605	1780	1835,24	2008,94	1828,13	2102,35
Gulfstream G450	1707	1759,97	1926,55	1753,16	2016,13

Tabla 7.- TORA y TODA de los jets de mayor tamaño candidatos a la flota usuaria

Distancia de despegue disponible (TODA)

La TODA se obtiene incrementando en un 15% la TORA, de tal manera que resulta ser:

$$TODA = 1754 \cdot 1,15 = 2017,1 \text{ m} \approx 2018 \text{ m}$$

Por consiguiente, la TODA de la pista es de 2018 m, dejando un margen de seguridad de 0,9 m.

Distancia de aceleración-parada disponible (ASDA) y distancia de aterrizaje disponible (LDA)

Se obtiene que ASDA=LDA=TORA=1754 m ya que, de esta manera, las aeronaves que operan en el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes pueden efectuar la aceleración-parada sobre el pavimento de pista.

Por otro lado, cabe destacar que la LDA no es limitante puesto que la distancia de aterrizaje del Gulfstream G450 (994 m) es bastante inferior a la distancia de despegue del mismo (1707 m).

Finalmente, para completar el dimensionado de la pista, se detallan las dimensiones de la zona libre de obstáculos (CWY) y de la anchura de pista.

Zona libre de obstáculos (CWY)

A continuación de la TORA en ambos lados del pavimento de pista se habilita una zona libre de obstáculos, cuya longitud corresponde a la diferencia existente entre la TODA y la TORA repartida a partes iguales en cada extremo de pista, de manera que:

$$CWY = \frac{2018 - 1754}{2} = 132 \text{ m}$$

Por lo tanto, la zona libre de obstáculos tendrá una longitud de 132 m.

Anchura de pista

La OACI recomienda unos valores mínimos para la anchura de pista en función de la clave de referencia del aeródromo. Estos valores se recogen en la siguiente tabla [Tabla 8]:

Clave	A	B	C	D	E	F
1	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

Tabla 8.- Valores mínimos de anchura de pista recomendados por OACI en función de la clave de referencia del aeródromo

Por consiguiente, como la clave del aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes es 3C, el valor mínimo de anchura de pista debería ser de 30 m.

No obstante, se decide incrementar esta anchura en un 10%, resultando una anchura de pista de 33 m.

Por último, cabe destacar que, por razones de drenaje de pista, ésta va a tener una pendiente transversal efectiva de 1,5 % (valor máximo recomendado por el Anexo 14 de la OACI para pistas de letra de clave C) y que la sección transversal de la misma será convexa a dos aguas simétricas con respecto al eje central y con el valor citado de la pendiente transversal efectiva, manteniéndose con esta configuración en toda la longitud de la pista.

4.1.5.- Ayudas visuales y radioayudas

Seguidamente, se define la señalización horizontal y los sistemas de guiado que incorpora la pista diseñada y se detallan las principales características de las radioayudas usadas en la pista, como son un ILS por umbral y un VOR/DME.

4.1.5.1.- Señalización horizontal

A continuación se detalla la señalización horizontal de la pista del aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes y cabe destacar que las señales son de color blanco.

Inicialmente, la pista contiene la señal de umbral que está formada por 8 fajas (ya que es el número de fajas que, según normativa del Anexo 14 de la OACI, le corresponde a una pista con una anchura de 33m). Las fajas están situadas a 6 metros del umbral de pista y tienen una longitud de 30 m y una anchura de 1,80 m, con una separación entre ellas de 1,80 m, siendo esta separación de 3,60 m para las dos fajas más próximas al eje de pista.

A 12 m de distancia de los extremos de fajas más alejados del umbral de pista se sitúan las señales designadoras de pista, que son 04 y 22, respectivamente, y que deben ser acotadas en concordancia con el Anexo 14 de la OACI, tal y como se observa en la siguiente figura [*Figura 15*].

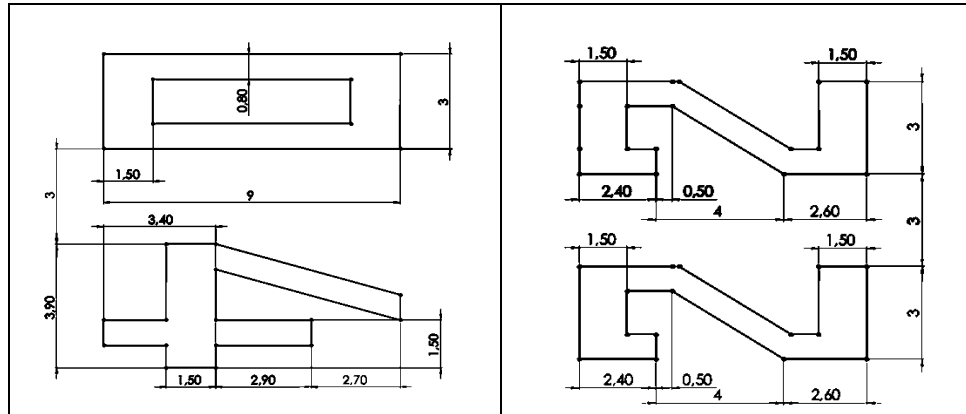


Figura 15.- Acotación de las señales designadoras de pista usadas en el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes, en metros.

En la zona de toma de contacto, y debido a que se trata de una pista pavimentada para aproximaciones de precisión y con número de clave 3, se dispone de 4 pares de señales de toma de contacto ya que la distancia de aterrizaje disponible entre umbrales es de 1754 m y, según el Anexo 14 de la OACI, para una distancia de aterrizaje disponible comprendida entre 1500 m y 2400 m le corresponden 4 pares de señales, como es el caso. Estas señales de toma de contacto se dispondrán espaciados 150 m longitudinalmente a partir del umbral, con un espaciado lateral entre los lados internos de las fajas de 18 m, siendo la longitud de las fajas de 22,5 m y la anchura de 1,8 m, respectivamente. En el documento de los planos del aeropuerto, se observa que el segundo par de señales de toma de contacto se elimina debido a que coincide con la señal de punto de visada.

En cada extremo de aproximación de la pista se sitúa una señal de punto de visada, ya que se trata de una pista de número de clave 3. Esta señal consiste en dos fajas bien visibles, con las siguientes características. (Ver *Tabla 9*).

Distancia entre el umbral y el comienzo de la señal [m]	300
Longitud de la faja [m]	60
Anchura de la faja [m]	6
Espacio lateral entre los lados internos de las fajas [m]	18

Tabla 9.- Características de la señal de punto de visada¹⁴

La pista también está compuesta por una señal de eje de pista con una anchura de 0,9 m, que se dispone a lo largo del eje de pista entre señales designadoras de pista y separada 12 m de las mismas. Concretamente

¹⁴ Dimensiones correspondientes a una distancia disponible para el aterrizaje comprendida entre 1200 y 2400 m, según el Volumen I del anexo 14 de la OACI.

consiste en una línea de trazos uniformemente espaciados, con una longitud de intervalo de 50 m y longitud de trazo de 30 m.

Por último, se dispone de una señal de faja lateral entre umbrales de pista pavimentada de una anchura de 0,9 m, ya que es la anchura recomendada para pistas cuya anchura sea superior a 30 m, como es el caso.

En la siguiente figura [Figura 16], se observa en detalle la disposición de la señal de umbral, la señal de identificación de pista de la cabecera 04, la señal de eje de pista, las señales de toma de contacto, así como la señal de punto de visada (coincidente con el segundo par de señales de toma de contacto) y la señal de faja lateral.

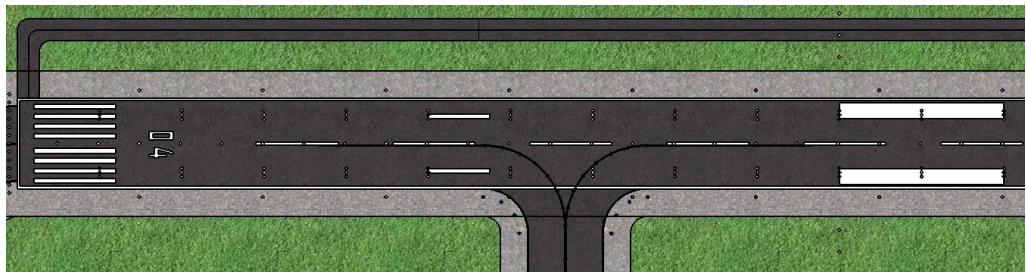


Figura 16.- Señalización horizontal de la pista

4.1.5.2.- Sistemas de guiado

La pista diseñada está dotada de un sistema de luces de pista compuesto por luces de eje de pista, luces de borde de pista, luces de umbral de pista, luces de extremo de pista, luces de zona de toma de contacto, un sistema de luces de aproximación de precisión Cat. II (que permite aterrizar con una altura de decisión de 100 pies (30 m) y una visibilidad de 1200 pies (366 m)) y, por último, un sistema indicador de pendiente de aproximación PAPI. A continuación se detallan las características de cada tipo de luces, así como su disposición en la pista. La ubicación de estas luces dentro de la pista, no obstante, se incluye en el documento de planos del aeropuerto.

Luces de eje de pista

Se instalarán luces de eje de pista, debido a que es una pista para aproximaciones de precisión de Cat. II. Se dispondrán a lo largo del eje de pista en dirección longitudinal, equiespaciadas una distancia de 15 m, y serán luces fijas de color blanco variable desde el umbral hasta 900 m antes del extremo de pista, luces alternadas de color rojo y blanco variable desde el

punto medio de la pista hasta 300 m antes del extremo de pista y, finalmente, luces de color rojo desde 300 m hasta el extremo de pista.

Luces de borde de pista

Se instalarán luces de borde de pista, debido a que es una pista para aproximaciones de precisión destinada a uso diurno y nocturno. Serán emplazadas a todo lo largo de la pista en dos filas paralelas y equidistantes del eje de pista, situadas a una distancia de 3 m del borde de pista y equiespaciadas una distancia de 45 m. Todas las luces serán de color blanco variable, excepto las situadas a 585 metros o menos del extremo de pista opuesto al sentido del despegue, que serán de color amarillo.

Por último, cabe destacar que serán visibles desde todos los ángulos de azimut que sean necesarios para orientar al piloto durante el despegue y aterrizaje y con una intensidad de 50 cd.

Luces de umbral de pista

Se dispondrá de luces de umbral de pista debido a que se trata de una pista equipada de luces de borde de pista. Las luces se situarán sobre una línea perpendicular al eje de pista, a una distancia de 3 m de éste, y se colocarán equiespaciadas a 3 m, debido a que es una pista de Cat. II. Por último, cabe destacar que serán luces fijas unidireccionales de color verde.

En la siguiente figura [Figura 17], se observan las luces de umbral, las de eje de pista, las de toma de contacto y las de borde de pista.

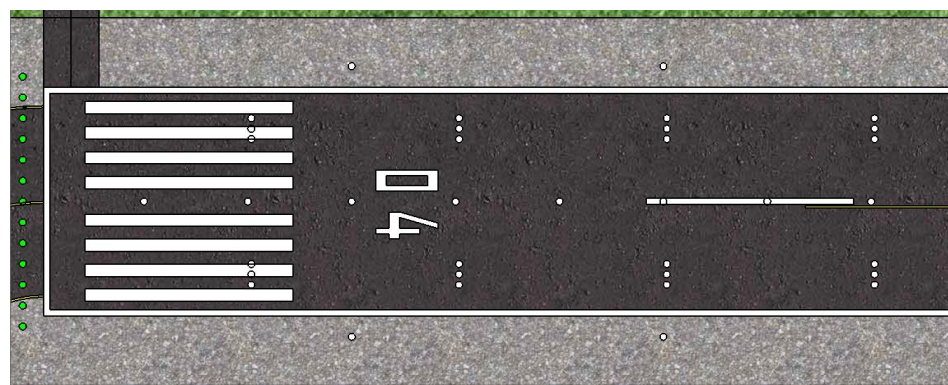


Figura 17.- Sistemas de guiado de la pista¹⁵

¹⁵ Todas las figuras del aeropuerto corresponden a la configuración de aproximación por la cabecera de pista 04, debido a la iluminación unidireccional que ofrecen algunas luces presentes en el aeropuerto.

Luces de extremo de pista

Se instalarán luces de extremo de pista debido a que se trata de una pista equipada con luces de borde de pista, aprovechándose la instalación luminosa de las luces de umbral de pista, ya que son luces bidireccionales.

Se aprovecha la instalación de las luces de umbral de pista, se colocarán luces fijas de color rojo variable, con el haz dirigido en dirección de la aproximación, a una distancia de 3 m del eje de pista, perpendiculares al mismo, equiespaciadas 3 m.

En la siguiente figura [Figura 18], se observan las luces de extremo de pista de la cabecera de pista 22.

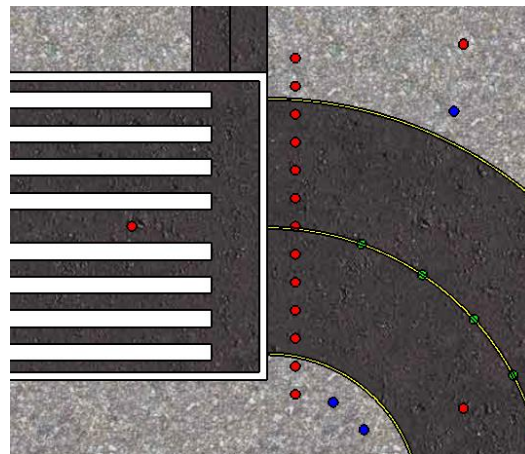


Figura 18.- Ubicación de las luces de extremo de pista

Luces de zona de toma de contacto

Se instalarán este tipo de luces ya que se trata de una pista para operaciones de tipo Cat. II. Consisten en dos filas de barras transversales de 3 luces unidireccionales (iluminando hacia el umbral de aproximación) localizadas simétricamente a los dos lados del eje de pista y con un espaciado lateral interior de 18 m, el mismo que el de las señales de toma de contacto.

Estas filas de luces se situarán longitudinalmente a partir de 30 m del umbral hasta la mitad de la longitud de pista, con un espaciado longitudinal entre pares de filas de 30 m.

Las luces que componen cada fila estarán equiespaciadas 1,5 m y serán luces fijas unidireccionales de color blanco variable.

Luces de zona de parada

Finalmente, se ubicarán las luces de zona de parada en las zonas de parada de ambos lados de la pista. Este tipo de luces serán fijas unidireccionales de color rojo y visibles en la dirección de aproximación de la pista y estarán posicionadas en dos filas equidistantes al eje de pista formadas por 3 luces cada una, distanciadas 45 m. Adicionalmente, se situarán 13 luces de las mismas características a 3 m del exterior del extremo de dicha zona, en una fila perpendicular al eje de la misma y con una distancia entre ellas de 3 m.

