



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Estudio para la localización de un aeródromo recreativo en  
la zona Oeste de Castilla y León

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Aeroespacial

AUTOR/A: Roselló Gimeno, Álvaro

Tutor/a: Gallego Salguero, Áurea Cecilia

Cotutor/a: Despujol Zabala, Ignacio

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería del  
Diseño**

**ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN  
AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE  
OESTE DE CASTILLA Y LEÓN**

**Trabajo Fin de Grado**

Grado en Ingeniería Aeroespacial

AUTOR/A: Roselló Gimeno, Álvaro

Tutor/a: Gallego Salguero, Áurea Cecilia

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a mi familia. Que ha estado apoyándome de manera incondicional a lo largo de todo el grado. Es gracias a ella que logré entrar y salir con el título. En segundo lugar, debo agradecer a mis compañeros, tanto a los que me acompañaron durante todo el grado, como los que solo lo hicieron por un semestre. Es gracias a ellos que saqué energía de donde no había para poder seguir adelante. Gracias a estas personas me sentí arropado en todo momento y cómodo a la hora de desempeñarme en exámenes y trabajos. No hubiera sido posible llegar hasta aquí si hubiese tenido que enfrentarme yo solo a la universidad.

Debo agradecer a los profesores que sí que tienen vocación de docencia y se les nota en su forma de explicar. Es gracias a estas escasas personas que he podido ver un poco de humanidad y esperanza durante las etapas más duras de este viaje. Sin ellos, mi paso por la universidad habría sido una línea más en mi currículum y una forma de tirar el dinero, tiempo y energía. Es más, son tan pocos los docentes que he admirado en estos 4 años que voy a mencionar a aquellos que han dejado una huella en mí, es decir, han logrado que aprenda algo para toda la vida. Andrés Tiseira, que me enseñó que puedo equivocarme todo lo que quiera en la universidad para nunca hacerlo fuera de ella. También me hizo ver que no soy nada diferente al resto de compañeros de clase y que lo que hacía fuera del aula era lo que realmente valía. Santiago Moll, que fue el único profesor que demostró durante el primer año que los alumnos sí le importábamos. Víctor Sánchez, que fue el primer y único profesor que después de un test se puso en contacto conmigo preocupado por mi nota y ofreciéndose para ayudarme. Aurea Gallego, que nos ha tratado como una madre trata a sus hijos, con paciencia y educación, dos virtudes que he echado de menos en estos años. Marcos Carreres, que estando en cuarto año, sorprendentemente fue de los primeros profesores en preguntar y aprender nuestros nombres, además de profesionalidad demostró una gran humanidad durante el semestre que me acompañó. En las clases de estas personas me sentía como en casa. Hay también algunos docentes muy profesionales de los que he aprendido mucho, pero solo quiero mencionar a los anteriores.



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

Es gracias a que acabo de escribir estos pocos nombres que he podido apreciar la suerte que tuve durante mi educación primaria y secundaria, donde cada uno de los docentes de mi instituto tenía vocación y fui tratado como una persona en todo momento. Es gracias a mi familia, que quiso darme la mejor educación posible, que he llegado a esta conclusión. Es gracias a estos 4 años que me he dado cuenta de que, si no voy a trabajar por vocación, no voy a hacer feliz a mi persona ni a los que me rodean.

Gracias a todos.



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

## RESUMEN

A lo largo de este documento se aborda la temática de los aeródromos recreativos, espacios dedicados a la aviación deportiva y recreativa para entusiastas de los vuelos no comerciales. Estos lugares proporcionan un ambiente óptimo para actividades aéreas de este tipo, así como ampliar la oferta de ocio de la zona.

El objetivo principal de este documento es estudiar si es viable construir un nuevo aeródromo en una zona específica, la cual se caracteriza por carecer de una oferta de este tipo. Para ello, se lleva a cabo un estudio geográfico empleando tecnologías de Sistemas de Información Geográfica. Se consideran diversos factores para determinar el mejor lugar de construcción del aeródromo, con la finalidad de diseñar una infraestructura que satisfaga las necesidades en cuestión.

El documento incluye aquellas características de interés relacionadas con la zona de estudio, representadas visualmente para facilitar su comprensión y utilizarlas como material de apoyo o referencia en futuras investigaciones. Se procura ofrecer una visión completa y detallada sobre la viabilidad y conveniencia de establecer un aeródromo recreativo en la región estudiada.

En el apartado final, se desarrolla la propuesta del aeródromo recreativo, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el estudio geográfico. Se abordan aspectos relevantes para su funcionamiento, como la infraestructura necesaria, las instalaciones requeridas y las normativas a considerar. Todo ello con el objetivo de crear un espacio adecuado para la práctica de la aviación deportiva y recreativa.



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

## RESUM

A lo llarg d'aquest document s'aborda la temàtica dels aeròdroms recreatius, espais dedicats a l'aviació esportiva i recreativa per als entusiastes dels vols no comercials. Aquests llocs proporcionen un ambient òptim per a activitats aèries d'aquest tipus, així com ampliar l'oferta d'oci de la zona.

L'objectiu principal d'aquest document és estudiar si és viable construir un nou aeròdrom en una zona específica, aquesta es caracteritza per manca d'una oferta d'aquest tipus. Per a això, es du a terme un estudi geogràfic emprant tècniques d'informació geogràfica. Es consideren diversos factors per a determinar el millor lloc de construcció de l'aeròdrom, amb la finalitat de dissenyar una infraestructura que satisfaga les necessitats en qüestió.

El document inclou aquelles característiques d'interès relacionades amb la zona d'estudi, representades visualment per a facilitar la seua comprensió i utilitzar-les com a material de suport o referència en futures investigacions. Es procura oferir una visió completa i detallada sobre la viabilitat i conveniència d'establir un aeròdrom recreatiu en la regió estudiada.

En l'apartat final, es desenvolupa la proposta de l'aeròdrom recreatiu, tenint en compte els resultats obtinguts en l'estudi geogràfic. S'aborden aspectes rellevants per al seu funcionament, com la infraestructura necessària, les instal·lacions requerides i les normatives a considerar. Tot això amb l'objectiu de crear un espai adequat per a la pràctica de l'aviació esportiva i recreativa.



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

## SUMMARY

Throughout this document, the theme of recreational aerodromes is addressed. Recreational aerodromes are dedicated spaces for sports and leisure aviation, catering to enthusiasts of non-commercial flights. These locations provide an optimal environment for such aerial activities and expand the leisure offerings of the area.

The main objective of this document is to examine the feasibility of constructing a new aerodrome in a specific area characterized by the lack of such facilities. To achieve this, a geographical study is conducted, employing geographic information techniques. Various factors are considered to determine the most suitable location for the aerodrome's construction, with the purpose of designing an infrastructure that meets the identified needs.

The document includes pertinent characteristics related to the study area, presented visually to enhance comprehension and serve as supportive material or reference for future research. It seeks to provide a comprehensive and detailed overview of the viability and desirability of establishing a recreational aerodrome in the studied region.

In the final section, the proposal for the recreational aerodrome is developed, taking into account the results obtained from the geographical study. Relevant aspects for its operation, such as necessary infrastructure, required facilities, and relevant regulations, are addressed. All of this is aimed at creating an appropriate space for sports and leisure aviation activities.



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b><u>Memoria</u></b> .....	<b>10</b>
1.1	Antecedentes.....	11
1.2	Objetivos. ....	12
1.3	Estudio de necesidades, factores a considerar: limitaciones y condicionantes.....	14
1.4	Planteamiento soluciones alternativas y justificación de la solución adoptada.....	16
1.5	Descripción detallada de la solución adoptada.....	17
1.5.1	Mapa de provincias. ....	18
1.5.2	Sistema de carreteras. ....	19
1.5.3	Servidumbre aeronáutica.....	20
1.5.4	Poblaciones.....	21
1.5.5	Suelo urbanizable de carácter edificable.....	24
1.5.6	Red natura. ....	25
1.5.7	Ríos y zonas de peligro de inundaciones. ....	26
1.5.8	Zonas de peligrosidad sísmica. ....	27
1.5.9	Pendiente del terreno. ....	28
1.5.10	Diseño del aeródromo. ....	30
1.6	Cálculo.....	39
1.7	Anexos ....	44
<b>2.</b>	<b><u>Pliego de condiciones</u></b> .....	<b>50</b>
2.1	Definición y alcance del pliego.....	51
2.2	Condiciones particulares.....	52
2.2.1	Técnicas.....	52
2.2.2	Facultativas.....	52
<b>3.</b>	<b><u>Presupuesto</u></b> .....	<b>56</b>
<b>4.</b>	<b><u>Objetivos de Desarrollo Sostenible</u></b> .....	<b>57</b>
<b>5.</b>	<b><u>Bibliografía</u></b> .....	<b>59</b>



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Mapa de aeródromos en territorio español.....	14
2. Mapa de la zona de estudio de este trabajo.....	18
3. Mapa de carreteras del territorio estudiado.....	19
4. Mapa de servidumbres aeronáuticas cercanas.....	20
5. Mapa de localidades con más de 1000 habitantes.....	21
6. Mapa de cercanía a los mayores núcleos poblacionales.....	22
7. Mapa del suelo edificable de interés.....	24
8. Mapa de las zonas protegidas por la Red Natura.....	25
9. Mapa de los ríos y zonas de peligro por inundación.....	26
10. Mapa de las zonas con mayor historial sísmico.....	27
11. Mapa de pendientes del terreno de estudio.....	28
12. Mapa de pendientes del terreno de estudio.....	29
13. Planos y dimensiones del avión de referencia elegido.....	31
14. Valores de dirección del viento en Palencia.....	32
15. Rosa de los vientos en la zona de Palencia.....	33
16. Pista de 800 metros de longitud y 30 de anchura.....	34
17. Pista con plataformas de viraje.....	35
18. Pista con franjas.....	36
19. Pista con zonas de seguridad.....	36
20. Pista con calles de rodaje.....	37
21. Aeródromo general.....	38
22. Cálculo final y leyenda.....	41
23. Zona final y leyenda.....	42
24. Ortofoto de la zona final.....	43
25. Extracto del manual del Cessna 172.....	45
26. Logo de ArcMap.....	46
27. Logo de AutoCAD.....	47
28. Logo de GIMP.....	48



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

## ÍNDICE DE TABLAS

1. Valores asignados a las carreteras.....	19
2. Valores asignados a las servidumbres aeronáuticas.....	20
3. Valores asignados a los núcleos poblacionales.....	22
4. Valores asignados a los núcleos poblacionales grandes.....	23
5. Valores asignados al suelo de interés.....	24
6. Valores asignados a la Red Natura.....	25
7. Valores asignados a los ríos y zonas de peligro de inundaciones.....	26
8. Valores asignados a las zonas de peligrosidad sísmica.....	27
9. Valores asignados a las pendientes.....	29
10. Características del avión de referencia.....	30
11. Valores asignados a cada una de las capas.....	39
12. Valores para el cálculo de la pista.....	44
13. Salario del ingeniero.....	56
14. Costes totales.....	56
15. Objetivos de desarrollo sostenible.....	58



## UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

### ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO

#### ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

## 1. MEMORIA

1.1 Antecedentes.

1.2 Objetivos.

1.3 Estudio de necesidades, factores a considerar: limitaciones y condicionantes.

1.4 Planteamiento soluciones alternativas y justificación de la solución adoptada.

1.5 Descripción detallada de la solución adoptada.

1.5.1 Mapa de provincias.

1.5.2 Sistema de carreteras.

1.5.3 Servidumbre aeronáutica.

1.5.4 Poblaciones.

1.5.5 Suelo urbanizable de carácter edificable.

1.5.6 Red Natura.

1.5.7 Ríos y zonas de peligro de inundaciones.

1.5.8 Zonas de peligrosidad sísmica.

1.5.9 Pendiente del terreno.

1.5.10 Diseño del aeródromo.

1.6 Cálculo.

1.7 Anexos



## 1.1 ANTECEDENTES

Los aeródromos recreativos son espacios dedicados a la aviación deportiva y recreativa, que ofrecen servicios para los entusiastas de estos tipos de vuelos. En estos lugares se brinda un entorno propicio para aquellos que desean disfrutar de actividades aéreas no comerciales.

