



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Curso Académico 2020-2021

ESTUDIO DEL EMPLAZAMIENTO DE UN HELIPUERTO EN EL HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO DE VALENCIA

Trabajo Fin de Grado-Grado en Ingeniería Aeroespacial

Autor: Carles Quilis Alfonso

Tutores:

Aurea Cecilia Gallego Salguero

Israel Quintanilla García

Resumen

Ante determinado tipo de emergencias sanitarias muy urgentes o en rescates en zonas complicadas de difícil acceso, la mejor alternativa para desplazar al paciente a un hospital en el menor tiempo posible es el helicóptero. Para que esto sea factible, el hospital en cuestión debe contar con un helipuerto que cumpla todas las regulaciones establecidas por los diferentes órganos y entidades de seguridad aérea.

En este Trabajo de Fin de Grado vamos a analizar y llevar a cabo los diferentes pasos que hay que seguir al estudiar la viabilidad de emplazar un helipuerto y proceder a su emplazamiento. Para esto, se seguirán los distintos manuales concernientes a este ámbito, así como las diferentes regulaciones estatales al respecto. Se establecerá el helicóptero de diseño, se realizarán los cálculos de requerimientos estructurales, requisitos que debe cumplir los helicópteros para volar al helipuerto, el dispositivo mínimo del servicio de salvamento y extinción de incendios. También, el entorno de obstáculos analizando dos casos una maniobra VFR diurna y una maniobra IFR nocturna, apreciando así cómo afecta la complicada posición del hospital en medio de la ciudad de Valencia. Además de estudiar todas las ayudas visuales necesarias para garantizar la seguridad de las operaciones en este helipuerto.

Resum

Davant cert tipus de emergència sanitària urgent o en salvament en zones amb difícil accés, la millor opció per a mobilitzar el pacient a l'hospital en el temps més reduït possible és l'helicòpter. Per a que açò siga realitzable, l'hospital deu comptar amb un heliport que complisca totes les regulacions establertes pels diferents òrgans i entitats de seguretat aèria.

En aquest Treball de Final de Grau anem a analitzar i dur a terme els diferents passos que cal seguir al estudiar la viabilitat de emplaçar un heliport i procedir al seu disseny. Per a açò, es seguiran els diferents manuals concernents a aquest àmbit, així com les diferents regulacions estatals al respecte. S'establirà l'helicòpter de disseny, es realitzaran els càlculs dels requeriments estructurals, s'analitzaran els requisits que deu complir l'helicòpter per a volar en l'heliport, el dispositiu mínim de servici de salvament i extinció d'incendis. També l'entorn d'obstacles analitzant dos casos, una maniobra VFR diürna i una IFR nocturna, apreciand així l'efecte de la complicada posició de l'hospital enmig de la ciutat de València. A més, s'estudiaran totes les ajudes visuals necessàries per a garantir la seguretat de les operacions en aquest heliport.

Abstract

In the face of certain types of very urgent health emergencies or in rescues in difficult areas with difficult access, the best alternative to transport the patient to a hospital in the shortest possible time is the helicopter. For this to be feasible, the hospital in question must have a heliport that complies with all the regulations established by the different aviation security bodies and entities.

In this Final Degree Project, we are going to analyze and carry out the different steps that must be followed when studying the feasibility of locating a heliport and proceeding to its location. For this, the different manuals concerning this area will be followed, as well as the different state regulations in this regard. The design helicopter will be established, the calculations of structural requirements will be made, as well as the requirements that helicopters must accomplish to fly to the heliport, the minimum device of the rescue and firefighting service. Also, the obstacle environment analyzing two cases: a daytime VFR maneuver and a nighttime IFR maneuver, thus appreciating how it affects the complicated position of the hospital in the middle of the city of Valencia. In addition to studying all the visual aids necessary to guarantee the safety of operations at this heliport.