Sistema de luces de aproximación de precisión Cat II

Se instalará un sistema de luces unidireccionales de aproximación de precisión Cat II, debido a que es una pista de aproximación de precisión Cat II. Este sistema estará formado por 30 barretas de líneas centrales (compuestas por 5 luces de color blanco y con una longitud total de 6 m) y barretas de filas laterales (compuestas por 3 luces de color rojo con un espaciado lateral interior de 18 m y cuya longitud debe ser igual a las filas de luces de zona de toma de contacto) y se colocarán a partir de 30 m de las luces de umbral de pista y equiespaciadas 30 m. Además, a 150 y a 300 metros del umbral se encuentran dos barras transversales, la primera formada por 11 luces blancas y 3 rojas en cada uno de los dos extremos y la segunda formada únicamente por 17 luces blancas. Posteriormente, se situarán barras formadas por 5 luces blancas con una longitud total de 6 m, espaciadas entre ellas 30 m, hasta los 900 m del umbral de pista.

En la siguiente figura [Figura 19], se muestra un fragmento del sistema de luces de aproximación de precisión Cat. II.

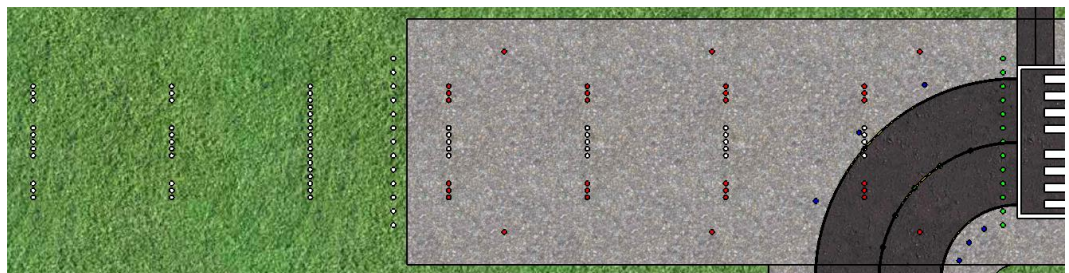


Figura 19.- Sistema de luces de aproximación de precisión Cat. II

Sistema indicador de pendiente de aproximación PAPI

Finalmente, se instalará un sistema visual indicador de pendiente de aproximación como es el PAPI, debido a que el número de clave del aeropuerto es 3.

Consiste en la colocación de una barra de ala formada por 4 luces a cada lado de la pista, coincidiendo con el inicio de la señal del punto de visada, es decir, a 300 m del umbral de pista. Las 4 luces estarán espaciadas entre ellas 8 m, siendo la longitud total de la barra de 24 m y la más cercana a la pista se colocará a 15 m del borde lateral de pista.

Las luces serán tales que, cuando la aeronave que se aproxime vuele con una pendiente correcta, el piloto verá las 2 luces próximas a la pista de color rojo y las 2 luces más alejadas de la pista, de color blanco. Si, por el contrario, vuela por encima de esta pendiente, verá la luz más cercana a la pista de color rojo y las 3 luces más alejadas de color blanco, siendo todas de color blanco en una posición con mayor elevación. Por último, si vuela por debajo de la pendiente correcta, verá la luz más cercana a la pista de color blanco y las 3 luces más alejadas de la pista las verá de color rojo, siendo todas de color rojo en una posición menos elevada. La siguiente figura [Figura 20] muestra todas las configuraciones posibles de guiado que ofrece el sistema PAPI.

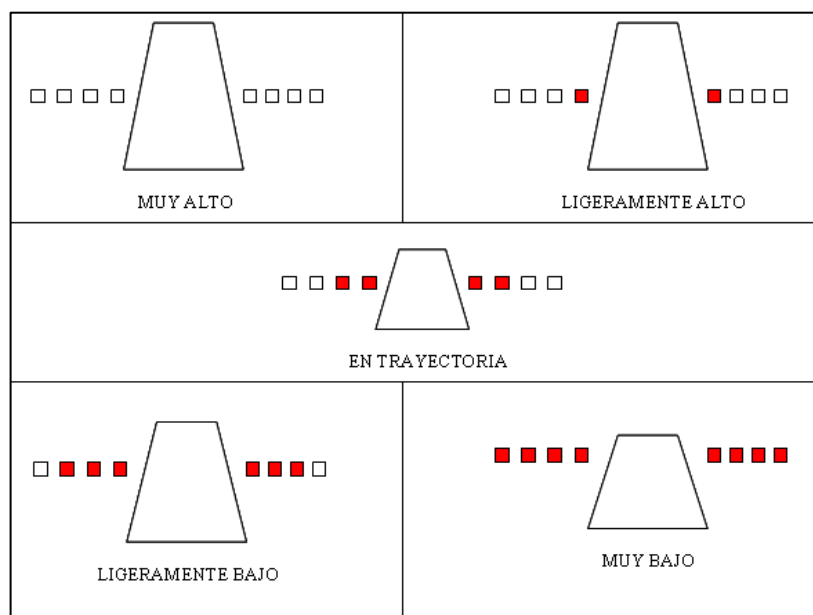


Figura 20.- Configuraciones del sistema de aproximación PAPI¹⁶

¹⁶ Fuente: <http://www.manualvuelo.com/TCV2/TCV62.html>

Finalmente, en la *Figura 21* se muestra la disposición del sistema de aproximación PAPI en el aeropuerto, considerando que la aeronave que está realizando la aproximación mantiene una pendiente correcta.



Figura 21.- Sistema de aproximación PAPI

Superficies protectoras de obstáculos del sistema visual indicador de pendiente de aproximación PAPI

El Anexo 14 de la OACI establece una serie de superficies protectoras obstáculos con la finalidad de que éstas despejen el espacio aéreo para una perfecta visibilidad de las ayudas luminosas que ofrece un sistema como el PAPI.

Esta tipología de superficies tienen su origen en el borde de la superficie de aproximación (que se define posteriormente) y consisten en un conjunto de planos inclinados trapezoidalmente con las dimensiones recogidas en la siguiente tabla [*Tabla 10*].

Longitud del borde interior [m]	300
Distancia desde el umbral [m]	60
Divergencia a cada lado [%]	15
Longitud total	15000
Pendiente (PAPI) [°]	A-0,57

Tabla 10.- Dimensiones de la superficie protectora de obstáculos para vuelo instrumental de número de clave 3¹⁷

4.1.5.3.- Radioayudas

En esta sección se detallan las características del ILS por umbral y del VOR/DME que se ha decidido incorporar a la pista como sistemas de radioayuda a la navegación aérea de las aeronaves que operan en el

¹⁷ Dimensiones establecidas por el anexo 14 de la OACI

aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes. La siguiente figura [Figura 22] muestra la disposición de las diferentes radioayudas en la pista diseñada.



Figura 22.- Disposición de las diferentes radioayudas en la pista diseñada¹⁸

Sistema de aterrizaje instrumental (ILS)

Se ha decidido incorporar a la pista un sistema de aterrizaje instrumental (ILS del inglés “*Instrument Landing System*”) por cada umbral, que es el sistema de ayuda a la aproximación y el aterrizaje establecido por la OACI como sistema normalizado en todo el mundo. Su función es permitir que las aeronaves que transitan el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes sean guiadas con precisión durante la aproximación y el aterrizaje en la pista. Según determina la OACI, las antenas localizadoras que forman este sistema serán señalizadas y balizadas ya que se consideran obstáculos.

Este sistema está compuesto por dos subsistemas: el subsistema localizador (LLZ) y el subsistema senda de planeo (GP). A continuación se detallan las principales características y el principio de funcionamiento de cada uno de ellos.

Subsistema localizador (LLZ)

El subsistema localizador es un subsistema integrante del ILS cuya función es materializar el plano vertical que intersecta con el eje de la pista y su correspondiente prolongación, proporcionando así información a la aeronave sobre el guiado acimutal respecto al eje de pista durante la maniobra de aproximación. Se ubica a 300 metros de cada extremo de pista y proporciona información de guiado azimutal desde 25 millas náuticas del aeropuerto hasta

¹⁸ Fuente: http://www.navegarea.com/radioayudas/dme/dme_descripcion.html

la pista, en un sector angular comprendido entre $+35^{\circ}$ y -35° con respecto al eje.

El LLZ opera en la banda de frecuencias comprendida entre 108 MHz y 111.975 MHz, tal y como establece el Anexo 10 de la OACI, transmitiendo la información mediante la modulación de amplitud (AM del inglés “*Amplitude Modulation*”) de la señal de frecuencia.

El principio de funcionamiento se basa en la emisión de dos tonos, uno de 90 Hz y otro de 150 Hz, que modulan en AM a la portadora con un porcentaje de modulación del 20%, creando un diagrama de radiación compuesto de tal manera que cuando una aeronave esté orientada hacia el LLZ desde el umbral, a su derecha predominará el tono de 150 Hz y a su izquierda el de 90 Hz, respectivamente (ver *Figura 23*). Además, el LLZ transmite el indicativo de la estación ILS en formato de dos o tres letras en código Morse.

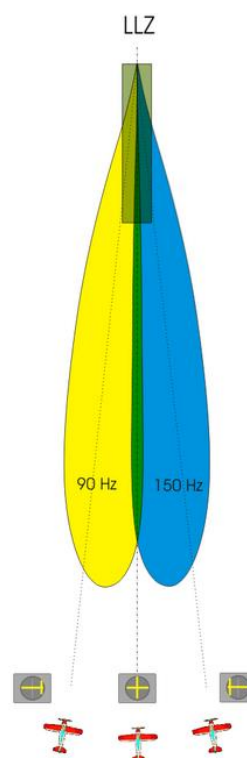


Figura 23.- Principio de funcionamiento del LLZ¹⁹

Este subsistema estará compuesto por dos fuentes de alimentación, dos transmisores, una unidad de distribución de antenas, antenas, dos sistemas de supervisión, una unidad de control local y una unidad de control remoto. Cabe destacar que el transmisor, la fuente de alimentación y el sistema de

¹⁹ Fuente: http://www.navegarea.com/radioayudas/dme/dme_descripcion.html

supervisi3n se encuentran duplicados con el objetivo de aumentar la continuidad de servicio de la estaci3n.

Subsistema senda de planeo (GP)

El subsistema senda de planeo (GP) tiene la funci3n de materializar la superficie de descenso que pasa por el punto de contacto sobre la pista con una inclinaci3n de 3° respecto a la horizontal, proporcionando as3 informaci3n de guiado cenital con respecto a la superficie de aproximaci3n durante la maniobra.

El sistema de antenas del GP est3 compuesto por un m3stil en el que se apilan las antenas verticalmente, situado a 125 m del eje de pista y a 300 m del umbral.

El GP emite en un intervalo de frecuencias comprendidas entre 328,6 MHz y 335,4 MHz, logr3ndose as3 un apareamiento con las frecuencias del LLZ, tal y como establece el Anexo 10 de la OACI, para as3 sintonizar la frecuencia del GP a partir de la sintonizaci3n previa de la frecuencia del LLZ y viceversa.

An3logamente con el LLZ, su principio de funcionamiento se basa en la emisi3n de dos tonos, uno de 90 Hz y otro de 150 Hz, que modulan en AM a la portadora con un porcentaje de modulaci3n del 40%, creando un diagrama de radiaci3n compuesto configurado de tal manera que genera una trayectoria de descenso con igual proporci3n de ambos tonos, en la que el tono de 150 Hz predomina por debajo de 3sta y el de 90 Hz predomina por encima, respectivamente (ver *Figura 24*).

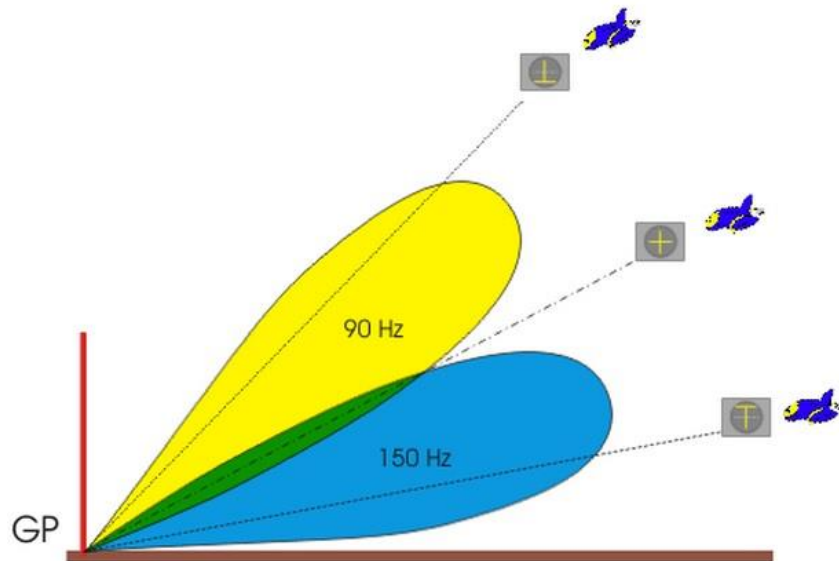


Figura 24.- Principio de funcionamiento del GP²⁰

Por último cabe destacar que los componentes del GP son los mismos que los del LLZ.

VOR/DME

El VOR/DME es la combinación de un radiofaro omnidireccional de muy alta frecuencia (VOR del inglés “*VHF Omnidirectional Range*”) y un equipo telemétrico de control de aviación (DME del inglés “*Distance Measuring Equipment*”).

El DME es un equipo telemétrico medidor de distancias que proporciona información a las aeronaves sobre la distancia hasta el umbral de pista durante las maniobras de aproximación de precisión.

El principio de funcionamiento se basa en la emisión de señales de interrogación por parte del equipo de a bordo de la aeronave, denominado interrogador, que tras ser recibidas por el equipo de tierra, denominado transpondedor, proporcionan al conductor de la aeronave información de la distancia al umbral de pista mediante la medición del tiempo transcurrido entre que se transmite una señal de interrogación y se recibe la respuesta generada por el transpondedor. Así pues, multiplicando la mitad de dicho tiempo por la velocidad de propagación de las señales radioeléctricas (que es aproximadamente la velocidad de la luz), se obtiene la distancia en línea recta entre la aeronave y la estación DME situada en el aeropuerto, denominada

²⁰ Fuente: http://www.navegarea.com/radioayudas/dme/dme_descripcion.html

distancia oblicua, ya que no corresponde a la distancia que separa a la aeronave de la estación DME en plano horizontal pero a distancias grandes es muy aproximada.

Cabe destacar que existe una diferencia de 63 MHz entre la frecuencia del interrogador y la del transpondedor para poder diferenciar los pulsos de interrogación y los de respuesta y que las frecuencias en que opera el DME están fragmentadas en 126 canales de interrogación y 126 de respuesta apareados, de tal manera que al seleccionar la frecuencia del transpondedor, automáticamente ya lleva asociada consigo la frecuencia del interrogador.

Finalmente, es importante destacar que la estación DME en el aeropuerto está formada por dos fuentes de alimentación, una antena, dos acopladores, dos receptores, dos decodificadores, dos codificadores, dos sistemas de supervisión, una unidad de control local y una unidad de control remoto. Al igual que en el LLZ y en GP, se duplican los elementos mencionados con el objetivo de aumentar la continuidad de servicio de la estación.