Este tipo de aeródromo es útil debido a su accesibilidad, flexibilidad, sentido de comunidad, costos reducidos y mayor libertad operativa. Estos aeropuertos ofrecen fácil acceso a pilotos aficionados y propietarios de aviones privados en áreas rurales. Además, permiten horarios flexibles y fomentan la camaradería entre los entusiastas de la aviación. Los aeródromos recreativos también son más asequibles en términos de tasas de aterrizaje y estacionamiento. Por último, brindan mayor libertad para realizar maniobras y prácticas de vuelo, lo que mejora las habilidades de los pilotos y promueve la diversidad en la elección de aeronaves.

El problema que se resuelve en este documento es aumentar la cantidad de aeródromos de carácter recreativo en una zona concreta en la que no existen muchos. Además, se investiga el mejor lugar de construcción del aeródromo y se mencionan otras zonas de características similares que pueden ser de gran interés a la hora de diseñar una infraestructura similar en un futuro.

A lo largo de este documento se ven diversas características de interés respecto a la zona de estudio. Estas características se representan de manera visual y fácil de entender con el objetivo de servir como material de apoyo o referencia en futuras investigaciones.



## 1.2 OBJETIVOS

A la hora de desarrollar un proyecto de aeródromo, uno de los principales factores que determinan la evolución de éste es la localización donde se va a llevar a cabo. En este documento, se abordan los factores clave que deben ser considerados al seleccionar la ubicación ideal para un aeródromo recreativo. Además, se realiza un diseño general del aeródromo, teniendo en cuenta las conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis de localización.

La elección adecuada de la ubicación de un aeródromo es fundamental para garantizar su funcionalidad y éxito a largo plazo. Es por ello que se ha tenido en cuenta una serie de criterios y consideraciones que permiten identificar la posición óptima para éste. Entre los aspectos estudiados se encuentran:

- Estudio geográfico: se ha examinado la geografía de las regiones de interés, topografía, los cuerpos de agua cercanos, la vegetación y cualquier otro elemento que pueda influir en la selección de la ubicación. Además, se ha tenido en cuenta la pendiente debido a la necesidad de realizar trabajos de nivelación o adaptación.
- Evaluación de accesibilidad: se han estudiado las vías de acceso existentes, para evaluar su idoneidad y capacidad de soportar el flujo de tráfico del aeródromo. Además, se han tenido en consideración aspectos como la proximidad a centros urbanos más importantes con el fin de garantizar una conexión conveniente para los usuarios.
- Condiciones meteorológicas: Se han examinado las condiciones climáticas predominantes en la zona de interés, tales como la dirección y velocidad del viento y las precipitaciones. Estos factores son importantes a la hora de diseñar un aeródromo.
- Restricciones legales y normativas: Se han tenido en cuenta en todo momento las regulaciones locales y nacionales en referencia a aeródromos recreativos. Esto incluye aspectos como las restricciones de altura de los edificios cercanos, los límites de ruido permitidos, la protección del entorno natural y cualquier otro requisito legal que deba cumplirse.



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

Una vez completado el análisis de la localización, se ha diseñado de manera general el aeródromo. El diseño incluye la disposición de la pista de aterrizaje, las calles de rodaje, la plataforma de estacionamiento de aeronaves, así como las instalaciones auxiliares necesarias. Asimismo, se han tenido en cuenta la información obtenida durante el estudio para determinar la orientación óptima del aeródromo.

## ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

### 1.3 ESTUDIO DE NECESIDADES, FACTORES A CONSIDERAR: LIMITACIONES Y CONDICIONANTES

Los aeródromos juegan un papel importante a la hora de facilitar el transporte y almacenamiento de aeronaves. Actualmente, España cuenta con 62 aeródromos distribuidos a lo largo de todo su territorio. Cada uno de ellos ha sido diseñado específicamente para cumplir los requerimientos de la zona en la que están. Así pues, en España hay zonas en las que hay más infraestructuras aéreas que en otras. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo se centrará en aquellas zonas en las que no hay tantas infraestructuras y donde el aeródromo pueda ser aprovechado lo máximo posible.

Las zonas susceptibles de este estudio pueden verse resaltadas en la figura 1.

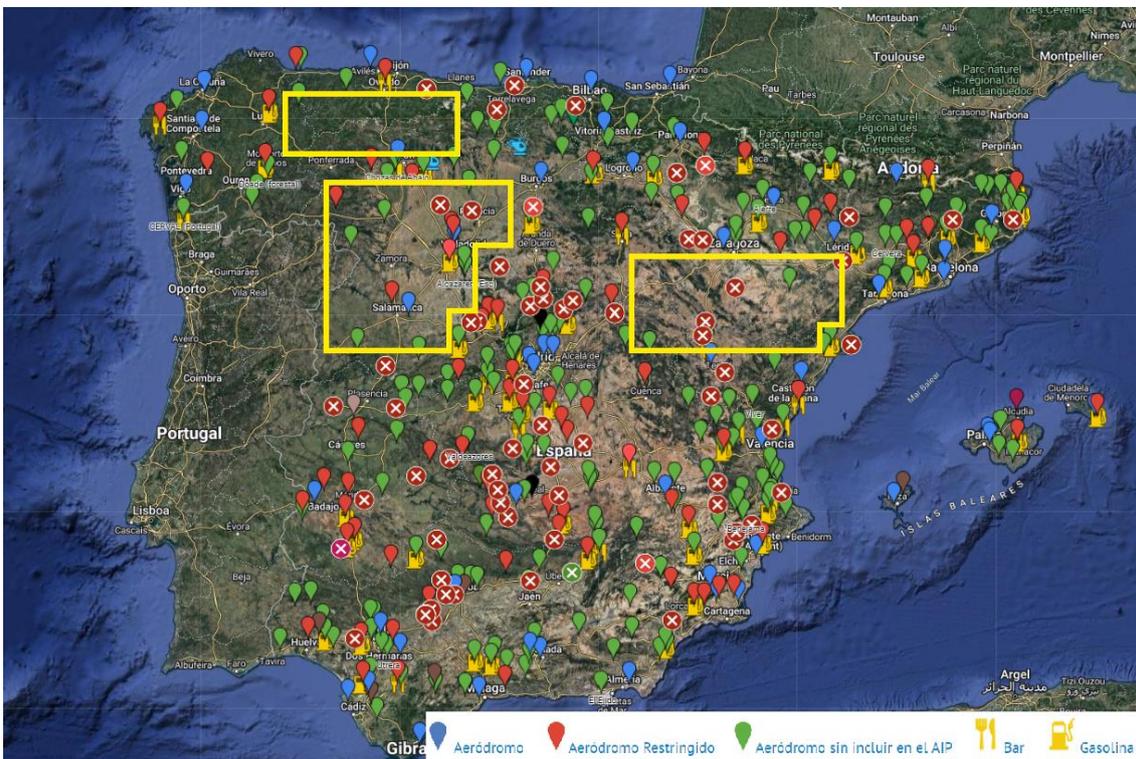


Figura 1: Mapa de aeródromos en territorio español.



## ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

Tras tener en cuenta los factores de la orografía de las zonas, que pueden llegar a ser las principales razones por las que la construcción de una pista de aterrizaje sea mucho más costosa de lo que se espera, además de que las zonas montañosas son más difíciles de transitar y cuentan con menor población cercana, se ha decidido realizar el estudio sobre los territorios de: Valladolid, Palencia, Salamanca y Zamora.



## **1.4 PLANTEAMIENTO SOLUCIONES ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA**

En la investigación, es posible considerar una variedad de factores al momento de analizar una determinada zona, tales como las necesidades específicas de la región, su ubicación geográfica, el impacto del turismo en la zona y las infraestructuras ya existentes, entre otros. En este caso particular, se ha optado por llevar a cabo un análisis basado en la información geográfica de la zona. Este enfoque presenta varias ventajas destacables: en primer lugar, permite tener en cuenta una amplia gama de factores, como los mencionados anteriormente. Además, ofrece la posibilidad de ponderar cada uno de estos factores según los intereses de la entidad involucrada en el desarrollo del proyecto del aeródromo. Por último, brinda una facilidad visual que resulta fundamental a la hora de comprender y analizar cada uno de los factores mencionados. En consecuencia, se trata de una solución altamente visual y de fácil interpretación, accesible para cualquier tipo de público interesado.



## **1.5 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA**

Para llevar a cabo el estudio se ha empleado el software ArcGIS, dentro del campo de los Sistemas de Información Geográfica.

Para ello se ha empleado la herramienta ArcMap (véase 1.7 Anexo) para crear y trabajar con mapas y capas de información. Esto permite la gestión y organización de los datos geográficos de manera eficiente e intuitiva.

El software posibilita la creación de mapas temáticos, análisis de redes, modelado espacial y gestión de bases de datos geográficas. Por lo tanto, se ha empleado para realizar mediciones precisas, aplicar simbología personalizada y utilizar análisis espaciales para la toma de decisiones que conlleva este estudio.

En primer lugar, se han implementado en el software los datos geográficos necesarios para el estudio, los cuales han sido descargados del Centro Nacional de la Información Geográfica del Instituto Geográfico Nacional, el Instituto de Desarrollo Económico de Castilla y León, y Geofabrik.

Con los datos extraídos se han aplicado los filtros deseados y la simbología óptima para el estudio. A continuación, se les han asignado valores numéricos en función de si son factores que favorecen al aeródromo o, por el contrario, si son problemáticos. Una vez asignados los valores, se han superpuesto (multiplicación y suma matemática de los valores anteriores) todas las capas obteniendo así la mejor solución posible.

A continuación, se exponen todas las capas que se han empleado para este estudio junto al valor que se les ha asignado. En el apartado de cálculos se exponen de manera junta todos los valores de cada una de ellas y la solución final.



## ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

### 1.5.1 MAPA DE PROVINCIAS

Las provincias que se han estudiado son: Palencia, Valladolid, Zamora y Salamanca. No se ha tenido en cuenta la provincia de León porque ya dispone de muchos aeródromos en comparación al resto de provincias del Oeste de la comunidad autónoma.

Esta capa sirve para delimitar los límites de estudio. Desde un principio se ha tomado todo el territorio como posible solución.

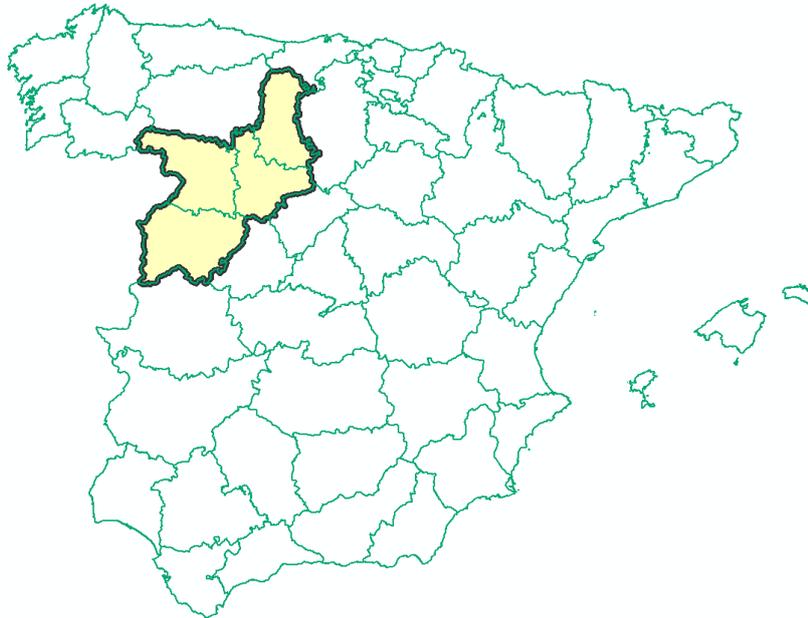


Figura 2: Mapa de la zona de estudio de este trabajo.

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

### 1.5.2 SISTEMA DE CARRETERAS

En esta sección se han marcado las zonas que están cerca de una carretera, carretera nacional o autovía. Concretamente se han resaltado las carreteras y un área de 3 kilómetros (verde oscuro) y 1.5 kilómetros (verde claro) alrededor de ellas.

Mediante este criterio, se busca garantizar que el aeródromo sea accesible en coche. La solución que se busca estará dentro de alguna de las zonas marcadas.