Índice

Definiciones.....	9
1. Introducción	10
2. Helipuertos.....	11
2.1 ¿Que son?.....	11
2.2 Su uso y distribución en España.....	11
2.3 Nuestro helipuerto.....	12
3. Helicópteros	12
3.1 ¿Qué son?.....	12
3.2 Tipos	12
3.3 Misiones típicas.....	14
3.3.1 Misiones Civiles	14
3.3.2 Misiones Militares.....	14
3.4 Helicópteros de emergencia modelos y características en España	14
3.4.1 Eurocopter BO-105.....	15
3.4.2 Eurocopter BK-117	16
3.4.3 Eurocopter EC-135	16
3.4.5 Eurocopter EC-120 Colibrí.....	17
3.4.6 Bell 47J-3B1	18
3.4.7 Aeroespatale/Eurocopter AS-350B Ecureuil	19
3.4.8 Eurocopter AS-355N.....	20
3.4.9 Aeroespatale SA-330 Puma.....	21
3.4.10 Eurocopter AS-332 Super Puma.....	22
3.4.11 Sikorsky S-61N.....	23
3.5 Clase de performance de los helicópteros.....	24
3.5.1 Requisitos performance clase 1	25
4. El Emplazamiento.....	26
4.1 Justificación	26
4.2 Requerimientos estructurales.....	26
4.2.1 Caso A Helicóptero en aterrizaje:.....	27
4.2.2 Caso B Helicóptero en reposo:.....	28
4.3 Características físicas	29
5. Entorno de obstáculos	30

5.1 Superficie de aproximación.....	30
5.2 Superficie de transición.....	30
5.3 Superficie horizontal interna.....	31
5.4 Superficie cónica	31
5.5 Superficie de ascenso en el despegue.....	31
5.6 Superficies limitadoras de obstáculos de nuestro helipuerto.	31
5.6.1 Caso 1: Helicóptero de performance Clase 1 en vuelo visual diurno.....	32
5.6.2 Caso 2: Helicóptero de performance Clase 1 en vuelo instrumental nocturno.....	33
5.7 Obstáculos circundantes al helipuerto.....	36
5.8 Procedimiento.....	37
5.9 Resultados	39
5.9.1 Caso 1: Helicóptero de performance Clase 1 en vuelo visual diurno.....	39
5.9.2 Caso 2: Helicóptero de performance Clase 1 en vuelo instrumental nocturno.....	39
6. Servidumbres aeronáuticas LEVC.....	42
7. Salvamento y extinción de incendios.....	44
7.1 Agentes extintores	44
7.1.1 Agentes principales	45
7.1.2 Agentes secundarios	45
7.2 Área crítica	45
7.3 Tiempo de respuesta.....	46
7.4 Equipo de salvamento.....	46
7.5 Otros requerimientos de los helipuertos elevados.....	46
8. Ayudas Visuales.....	47
8.1 Indicadores.....	47
8.2 Señales y balizas	47
8.3 Ayudas luminosas/Luces	48
8.4 Resultados	51
9. Conclusión.....	53
10. Bibliografía	54
Anexos.....	56
Herramientas ArcMap10.3.....	56
Características Helicópteros.....	59

Tabla de Figuras

Figura 1 Tipos de aeronaves de ala giratoria. [6]	13
Figura 2 Helicóptero Bo-105 de la Guardia Civil.	15
Figura 3 Helicóptero BK-117 de la Guardia Civil.	16
Figura 4 Helicóptero EC-135 empleado como ambulancia aérea francesa.	17
Figura 5 Helicóptero EC-120 Colibrí del Ejército del Aire Español.	18
Figura 6 Helicóptero Bell 47J-3B1.	19
Figura 7 Helicóptero AS 350B de la Dirección General de Tráfico.	20
Figura 8 Helicóptero AS 355N del servicio de rescate montañoso de Austria.	21
Figura 9 Helicóptero SA 330 Puma del Ejército del Aire español.	22
Figura 10 Helicóptero AS 332 Super Puma de la compañía Babcock España de servicios de emergencia aérea.	23
Figura 11 Helicóptero Sikorsky S-61N de SASEMAR.	24
Figura 12 Superficies de aproximación y ascenso en el despegue caso 1.	32
Figura 13 Superficies de aproximación y ascenso en el despegue caso 1.	32
Figura 14 Superficies de aproximación y ascenso en el despegue caso 1.	33
Figura 15 Superficie de aproximación caso 2	34
Figura 16 Superficie de ascenso en el despegue caso 2.	34
Figura 17 Superficies horizontal interna y cónica caso 2	35
Figura 18 Superficies anteriores más la superficie de transición caso 2.	35
Figura 19 Todas las superficies del caso 2	36
Figura 20 Servidumbres de LEVC y del helipuerto [13].	36
Figura 21 Superficie de redes irregulares de triángulos (TIN) [11].	37
Figura 22 Superficies de aproximación y ascenso en el despegue en formato TIN.	38
Figura 23 Superficies de aproximación y ascenso en el despegue en formato Raster.	38
Figura 24 Resultados penetración de obstáculos Caso 1.	39
Figura 25 Superficie cónica y horizontal interna en formato TIN.	40
Figura 26 Superficie cónica y horizontal interna en formato Raster.	40
Figura 27 Resultados superficies horizontal interna y cónica Caso 2.	41
Figura 28 Superficies de aproximación, transición y ascenso en el despegue formato Raster.	41
Figura 29 Superficies de aproximación, transición y ascenso en el despegue resultados Caso 2.	42
Figura 30 Servidumbres radioeléctricas y aeronáuticas LEVC [13].	43
Figura 31 Posición helipuerto.	43
Figura 32 Patrón interválico destellos faro de helipuerto [1].	48
Figura 33 Faro de identificación de helipuerto [8].	49
Figura 34 Sistema de guía de alineación visual.	50
Figura 35 Funcionamiento señal HAPI [1].	51
Figura 36 Ayudas visuales helipuerto.	51
Figura 37 Posicionamiento helipuerto sobre hospital.	52
Figura 38 Herramienta Export Data.	56
Figura 39 Herramienta Define Projection.	56
Figura 40 Herramienta Create TIN.	57
Figura 41 Herramienta TIN to Raster.	57
Figura 42 Parámetros y Entorno herramienta TIN to Raster.	58
Figura 43 Herramienta Raster Calculator.	58