Por su parte, el VOR es un radiofaro omnidireccional de muy alta frecuencia que determina el radial del VOR sintonizado en el que se encuentra la aeronave con respecto al norte magnético terrestre.

El principio de funcionamiento se basa en que la radiofrecuencia emitida por un VOR está modulada por tres señales, que son la señal de identificación de la estación en código Morse y dos señales senoidales de 30 Hz con una diferencia de fase entre ellas, denominadas señal de referencia y señal variable, respectivamente. La de referencia mantiene siempre su fase constante, mientras que la variable modifica su fase en función del ángulo azimutal en la que se emite, dividida en 360 grados. De tal manera que cuando el equipo VOR de la aeronave recibe la señal VOR, la demodula en las tres señales que la componen y compara la señal de referencia con la variable para determinar la diferencia de fase entre las mismas y, por consiguiente, conocer el ángulo de desplazamiento entre el norte magnético y la aeronave medido desde la antena de la estación terrestre VOR, situada en el lateral de la pista, a 300 metros del umbral. Por último, cabe destacar que la distancia entre el VOR y el DME asociado es de 4,3 NM.

Finalmente, se instalarán letreros de punto de información de VOR y de ILS en cada cabecera de pista. Su ubicación y contenido se observan en la siguiente

figura [Figura 25]. Las inscripciones presentes en dichos letreros deberán ser en negro sobre fondo amarillo.

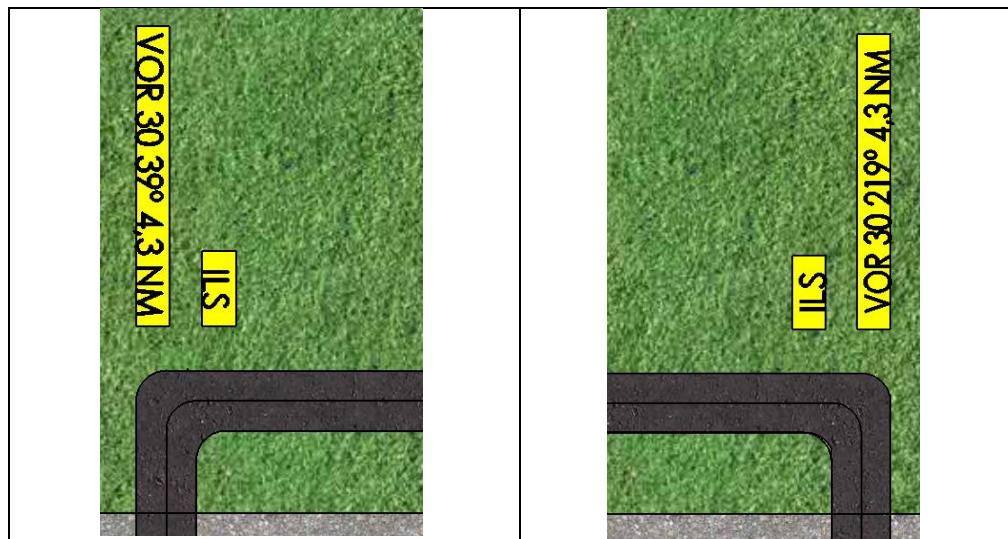


Figura 25.- Ubicación de los letreros de punto de información de VOR y de ILS presentes en cada cabecera de pista.

Como se observa en la figura anterior [Figura 25], los letreros de punto de información de VOR darán información sobre la radiofrecuencia del VOR (30 Hz en ambos letreros), la marcación del VOR en grados centígrados (39° para la cabecera de pista 04 y 219° para la cabecera de pista 22, respectivamente) y la distancia en NM al DME asociado (4,3 NM en ambos casos).

4.2.- Diseño y desarrollo de las calles de rodadura

El aeropuerto diseñado en Santa Agnès de Malanyanes va a disponer de diversas calles de rodadura para permitir el movimiento seguro y rápido de las aeronaves en la superficie del aeropuerto.

En esta sección se determina la configuración de las diferentes calles de rodadura existentes en el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes, así como el dimensionado de las mismas y las ayudas visuales de que van a disponer.

4.2.1.- Configuración de las calles de rodadura

El aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes va a disponer de las siguientes calles de rodadura:

Calles de rodadura de distribución

El aeropuerto va a disponer de tres calles de rodadura de distribución, cuya función es conducir a la aeronave desde la pista de vuelo hasta la plataforma de estacionamiento y viceversa. Concretamente, se situará una calle de rodadura de distribución en cada uno de los dos extremos de pista y habrá otra calle del mismo tipo cuyo eje estará a 200 m de la cabecera de pista designada con el número 04.

Esta última calle ha sido diseñada con la finalidad de permitir el acceso o abandono de la pista de las aeronaves cuyo puesto de estacionamiento esté más cercano a la misma y también para conducir a la aeronave hacia la cabecera de pista 22 para realizar la maniobra de despegue, si se considera oportuno. Cabe destacar que, en este último caso, será necesario abandonar la pista mediante la calle de rodadura de salida rápida (cuyo inicio de eje se situa a una distancia de 1088,44 m de la cabecera de pista 04) para poder realizar posteriormente el cambio de sentido usando la calle de rodadura de distribución conectada a dicha cabecera de pista. Esta maniobra de acceso a la cabecera de pista 22 para despegar se muestra en la siguiente figura [Figura 26].

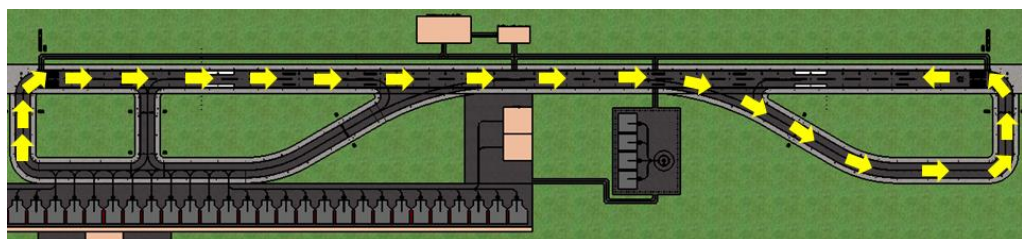


Figura 26.- Maniobra de acceso a la cabecera de pista 22 para el despegue

Calles de rodadura de salida rápida

Se va a disponer de dos calles de rodadura de salida rápida (una para cada cabecera de pista), cuya función es permitir la salida de pista de las aeronaves a velocidades elevadas, y por consiguiente, reducir el tiempo de ocupación de la misma.

El inicio del eje de estas calles de rodadura de salida rápida está situado a 1067,71 m y 857 m de la cabecera de pista en la que finaliza la pista para la maniobra de despegue en esa dirección, respectivamente. Su ubicación se puede observar en la *Figura 26*.

Calles de rodadura en plataforma

El aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes va a disponer de dos calles de rodadura en plataforma, cuya función es permitir la circulación de las aeronaves dentro de la plataforma de estacionamiento.

Tal y como se puede observar en la *Figura 26*, una calle de estas calles está conectada a dos calles de rodadura de distribución y a una calle de salida rápida mientras que la otra calle está conectada a una calle de rodadura de distribución y a una calle de salida rápida, respectivamente.

Por último, es importante mencionar que la distancia entre el eje de la calle de rodadura en plataforma y el eje de pista es 168 m para ambas calles. Esta distancia de separación es la mínima recomendada por el Anexo 14 de la OACI para aeropuertos de clave de referencia 3C donde se realizan vuelos en condiciones IFR.

Finalmente, antes de proceder a detallar algunos aspectos relacionados con el dimensionado de las diversas calles de rodadura es importante destacar que la pista diseñada también puede ser usada como rodadura debido a la baja densidad de tráfico previsto, ya que en el mes punta del año de diseño se prevé realizar 924 operaciones (con una media de 1,28 operaciones por hora). Esta situación se podría dar, por ejemplo, en el caso del aterrizaje de una aeronave por la cabecera de pista 04, en que para acceder a los puestos de estacionamiento sería necesario realizar la misma maniobra descrita en la *Figura 26* para así dirigirse a las calles de rodadura de distribución que dan acceso a los puestos de estacionamiento.

4.2.2.- Dimensionado de las calles de rodadura

En lo que concierne al dimensionado de las calles de rodadura, es importante destacar diferentes aspectos:

1. Todas las calles de rodadura existentes en el aeropuerto tienen una anchura de pista de 27 m, excluyendo las señales de borde de calle de rodadura.
2. Las calles de rodadura de salida rápida forman un ángulo de 30° con la pista, siendo el radio de la curva central de 550 m y el radio de la curva de ensanche de 488 m, respectivamente. Los valores de los radios de las curvas y el del ángulo que forma la calle de rodadura de salida rápida con la pista corresponden a los recomendados por el Anexo 14 de la OACI para el número de clave 3.
3. Las calles de rodadura de distribución tienen un radio de la curva central de 30 m y un radio de la curva de ensanche de 16,5 m.

4.2.3.- Ayudas visuales

En esta sección se define la señalización horizontal de las diversas calles de rodadura presentes en el aeropuerto, así como el sistema de guiado asociado a las mismas.

4.2.3.1.- Señalización horizontal

Las calles de rodadura presentes en el aeropuerto dispondrán de señales de eje de calle y de borde de calle. Ambas de color amarillo, de 0,30 m de ancho y de trazo continuo, exceptuando los puntos donde interceda con una señal de punto de espera de la pista o punto de espera intermedio.

Tal y como recomienda la OACI para aeropuertos de número de clave 3, la señal de eje de calle de rodadura se prolongará 60 m a partir del punto de tangencia, tal y como se puede observar en la siguiente figura [Figura 27].

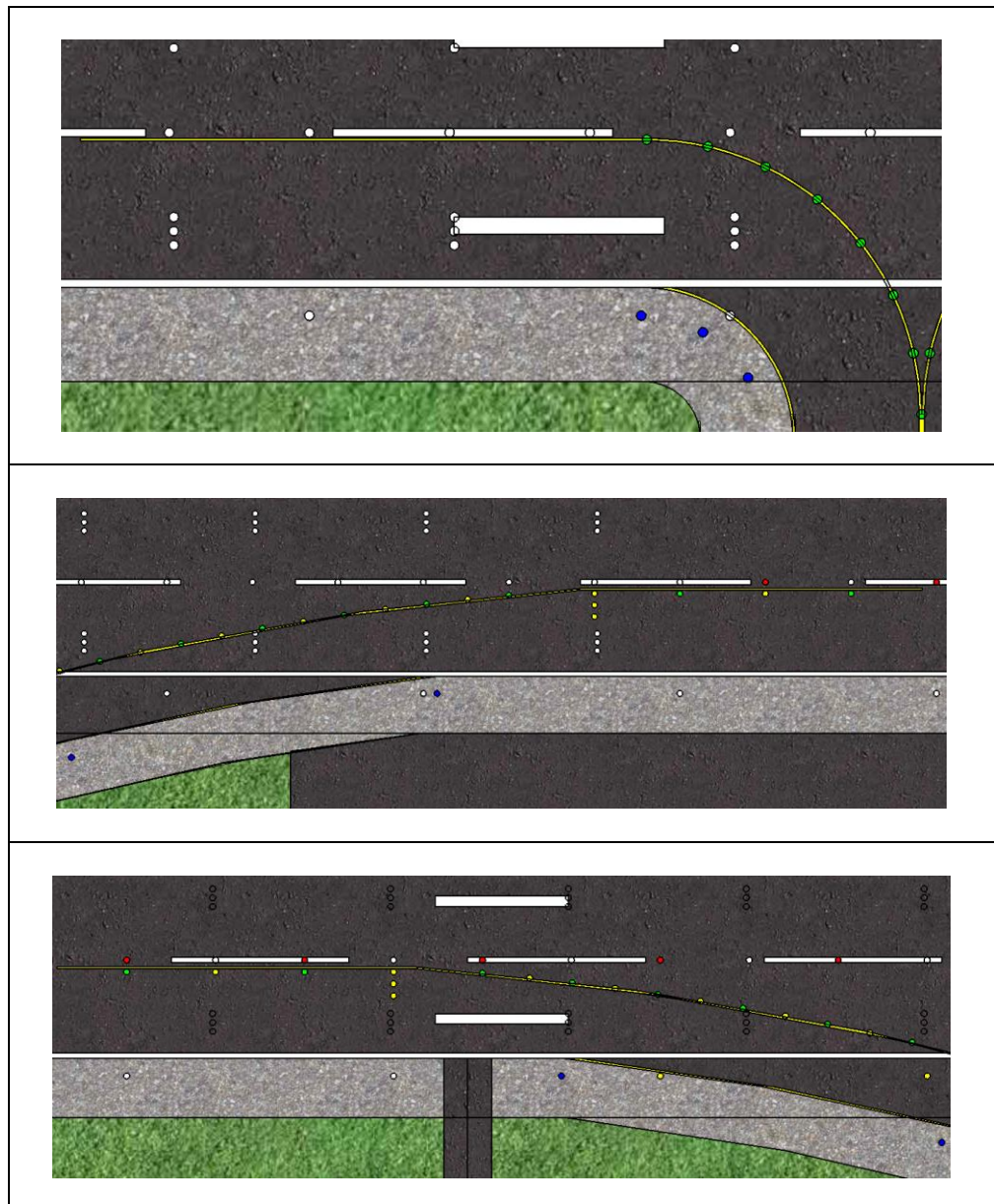


Figura 27.- Prolongación de la señal de eje de las calles de rodadura sobre la pista del aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes

También es importante destacar que la pista va a disponer de cinco señales de punto de espera de configuración A, situadas a 60 m del eje de pista (en el caso de las tres calles de rodadura de distribución) y a 94,19 m del eje de pista (en el caso de las dos calles de rodadura de salida rápida), respectivamente. Estas señales presentes en el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes se muestran en la siguiente figura [Figura 28].

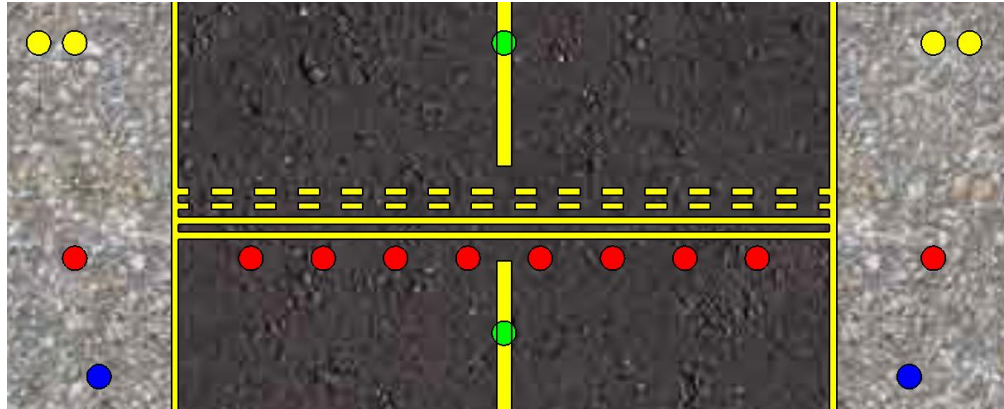


Figura 28.- Señal de punto de espera de la pista de configuración A

Finalmente, la pista también estará dotada de tres señales de punto de espera intermedio en la intersección entre la calle de rodadura de distribución y la calle de rodadura de plataforma más próxima a la cabecera de pista 04.