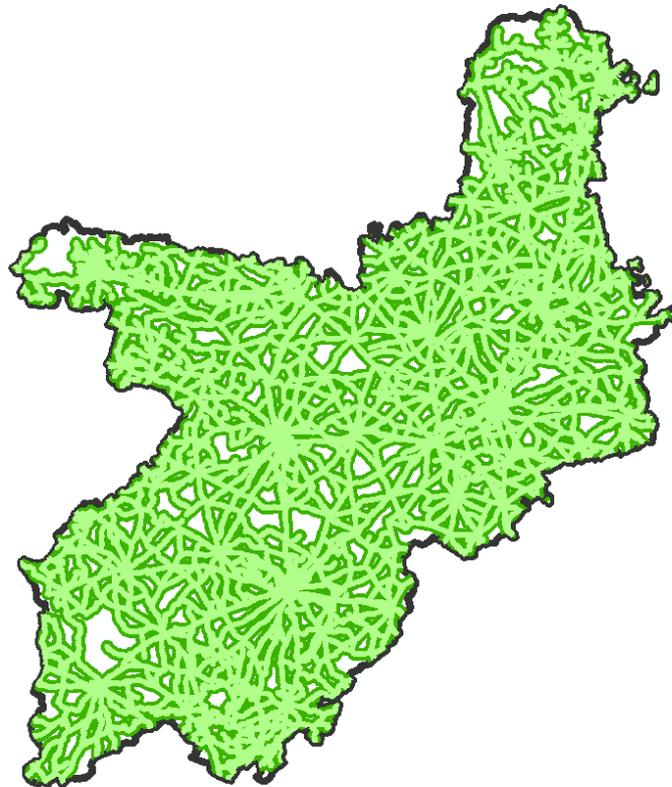


Figura 3: Mapa de carreteras del territorio estudiado.

Elemento	Valores	Explicación
Carreteras (1.5 km)	2	Si dispone de carreteras cercanas es más accesible.
Carreteras (3 km)	1	Misma razón que el anterior, pero con menos relevancia.
Carreteras (más de 3 km)	0	No está accesible. Hay que construir nuevas carreteras.

Tabla 1: Valores asignados a las carreteras.

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

### 1.5.3 SERVIDUMBRE AERONÁUTICA

En esta sección se han identificado todos los lugares de servidumbre aeronáutica y se han establecido dos áreas de radio 15 kilómetros (marcada en azul) y 25 kilómetros (marcada en verde), alrededor de los mismos.

El propósito de estas medidas es, en primer lugar, satisfacer el requisito de una distancia mínima de 15 kilómetros entre aeródromos. Además, se debe tener en consideración que, a mayor distancia de otros aeródromos, mayor relevancia podría adquirir el nuevo aeródromo, por lo tanto, es un factor que añade valor.

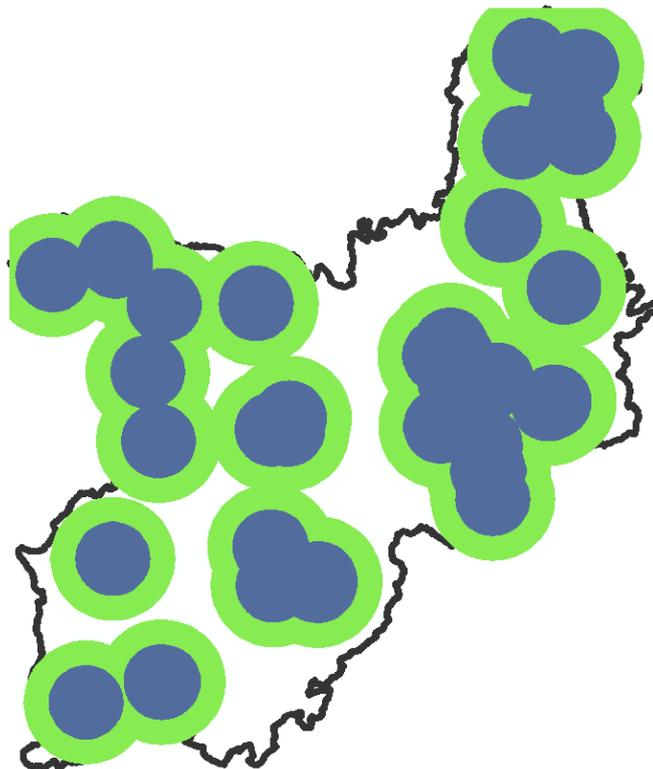


Figura 4: Mapa de servidumbres aeronáuticas cercanas.

Elemento	Valores	Explicación
Aeródromos (15 km)	0	No es correcto dentro de otra servidumbre.
Aeródromos (25 km)	1	Está fuera de las servidumbres aeronáuticas.
Aeródromos (más de 25km)	2	Está fuera de servidumbres y alejado de otros aeródromos.

Tabla 2: Valores asignados las zonas de servidumbres aeronáuticas.

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

### 1.5.4 POBLACIONES

En este apartado, es necesario considerar dos factores de suma importancia. En primer lugar, se debe garantizar que el aeródromo se encuentre a una distancia adecuada de los núcleos de población, con el fin de evitar la contaminación acústica. En segundo lugar, se busca identificar la ubicación más cercana a las ciudades, ya que, debido a su carácter recreativo, es más probable que los usuarios residan en áreas urbanas en lugar de pequeños poblados.

En la figura 5 se representa en rojo los núcleos de población con más de 1000 habitantes, y en verde se muestra un área de 1 kilómetro alrededor de cada uno de ellos, el objetivo de esta separación es evitar que el aeródromo se construya justo al lado de una casa. La razón por la que se han marcado solo los poblados de más de 1000 habitantes es porque la zona de estudio está llena de pequeños pueblos, aldeas y poblados fantasma. De todas formas, la solución final no coincide con ninguno de estos poblados.

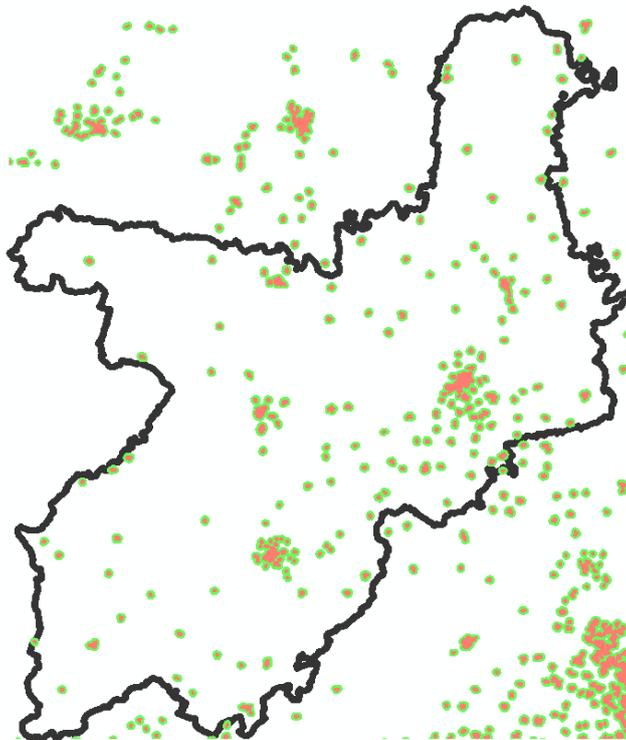


Figura 5: Mapa de localidades con más de 1000 habitantes.



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

Elemento	Valores	Explicación
Poblados	0	No se puede construir en un poblado.
Poblados (fuera de poblado)	2	Es un lugar de interés.

Tabla 3: Valores asignados a los núcleos poblacionales.

En la figura 6, se presentan las principales poblaciones (más de 15000 habitantes), y cada área que las rodea indica una distancia de 16.6 kilómetros, es decir, la distancia que se puede recorrer en 10 minutos en coche a 100 kilómetros por hora desde la ciudad. De este modo, el área en color granate indica que esa zona se encuentra a 10 minutos de la ciudad, la zona morada a 20 minutos y la zona verde a 30 minutos.

El objetivo de esta capa es puramente complementario, es decir, no es un factor imprescindible a la hora de seleccionar la zona para el aeródromo. Sin embargo, debido a que es un aeródromo de carácter recreativo, se ha tenido en cuenta que los usuarios de éste puedan encontrar más accesible el aeródromo si está cerca de su ciudad. Así pues, se han observado qué ciudades son las más pobladas y qué distancia hay desde ellas en coche.

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

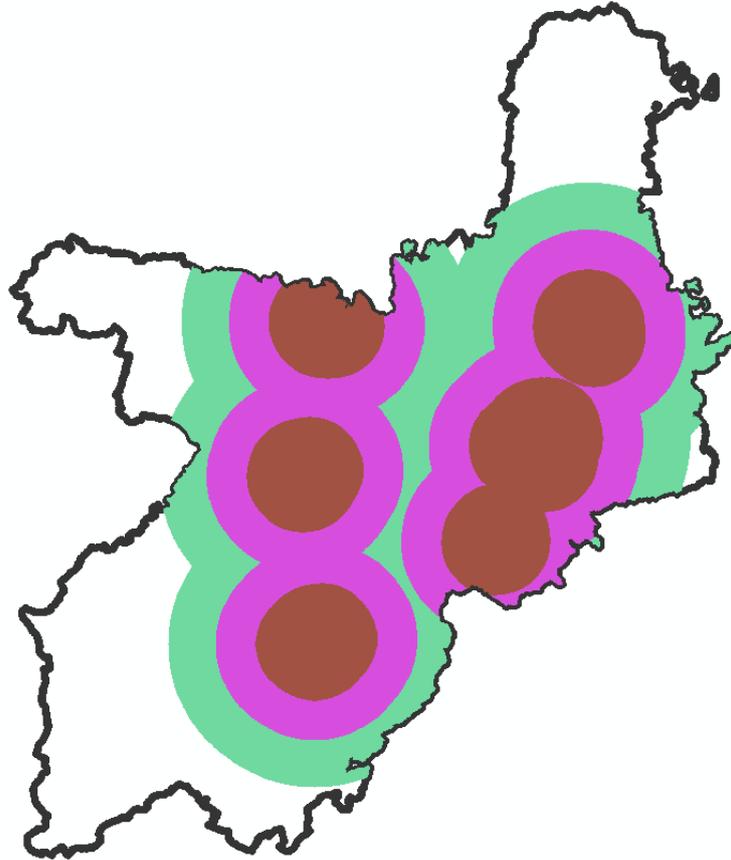


Figura 6: Mapa de cercanía a los mayores núcleos poblacionales.

Elemento	Valores	Explicación
Ciudades (10 minutos)	3	Está cerca de una ciudad.
Ciudades (20 minutos)	2	Está relativamente cerca de una ciudad.
Ciudades (30 minutos)	1	Está a una distancia no muy lejana de una ciudad.

Tabla 4: Valores asignados a los núcleo poblacionales más grandes.

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

### 1.5.5 SUELO DE CARÁCTER EDIFICABLE

En esta sección se presentan las zonas que permiten la construcción de un aeródromo, mientras que las demás áreas que no cumplen con los requisitos han sido excluidas del estudio. Concretamente se ha seleccionado el suelo rústico común.

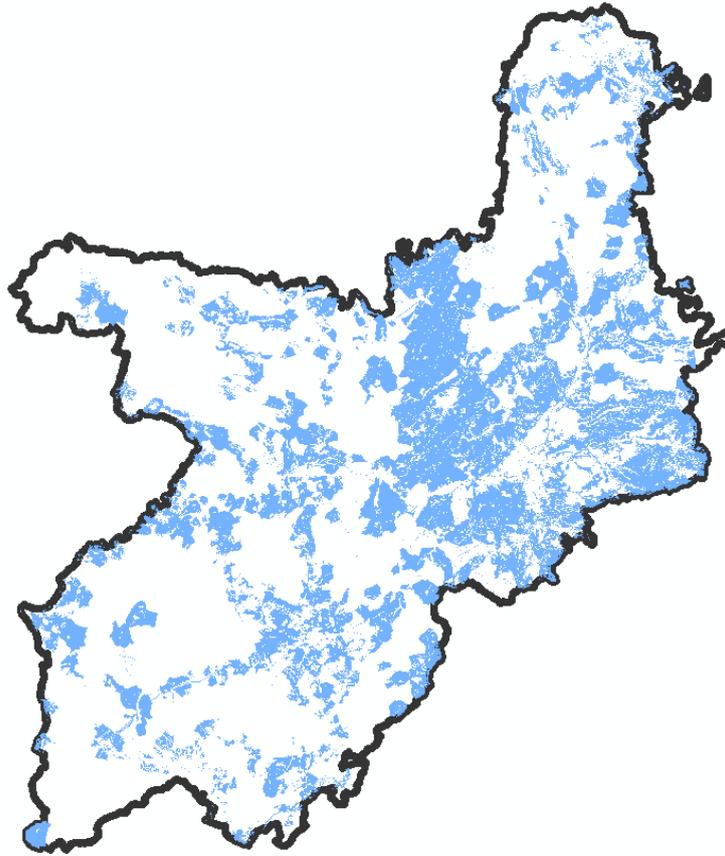


Figura 7: Mapa del suelo edificable de interés.