Índice de tablas

<i>Tabla 1 Características Bo-105 [2].</i>	16
<i>Tabla 2 Características BK-117 [2].</i>	16
<i>Tabla 3 Características EC-135 [2].</i>	17
<i>Tabla 4 Características EC-120 [2].</i>	18
<i>Tabla 5 Características Bell 47J-3B1 [5].</i>	19
<i>Tabla 6 Características AS 350B [2].</i>	20
<i>Tabla 7 Características AS 355N [2].</i>	21
<i>Tabla 8 Características SA 330 Puma [2].</i>	22
<i>Tabla 9 Características AS 332 Super Puma [2].</i>	23
<i>Tabla 10 Características Sikorsky S-61N [2].</i>	24
<i>Tabla 11 Requerimientos estructurales Caso A [2].</i>	28
<i>Tabla 12 Requerimientos estructurales Caso B [2].</i>	29
<i>Tabla 13 Variables cálculos estructurales.</i>	29
<i>Tabla 14 Características superficies Caso 1 [1].</i>	32
<i>Tabla 15 Características superficies Caso 2 [2].</i>	33
<i>Tabla 16 Posición Helipuerto.</i>	43
<i>Tabla 17 Cantidades mínimas agentes extintores.</i>	45
<i>Tabla 18 Equipo de salvamento requerido [2].</i>	46
<i>Tabla 19 Características indicador de la dirección del viento [1].</i>	47
<i>Tabla 20 Ayudas luminosas.</i>	52
<i>Tabla 20 Características Helicópteros.</i>	59
<i>Tabla 21 Características Helicópteros.</i>	59
<i>Tabla 22 Características Helicópteros.</i>	60
<i>Tabla 23 Características Helicópteros.</i>	60

MEMORIA

Definiciones

- IMC: Condiciones meteorológicas instrumentales: Categoría de vuelo de la aviación que describe las condiciones climáticas, que requieren que los pilotos vuelen principalmente por referencia a instrumentos, es decir bajo las reglas de vuelo por instrumentos (IFR), en lugar de por referencias visuales externas (VFR) [3].
- Área congestionada: Área con un uso principal para fines residenciales, comerciales o recreativos. Generalmente ciudades, asentamientos o poblaciones [3].
- Entorno hostil: Entorno donde no es seguro realizar un aterrizaje forzoso, la respuesta de los servicios de búsqueda y rescate no es aceptable, el riesgo para las personas o las propiedades en tierra es inaceptable o se trata de un área congestionada sin zonas en las que realizar un aterrizaje forzoso de forma segura [3].
- Cat A: Categoría de operación que únicamente se aplica a helicópteros multimotor que de acuerdo con su manual de vuelo se garantice que en caso de fallo motor el vuelo puede continuar con seguridad o realizar un aterrizaje con seguridad [3].
- Cat B: Categoría de operación aplicable a aquellos helicópteros de uno o varios motores que no son capaces de cumplir los requerimientos de la Cat A. Es decir, estos helicópteros no serán capaces de garantizar que pueden mantenerse en el aire tras un fallo motor [3].
- Superficie TIN: Forma de datos geográficos digitales basados en vectores que son construidos empleando la triangulación de una serie de vértices y aristas [11].
- Raster: se trata de una matriz de celdas o píxeles que se organizan en filas y columnas o cuadrículas en las cuales cada celda/píxel posee un valor que representa la información requerida [12].
- La FATO o área de aproximación final y despegue, se trata del área definida en la que termina la fase final de la maniobra de aproximación hasta el vuelo estacionario o el aterrizaje y a partir de la cual empieza la maniobra de despegue. Los helipuertos elevados deben tener al menos una FATO que esté despejada de obstáculos [1].