En la siguiente figura [Figura 29], se observa la ubicación de estas tres señales de punto de espera intermedio, así como una vista de detalle de las mismas.

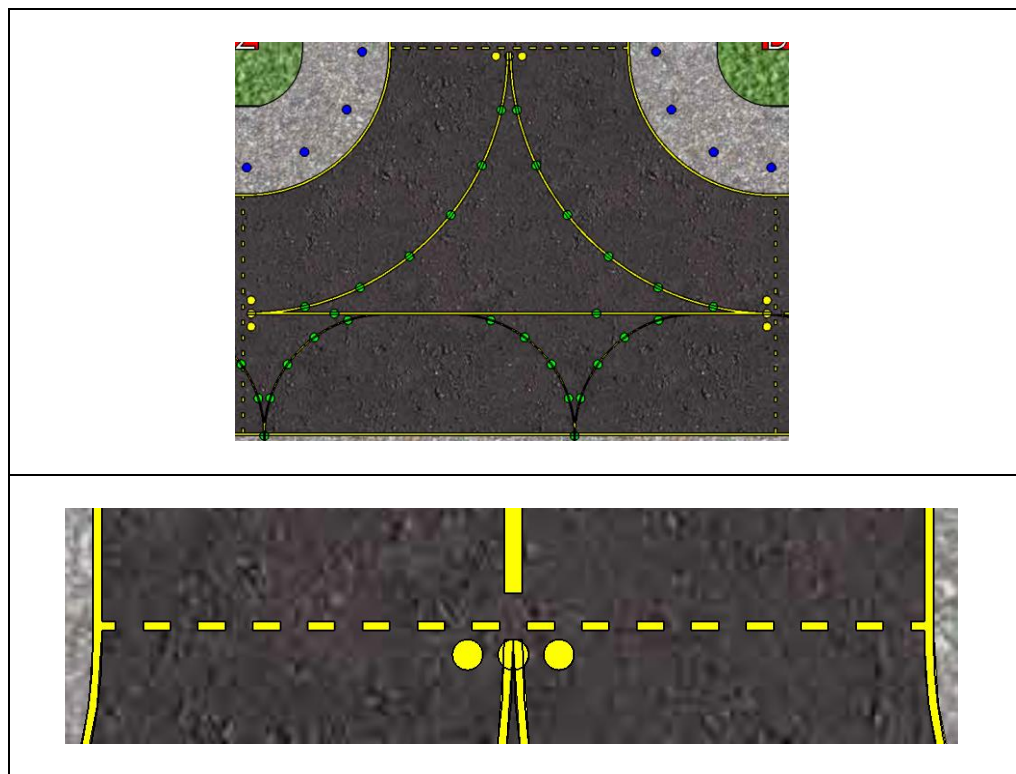


Figura 29.- Ubicación de las señales de punto de espera intermedio

Adicionalmente, cabe destacar que se van a incluir letreros de emplazamiento y designación de pista y de punto de espera. Su ubicación se muestra en la siguiente figura.

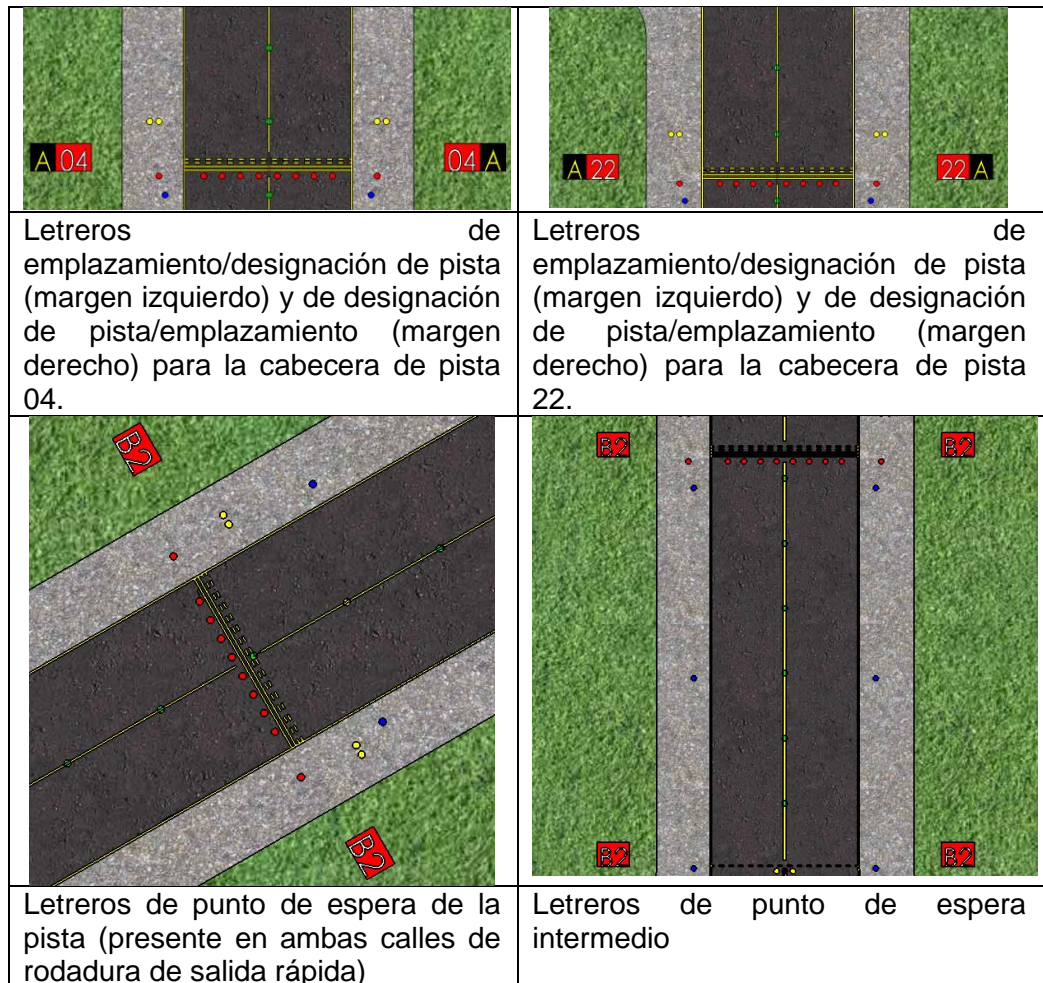


Figura 30.- Ubicación de los letreros con instrucciones obligatorias presentes en las calles de rodadura

En la figura anterior [Figura 30], es importante mencionar que los letreros de designación de pista y de puntos de espera serán de letras blancas sobre fondo rojo, mientras que los letreros de emplazamiento serán de letras amarillas sobre fondo negro.

4.2.3.2.- Sistemas de guiado

Tras detallar la señalización horizontal de que va a disponer las diversas calles de rodadura presentes en el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes, en este capítulo se procede a detallar los sistemas de guiado usados en las mismas.

Luces de eje de calle de rodadura

Sobre las señales de eje de las diversas calles de rodadura presentes en el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes se situarán luces de eje de calle de rodadura, que serán de color verde y visibles desde las aeronaves que estén en la calle de rodadura o en sus proximidades. En las calles de rodadura de distribución y de salida rápida, se colocarán alternativamente luces verdes y amarillas en la región comprendida entre la señal de punto de espera de configuración A y el punto de tangencia (prolongándose 60 m en dirección paralela al eje de pista a partir de ese punto en el caso de las calles de salida rápida) y en el resto de eje se situarán luces verdes.

En los tramos rectilíneos la distancia entre luces será de 15 m en tramos cortos y 30 m en tramos largos, mientras que en los tramos curvilíneos, la distancia será de 7,5 m como máximo.

Luces de borde de calle de rodadura

Se instalarán luces de borde de calle de rodadura, que serán luces fijas de color azul, visibles hasta 30° por encima de la horizontal desde todos los ángulos del azimut para poder guiar a los pilotos de las aeronaves cuando maniobren en el área de rodadura.

En los tramos rectilíneos, la distancia entre este tipo de luces será de 60 m en tramos largos y de 30 m en tramos cortos, siendo la distancia al borde de pista de 3 m.

Luces indicadoras de calle de salida rápida (RETIL)

Este tipo de luces de que dispondrá el aeropuerto tienen la función de indicar a los pilotos su posición relativa con respecto a una salida rápida mediante el posicionamiento de luces unidireccionales de color amarillo al mismo lado del eje de pista que el giro hasta la prolongación de 60 m a partir del punto de tangencia, separadas 2 metros de las luces de eje. A los 100 m del punto de tangencia se situará otra luz de este tipo separada 2 m de la luz de eje de pista, a 200 m se situarán dos separadas entre ellas 2 m y en dirección perpendicular al eje de pista y, finalmente, a 300 m del punto de tangencia se situarán 3 luces de color amarillo separadas entre ellas 2 m y en dirección perpendicular al eje de pista. Las luces de eje de pista de calle de salida rápida

se colocarán a intervalos de 15 m en el tramo rectilíneo y con un intervalo máximo de 7,5 m en tramos curvilíneos.

Luces de barra de parada

Sobre los puntos de espera de configuración A de la pista se instalará una barra de parada junto con luces de barra de parada, que serán de color rojo unidireccionales en la dirección de aproximación a la pista y separadas entre ellas a intervalos de 3 m, colocadas transversalmente al eje de pista. Adicionalmente, se instalará un par de luces elevadas a 4 m del borde de pista para poder visualizar la barra de parada en caso de niebla, lluvia o nieve.

Luces de punto de espera intermedio

Sobre los puntos de espera intermedio se instalarán luces de punto de espera intermedio. Concretamente, se instalarán tres luces amarillas fijas de haz unidireccional, colocadas a 0,3 m de la señal de punto de espera intermedio y separadas 1,5 m, encendiéndose alternativamente 60 veces por minuto.

Luces de protección de pista

También se situarán luces de protección de pista de configuración A, formadas por un par de luces amarillas unidireccionales colocadas a ambos lados de cada calle de rodadura de distribución y de salida rápida, a 4 m del borde de calle de rodadura y a 6 m del exterior de la señal de punto de espera de configuración A, y que deben encenderse alternativamente 60 veces por minuto.

4.3.- Diseño y desarrollo del área de plataforma

En esta sección se describen las características principales de los puestos de estacionamiento presentes en el área de plataforma, así como de las ayudas visuales presentes en esta zona.

4.3.1.- Características principales de los puestos de estacionamiento

Por razones de máximo aprovechamiento del espacio disponible para el emplazamiento del aeropuerto, se ha decidido ubicar los puestos de

estacionamiento en contacto con el muelle del área terminal (representado con el segmento de color azul). (Ver *Figura 31*).

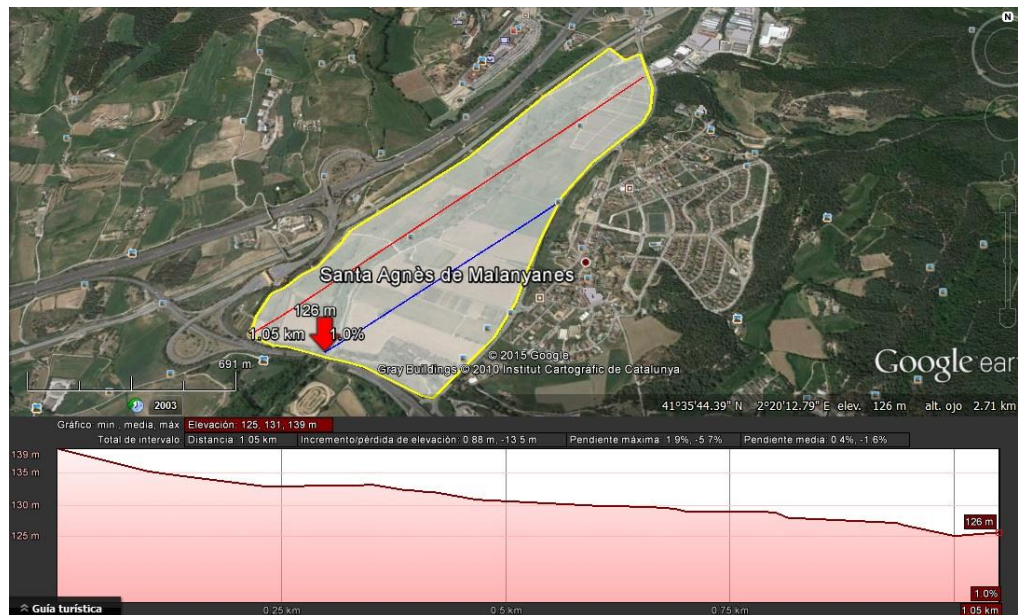


Figura 31.- Ubicación de los puestos de estacionamiento en contacto con el área terminal²¹

La distancia comprendida entre el borde de pista que está en contacto con las calles de rodadura de salida rápida (señalizado con el segmento rectilíneo de color rojo) y la ubicación del muelle de la terminal (señalizado con el segmento rectilíneo de color azul) es de 255 m, distancia suficiente para situar las calles de rodadura citadas en el apartado “4.2.- *Diseño y desarrollo de las calles de rodadura*”, la señalización horizontal del área de plataforma y las ayudas visuales de la misma, respetando las distancias recomendadas por el Anexo 14 de la OACI.

Una vez establecida la zona de ubicación de los puestos de estacionamiento en el área de plataforma, el siguiente objetivo es determinar las dimensiones de los mismos.

Para ello, se dimensionan los puestos de estacionamiento a partir de la aeronave característica en letra de clave, que es Dassault Falcon 7X, tal y como se ha determinado en el apartado “3.3.- *Determinación de la flota usuaria y las aeronaves características*”.

El puesto de estacionamiento requerido por esta aeronave es de tipo VII, cuyas dimensiones se recogen en la siguiente tabla [*Tabla 11*].

²¹ Imagen y datos extraídos de Google Earth

Longitud [m]	44,5
Anchura [m]	40
Solape [m]	4,5

Tabla 11.- Dimensiones de los puestos de estacionamiento de tipo VII²²

Así pues, teniendo en cuenta que todos los puestos de estacionamiento serán de tipo VII²³ (con una anchura de 40 m y un solape de 4,5 m) y que se dispone de un perímetro de 1050 m para su ubicación, se obtiene que el área de plataforma va a disponer de 29 puestos de estacionamiento en contacto con el muelle del área terminal, tal y como se muestra en la *Figura 32*.