Elemento	Valores	Explicación
Suelo edificable	1	Se puede utilizar.
Suelo no edificable	0	No se puede utilizar.

Tabla 5: Valores asignados al suelo de interés.

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

### 1.5.6 RED NATURA

Aunque no implican grandes áreas, se ha tenido en cuenta la existencia de zonas naturales protegidas sobre las que no se puede edificar y donde se recomienda no volar con frecuencia. La Red Natura incluye los LIC (lugares de Importancia Comunitaria), ZEC (Zona Especial de Conservación) y ZEPAS (Zonas de Especial Protección para las Aves).

Estas zonas están marcadas en la figura 8 en color verde. Por lo tanto, todas las zonas marcadas en verde han sido eliminadas del estudio.

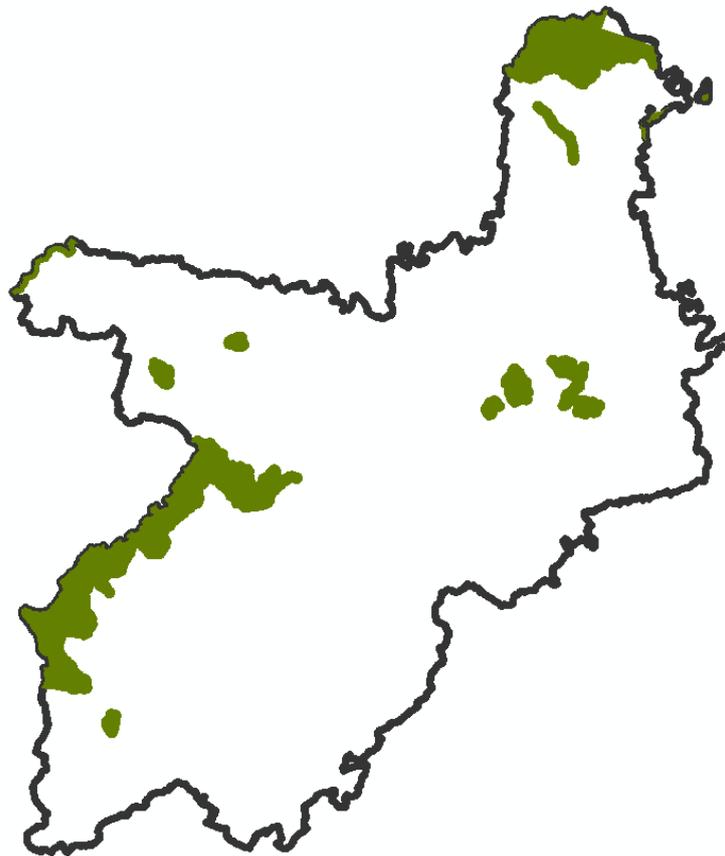


Figura 8: Mapa de las zonas protegidas por la Red Natura.

Elemento	Valores	Explicación
Red Natura (zona protegida)	0	No es posible edificar.
Red nNtura (otro)	1	Es correcto edificar.

Tabla 6: Valores asignados a la Red Natura.

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

### 1.5.7 RÍOS Y ZONAS DE PELIGRO DE INUNDACIONES

Los ríos también son zonas con las que se ha de tener cuidado porque es muy costoso cambiar el cauce de éstos, además, son zonas con mayor peligro por inundación, por lo tanto, no es conveniente construir en ellos ni sus cercanías. Así pues, se deben evitar. En la figura 9 están marcados en color azul y se han evitado en el cálculo final.

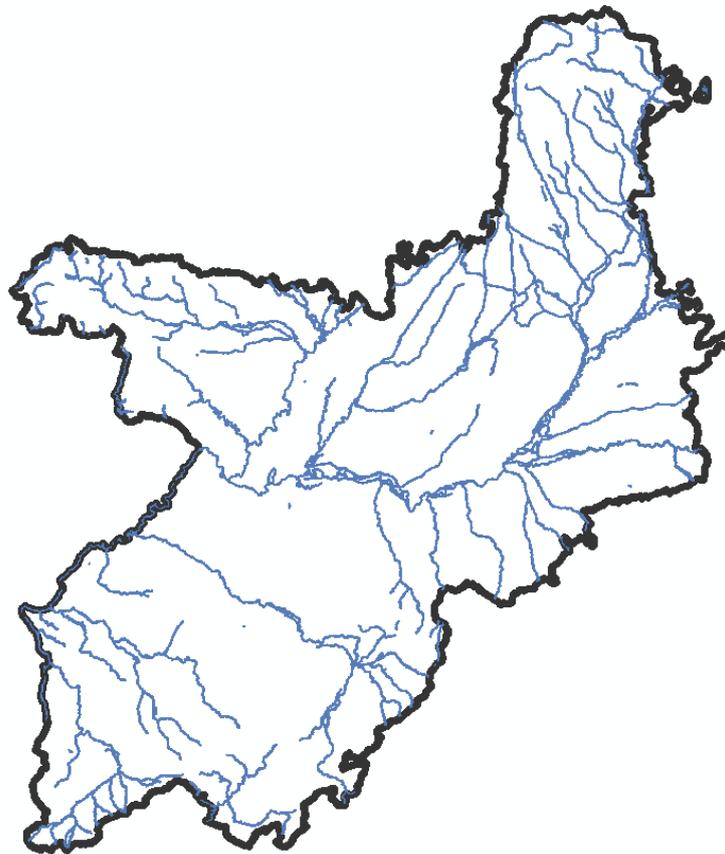


Figura 9: Mapa de los ríos y zonas de peligro por inundación.

Elemento	Valores	Explicación
Ríos (zonas inundables)	0	Zonas a evitar.
Ríos (otro)	1	Zonas correctas.

Tabla 7: Valores asignados a las zonas de ríos y peligro de inundaciones.

## ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

### 1.5.8 ZONAS DE PELIGROSIDAD SÍSMICA

Es fundamental evitar todas las zonas con historial sísmico. La zona de estudio no tiene gran historial sísmico, sin embargo, con el objetivo de buscar más factores y precisión a la hora de realizar el estudio, se han marcado algunas de las zonas con valores más altos que el promedio de la zona deseada. En la figura 10 se han marcado en rojo las zonas a evitar por esta razón.

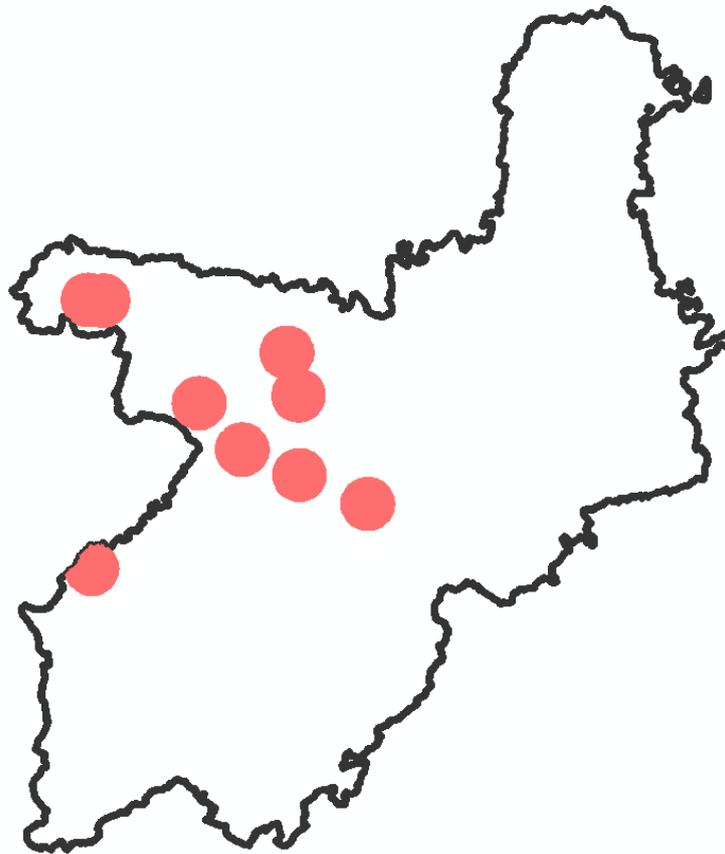


Figura 10: Mapa de las zonas con mayor historial sísmico.

Elemento	Valores	Explicación
Seísmos (zonas sísmicas)	0	Zonas a evitar.
Seísmos (otro)	1	Zonas correctas.

Tabla 8: Valores asignados a las zonas de peligrosidad sísmica.

## ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

### 1.5.9 PENDIENTE DEL TERRENO

Uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de elegir la posición de un nuevo aeródromo es la pendiente del terreno. Se han localizado zonas cuya pendiente no difiera demasiado de las permitidas longitudinalmente en la pista para evitar costes excesivos en el movimiento de tierras en la ejecución del proyecto. Así pues, en la figura 11 se puede ver en rojo aquellas zonas con pendientes mayores al 2%, en amarillo las que están entre 1%-2% y en azul las que tienen menos del 1. Para este estudio no se han tenido en cuenta las zonas de mayor pendiente a estas.

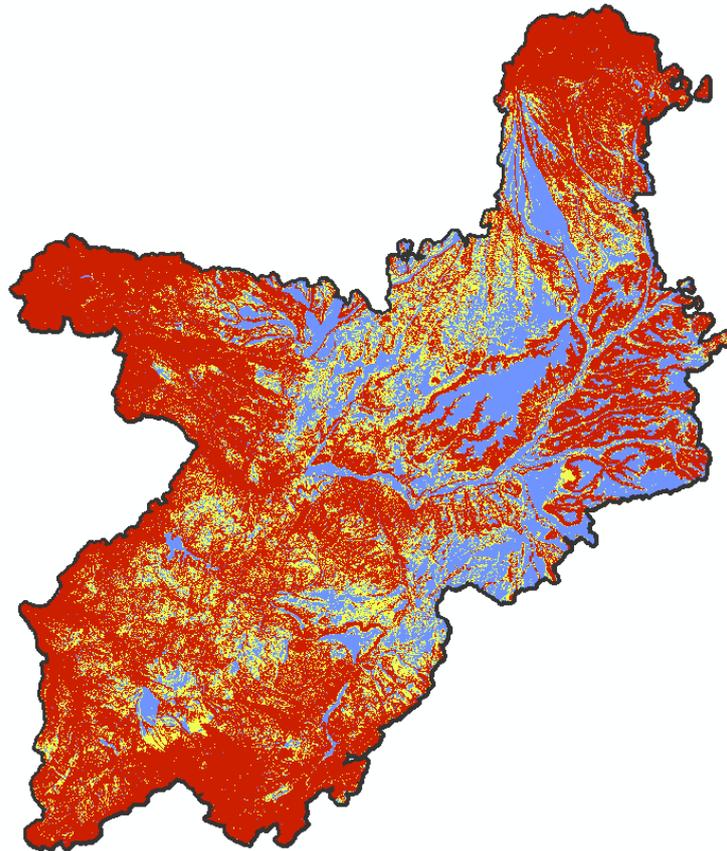


Figura 11: Mapa de pendientes del terreno de estudio.

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

Elemento	Valores	Explicación
Pendiente (>2%)	0	Zonas no favorables.
Pendiente (>1%)	1	Zonas favorables.
Pendiente (<1%)	2	Zonas muy favorables.

Tabla 9: Valores asignados a las pendientes.

Para la obtención de los resultados mostrados en la figura 11, en primer lugar, se ha descargado un modelo digital del terreno (MDT). Éste contiene un mapa de alturas de la zona de interés. A continuación, se ha creado un mapa de pendientes a partir del MDT, éste está representado en la figura 12 y muestra los cambios de pendiente en la zona de estudio. Una vez conocidos los valores, se ha creado una capa *raster* donde se han subdividido en 3 secciones: mayores de 2% de pendiente, mayores de 1% de pendiente y menores de 1% de pendiente, como se ha explicado anteriormente.