1. Introducción

Ante un espacio congestionado, como son cada día más las grandes ciudades, innovaciones que busquen otras formas de movilidad en estas como son desde los patinetes eléctricos, la mejora del transporte público, el uso de drones para la paquetería y el transporte de mercancías o el aun imberbe pero muy prometedor taxi aéreo, cobran mucha relevancia en el espectro de actualidad y ofrecen muchas posibilidades para estas. Si nos fijamos únicamente en el taxi aéreo no nos costará apreciar que, aunque su concepto es muy prometedor, está aún lejos de ser viable, Es necesaria una mejora y abaratamiento de la tecnología para que pueda popularizarse. Muy similar a este concepto fue en su día el del helicóptero, inventado hace cerca de 90 años.

Históricamente, se trató mucho el tema de la popularización de su uso, dadas sus buenas prestaciones para maniobrar en espacios complejos para cualquier otro tipo de aeronave, como son las ciudades o zonas con orografías complicadas. Sin embargo, esta popularización predicha por algunos expertos nunca llegó a ocurrir. En parte por el costo, ya que la madurez tecnológica no era la suficiente, la dificultad de pilotar este vehículo, los requisitos de infraestructuras, el ruido y la aparatosidad entre otros. Todas estas circunstancias no permitieron que su uso llegara a la gran mayoría de la gente, como si ha ocurrido con otros vehículos como el coche, la motocicleta... Y como apunta que puede ocurrir en mayor medida con el taxi aéreo.

A pesar de todo esto, el helicóptero aporta una serie de ventajas que no pueden ser obviadas y resultan únicas para cierto tipo de operaciones, como veremos en los próximos apartados. Además, para estos usos, el helicóptero está plenamente consolidado. Por tanto, vamos a tratar de explicar por qué resulta útil su uso en un ámbito tan concreto como es el sanitario, analizando los helicópteros que se usan en España y estudiando si es factible o no el emplazamiento de un helipuerto en un punto tan complejo como es el Hospital Clínic, completamente insertado en la ciudad de Valencia, estudiando que requerimientos debe cumplir.

2. Helipuertos

2.1 ¿Que son?

Primero definiremos el concepto de aeródromo, un aeródromo es una zona de tierra generalmente llana adaptada para el despegue, aterrizaje y movimiento de aeronaves, estando dotado de instalaciones e infraestructuras que lo capaciten para tal fin [14].

Un helipuerto es un aeródromo para uso exclusivo de helicópteros. Con todas las particularidades que esto implica. Otra definición podría ser “pequeña área destinada al despegue y aterrizaje de helicópteros, usada principalmente para facilitar el acceso a lugares donde otras aeronaves no son capaces de aterrizar con facilidad” [15].

Según la OACI un helipuerto es un “Aeródromo o área definida sobre una estructura destinada a ser utilizada, total o parcialmente, para la llegada, la salida o el movimiento de superficie de los helicópteros” [1].

Existen diferentes clases de helipuertos, una clasificación general sería [1]:

- Helipuertos de superficie.
- Helipuertos elevados.
- Heliplataformas.
- Helipuertos a bordo de buques.

2.2 Su uso y distribución en España

En España el uso de helicópteros es, en una gran mayoría, llevado a cabo por administraciones públicas con funciones como emergencias sanitarias, rescates, salvamento marítimo, vigilancia aduanera, filmaciones aéreas o extinción de incendios. Esto, contrasta claramente con otros países, donde su uso privado está mucho más extendido, ya sea para fines turísticos o como medio de transporte para ejecutivos de grandes corporaciones. Por estos motivos se ha decidido que el uso del helipuerto que abordamos en este trabajo sea con fines sanitarios, ya que es uno de los usos más extendidos en nuestro territorio [10].

Según Marino Aguilera “todo apunta a que se trata de un mercado en crecimiento debido a las oportunidades que ofrece, así como, a los avances en la tecnología que permiten construir aeronaves más pequeñas, ligeras y silenciosas” [10]. Las empresas del sector argumentan que la falta de una regulación clara, una promoción y fallos en la organización de los servicios actuales, así como unos excesivos requisitos y falta de helipuertos sobre los que aterrizar lastran aun un sector con muchas posibilidades de crecimiento y expansión [10].