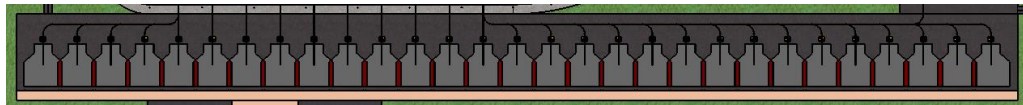


Figura 32.- Área de plataforma

Cada uno de estos puestos de estacionamiento de tipo VII estará señalizado e iluminado tal y como se muestra en la *Figura 33*.

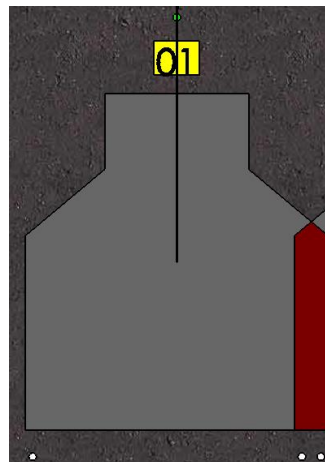


Figura 33.- Puesto de estacionamiento del aeropuerto diseñado

²² Las dimensiones de este tipo de estacionamiento son los determinados por el anexo 14 de la OACI para una aeronave de letra de clave C, como es el caso del Dassault Falcon 7X.

²³ Se ha decidido que todos los puestos de estacionamiento sean de tipo VII debido a que, pese a haber aeronaves de letra de clave B en la flota usuaria, los puestos de estacionamiento necesarios para estas aeronaves (tipo VIII) tienen dimensiones tan similares que siendo todas de este mismo tipo se podrían ubicar 30 puestos, es decir, un solo puesto más y no podrían ser ocupadas por aeronaves de letra de clave C. Así pues, se decide dimensionar todos los puestos de estacionamiento en base a la aeronave característica en letra clave y así se garantiza que todas las aeronaves de la flota usuaria del aeropuerto podrán estacionar en cualquier puesto de estacionamiento de los 29 disponibles.

Finalmente, es importante destacar que habrá un margen de 4,5 m entre cada puesto de estacionamiento y el muelle de la terminal, correspondiente a la distancia recomendada por el Anexo 14 de la OACI para la letra de clave C.

4.3.2.- Ayudas visuales

Seguidamente se detallan las características principales de la señalización horizontal y los sistemas de guiado presentes en el área de plataforma del aeropuerto diseñado.

4.3.2.1.- Señalización horizontal

El aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes va a disponer de 29 señales de puestos de estacionamiento, cuya función es permitir a la aeronave ir desde la calle de rodadura en plataforma hasta su correspondiente puesto de estacionamiento o viceversa.

Cada una de estas señales estará formada por una línea de entrada, líneas de giro y línea de salida, las cuales serán de trazo continuo de color amarillo y de anchura de 0,15 m. Además, cada señal de puesto de estacionamiento incluirá la identificación del puesto, numerados del 1 al 29 de izquierda a derecha, empezando por el más próximo a la cabecera de pista 04.

4.3.2.2.- Sistemas de guiado

El sistema de guiado de que va a disponer el área de plataforma son luces de plataforma en viraje y proyectores para la iluminación de plataforma.

Luces de plataforma de viraje

En los tramos curvilíneos de las señales de puestos de estacionamiento se instalarán luces de plataforma de viraje. Este tipo de luces serán de color verde, unidireccionales y fijas.

Proyectores para la iluminación de plataforma

En el área de plataforma del aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes se va a disponer de proyectores para la iluminación de plataforma colocados de

manera que cada puesto de estacionamiento esté iluminado por dos de estos proyectores sin deslumbrar al piloto. Concretamente, el centro de estos proyectores estará situado a una distancia de 3,5 m del borde de los puestos de estacionamiento, con una distancia entre ambos proyectores de 38 m.

Estos proyectores proporcionarán una iluminación horizontal de 20 lux con una relación de uniformidad de 4:1 y una iluminación vertical de 20 lux a una altura de 2 m sobre la plataforma en las direcciones que sean necesarias para garantizar una buena visibilidad nocturna en el área de plataforma para los pilotos de las aeronaves que operen en el aeropuerto diseñado.

4.4.- Descripción y desarrollo de las servidumbres físicas

Finalmente, se debe definir el espacio aéreo que debe mantenerse libre de obstáculos alrededor del aeropuerto diseñado en Santa Agnès de Malanyanes para que puedan llevarse a cabo con seguridad las operaciones de aviones previstas y evitar que quede inutilizado por la multiplicidad de obstáculos en sus alrededores.

Por este motivo, teniendo en cuenta que se trata de un aeropuerto de categoría 3C, se definen las dimensiones de las servidumbres físicas según el Anexo 14 de la OACI, cuyos valores se muestran en la siguiente tabla [Tabla 12].

Concretamente, se muestran los valores empleados para las superficies de transición, de transición interna, de aterrizaje interrumpido, de ascenso en el despegue, la cónica, la horizontal interna, la de aproximación y la de aproximación interna, respectivamente.

Superficie cónica	
Pendiente [%]	5
Altura [m]	100
Superficie horizontal interna	
Altura [m]	45
Radio [m]	4000
Superficie de aproximación interna	
Altura [m]	120
Distancia desde el umbral [m]	60
Longitud [m]	900
Pendiente [%]	2
Superficie de aproximación	
Longitud del borde interior [m]	300
Distancia desde el umbral [m]	60
Divergencia (a cada lado) [%]	15
Primera sección	
Longitud [m]	3000
Pendiente [%]	2
Segunda sección	
Longitud [m]	3600
Pendiente [%]	2,5
Sección horizontal	
Longitud [m]	8400
Longitud total [m]	15000
Superficie de transición	
Pendiente [%]	14,3
Superficie de transición interna	
Pendiente [%]	33,3
Superficie de aterrizaje interrumpido	
Longitud del borde interior [m]	120
Distancia desde el umbral [m]	1754
Divergencia (a cada lado) [%]	10
Pendiente [%]	3,33
Superficie de ascenso en despegue	
Longitud del borde interior [m]	180
Distancia desde el extremo de la pista [m]	60
Divergencia (a cada lado) [%]	12,5
Ancho final [m]	1200
Longitud [m]	15000
Pendiente [%]	2

Tabla 12.- Dimensiones de las superficies limitadoras de obstáculos para clave de referencia 3C y aproximación de precisión Cat. II²⁴

5.- Diseño y desarrollo del área terminal

El aeropuerto corporativo de Santa Agnès de Malanyanes va a disponer de un edificio terminal de 2100 m² formada por dos plantas. La ubicación de la misma se observa en la siguiente figura [Figura 34].

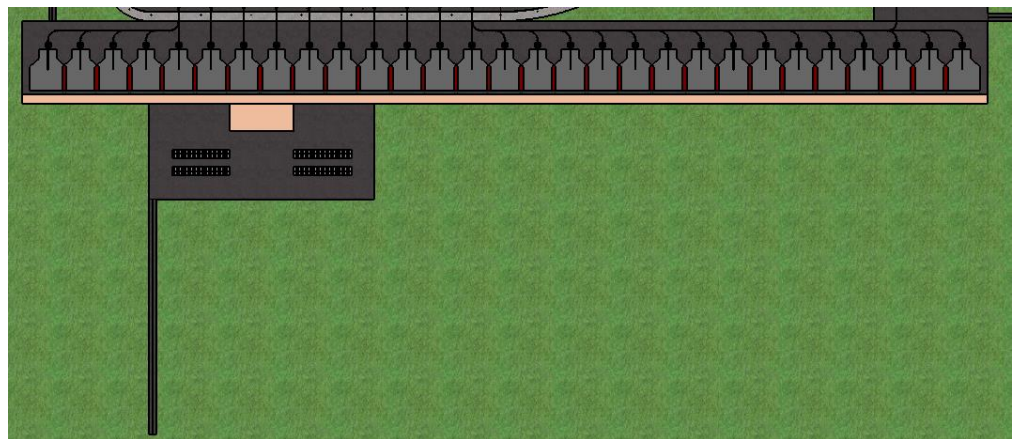


Figura 34.- Ubicación del área terminal

A la terminal se va a acceder mediante la planta inferior, la cual va a disponer de tres salas VIP (Sala Gold, Sala Platinum y Sala Diamond), una sala de espera, una zona comercial, un bar restaurante y aseos.

Las principales características de las instalaciones presentes en la planta inferior del edificio terminal se detallan en la siguiente tabla [Tabla 13].

²⁴ Valores extraídos del anexo 14 de la OACI

Instal·lació	Característiques principals
Salas VIP (Gold, Platinum y Diamond)	<ul style="list-style-type: none"> • Extensió: 200 m² • Servicios prestados al usuario: catering, prensa, televisión, acceso a Internet, información de vuelos, ordenadores, Wifi y aseos.
Sala de espera	<ul style="list-style-type: none"> • Extensió: 150 m² • Zona de descanso y de espera de los clientes usuarios del aeropuerto.
Zona comercial	<ul style="list-style-type: none"> • Extensió: 150 m² • Zona de venta de diferentes productos comerciales.
Bar-restaurante	<ul style="list-style-type: none"> • Extensió: 150 m²
Servicios	<ul style="list-style-type: none"> • Extensió: 50 m²

Tabla 13.- Características de las instalaciones presentes en la planta inferior

En la siguiente figura [Figura 35] se observa la caracterización interior de la planta inferior de la terminal, con las instalaciones descritas en la Tabla 13.

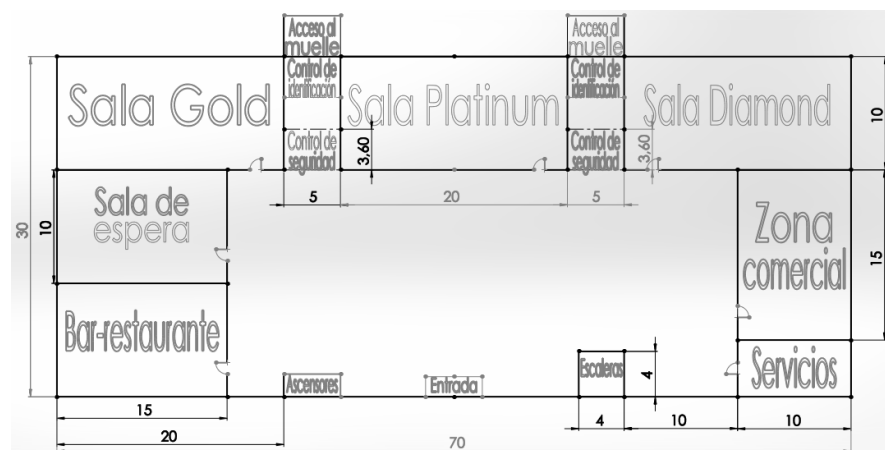


Figura 35.- Caracterización interior de la planta inferior de la terminal

En la figura anterior [Figura 35], se puede observar la existencia de ascensores y escaleras (con sus dimensiones correspondientes especificadas) para posibilitar el acceso a la planta superior desde la planta inferior y viceversa. Asimismo, también se observa la presencia de controles de seguridad y de identificación a los que deberán someterse los usuarios del aeropuerto antes de acceder al muelle.

Por su parte, la planta superior estará formada por cinco salas de reuniones (Sala 1, Sala 2, Sala 3, Sala 4 y Sala 5), cuatro oficinas correspondientes a las compañías de Gestair, ExecuJet, Executive Airlines y Menzies Aviation, una

cafetería y servicios. Las características de estas instalaciones se especifican en la siguiente tabla [Tabla 14].

Instalación	Características principales
Salas de reuniones (Sala 1, Sala 2, Sala 3, Sala 4 y Sala 5)	<ul style="list-style-type: none"> • Extensión: 150 m² • Servicios prestados al usuario: equipamiento multimedia, Wifi, acceso a Internet
Oficinas de las compañías (Gestair, ExecuJet, Executive Airlines y Menzies Aviation) ²⁵	<ul style="list-style-type: none"> • Extensión: 50 m² • Servicio de atención al cliente ofrecido por la compañía
Cafetería	<ul style="list-style-type: none"> • Extensión: 100 m²
Servicios	<ul style="list-style-type: none"> • Extensión: 50 m²

Tabla 14.- Características de las instalaciones presentes en la planta superior

Seguidamente, en la siguiente figura [Figura 36] se muestra la caracterización interior de la planta superior de la terminal, con las instalaciones especificadas en la Tabla 14.

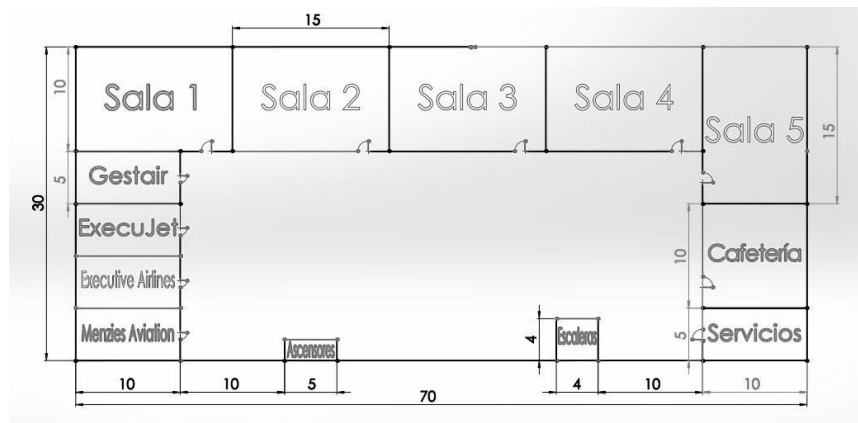


Figura 36.- Caracterización interior de la planta superior de la terminal

Análogamente a la planta inferior, se observa que la planta superior también contiene ascensores y escaleras para comunicar ambas plantas y, por último, cabe destacar que todas las puertas de la terminal que darán acceso a las diferentes instalaciones han sido diseñadas con una anchura de 1 m

²⁵ Gestair y Menzies Aviation son una compañía de aviación corporativa y una empresa especializada en el servicio de handling (asistencia en tierra a las aeronaves), respectivamente, y ambas serán las empresas gestoras de la terminal diseñada. Por su parte, ExecuJet y Executive Airlines son las otras dos compañías de aviación corporativa que operarán en el aeropuerto diseñado.

teniendo en cuenta la normativa de la “*Llei 13/2014, del 30 d’octubre, d’accessibilitat*”²⁶.

Cabe destacar que el acceso a las aeronaves por parte de los pasajeros se realizará mediante las puertas de embarque presentes en el muelle adosado a la terminal (cuyas dimensiones y ubicación se muestra en la *Figura 34*). El acceso al muelle se encuentra, tal y como se ha dicho anteriormente, en la planta inferior del edificio terminal.

Por último, el área terminal va a disponer de una zona de aparcamiento asfaltada de 25480 m² con capacidad para 200 plazas de aparcamiento para que los usuarios del aeropuerto puedan estacionar su vehículo a la entrada del aeropuerto. La ubicación de esta zona de aparcamiento se muestra en la siguiente figura [*Figura 37*].