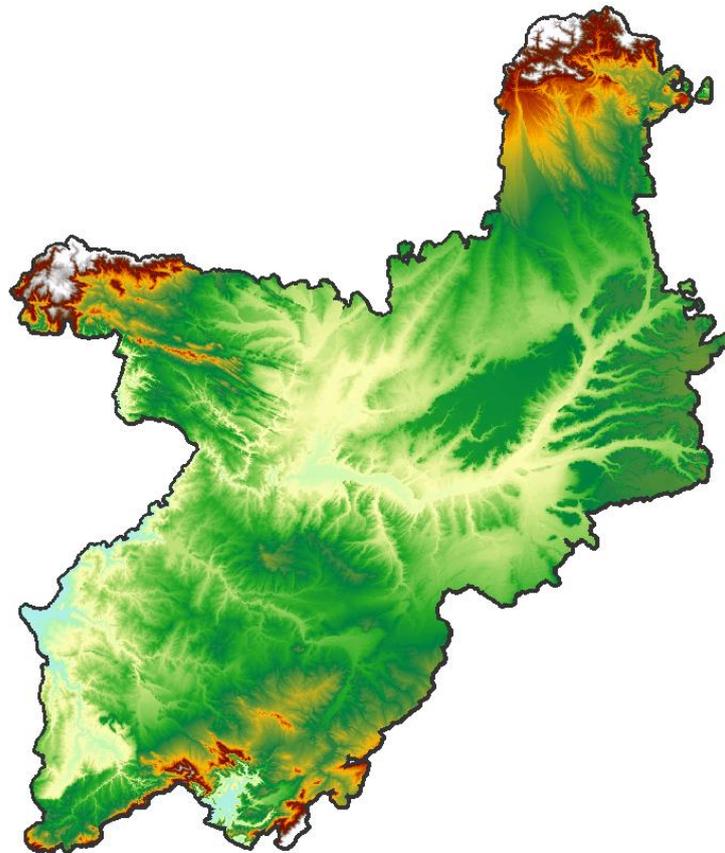


Figura 12: Modelo digital del terreno de la zona de estudio.



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

### 1.5.10 DISEÑO DEL AERÓDROMO

El diseño del aeródromo no es el tema principal a estudiar en este trabajo, ya que solo el diseño sería suficiente para un estudio completo, sin embargo, se ha diseñado de manera general el aeródromo en cuestión. El objetivo de este apartado es conocer las dimensiones finales de la infraestructura a estudiar y comprobar que puede ser construida en la zona seleccionada. En los siguientes apartados se exponen los criterios que se han seguido a la hora de diseñar la forma general del aeródromo.

#### Avión de referencia

Para el cálculo y diseño del aeródromo, en primer lugar, se ha definido el avión de referencia. Éste es un modelo en concreto de avión que representa la típica aeronave que va a usarse en el aeródromo.

El principal objetivo de establecer una aeronave de referencia es que el diseño realizado sea lo más adecuado a la hora de mantener el tráfico previsto. Gracias a las características de la aeronave, tales como velocidad de despegue, peso, tamaño y rendimiento, se pueden calcular las longitudes de pista deseadas, calles de rodaje, zonas de seguridad... que se pueden apreciar a continuación.

El avión de referencia escogido para este caso es un Cessna 172. Las razones de esta elección son: es una de las avionetas más empleadas a la hora de entrenar nuevos pilotos y tiene unas características determinadas que la hacen fácil de pilotar y adecuada para los aeródromos pequeños. Estas características vienen expuestas a continuación y se han empleado para los cálculos.

Las características del Cessna 172 útiles para el diseño del aeródromo son:

Características	
Capacidad	3 pasajeros
Longitud	8.28 metros
Envergadura	11 metros
Altura	2.72 metros

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

Peso vacío	743 kg
Peso máximo en despegue	1110 kg
Distancia despegue	516.92 metros

Tabla 10: Características del avión de referencia.

En la figura 13 se puede ver más detalladamente las dimensiones del avión de referencia estudiado.

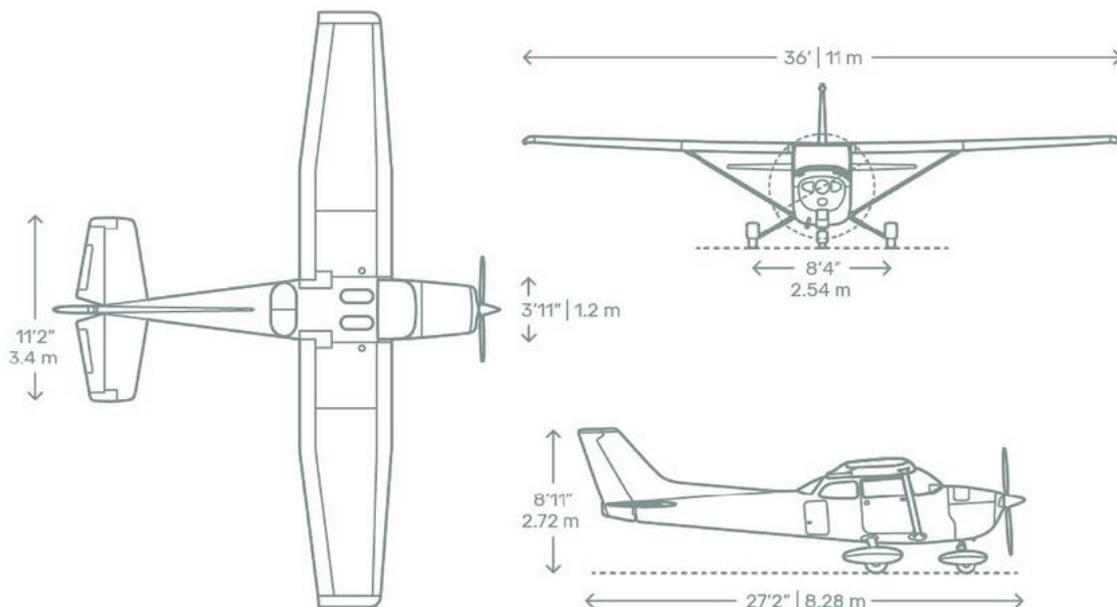


Figura 13: Planos y dimensiones del avión de referencia elegido.

Viendo que la envergadura del avión de referencia es de 11 metros y la distancia de despegue es menor de 800 metros, el código de referencia aeroportuario para este caso es el 1A. (Véase 1.7 Anexos para cálculo más detallado)

### Número y orientación de la pista

La orientación de la pista es de vital importancia debido a que los pilotos necesitan conocerla para planificar su ruta de vuelo y aproximaciones. Además, es fundamental conocer las direcciones de los vientos predominantes en la zona para poder

## ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

despegar y aterrizar con mayor eficacia. En este apartado se han observado desde dos puntos de vista diferentes las direcciones predominantes de los vientos y se ha decidido la orientación óptima.

La fuente consultada para conocer las direcciones ha sido la rosa de los vientos. Ésta se ha obtenido con la suma de cada uno de los vientos en cada una de las direcciones. Se han empleado los datos de Palencia porque es la estación meteorológica más cercana a la zona de estudio.

Como se puede ver en las figuras 13 y 14, los vientos predominantes son NNE, NE y SW. Así pues, la orientación de la pista debe ser de 40 y 40+180 grados de orientación.

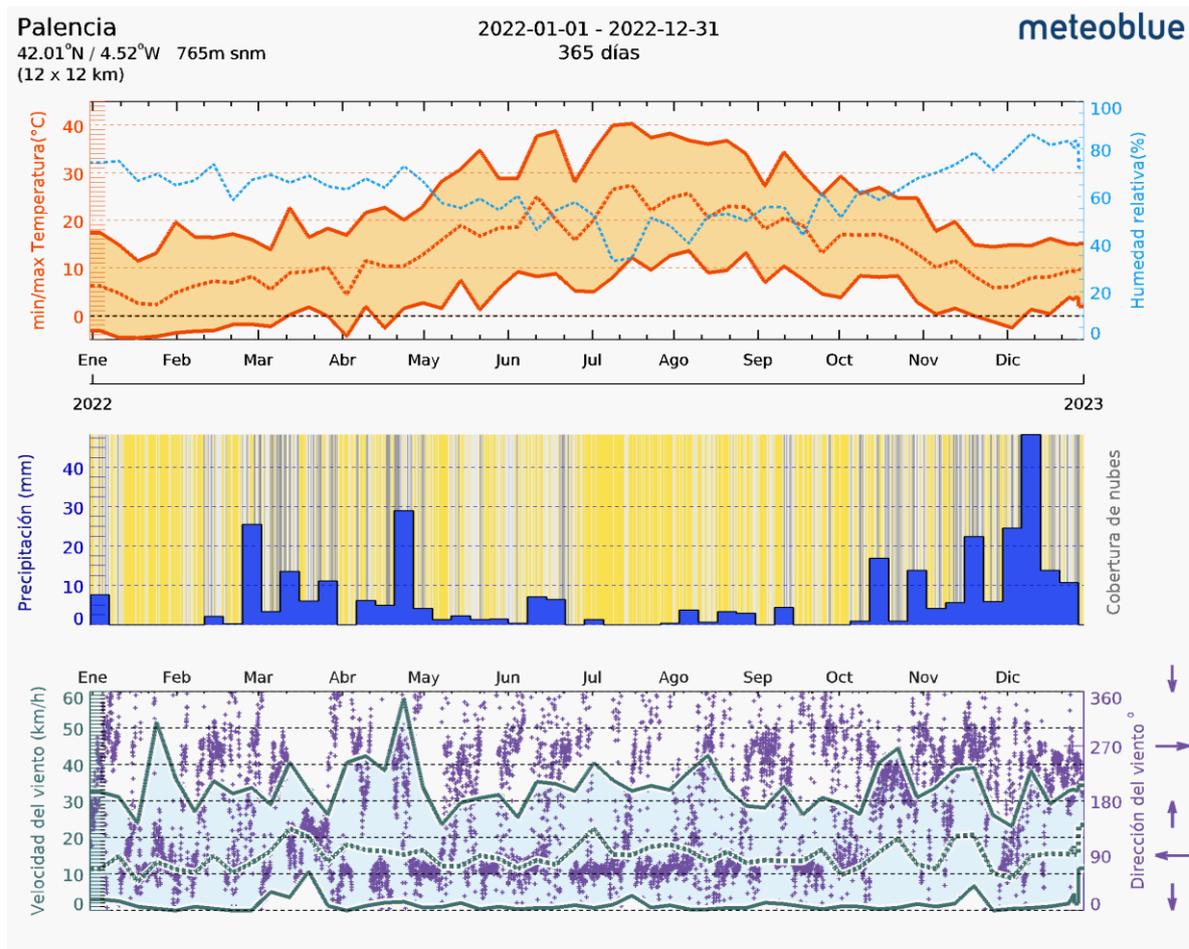


Figura 14: Valores de dirección del viento en Palencia.