Todo esto, sumado al hecho de que se espera la proliferación del uso de drones, ya sea para transporte de mercancías, como para un posible aerotaxi futuro, permite ver que estos sectores que están estrechamente relacionados, van a ir cobrando cada día más importancia. Por tanto, será necesario el análisis y la implementación de una regulación mucho más concreta con respecto a estas nuevas formas de movilidad [16].

2.3 Nuestro helipuerto

Como hemos mencionado en la sección anterior y, debido a todo lo expuesto en ella, se ha decidido que la ubicación idónea para el helipuerto sea el Hospital Clínic Universitari de Valencia. Se trata de uno de los 4 hospitales de referencia existentes en la ciudad de Valencia, junto con el Hospital General, el Hospital La Fe y el Hospital Doctor Peset. Este hospital atiende a una población de alrededor de 300.000 habitantes, contando con 16 centros de salud en su área [17].

Desde sus orígenes ha estado estrechamente vinculado con el ámbito de la enseñanza, ya que se encuentra anexo a las instalaciones de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valencia. Cabe mencionar que este hospital no cuenta con un helipuerto como si lo hace el Hospital de La Fe, para poder atender todo tipo de emergencias [17].

3. Helicópteros

3.1 ¿Qué son?

Los helicópteros son aeroplanos sin alas, provistos de una gran hélice o rotor (de dos, tres o cuatro paletas) de eje vertical y movimiento lento, que funcionan con un motor y le sirven tanto para sustentación como para propulsión (en lo cual se diferencia del autogiro). El helicóptero puede despegar y aterrizar verticalmente, mantenerse inmóvil en el aire o moverse en cualquier dirección; la inclinación dada al eje de su rotor determina su sentido de vuelo. La fuerza de sustentación de un helicóptero puede aumentarse o disminuirse variando la inclinación de las paletas del rotor [6]. En cuanto a su historia, se considera como precursor del helicóptero a Leonardo Da Vinci, quien diseñó un aparato semejante pero que no contaba con la tecnología y elementos para realizarlo. La invención del autogiro, llevada a cabo por el ingeniero español Juan de la Cierva, facilitó e hizo práctica la invención de los primeros helicópteros modernos, el birotor del alemán Heinrich Focker, que voló por primera vez en 1936 y el monorotor de Igor Sikorsky, que era el primero en incluir una pequeña hélice en la cola para contrarrestar la torsión del rotor principal [18].

3.2 Tipos

Antes de nada, hay que destacar que los helicópteros son un subgrupo dentro de un grupo más amplio llamado aeronaves de ala giratoria. Estas aeronaves se clasifican en [6]:

- Helicópteros de los cuales trata este apartado, además siendo las aeronaves de ala giratoria más empleadas en la actualidad.
- Girodinos que se tratan de aeronaves de ala giratoria que poseen elementos auxiliares empleados para el avance.
- Autogiros, siendo aeronaves cuyo rotor no está propulsado por un motor gira de forma autónoma debido al avance producido por una hélice tractora o propulsora.

- Los combinados que actúan como un girodino al despegar, sin embargo, como un autogiro al avanzar.
- Finalmente, las aeronaves convertibles que poseen un sistema de rotores que cambiando su ángulo actúa como sustentador o propulsor. Todo esto puede apreciarse en la Figura 1 [6].