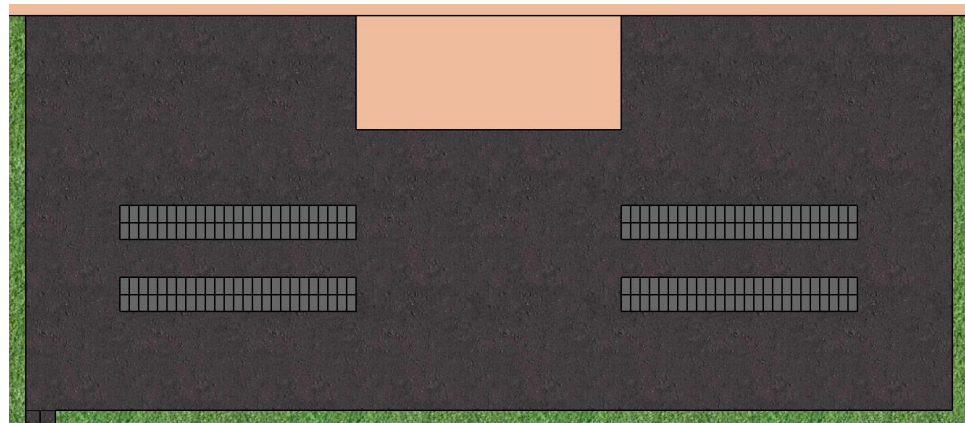


Figura 37.- Ubicación de la zona de aparcamiento

6.- Determinación de las instalaciones aeroportuarias adicionales

Una vez determinadas las dimensiones, la ubicación, la señalización horizontal y los sistemas de guiado de las principales instalaciones del aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes y tras haber caracterizado interiormente el área terminal, el siguiente objetivo es determinar las características principales de las instalaciones aeroportuarias adicionales de que va a disponer el aeropuerto diseñado, como son la torre de control, equipamiento de salvamento y extinción de incendios, instalaciones de suministros, hangares y un helipuerto.

²⁶ Ley aprobada por el Parlament de Catalunya el 30 de octubre del 2014 y que pretende suprimir las barreras arquitectónicas en edificios en los que residen o transiten personas de movilidad reducida.

6.1.- Torre de control

El aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes va a disponer de una torre de control para ordenar el tráfico aéreo y de superficie de manera rápida, fluida y eficaz y conseguir incrementar el rendimiento de las principales infraestructuras aeroportuarias. Concretamente, desde la torre de control se autoriza a las diferentes aeronaves de la flota usuaria para iniciar las maniobras de aproximación, aterrizaje, despegue y rodadura desde pista a plataforma y viceversa.

6.1.1.- Dimensionado y ubicación de la torre de control

Dos de los aspectos más importantes del diseño de una torre de control es la determinación de la altura y la ubicación de la misma. Por motivos de máximo aprovechamiento del espacio, se decide situar la torre de control a 85 m de distancia del puesto de estacionamiento más próximo (correspondiente al puesto de estacionamiento situado en el extremo del área de plataforma más próximo a la cabecera 04). En la siguiente figura [Figura 38] se muestra la ubicación de la torre de control, donde se observa que la forma en planta del fanal es hexagonal, mientras que la forma en planta del resto de las plantas superiores y la planta inferior es circular, de 20 y 40 metros de diámetro, respectivamente. También se observa el acceso pavimentado que conectará la torre de control con la plataforma del aeropuerto, con una anchura de 8 m.

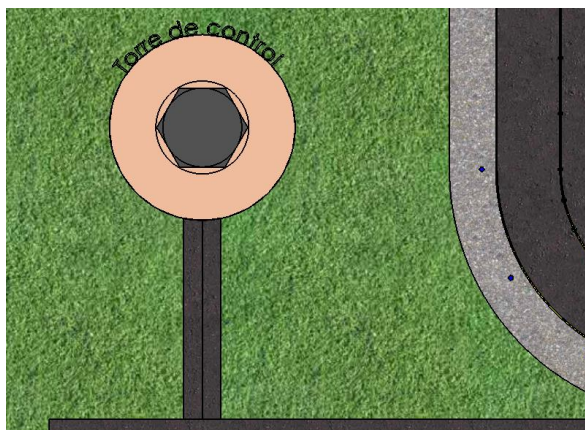


Figura 38.- Ubicación de la torre de control

La altura mínima se determina considerando que la distancia a la cabecera de pista más lejana (cabecera 22) es de 1857,83 m y teniendo en cuenta que el ángulo de visión de las trayectorias de los aviones ha de ser de $0,86^\circ$. Así

pues, se obtiene una altura mínima de 27,89 m, pero se decide que la altura sea de 30 m, incrementando la altura mínima en un 7,57%.

Además, se debe cumplir por normativa del Anexo 14 de la OACI que el ángulo de visual por consola sea igual o superior a $68,85^\circ$, correspondiente al ángulo crítico. En el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes, se obtiene un ángulo de $70,56^\circ$ (superior al ángulo de visual crítica por consola), considerando una altura de 30 m y una distancia al puesto de estacionamiento más próximo de 85 m.

6.1.2.- Características de la torre de control

En la parte superior de la superficie exterior del fanal se va a situar un campo de antenas que van a garantizar una correcta comunicación con las aeronaves y que estará conectada con el fanal mediante una escalera telescópica integrada en el falso techo del mismo. El fanal, por su parte, tendrá forma en planta hexagonal, como se ha mencionado anteriormente, y dispondrá de un pasillo situado en el perímetro para permitir la limpieza de los cristales del fanal y el mantenimiento de los equipos de control.

Por debajo del fanal, se situará la planta técnica en la cual se localizan los despachos y oficinas de personal de control y mantenimiento, biblioteca con archivos relacionados con el aeropuerto, vestuarios para el personal de la torre, aseos y una sala de descanso con servicio de cafetería.

La planta inferior corresponderá a la planta de equipamiento y energía, equipada con talleres para realizar operaciones de mantenimiento, almacenes de repuestos y una sala de supervisión.

Por debajo de la planta de equipamiento y energía se ubicará la planta de descanso y simulación, que va a disponer de una sala de simulación, un cuarto de taquillas para que el personal pueda depositar sus pertenencias, dos habitaciones para el descanso nocturno y otra sala de descanso. Cabe destacar que hasta esta planta llegarán los dos ascensores que conectarán la planta inferior con la planta de descanso y simulación. El acceso a las plantas superiores se realizará mediante escaleras para un mayor aprovechamiento del espacio.

Por su parte, el fuste va a estar formado por una malla de hormigón cuya función es sujetar las plantas superiores, un núcleo de perfiles estructurales de

aluminio que definirán el espacio de paso de los dos ascensores y por unas escaleras de emergencia que conectarán las plantas superiores con la planta inferior.

Por último, en la zona más baja de la torre de control se hallará la planta inferior formada por el hall de entrada con control de seguridad, una cafetería, aseos y una sala de formación laboral. Esta planta estará conectada con las plantas superiores mediante los dos ascensores y las escaleras de emergencia.

6.2.- Equipamiento de salvamento y extinción de incendios

El aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes va a disponer de un equipamiento de salvamento y extinción de incendios, tal y como exige el Anexo 14 de la OACI. A continuación se detalla su ubicación y las características más importantes.

6.2.1.- Ubicación del equipamiento de salvamento y extinción de incendios.

Para garantizar que las operaciones de extinción de incendios y salvamento se realicen con cierta rapidez, se ha decidido ubicar esta instalación aeroportuaria a 877 m de ambas cabeceras de pista, es decir, a la mitad de la longitud de pista, y a 50 m de distancia del exterior del borde de pista.

6.2.2.- Características del equipamiento de salvamento y extinción de incendios.

Las características de este tipo de instalación vienen determinadas por la categoría del aeropuerto, que a su vez depende de la anchura máxima del fuselaje y la mayor longitud de las aeronaves determinantes.

Por lo tanto, dado que la mayor longitud de las aeronaves usuarias es 27,23 m y la anchura máxima del fuselaje es 2,18 m (ambas dimensiones pertenecientes al Gulfstream G450), se determina que el aeropuerto diseñado es de categoría 5 de nivel de protección S.E.I (Salvamento y Extinción de Incendios).

Para esta categoría, el Anexo 14 de la OACI establece que ha de haber mínimo un vehículo de extinción de incendios. No obstante, para aumentar la seguridad y agilizar las operaciones de salvamento y extinción de incendios se ha decidido que el aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes esté dotado de dos vehículos.

Por otra parte, es importante destacar que la distancia a recorrer por dichos vehículos desde esta instalación hasta ambas cabeceras de pista es de 1007 m y se accede mediante las carreteras de servicio de 8 m de ancho. Así pues, como la velocidad media de los vehículos es de 80 km/h, se estima un tiempo de llegada a ambos extremos de pista de 45,315 s, tiempo inferior al máximo que el Anexo 14 de la OACI especifica para la llegada del primer vehículo a la cabecera de pista, que es de 3 minutos y que en ese tiempo se ha debido alcanzar el 50% del régimen de descarga del elemento extintor. En la siguiente figura [Figura 39] se puede observar la ubicación de las carreteras de servicio mencionadas anteriormente, cuya función es permitir el desplazamiento de los vehículos de extinción de incendios y salvamento hasta las cabeceras de pista o la parte central de la misma.

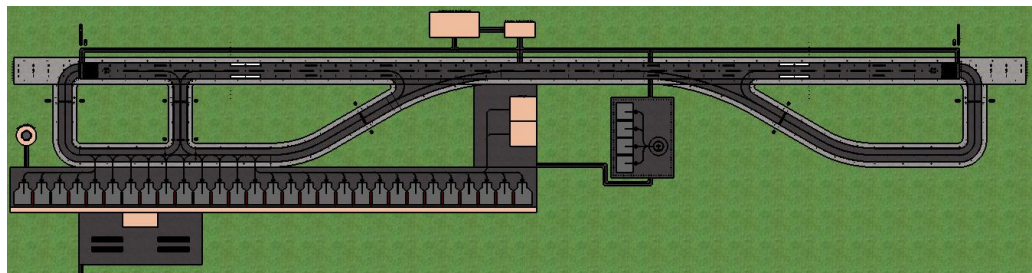


Figura 39.- Ubicación de las carreteras de servicio

Por último, cabe mencionar que la instalación de salvamento y extinción de incendios va a disponer de cocheras, sala de descanso y espera, dormitorios, comedor, gimnasio, duchas, lavabos, taquillas, almacenes y enfermería.

6.3.- Instalaciones de suministros

El aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes también va a disponer de instalaciones de suministros, que van a ser emplazadas a 50 m del equipamiento de salvación y extinción de incendios y que tendrán una extensión de 5000 m².

Estas instalaciones van a estar dotadas de depósitos de combustible para las aeronaves, una central eléctrica, depósitos de agua, agentes extintores y de instalación antihielo.

El acceso a estas instalaciones se realizará mediante una zona asfaltada que conectará estas instalaciones con el equipamiento de salvamento y extinción de incendios o mediante la carretera de servicio paralela a la pista.

En la siguiente figura [Figura 40], se muestra su ubicación y los accesos disponibles mencionados. Asimismo, también se muestra la ubicación de las instalaciones de suministros y del equipamiento de salvamento y extinción de incendios.

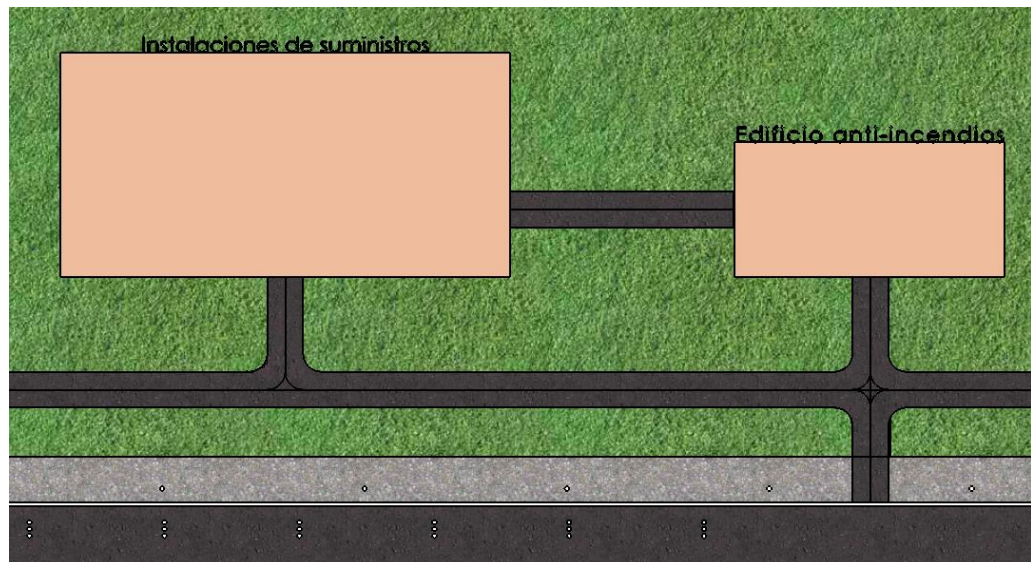


Figura 40.- Ubicación de las instalaciones de suministros y del equipamiento de extinción de incendios.

6.4.- Hangar

Adicionalmente, el aeropuerto diseñado va a disponer de un hangar para dos aeronaves, con una superficie de 5209,9 m². Para proporcionar un guiado adecuado hasta el área de rodadura, se instalarán dos señales de puestos de estacionamiento, con sus correspondientes luces de plataforma de viraje, con las mismas dimensiones que las especificadas en el apartado "4.3.- Diseño y desarrollo del área de plataforma".

En la siguiente figura [Figura 41], se muestra la ubicación del hangar.

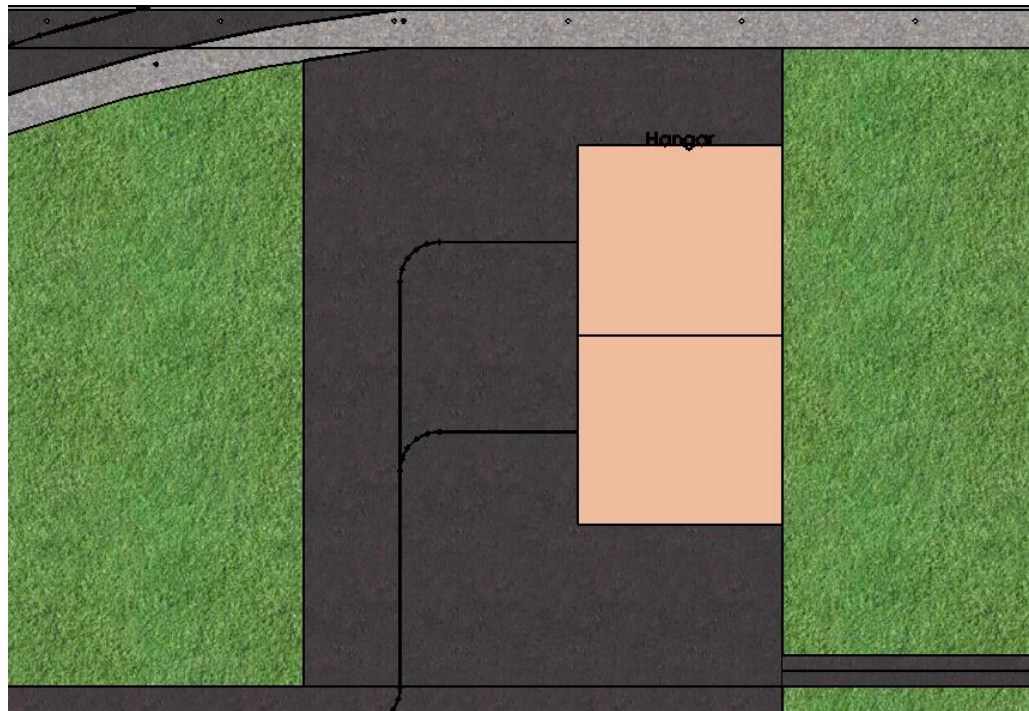


Figura 41.- Ubicación del hangar

6.5.- Helipuerto

Finalmente, en cuanto a instalaciones aeroportuarias se refiere, se ha decidido ubicar un helipuerto de superficie en el aeropuerto diseñado con la finalidad de poder acoger operaciones realizadas por helicópteros. Su ubicación se encuentra en la siguiente figura [Figura 42].