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

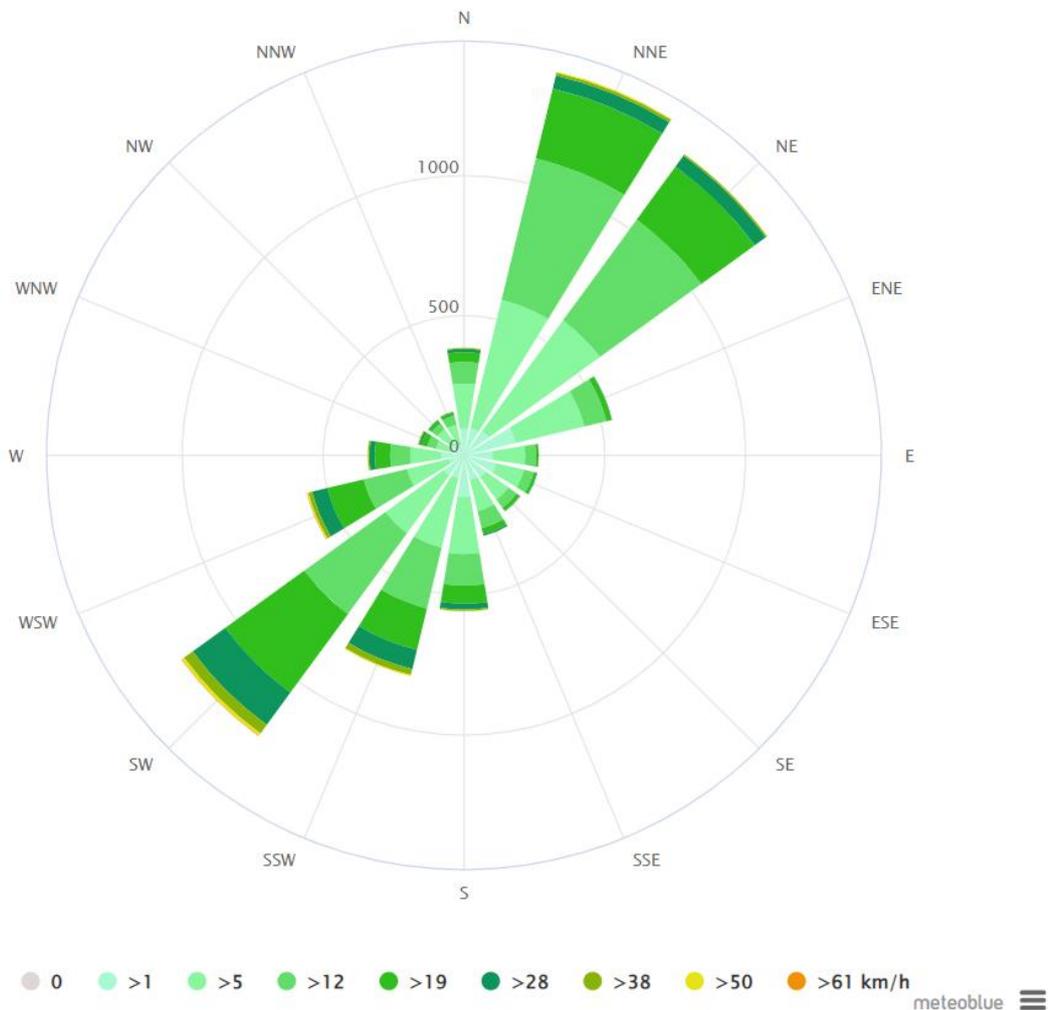


Figura 15: Rosa de los vientos en la zona de Palencia.

### Longitud y anchura de la pista

La longitud máxima para el código del aeródromo que se está diseñando es de 800 metros, por lo tanto, observando que la distancia mínima de despegue en el peor de los casos es menor que ésta, se ha escogido esta longitud para la pista. Así mismo, la anchura mínima de la pista para el mismo código es de 18 metros y la máxima de 30. En este caso, dándose que es un aeródromo recreativo y es posible que los pilotos no



## ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

dispongan de tanta experiencia en los vuelos, se ha decidido que la anchura sea de 30 metros para facilitar los aterrizajes y despegues.

### **Pendientes longitudinales de la pista**

En este apartado, y a lo largo del documento se mencionan las pendientes de las partes involucradas. Este dato es puramente informativo pues no queda reflejado en el diseño del aeródromo, como se puede ver en la figura 16.

La pendiente de la pista para el código de aeródromo 1A no debe exceder el 2%. En este caso, es importante mencionar que ya se ha tenido en cuenta este factor y la zona a estudiar tiene una pendiente de 1%.

### **Pendientes transversales de la pista**

Como se ha mencionado anteriormente, las pendientes transversales también son de vital importancia, sin embargo, no están representadas en la figura 16.

En este caso la pendiente de la pista recomendada para la evacuación del agua es del 2%, por lo que hay que aumentar la pendiente transversal de manera simétrica al eje de la pista.



Figura 16: Pista de 800 metros de longitud y 30 de anchura.

### **Plataforma de viraje**

Las plataformas de viraje son de vital importancia ya que mejoran la eficiencia operativa de las pistas de aterrizaje, reducen la congestión, aumentan la seguridad operativa ya que permiten evitar colisiones y reducen la cantidad de combustible que se



## ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

emplea para el desplazamiento por tierra. En este caso, se ha decidido implementar una a cada uno de los extremos de la pista

Debido a que se ha decidido no diseñar una calle de rodaje en los extremos de la pista para reducir el espacio, se ha añadido plataformas de viraje con las correspondientes pendientes (expuestas en el anterior punto).

Las dimensiones de las plataformas de viraje son las suficientes para permitir que la aeronave de referencia pueda utilizarlas para girar 180 grados. Sin embargo, el cálculo de éstas queda fuera de este estudio. Las plataformas aproximadas son las representadas en la figura 17.

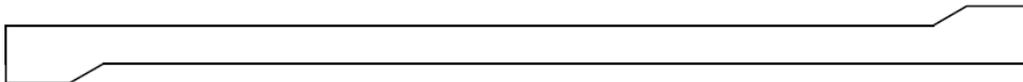


Figura 17: Pista con plataformas de viraje.

### **Franjas de la pista**

Las franjas son áreas que rodean las pistas de los aeródromos para garantizar la seguridad de las operaciones y minimizar los riesgos asociados con el despegue y aterrizaje de las aeronaves. Actúan como áreas libres de obstáculos, mitigando riesgos, protegiendo contra posibles invasiones no autorizadas y aportando una referencia visual para los pilotos.

En este caso, teniendo en cuenta el código del aeródromo, la pista y cualquier zona asociada de parada estarán comprendidas dentro de una franja de 30 metros que se extiende desde el umbral ya que es la distancia mínima para un número clave 1 con vuelo visual. La anchura de las franjas para el mismo número es de 30 metros. Se puede observar la franja en la figura 18 representada con una línea verde discontinua.

## ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

### Pendientes longitudinales de las franjas

La pendiente longitudinal será como máximo del 2% y la transversal del 3%.



Figura 18: Pista con franjas.

### Áreas de seguridad de extremo de pista

El área de seguridad de extremo de pista (conocida también como RESA, por sus siglas en inglés: Runway End Safety Area) es una zona despegada que está situada al final de la pista de aterrizaje del aeródromo. El objetivo principal de ésta es aportar una zona extra de seguridad en los casos de que una aeronave no pueda detenerse a tiempo.

El área de seguridad de extremo de pista, para el código de aeródromo estudiado será de 30 metros de longitud y se extenderá desde el extremo de la franja y su anchura será al menos igual al doble de la anchura de la pista. En este caso se ha tomado la misma anchura que la franja. Se puede observar el área de seguridad de extremo de pista en la figura 19 representada con una línea roja discontinua.

### Zona de parada

La anchura de la zona de parada será de 30 metros, al igual que la pista.



Figura 19: Pista con zonas de seguridad.



## ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

### Calles de rodaje

Las calles de rodaje son vías de circulación en los aeródromos que permiten conectar la pista con las zonas de estacionamiento de aeronaves, hangares, terminales u otras instalaciones. La función principal de las calles de rodaje es permitir el movimiento seguro y eficiente de las aeronaves en tierra, facilitando la conectividad entre pista y áreas de estacionamiento.

Se ha diseñado el aeródromo con 2 calles de rodaje situadas en un lado de la pista de manera simétrica. La anchura de éstas es la suficiente para dejar una distancia libre entre el tren principal de la aeronave y el borde de la calle de al menos 1.5 metros. En el caso del avión de diseño, la anchura de las calles de rodaje que se ha decidido usar es de 15 metros ya con este valor se supera el valor mínimo para la letra clave A (7.5 metros) y se pueden eliminar los problemas relacionados con las distancias mínimas libres entre ruedas en las uniones entre calle de rodaje y otra zona. En la figura 20 se pueden ver representadas las 2 calles de rodaje.

### Pendientes de las calles de rodaje

En el caso longitudinal la pendiente será la misma que la pista. En el caso de las transversales será del 2% por los motivos expuestos anteriormente.

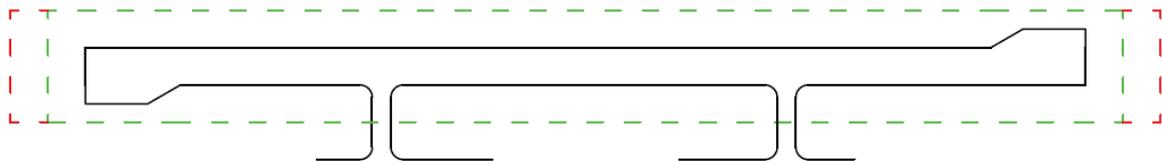


Figura 20: Pista con calles de rodaje.

### Dibujo del aeródromo

Finalmente, se han añadido también tres zonas en color negro, éstas representan la terminal, la central eléctrica y la torre. Además, junto a las calles de rodaje se ha dispuesto una zona de grandes dimensiones para la espera y almacenamiento de las

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

aeronaves. Las dimensiones de esta zona son grandes debido a que es un diseño genérico y pueden abarcar también hangares u otro tipo de edificio.

Así pues, el aeródromo, de manera general se puede observar en la figura 21.

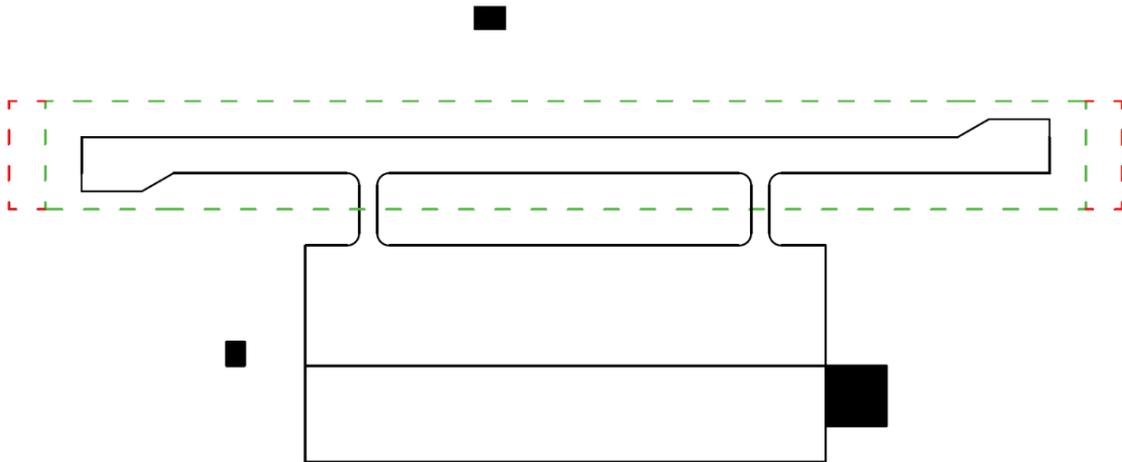


Figura 21: Aeródromo general.



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

## 1.6 CÁLCULO

En este apartado se lleva a cabo el cálculo y la obtención de las mejores zonas para la construcción del aeródromo.

Para el cálculo del estudio primero se han asignado valores a cada una de las zonas marcadas en las capas expuestas anteriormente. En la tabla 10 se pueden ver recopilados los valores asignados y la explicación de por qué se han escogidos. Con estos datos, y mediante la herramienta “Raster calculator” del software ArcGIS se obtiene la solución.

Elemento	Valores	Explicación
Carreteras (1.5 km)	2	Si dispone de carreteras cercanas es más accesible.
Carreteras (3 km)	1	Misma razón que el anterior, pero con menos relevancia.
Carreteras (más de 3 km)	0	No está accesible. Hay que construir nuevas carreteras.
Aeródromos (15 km)	0	No se puede dentro de la servidumbre de otro aeródromo.
Aeródromos (25 km)	1	Está fuera de las servidumbres aeronáuticas.
Aeródromos (más de 25km)	2	Está fuera de servidumbres y alejado de otros aeródromos.
Poblados	0	No se puede construir en un poblado.
Poblados (fuera de poblado)	2	Es un lugar de interés.
Ciudades (10 minutos)	3	Está cerca de una ciudad.
Ciudades (20 minutos)	2	Está relativamente cerca de una ciudad.
Ciudades (30 minutos)	1	Está a una distancia no muy lejana de una ciudad.
Suelo edificable	1	Se puede edificar.
Suelo no edificable	0	No es posible edificar.