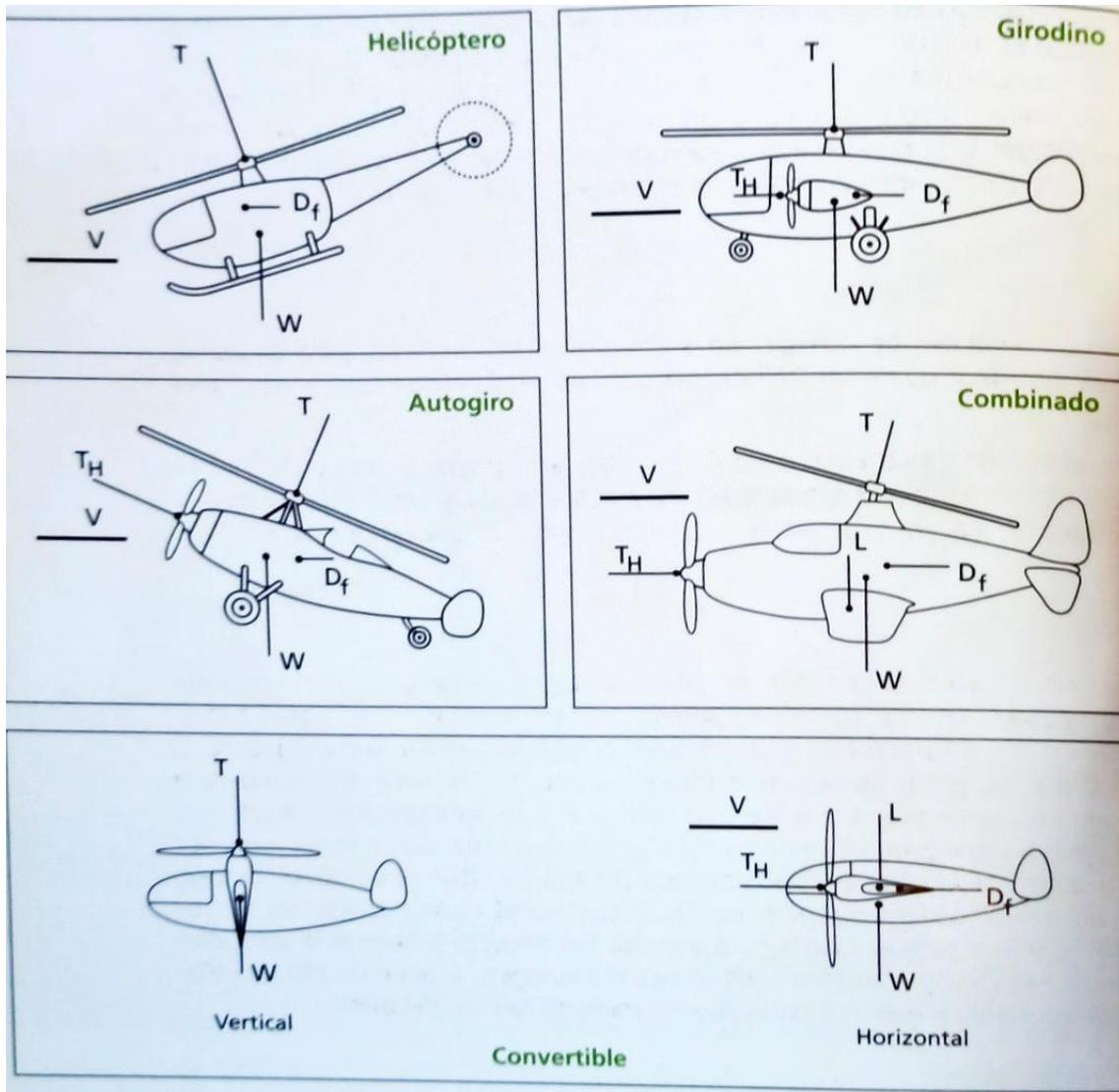


Figura 1 Tipos de aeronaves de ala giratoria. [6]

Dentro del subgrupo de los helicópteros, estos pueden ser clasificados de acuerdo con diversos criterios.

- Según su tipo tenemos los helicópteros puros, es decir, helicópteros que no poseen más superficie sustentadora ni de avance que su rotor y los helicópteros compuestos que como su nombre indica, poseen algún elemento sumado al rotor para realizar estas tareas [6].
- Atendiendo a su tamaño tenemos [6]:
 - Ultraligeros, hasta 300 kg.

- Ligeros, de 300 a 1000 kg.
- Intermedios, de 1000 a 3000 kg.
- Medios, de 3000 a 10000 kg.
- Pesados, de 10000 a 30000 kg.
- Superpesados, con una masa superior a los 30000 kg.
- De acuerdo con su configuración tenemos [6]:
 - Monorrotores que pueden poseer compensación de par o no.
 - Multirrotores, pudiendo ser birrotos, trirrotos o tetrarrotos (muy poco convencionales).
- Según la forma de accionar el rotor [6]:
 - Accionamiento mecánico (Motor turboeje o motor alternativo).
 - A reacción (Cohetes, Pulsoreactores, gas...).
- Finalmente, según la constitución de su rotor [6]:
 - Semirrígido.
 - Rígido.
 - Articulado.
 - Flexible.

3.3 Misiones típicas

Los helicópteros destacan en las misiones que requieren transportar una carga relativamente pequeña, con campos de despegue y aterrizaje reducidos y con velocidades claramente inferiores a otros tipos de aeronaves como son los aviones, pero superiores al el transporte terrestre o marino [6].

Estas misiones pueden clasificarse en civiles o militares [6]:

3.3.1 Misiones Civiles

- Turismo/Transporte de pasajeros.
- Transporte fuera de costa. (Transporte de trabajadores a plataformas en el océano)
- Vigilancia (Guardacostas, Narcóticos...).
- Transporte de materiales a sitios inaccesibles.
- Servicio médico de emergencia.
- Antiincendios.
- Entrenamiento.