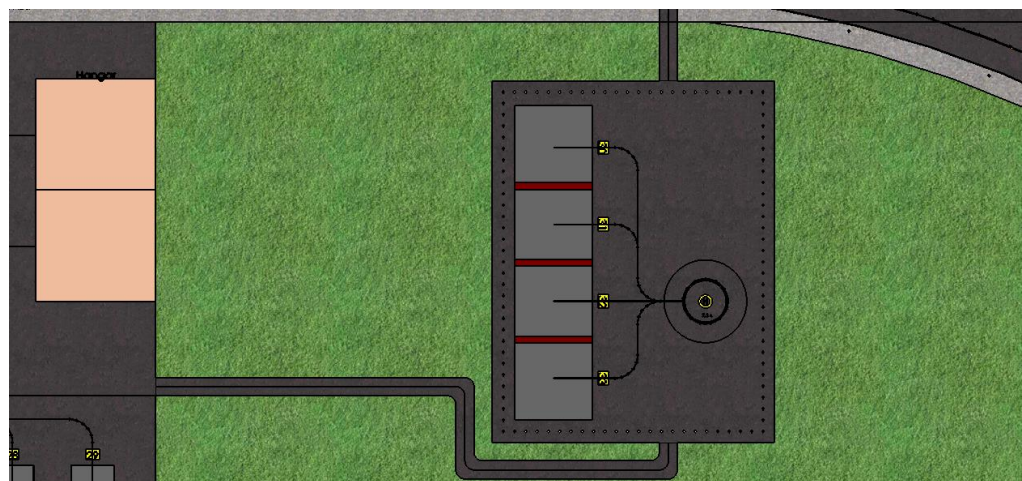


Figura 42.- Ubicación del helipuerto

Es importante destacar que el helipuerto se ubicará en una zona asfaltada de dimensiones 160 m x 125 m y que contará con dos accesos, uno que conecta

el helipuerto con la plataforma del aeropuerto y otro que lo conecta con la pista del aeropuerto y, por consiguiente, con las instalaciones de suministros y el equipamiento de salvamento y extinción de incendios.

6.5.1.- Configuración geométrica

A continuación se detallan las áreas definidas en la configuración geométrica del helipuerto.

Área de toma de contacto y de elevación inicial (TLOF)

Corresponde al área reforzada que permite la toma de contacto de los helicópteros presentes en el aeropuerto diseñado, así como la elevación inicial.

Se ha definido considerando que el helicóptero de diseño es el Bell Agusta BA-609 y que opera en Clase de performance II²⁷, resultando ser de un diámetro de 20 m.

Para obtener este resultado, se ha aplicado la definición de TLOF, que corresponde a un círculo cuyo diámetro es como mínimo el 83% del valor de la dimensión máxima del helicóptero (que como se observa en la *Tabla 15* corresponde a la longitud total). Así pues, se obtiene un diámetro de 15,189 m pero se decide aumentar esta distancia hasta los 20 m debido a la disponibilidad de espacio.

En la siguiente tabla [*Tabla 15*], se observan las características principales del helicóptero de diseño.

²⁷ Características de Clase de performance II:

- Corresponde a todos aquellos helicópteros que con fallo de motor crítico puede ser que requieran realizar un aterrizaje forzoso o que puedan continuar el aterrizaje o vuelo de forma segura en la distancia de aceleración-parada disponible, según si se sitúa antes o después del PDD.

- Este tipo de avión realiza operaciones nocturnas únicamente en helipuertos elevados.

- Únicamente pueden operar en esta Clase de performance helicópteros multimotor diseñados conforme a JAR 29 (según la cual el fallo del motor crítico no implica la pérdida de potencia total de la planta motriz).

Modelo	Bell Agusta BA-609
Diámetro del rotor principal [m]	7,9 (por dos rotores)
Longitud total [m]	18,30
MTOW [kg]	7258
Autonomía [km]	1390

Tabla 15.- Características del helicóptero de diseño

Finalmente, en la siguiente figura [Figura 43] se puede observar la señalización horizontal y el balizamiento de la TLOF. También se muestra la señal de masa máxima admisible, la señal de identificación del helipuerto y la señal de punto de contacto.

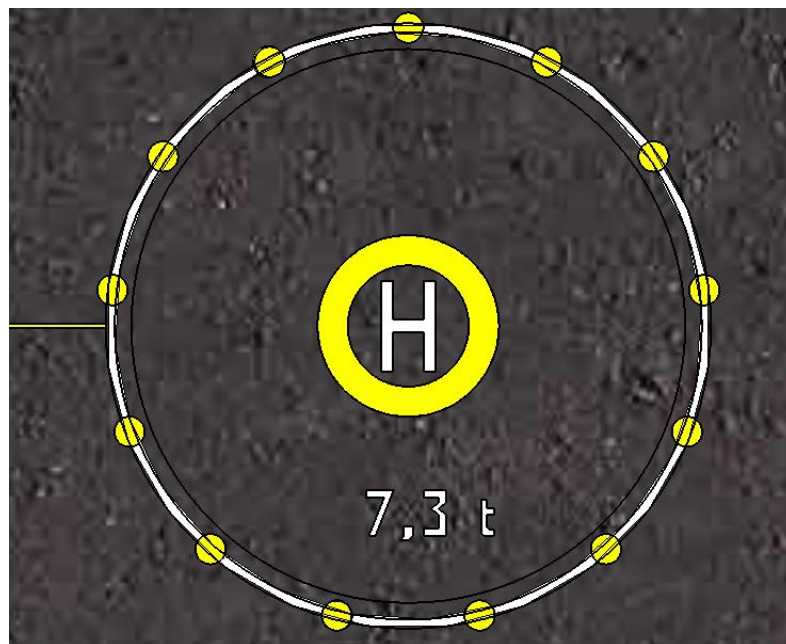


Figura 43.- Configuración geométrica del helipuerto²⁸

Tal y como se observa en la figura anterior [Figura 43], la señalización horizontal de la TLOF consiste en una faja de color blanco de 0,3 m de ancho situada en el perímetro de la misma. Adicionalmente, se incluyen luces de perímetro de TLOF que son fijas, de color amarillo, separadas entre ellas una distancia de 4,71 m y que se colocarán empotradas en la plataforma.

En el interior de la señal de TLOF, se situará la señal de identificación de helipuerto (que consiste en una H de color blanco), la señal de masa máxima admisible (que será de 7,3 t tal y como se observa en la Tabla 15 y que será de color blanco) y la señal de punto de contacto, consistente en una

²⁸ Las dimensiones de la señal de identificación del helipuerto y de la señal de masa máxima admisible vienen determinadas por el Volumen II del Anexo 14 de la OACI.

circunferencia de color amarillo de diámetro exterior de 6 y con una anchura de faja de 1 m.

Área de aproximación final y de despegue (FATO)

Otra área importante es la FATO, la cual se define como el área donde acaba la fase final de la maniobra de aproximación hasta el aterrizaje o vuelo estacionario y a partir de la cual empieza la maniobra de despegue.

Como se ha dimensionado en base al helicóptero de diseño y éste es de Clase de performance II, el diámetro debe ser igual a la dimensión máxima del helicóptero, que corresponde a la longitud total de 18,30 m tal y como se especifica en la *Tabla 15*.²⁹

Su ubicación en el helipuerto se puede observar en la *Figura 43*.

Área de seguridad

Para reducir el riesgo de daños de los helicópteros que accidentalmente se desvíen de la FATO, se define el área de seguridad en torno a la misma y que debe de estar despejada de obstáculos.

Según especifica el Volumen II del Anexo 14 de la OACI, el diámetro de esta área será el doble de la dimensión máxima del helicóptero de diseño, es decir, de 36,60 m, tal y como se observa en la *Figura 43*.

Calles de rodadura aérea

Para proporcionar un guiado sobre la superficie durante la maniobra de rodadura aérea de los helicópteros, se incluyen 4 calles de rodadura aéreas que unirán el perímetro de la TLOF con cada puesto de estacionamiento. La señalización horizontal de las mismas consistirá en una línea de trazo continuo de color amarillo con un espesor de 0,15 m y se incluirán luces de plataforma de viraje, de color verdes, unidireccionales y fijas en los tramos curvilíneos con una distancia entre ellas de 3,18 m. En la siguiente figura [*Figura 44*] se

²⁹ Las dimensiones mínimas de la FATO, TLOF y la del área de seguridad vienen especificadas por el Volumen II del Anexo 14 de la OACI, correspondiente al Manual de Helipuertos.

observa la señalización horizontal y el balizamiento de las calles de rodadura aérea.

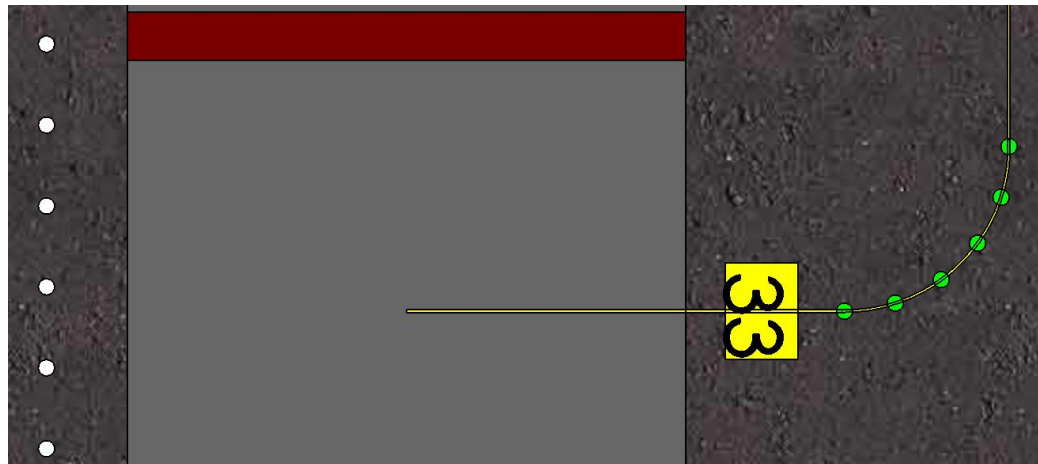


Figura 44.- Señalización horizontal y balizamiento de las calles de rodadura aérea

Posiciones de estacionamiento de helicópteros

En la plataforma del helipuerto se ubicarán 4 posiciones de estacionamiento de helicópteros para permitir su estacionamiento y las maniobras de toma de contacto, elevación inicial y rodadura aérea, en caso de ser necesario. Las dimensiones de las posiciones de estacionamiento de helicópteros se detallan en la siguiente tabla [Tabla 16].

Longitud [m]	34,5
Anchura [m]	37
Solape [m]	3

Tabla 16.- Dimensiones de las posiciones de estacionamiento de tipo VIII³⁰

Cabe destacar que las posiciones de estacionamiento irán denominadas del número 30 al 33 para así facilitar su localización y que la ubicación de estas posiciones de estacionamiento se muestra en la *Figura 42*.

Finalmente, cabe destacar que se instalará una manga indicadora de la dirección del viento en la plataforma del helipuerto (que será iluminada cuando se realicen operaciones nocturnas) y un faro de helipuerto. Asimismo, se dispondrá de proyectores de luz fija de color blanco en la plataforma, con una separación entre ellos de 5 m y situados perimetralmente en la plataforma, a 5 m del borde de la misma. (Véase *Figura 42*).

³⁰ Para las posiciones de estacionamiento de los helicópteros se ha elegido el tipo VIII debido a que se trata del puesto de estacionamiento con las dimensiones más pequeñas y en el que tiene cabida el helicóptero de diseño.

6.5.2.- Superficies limitadoras de obstáculos

En la siguiente tabla [Tabla 17] se detallan las dimensiones de las superficies limitadoras de obstáculos que tendrá la FATO del helipuerto diseñado.

Superficie de aproximación	
Anchura del borde interior [m]	36,6
Lugar del borde interior	Límite del área de seguridad
Primera sección	
Divergencia en operaciones diurnas [%]	10
Divergencia en operaciones nocturnas [%]	15
Longitud en operaciones diurnas [m]	245
Longitud en operaciones nocturnas [m]	245
Anchura exterior en operaciones diurnas [m]	85,6
Anchura exterior en operaciones nocturnas [m]	110,1
Pendiente máxima [%]	8
Segunda sección	
Divergencia en operaciones diurnas [%]	10
Divergencia en operaciones nocturnas [%]	15
Longitud en operaciones diurnas [m]	93,5
Longitud en operaciones nocturnas [m]	212
Anchura exterior en operaciones diurnas [m]	55,3
Anchura exterior en operaciones nocturnas [m]	79
Pendiente máxima [%]	12,5
Tercera sección	
Divergencia [%]	Paralela a la de la segunda sección
Longitud en operaciones diurnas [m]	1000
Longitud en operaciones nocturnas [m]	1000
Anchura exterior en operaciones diurnas [m]	55,3
Anchura exterior en operaciones nocturnas [m]	79
Pendiente máxima [%]	15

Tabla 17.- Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos del helipuerto³¹.

³¹ Los valores de las dimensiones y pendientes han sido determinados según el Volumen II del Anexo 14 de la OACI, para aproximaciones visuales de helicópteros con Clase de performance II. Las dimensiones y pendientes de la superficie de ascenso en el despegue en línea recta son los mismos que en la Tabla 17, diferenciándose únicamente en el hecho de que el lugar del borde interior corresponde al límite de la zona libre de obstáculos.

7.- Resumen económico del proyecto

Tal y como se detalla en el Documento 3.- Presupuestos, el presupuesto estimado para la construcción del aeropuerto corporativo en Santa Agnès de Malanyanes es de 62.853.600 €.

En la siguiente tabla [Tabla 18], se puede observar un resumen del presupuesto total del aeropuerto.