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

Red Natura (zona protegida)	0	No es posible edificar.
Red Natura (otro)	1	Es correcto edificar.
Ríos (zonas inundables)	0	Zonas a evitar.
Ríos (otro)	1	Zonas correctas.
Seísmos (zonas sísmicas)	0	Zonas a evitar.
Seísmos (otro)	1	Zonas correctas.
Pendiente (>2%)	0	Zonas a evitar.
Pendiente (>1%)	1	Zonas correctas.
Pendiente (<1%)	2	Zonas muy buenas para trabajar.

Tabla 11: Valores asignados a cada una de las capas.

La fórmula empleada para el cálculo de los resultados es la multiplicación de todas las capas a excepción de las que se refieren a la cercanía a las ciudades, es este caso se han sumado los valores ya que es un factor de comodidad y no decisivo.

Una vez multiplicados los valores se ha obtenido la solución de la figura 22.

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

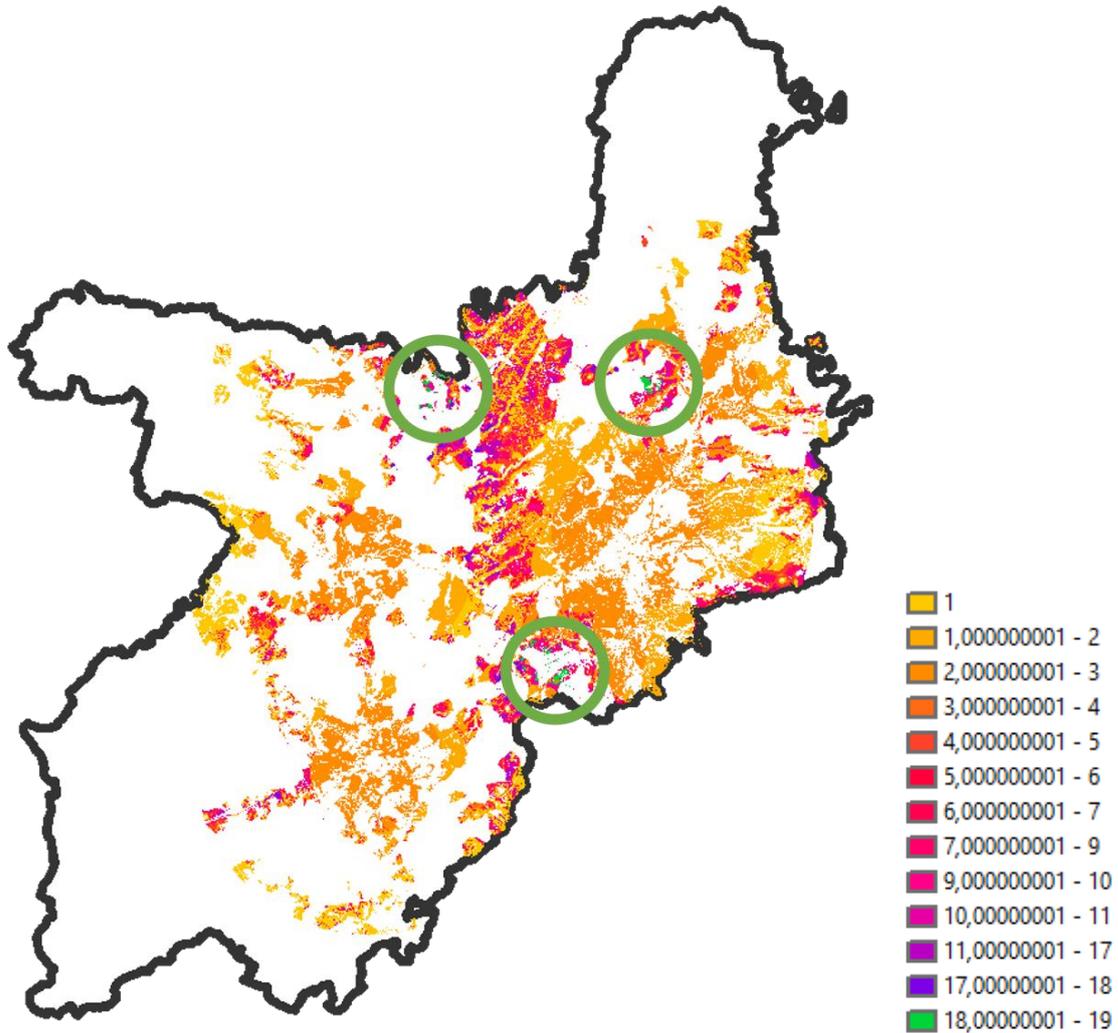


Figura 22: Solución final

Hay varias zonas que cumplen todos los criterios, enmarcadas con un círculo en la figura 22. En este caso se ha escogido la zona que está más al noreste porque de las tres zonas es la más amplia, esto es ventajoso ya que el aeródromo requiere de grandes dimensiones y, a más área más posibilidades existen a la hora de evitar cualquier problema o evitar cruzar con carreteras o zonas de paso que no se hayan tenido en cuenta durante el estudio. En la figura 23 se puede apreciar con mayor precisión la zona seleccionada.

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

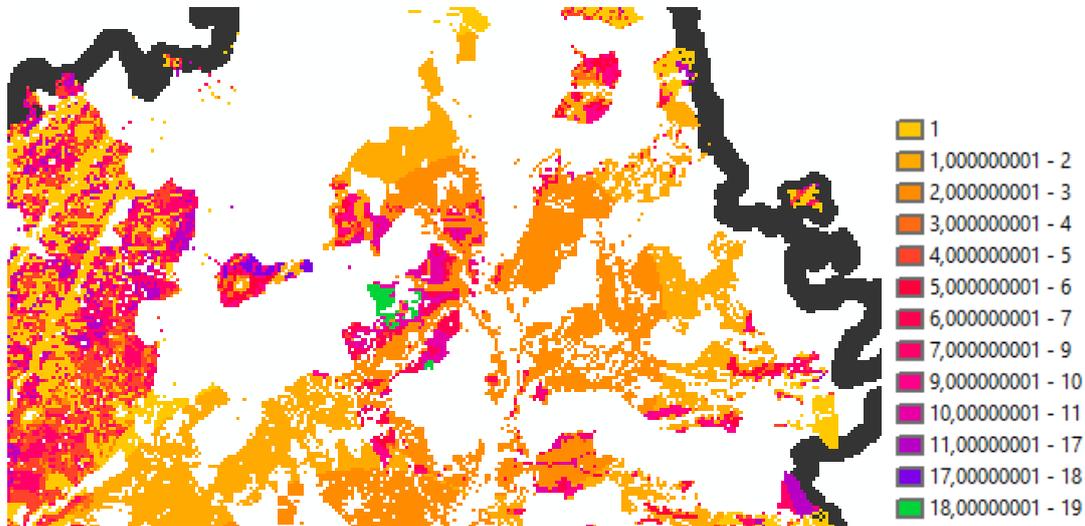


Figura 23: Localización zona elegida

Conocida ya la zona final del estudio. Se ha procedido a descargar la ortofoto del terreno y a trazar (mediante líneas amarillas) como se puede observar en la figura 24 los límites de la zona de interés.

La localidad que se aprecia en la parte suroeste de la figura 24 es Mazariegos, un pequeño poblado de 212 habitantes que hay que evitar en la medida de lo posible a la hora de situar el aeródromo. Esto ha sucedido porque el estudio que contemplaba los poblados y, por consiguiente, evitaba las zonas de éstos, no ha tenido en cuenta aquellos con menos de 500 habitantes. La razón de esta decisión es que el interior de España, concretamente en Castilla y León, hay multitud de aldeas y poblados fantasma que, si se tienen en cuenta en el cálculo, éste tomaría demasiado tiempo. No obstante, la zona delimitada en la figura 24 no coincide prácticamente nada con el poblado, por lo que se puede proceder sin problema.

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN



Figura 24: Ortofoto de la zona final.

Finalmente, se ha añadido el aeródromo diseñado anteriormente dentro de la zona seleccionada. El criterio de selección ha sido buscar qué zonas requieren de menos cambios en el terreno, evitar cortar carreteras y alejarlo del poblado (Mazariegos) cercano. En la figura 24 se puede observar el aeródromo en la esquina superior izquierda.



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

## 1.7 ANEXOS

### Cálculos para el diseño del aeródromo

Para el diseño del aeródromo se han realizado algunos cálculos respecto a la distancia mínima que la aeronave necesita para despegar y aterrizar. Estos cálculos vienen explicados a continuación, además, como se posee el manual de operación de un Cessna 172, se han tenido también en cuenta para comparar.

Para el cálculo mencionado anteriormente se han empleado los siguientes valores de la zona de estudio y avión de referencia:

Nombre	Valor	Fórmula
Altitud de presión (m)	740	
Temperatura de referencia (°C)	28.6	
Pendiente de la pista (%)	0.01	
Longitud de campo de referencia (m)	381	
Temperatura ISA a la altitud (°C)	10.19	$15-6.5*(740)/1000$
Corrección por temperatura	0.1841	$0.01*((28.6)-(10.19))$
Corrección por altitud	0.1726	$0.07*(740)/300$
Corrección por pendiente	0	0 si la longitud de campo de referencia es menor que 900
Corrección total	0.3567	Suma de las correcciones
Longitud de la pista (m)	516.9281	$(381)*(1+(0.3567))$

Tabla 12: Valores para el cálculo de la pista.

Visto que la longitud de pista obtenida para el aeródromo en cuestión es menor de 800 metros y conocida la envergadura de la aeronave, se puede agrupar con el código 1A.

Sin embargo, como se ha expuesto con anterioridad, debido a que se posee un manual de operación, se ha empleado el valor correspondiente para los casos similares

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

al estudiado. El valor que se menciona en el manual es de 725 metros para el caso de despegue a nivel del mar, que es el que interesa para saber el código, por lo tanto, se ha podido confirmar que el código es 1A. Así mismo, la distancia de aterrizaje para el peor de los casos es de 565 metros, por lo tanto, la pista de 800 metros es una buena elección.

En la figura 25, que es un extracto del manual del avión de diseño se pueden ver los valores empleados para los cálculos de las distancias mínimas de despegue.

WEIGHT LBS	TAKEOFF SPEED KIAS		PRESS ALT FT	0°C		10°C		20°C		30°C		40°C	
	LIFT OFF	AT 50 FT		GRND ROLL	TOTAL TO CLEAR 50 FT OBS								
2100	50	56	S.L.	585	1070	630	1140	680	1220	725	1300	780	1390
			1000	640	1165	690	1245	740	1330	795	1420	850	1520
			2000	700	1270	755	1360	810	1455	870	1555	935	1665
			3000	770	1390	830	1490	890	1595	955	1710	1025	1830
			4000	845	1525	910	1640	980	1755	1050	1880	1130	2015
			5000	930	1680	1000	1805	1075	1935	1155	2075	1240	2230
			6000	1025	1850	1100	1990	1185	2140	1275	2300	1370	2475
			7000	1130	2050	1215	2210	1310	2380	1410	2560	1515	2755
			8000	1245	2275	1345	2460	1450	2655	1560	2865	1680	3090
1900	47	54	S.L.	470	865	505	920	540	985	580	1045	620	1115
			1000	515	940	550	1005	590	1070	635	1140	680	1215
			2000	560	1025	605	1095	645	1170	695	1245	745	1330
			3000	615	1115	660	1195	710	1275	760	1365	815	1455
			4000	670	1220	725	1305	780	1400	835	1495	895	1595
			5000	740	1340	795	1435	855	1535	920	1640	985	1755
			6000	810	1470	875	1575	940	1690	1010	1810	1085	1940
			7000	895	1620	965	1740	1035	1865	1115	2000	1195	2145
			8000	985	1790	1065	1925	1145	2065	1230	2220	1320	2385

Figura 25: Extracto del manual del Cessna 172.



## ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

### Programas empleados

En la siguiente sección se exponen los programas que se han utilizado a lo largo del proyecto. Además, se exponen los precios de las licencias de cada uno junto a sus respectivas tiendas.

Los programas que se han empleado son:

1. ArcMap
2. AutoCAD
3. GIMP



Figura 26: Logo de ArcMap.

ArcMap es un software de cartografía y análisis geoespacial. Ofrece una plataforma integral para visualizar, crear, editar y analizar datos geográficos. Con una interfaz intuitiva, ArcMap permite a los usuarios trabajar con mapas y capas de información, facilitando la representación gráfica de datos geográficos complejos.