3.3.2 Misiones Militares

- Misiones de comando (Puesto de mando, enlace o vigilancia y observación).
- Reconocimiento del terreno.
- Soporte de armas.
- Apoyo táctico en las misiones de maniobras y combate.

3.4 Helicópteros de emergencia modelos y características en España

- Bo-105, BK-117, EC-135 Guardia Civil
- Bo-105, EC-120 Colibrí, EC-135 Policía Nacional

- Bell 47J-3B1, Ecureuil AS-350B y AS-355N, Colibrí EC-120B Tráfico (evacuaciones sanitarias)
- HE-25, Aerospatiale SA-330 Puma, Aerospatiale SA 332 Super Puma. Ejército del aire.
- Sikorsky S-61N SASEMAR
- Emergencia Médica Extrahospitalaria.

Cuando se diseña un helipuerto es necesario considerar las dimensiones, peso y características del helicóptero crítico o de diseño es decir el que posea unas características más restrictivas o exigentes el cual sería el de mayores dimensiones y de masa máxima de despegue más elevada. Por tanto, vamos a analizar y presentar las características de los helicópteros previamente mencionados en el apartado anterior modelo a modelo.

3.4.1 Eurocopter BO-105

Este helicóptero es un bimotor utilitario ligero polivalente, producido originalmente por la compañía Messerschmitt-Bolkow-Blohm y posteriormente cuando esta se uno al consorcio Eurocopter por estos [5].

Como principales características destacaremos que se opera con un único tripulante, que tiene capacidad para 4 pasajeros o 2 pasajeros y una camilla, posee una longitud de 11.9 metros y el diámetro de su rotor principal mide 9.84 metros, finalmente que posee un peso máximo al despegue de unos 2000 kg. A continuación, adjuntamos una tabla con todas estas características y una imagen del Bo-105 [2] [5].



Figura 2 Helicóptero Bo-105 de la Guardia Civil.

Tabla 1 Características Bo-105 [2].

Tripulación	Capacidad	Longitud	D. rotor	Altura	MTOW	Cat. RFF.
1	4p o 2p 1c	11.9 m	9.84 m	3 m	2000 kg	1

3.4.2 Eurocopter BK-117

Helicóptero bimotor utilitario y de transporte producido originalmente por la compañía Messerschmitt-Bolkow-Blohm junto con Kawasaki y posteriormente cuando MBB se unió al consorcio Eurocopter por estos [5].

Destaca por una longitud de 13 metros con un diámetro del rotor principal de 11 metros y una altura de 3.36 metros, su peso máximo al despegue es de 3350 kg. Posee una tripulación de 1 o 2 pilotos y tiene una capacidad de entre 6-7 pasajeros. Su categoría RFF es la 1. En la siguiente imagen se puede observar una unidad de este helicóptero perteneciente al cuerpo de la Guardia Civil [5] [2].



Figura 3 Helicóptero BK-117 de la Guardia Civil.

Tabla 2 Características BK-117 [2].

Tripulación	Capacidad	Longitud	D. rotor	Altura	MTOW	Cat. RFF.
1-2	6-7p	13 m	11 m	3.36 m	3500 kg	1

3.4.3 Eurocopter EC-135

Helicóptero utilitario ligero bimotor fabricado inicialmente por la compañía Eurocopter y posteriormente por Airbus Helicopters cuando absorbió a esta. Posee múltiples

variantes y su uso está ampliamente extendido entre los diferentes países, sobre todo europeos, para sus servicios de emergencias y vigilancia [5].

Algunas de sus características son una tripulaci3n de un piloto en visual y dos en instrumental, una capacidad de 7 pasajeros o 2 pasajeros y 2 camillas, una longitud de 12.16 metros y un diámetro del rotor principal de 10.2 metros con una altura de 3.51 metros. Su peso máximo al despegue es de 2910 kg y posee una categoría RFF 1 [2] [5].



Figura 4 Helic3ptero EC-135 empleado como ambulancia area francesa.

Tabla 3 Características EC-135 [2].