Concepto	Coste total (€)
Presupuesto total en infraestructuras	55.918.600
Presupuesto total en instalaciones y equipos	6.926.000
Presupuesto del proyecto de diseño preliminar	9.000
Presupuesto total del aeropuerto	62.853.600

Tabla 18.- Presupuesto total del aeropuerto corporativo de Santa Agnès de Malanyanes

8.- Aspectos ambientales asociados al aeropuerto

La construcción del aeropuerto de Santa Agnès de Malanyanes traerá consigo una serie de impactos ambientales directos, indirectos y potenciales que se detallan a continuación.

8.1.- Impactos ambientales directos

Estos impactos serán los generados por las actividades que se desarrollen en el aeropuerto diseñado en condiciones normales de operación. A continuación se detallan los más importantes:

Agotamiento de recursos naturales

El emplazamiento del aeropuerto en Santa Agnès de Malanyanes llevará consigo el consumo de grandes cantidades de agua (potable y no potable) debido, en gran parte, a las tareas de mantenimiento del aeropuerto y a las operaciones de extinción de incendios que se realicen. También se consumirán grandes cantidades de energía eléctrica y de combustible de las aeronaves de la flota usuaria.

Contaminación de la atmosfera

Se emitirán gases contaminantes a la atmosfera debido, principalmente, a la combustión del combustible de los vehículos presentes en el aeropuerto, a los gases generados por las operaciones de extinción de incendios que se realicen y por la contaminación de gas natural presente en las calderas que proveerán de calefacción a el edificio terminal durante el período invernal.

Contaminación del entorno ambiental

Las actividades realizadas en el aeropuerto generarán aceites minerales usados, residuos de caucho procedentes de las tareas de limpieza de pista, residuos sanitarios y otros residuos como pueden ser aerosoles, baterías usadas, fluorescentes o botes de pintura con restos en su interior. Además, la utilización de técnicas de incineración de los residuos provocará la contaminación del aire debido a los gases de combustión producidos en el proceso de incineración.

8.2.- Impactos ambientales potenciales

Los impactos ambientales potenciales son los que generarían las actividades o servicios realizados en el aeropuerto en situaciones de emergencia como serían operaciones de salvamento o de extinción de incendios. Seguidamente se especifican los más significativos:

Agotamiento de recursos naturales

Uno de los impactos ambientales potenciales más importantes que se podría producir en el aeropuerto diseñado sería la existencia de posibles fugas de agua de abastecimiento (tanto potable como no potable), producida por roturas de cañerías o debido a la presencia de fisuras en los depósitos de almacenamiento del agua.

Contaminación del agua y suelos

Otro de los impactos ambientales potenciales asociados a la construcción del aeropuerto diseñado es la contaminación del agua y de suelos que se podría producir como consecuencia de posibles derrames o fugas de aceites o hidrocarburos debido a problemas de estanqueidad de los depósitos de

combustible en los vehículos de servicio o de las aeronaves o por una fisura o rotura en los mismos.

Afectación de la capa de ozono y calentamiento global

Las posibles fugas de los gases refrigerantes presentes en algunas aeronaves dañarían la capa de ozono y contribuirían al calentamiento global.

8.3.- Impactos ambientales indirectos

Por último, la presencia del aeropuerto en Santa Agnès de Malanyanes producirá contaminación acústica en esa localidad y en los demás municipios de alrededor.

Esto es debido a que las maniobras realizadas por las aeronaves usuarias del aeropuerto en el interior del mismo o en los alrededores generarán ruido aeronáutico, que es el ruido que producen las aeronaves en funcionamiento. Estos ruidos aeronáuticos producirán molestias que podrían afectar al bienestar de los habitantes de Santa Agnès de Malanyanes o incluso a la salud de los mismos.

9.- Aspectos de seguridad asociados al aeropuerto

Durante la realización del proyecto de diseño del aeropuerto corporativo en Santa Agnès de Malanyanes, se han tenido todos los aspectos de seguridad posibles en relación al diseño de pista, calles de rodadura, plataforma, helipuerto y equipamiento de salvamento y extinción de incendios. Estos aspectos se detallan a continuación.

En el diseño de pista se ha decidido incrementar la anchura de la pista en un 10 % del valor estipulado por el Anexo 14 de la OACI, obteniéndose así un margen de seguridad suficiente ante cualquier desvío de alguna aeronave respecto al eje de pista. También es importante destacar que se ha orientado la pista minimizando al máximo la componente de viento transversal y se han definido las distancias declaradas de pista tal y como recomienda el Anexo 14 de la OACI. Además, otros aspectos de seguridad tomados en consideración han sido la inclusión de una pendiente transversal efectiva de 1,5 % en el sentido longitudinal de la pista (por razones de drenaje) y de una zona libre de obstáculos asfaltada en ambos extremos de la misma, así como la

incorporación de señalización horizontal y sistemas de guiado, ya que de este modo las aeronaves podrán efectuar las maniobras de despegue, aterrizaje y aproximación de manera segura.

Análogamente, en el diseño de las calles de rodadura y plataforma, se ha incluido señalización horizontal y sistemas de guiado, siguiendo la normativa del Anexo 14 de la OACI, con la finalidad de proporcionar ayudas visuales a los pilotos de las aeronaves que vayan a efectuar maniobras de estacionamiento o de rodadura.

En lo que concierne al diseño del helipuerto presente en el aeropuerto corporativo, se ha diseñado la configuración geométrica teniendo en cuenta la normativa del Volumen II del Anexo 14 de la OACI y también se ha incluido señalización horizontal y ayudas visuales.

Por otra parte, otro aspecto de seguridad es que se ha diseñado el equipamiento de salvamento y extinción de incendios tal y como especifica el Anexo 14 de la OACI, de tal manera que va a disponer de dos vehículos de extinción de incendio situados a tal distancia de la pista que únicamente transcurrirán 45,315 s desde su salida del edificio anti-incendios hasta ambas cabeceras de pista.

También es importante destacar que se ha decidido interconectar las diferentes zonas asfaltadas del aeropuerto (pista, calles de rodadura, plataforma, hangar, instalaciones de suministros, equipamiento de salvamento y extinción de incendios, terminal, torre de control y helipuerto) mediante carreteras de servicio con el propósito de facilitar la circulación de vehículos de servicio o de salvamento entre las mismas.

Por último, un último aspecto de seguridad a recalcar es que, tal y como se ha mencionado reiteradamente a lo largo del proyecto, se ha diseñado el aeropuerto teniendo en cuenta en todo momento las recomendaciones y normas del Anexo 14 de la OACI.

10.- Conclusiones y recomendaciones

La realización del proyecto de diseño de un aeropuerto corporativo para Cataluña, situado concretamente en el municipio de Santa Agnès de Malanyanes, permite concluir inicialmente que el sector de la aviación corporativa está en pleno crecimiento ya que desde el año 2011 el número de

operaciones se ha incrementado año tras año pasando de 2451 a 2873 operaciones, respectivamente.

Es precisamente el crecimiento de la aviación corporativa mencionado en el párrafo anterior una de las razones en las que se ha sustentado la construcción del aeropuerto en Santa Agnès de Malanyanes, unido al hecho de ser una zona de fuerte actividad y presencia empresarial y que es un lugar cercano al Circuit de Barcelona Catalunya, lugar en el cual se desarrollan eventos deportivos de interés mundial.

En lo que concierne a la prognosis de tráfico realizada sobre el aeropuerto diseñado en base al aeropuerto de referencia, cabe destacar que se espera que crezca cada año hasta el año de diseño (2029), año en el que se realizarán 7792, siendo junio el mes de más operaciones (924).

Otro motivo que recalca la conveniencia de la construcción de este aeropuerto es que la prognosis de pasajeros realizada ha revelado que el número de pasajeros también crecerá año a año hasta el 2029, año en el que 94342 pasajeros lo transitarán, siendo el mes de junio el mes punta con un total de 13555 pasajeros.

Otro aspecto importante a destacar como conclusión es que se ha decidido dotar únicamente de una pista al aeropuerto debido a que la capacidad horaria teórica calculada para la misma es suficiente para el régimen de ocupación al cual va a ser sometida, ya que no existe regularidad en las operaciones realizadas en un aeropuerto de estas características. Además, para mayor comodidad y seguridad de los usuarios y personal del aeropuerto, las otras infraestructuras han sido ubicadas en las proximidades de la pista minimizando siempre que ha sido posible la distancia entre ellas.

Finalmente, cabe decir que este aeropuerto, cuyo coste se ha estimado en 62.853.600 €, ha sido diseñado de manera preliminar siguiendo las directrices marcadas por el Volumen I del Anexo 14 de la OACI (exceptuando el helipuerto que se ha diseñado teniendo en cuenta la normativa del Volumen II del citado documento), teniéndose en cuenta todos los aspectos de seguridad y ambientales necesarios.

Como recomendaciones de cara a un posible seguimiento del desarrollo del proyecto sería llevar a cabo un diseño detallado, en el cual se debería incluir,

entre otras cosas, el diseño del circuito eléctrico que interconectará todas las luces que conforman el balizamiento del aeropuerto.

Otro aspecto a incluir en el diseño detallado sería el estudio de la ubicación exacta de las luces que conforman el sistema de luces de aproximación de precisión de Categoría II, debido a que hay edificios y carreteras que interceden en su colocación y habría que estudiar el mecanismo de instalación de las mismas.

Este diseño detallado podría ser completado con el diseño de un sistema de refrigeración del edificio terminal, así como de un sistema de saneamiento y de las redes de agua presentes en el aeropuerto.

Por último, sería conveniente realizar el diseño de las SID (del inglés "*Standard Instrument Departures*") y STAR (del inglés "*Standard Instrument Arrivals*"), que corresponden a las salidas y llegadas normalizadas por instrumentos, respectivamente.

11.- Aspectos temporales asociados al proyecto

Tras la realización del proyecto preliminar sobre la construcción de un aeropuerto corporativo en Santa Agnès de Malanyanes (cuya planificación de tareas realizadas y su correspondiente diagrama de Gantt se incluyen en el Anexo A: Project Charter), la planificación temporal del futuro desarrollo del trabajo incluye en primera instancia la realización de un diseño detallado (tal y como se ha comentado en el apartado "*10.- Conclusiones y recomendaciones*") a realizar hasta diciembre del 2015, en el cual se debe incluir, entre otras cosas, el diseño del circuito eléctrico del balizamiento presente en las principales infraestructuras aeroportuarias, determinar las coordenadas exactas de ubicación de las luces aeronáuticas presentes en la pista, en las calles de rodadura, en el área de plataforma, así como en el helipuerto asociado al aeropuerto diseñado.

Otras de las tareas que debe incluir este diseño detallado es el diseño de sistemas asociados al área terminal, como son los sistemas de refrigeración, de saneamiento, así como el diseño de las redes de aguas presentes en el aeropuerto.

También es importante incluir en este diseño detallado un estudio de las características del pavimento de pista, así como el diseño de las SID (del inglés "*Standard Instrument Departures*") y STAR (del inglés "*Standard*

Instrument Arrivals”), que corresponden a las salidas y llegadas normalizadas por instrumentos, respectivamente.

A continuación, se procederá a las expropiaciones de terrenos que deberán quedar libres para la posterior ubicación del aeropuerto y se acabará de definir con exactitud el perímetro del aeropuerto. Esta tarea deberá finalizarse en junio de 2016.

Seguidamente, tras haber expropiado los terrenos necesarios y se haya definido el perímetro que ocupará el aeropuerto, se procederá al movimiento de tierras y a la posterior urbanización del terreno. La finalización de este proceso está prevista para junio de 2017.

Tras las tareas de urbanización del terreno de emplazamiento del aeropuerto, se procederá a construir las infraestructuras del subsistema de movimiento de aeronaves (cuya finalización está prevista para junio de 2018) y del subsistema de actividades aeroportuarias (que se prevé que se culminen en junio de 2019).

Finalmente, la construcción del aeropuerto corporativo de Santa Agnès de Malanyanes se considerará completada tras realizar las instalaciones relativas al subsistema de movimiento de aeronaves (cuya finalización está prevista para junio del 2020) y efectuar las instalaciones necesarias pertenecientes al subsistema de actividades aeroportuarias (que se prevé que se completen en junio de 2021).

Una vez finalizada la construcción del aeropuerto, será necesario realizar pruebas de vuelo durante seis meses para probar el buen funcionamiento de las instalaciones de ambos subsistemas y ya podrá ser inaugurado y acoger operaciones con normalidad a partir de enero del 2022.

12.-Normativa

La realización de este proyecto se ha llevado a cabo teniendo en cuenta la normativa asociada al Volumen I del Anexo 14 de la OACI, utilizada para el diseño de las principales infraestructuras aeroportuarias presentes en el aeropuerto, a excepción del helipuerto, el cual ha sido diseñado mediante la normativa asociada al Volumen II del citado anexo.

Finalmente, cabe puntualizar que se ha tenido en cuenta la “*Llei 13/2014, del 30 d’octubre, d’accessibilitat*” (ley aprobada por el Parlament de Catalunya el 30

de octubre de 2014) para el diseño de todas las puertas presentes en la terminal que darán acceso a las diferentes instalaciones de la misma, eliminando así las barreras arquitectónicas presentes para las personas con movilidad reducida.

13.- Bibliografía

- [1] Aena. (n.d.). Estadísticas de tráfico aéreo. Recuperado de <http://www.aena.es/csee/Satellite?c=Page&cid=1113582476715&pagename=Estadisticas%2FEstadisticas>
- [2] Investopedia. (n.d.). Compound Annual Growth Rate- CAGR. Recuperado de <http://www.investopedia.com/terms/c/cagr.asp>
- [3] Catalunya, S. M. de. (2011). *Estudi de vents a la zona de la Roca del Vallès* (p. 2). Barcelona.
- [4] OACI. (2004). *Anexo 14. Volumen I: Diseño y operaciones de aeródromos* (p. 240).
- [5] OACI. (2009). *Anexo 14. Volumen II: Helipuertos* (p. 100).
- [6] Plan Director del Aeropuerto de Burgos. Documento IV: Estimación económica del desarrollo previsible del aeropuerto. (2009) (p. 7).
- [7] BECSA. (2007). Torre de Control, Nuevo Aeropuerto de Castellón. Recuperado de <http://www.becsa.es/obra-publica/aeropuerto/torre-control-cs.php>
- [8] Trindade, G. (2015). 02B. Recuperado de <http://www.02b.com/es/notices/2015/01/la-aviacion-corporativa-suma-dos-anos-al-alza-en-el-prat-11001.php>
- [9] NavegÁrea. (n.d.). Recuperado de http://www.navegarea.com/radioayudas/dme/dme_descripcion.html
- [10] Google Earth
- [11] *Report No. FAA-RD-74-124: Techniques for determining airport airside capacity and delay.* (1976) (p. 234). Washington, D.C.

[12] Departament de la Presidència. (2014). *LLEI 13/2014, del 30 d'octubre, d'accessibilitat* (p. 39). Barcelona.

[13] Miguel Ángel Muñoz. (n.d.). *ManualVuelo*. Retrieved from <http://www.manualvuelo.com/indice.html>