Mediante sus herramientas avanzadas, ArcMap posibilita la creación de mapas temáticos, análisis de redes, modelado espacial y gestión de bases de datos geográficas. Los usuarios pueden realizar mediciones precisas, aplicar simbología personalizada y utilizar análisis espaciales para tomar decisiones fundamentadas.

Este programa es ampliamente utilizado en diversos campos, como el urbanismo, la planificación territorial, la gestión ambiental, la agricultura, entre otros. Su capacidad



## ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

para trabajar con una gran variedad de formatos de datos geoespaciales y su robusto conjunto de funciones hacen de ArcMap una herramienta imprescindible para profesionales y entusiastas en el ámbito de la cartografía y análisis geoespacial.

El precio de la licencia es de 2299 euros anuales y su página web es la siguiente:

<https://www.esri.es/es-es/store/products/buy/arcgis-pro>



Figura 27: Logo de AutoCAD.

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora desarrollado por Autodesk. Es una herramienta ampliamente utilizada en el ámbito de la ingeniería, arquitectura y diseño industrial. Con una interfaz intuitiva, permite a los usuarios crear dibujos precisos en 2D y modelos tridimensionales de manera eficiente.

El programa ofrece una amplia gama de herramientas de dibujo y edición que facilitan la creación y modificación de geometrías complejas. Además, cuenta con funciones avanzadas para generar vistas isométricas, perspectivas y secciones transversales de los diseños.

AutoCAD es conocido por su precisión y versatilidad, lo que lo convierte en una herramienta fundamental para profesionales que requieren representaciones gráficas detalladas. Además, ofrece la posibilidad de trabajar con múltiples capas, lo que facilita la organización y gestión de la información.

La capacidad de importar y exportar diversos formatos de archivo, así como la compatibilidad con complementos y aplicaciones personalizadas, brinda a los usuarios la flexibilidad para adaptar el software a sus necesidades específicas.



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

El precio de la licencia anual es de 1935 euros y su página web:  
<https://tienda.seystic.com/categoria-producto/autocad/>



Figura 28: Logo de GIMP.

GIMP (GNU Image Manipulation Program) es un software de edición de imágenes de código abierto y gratuito. Con una interfaz intuitiva, ofrece herramientas avanzadas de edición, retoque y manipulación de imágenes. Soporta una amplia variedad de formatos de archivo y admite capas y canales alfa para crear composiciones complejas. GIMP es una opción versátil y accesible, ideal para usuarios que buscan una alternativa de calidad a programas comerciales sin incurrir en costos. Con una comunidad activa de desarrolladores y usuarios, se mantiene en constante evolución y ofrece complementos y plugins que amplían sus capacidades y posibilidades creativas.

El precio es 0 euros y su página web es la siguiente:  
<http://www.gimp.org.es/descargar-gimp.html>



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN



## **2. PLIEGO DE CONDICIONES.**

**2.1 Definición y alcance del pliego.**

**2.2 Condiciones y normas de carácter general.**

**2.3 Condiciones particulares.**

**2.3.1 Técnicas.**

**2.3.2 Facultativas.**



## 2.1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO

El objetivo de este documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que se deben cumplir a la hora del estudio y diseño de un aeródromo recreativo, específicamente en la zona Este de Castilla y León.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los sistemas de información geográfica que se emplean para el estudio.

En determinados supuestos se podrán adoptar, por la propia naturaleza del mismo o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este documento, siempre que quede justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.



## 2.2 CONDICIONES PARTICULARES

A continuación, se exponen las condiciones que se exigen de manera explícita y concreta a cada una de las partes del proyecto.

### 2.2.1 TÉCNICAS

En primer lugar, se debe llevar a cabo el estudio de la localización del aeródromo. Una vez conocida la localización, se puede llevar a cabo el diseño y, finalmente la construcción de éste. Es importante seguir el orden establecido ya que se economizan recursos de esta forma.

### 2.2.2 FACULTATIVAS

Estas condiciones regulan las relaciones entre la contrata, la propiedad y la dirección del proyecto. Fundamentalmente se refieren a los derechos y obligaciones de las partes y sus representantes.

Obligaciones y derechos del contratista:

- Conocer la normativa del proyecto
- Conocer el proyecto en todas sus partes
- Habilitar un local para la consulta del proyecto
- Presencia o localización de los responsables o sus representantes durante la ejecución del proyecto
- Ejecución de trabajos no especificados necesarios para el desarrollo del proyecto
- Obligación de disponer un documento donde se reflejen las indicaciones, aclaraciones o modificaciones del proyecto
- Obligación de seguir en todo momento las indicaciones del proyecto y de la dirección facultativa
- Obligación de cumplimiento de los plazos especificados



## ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

- Obligación de disponer de cuantos medios auxiliares fuese necesario para garantizar el correcto desarrollo del proyecto
- Notificación previa de la iniciación, finalización, realización de pruebas, controles, recepciones o certificaciones del proyecto o de alguna de sus partes
- Protocolos a seguir en los actos mencionados anteriormente
- Obligación de realizar cuantas inspecciones fuesen necesarias para garantizar el correcto desarrollo del proyecto
- Obligación del contratista de reponer todos aquellos materiales o trabajos que no se ajusten a las calidades especificadas en el contrato
- Aceptación del director del proyecto como máxima autoridad técnica del proyecto
- Aceptación de las sugerencias del director del proyecto para que el ritmo de los trabajos permita cumplir los plazos previstos
- Derecho a recibir los pagos comprometidos en las fechas pactadas
- Derecho a recibir compensación económica por los trabajos realizados no especificados en los documentos del proyecto y necesarios para la correcta ejecución

### Obligaciones y facultades de la D.F.:

- Supervisar todos los aspectos del proyecto que puedan afectar a la fiabilidad, calidad y seguridad durante su ejecución
- Cumplimentar los certificados de dirección exigidos por la normativa vigente o por el pliego de condiciones técnicas
- Encontrarse presente en los momentos del desarrollo del proyecto que se convenga
- Asumir la responsabilidad derivada de ser la máxima autoridad técnica en materia de interpretación de las indicaciones dadas en el proyecto
- Realizar el seguimiento necesario para intentar obligar a la contrata a cumplir los plazos pactados
- Informar periódicamente al cliente de la marcha de los trabajos y de cuantas contingencias surjan y puedan afectar al coste y las prestaciones del sistema



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

- Aportar soluciones técnicas a problemas no previstos durante la ejecución
- Cursar las ampliaciones de proyecto necesarias en función de las modificaciones introducidas sobre las soluciones iniciales.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

### 3. PRESUPUESTO

En este apartado se ha analizado el coste del proyecto teniendo en cuenta: salarios del ingeniero, equipo y licencias necesarias.

El salario mínimo para los ingenieros y arquitectos técnicos (de nivel 2) es de 20424.25 euros brutos al año incluido el plus convenio.

En cuanto a los gastos del equipo y licencias, suman un total de 4234 euros. Esta cifra es la suma del ordenador (700 euros) y las licencias GIS Professional Básica (2299 euros al año) y AutoCAD 2024 (1935 euros al año).

La duración del proyecto ha sido de 3 meses. Así pues, el salario correspondiente del ingeniero se ha desglosado de la manera expuesta en la tabla 13.

Salario mínimo (€)	Contingencias comunes (24.1%)	Prestaciones por desempleo (6.7%)	Contingencias profesionales (3.5%)	Formación (0.6%)	FOGASA (0.2%)	Total (€)
20424.25	4922.24	1368.42	714.84	122.54	40.84	<b>27593.13</b>

Tabla 13: Salario del ingeniero.

Como el periodo de tiempo del proyecto es de 3 meses, el salario correspondiente es de: 6898.28 euros.

En la tabla 14 se exponen los gastos totales del proyecto.

Salario ingeniero (€)	Equipo (€)	Licencias (€)	Total (€)
6898.28	700	4234	<b>11832.28</b>

Tabla 14: Costes totales.

Por lo tanto, el presupuesto para el proyecto es de 11832.28 euros.



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

## 4. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) consisten en 17 metas globales adoptadas por los 193 Estados miembros de las Naciones Unidas en 2015. Su objetivo es abordar desafíos sociales, económicos y ambientales para lograr un futuro más sostenible y justo para todos. Los ODS abarcan temas como erradicar la pobreza y el hambre, promover la salud, educación de calidad... Asimismo, buscan proteger el medio ambiente, luchar contra el cambio climático y conservar los ecosistemas marinos y terrestres.

A lo largo de este estudio se han tenido en cuenta especialmente los siguientes ODS:

ODS	Alto	Medio	Bajo	No procede
ODS 1. Fin de la pobreza.				X
ODS 2. Hambre cero.				X
ODS 3. Salud y bienestar.				X
ODS 4. Educación de calidad.				X
ODS 5. Igualdad de género.				X
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.				X
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.				X
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.				X
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.	X			
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				X
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.	X			
ODS 12. Producción y consumo responsables.				X
ODS 13. Acción por el clima.				X
ODS 14. Vida submarina.				X
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.	X			
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.	X			
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				X

Tabla 15: Objetivos de desarrollo sostenible.

- ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura. El diseño del aeródromo contribuye a mejorar la infraestructura de la zona estudiada.
- ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles. Aunque el proceso de construcción y el servicio de un aeródromo no apoya directamente este objetivo,



## ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

sí que se han tenido en cuenta a la hora de buscar la ubicación óptima de éste, aspectos de planificación urbana e integración del aeródromo en la comunidad.

- ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres. Al igual que en el objetivo 11, el aeródromo no ayuda de manera directa a este objetivo, sin embargo, se han tenido en cuenta las zonas de valor ecológico y se han evitado zonas protegidas con el fin de conservar los ecosistemas.
- ODS 16: Paz, Justicia e Instituciones Sólidas. A lo largo del proyecto se ha tenido en cuenta la normativa y regulaciones de las instituciones.



## 5. BIBLIOGRAFÍA

Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). (s.f.). Datos y foto del terreno. Recuperado el 10 de mayo de 2022, de <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

Instituto de Desarrollo Económico de Castilla y León (IDECYL). (s.f.). Datos sobre Castilla y León. Recuperado el 10 de mayo de 2022, de <https://idecyl.jcyl.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/SPAGOBCYLCITDT SLUCAT>

Geofabrik. (s.f.). Datos del terreno. Recuperado el 10 de mayo de 2022, de <http://download.geofabrik.de/europe/spain.html>

Meteoblue. (s.f.) Datos históricos de la dirección del viento en la zona de Palencia. Recuperado el 26 de mayo de 2023, de [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/weatherarchive/palencia\\_espa%3fb1a\\_3114531?fcstlength=1y&year=2022&month=5](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/weatherarchive/palencia_espa%3fb1a_3114531?fcstlength=1y&year=2022&month=5)

Climatedata. (s.f.) Datos de temperaturas máximas por meses en Palencia. Recuperado el 26 de mayo de 2023, de <https://es.climate-data.org/europe/espana/castilla-y-leon/palencia-2155/#climate-table>

Trebol Ibérica DEM. (s.f.). Salarios mínimos de los ingenieros en función de su nivel. Recuperado el 30 de junio de 2023, de <https://www.treboliberica.com/convenio-ingenierias/#:~:text=El%20Salario%20m%C3%ADnimo%20para%20los,a%C3%B1o%20Incluido%20el%20plus%20convenio.>



ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN AERÓDROMO RECREATIVO EN LA  
PARTE OESTE DE CASTILLA Y LEÓN

Esri España. (s.f). Precios de licencia ArcGIS. Recuperado el 30 de junio de 2023, de <https://www.esri.es/es-es/store/products/buy/arcgis-pro>

Tienda Seystic. (s.f). Datos de licencias de AutoCAD. Recuperado el 30 de junio de 2023 <https://tienda.seystic.com/categoria-producto/autocad/>

En el desarrollo del trabajo, se ha empleado como referencia el Anexo 14 para diseño de aeródromos de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Este documento proporciona directrices y normas internacionales para el diseño y operación de aeródromos, lo cual ha permitido obtener información precisa y relevante para el proyecto.

Además, se ha consultado el manual de operación del Cessna 172 como recurso principal para comprender y estudiar las características y procedimientos operativos de esta aeronave. El manual ofrece información detallada sobre las capacidades, limitaciones y operación segura del Cessna 172, lo cual ha sido fundamental para el diseño del aeródromo.