Tripulaci3n	Capacidad	Longitud	D. rotor	Altura	MTOW	Cat. RFF.
1-2(IFR)	7p o 2p 2c	12.16 m	10.2 m	3.51 m	3910 kg	1

3.4.5 Eurocopter EC-120 Colibrí

El EC-120 Colibrí es un utilitario ligero monomotor con capacidad de 1 piloto más cuatro pasajeros, fabricado por la compaa Eurocopter en sus inicios y actualmente por Airbus Helic3pters. Entr3 al servicio en España en el año 2000 y se usa tanto en la policía nacional como en el ejército del aire. Otras de sus características son poseer una longitud de 11.52 metros, un diámetro del rotor principal de 10 metros y una altura de 3.4 metros con un peso máximo al despegue de 1715 kg y una categoría RFF 1 [2] [5].



Figura 5 Helicóptero EC-120 Colibrí del Ejército del Aire Español.

Tabla 4 Características EC-120 [2].

Tripulación	Capacidad	Longitud	D. rotor	Altura	MTOW	Cat. RFF.
1	4p	11.52 m	10 m	3.4 m	1715 kg	1

3.4.6 Bell 47J-3B1

Se trata de un helicóptero ligero monorotor y monomotor construido por el fabricante estadounidense Bell Helicopter. Es un helicóptero que posee múltiples variantes como es la 47J-3B1 que es una variación para volar a más altitud de la versión 47J-3B construida por la empresa italiana Augusta-Bell [5].

Sus principales características son una longitud de 13.21 metros, un diámetro del rotor principal de 11.33 metros, una altura de 2.83 metros, así como un MTOW relativamente bajo de 1338 kg, una capacidad de 1 tripulante y 3 pasajeros y por lo que hace a la categoría RFF pertenece a la categoría 1 [2] [5].



Figura 6 Helicóptero Bell 47J-3B1.

Tabla 5 Características Bell 47J-3B1 [5].

Tripulación	Capacidad	Longitud	D. rotor	Altura	MTOW	Cat. RFF.
1	3p	13.21 m	11.33 m	2.83 m	1338 kg	1

3.4.7 Aeroespatale/Eurocopter AS-350B Ecureuil

Este helicóptero también conocido como H125 es un helicóptero monomotor ligero que fue fabricado en sus orígenes por la compañía francesa Aérospatale, posteriormente por Eurocopter que luego entro a formar parte de Airbus Helicopters [5].

El AS-350B destaca por una capacidad de 6 pasajeros, requiere a un único tripulante para manejarlo, el diámetro de su rotor principal mide 10.7 metros y su longitud es de 12.94 metros, con una altura de 3.14 metros. Su peso máximo al despegue es de 2250 kg y la categoría RFF a la que pertenece es la 1 [5] [2].



Figura 7 Helicóptero AS 350B de la Dirección General de Tráfico.

Tabla 6 Características AS 350B [2].

Tripulación	Capacidad	Longitud	D. rotor	Altura	MTOW	Cat. RFF.
1	6p	12.94 m	10.7 m	3.14 m	2250 kg	1

3.4.8 Eurocopter AS-355N

El Eurocopter AS-355N también conocido como Ecureuil 2 es un utilitario ligero bimotor desarrollado por Aerospaiale, y producido primero por Eurocopter y posteriormente por Airbus Helicopters, que derivaba del monomotor AS-350 explicado previamente [5].

Este helicóptero requiere una tripulación de 2 personas, posee una capacidad de entre 2 y 4 pasajeros, con unas dimensiones de 12.99 metros de longitud, su rotor principal posee un diámetro de 10.69 metros y una altura de 3.15 metros. Por lo que hace a su peso máximo al despegue es de 2540 kg y su categoría RFF es la 1 [2] [5].



Figura 8 Helicóptero AS 355N del servicio de rescate montañoso de Austria.

Tabla 7 Características AS 355N [2].

Tripulación	Capacidad	Longitud	D. rotor	Altura	MTOW	Cat. RFF.
2	2-4p	12.99 m	10.69 m	3.15 m	2540 kg	1

3.4.9 Aerospatale SA-330 Puma

Helicóptero bimotor utilitario de transporte mediano con cuatro hélices, fue originalmente fabricado por la compañía francesa Sud Aviation y posteriormente por Aerospatale. Fue tal su éxito comercial que se desarrollaron muy pronto los modelos que le siguieron como es el SA-332 Super Puma que se explicará a continuación [5].

A diferencia de los anteriores helicópteros, este ya es un modelo más grande que requiere una tripulación de entre 2 y 3 personas, puede cargar entre 8 y 20 pasajeros con un peso máximo al despegue de 7400 kg. Esto implica que pertenece a la categoría RFF 2. Además, por lo que hace a sus dimensiones, posee una longitud de 18.5 metros, un diámetro del rotor principal de 15 metros y una altura de 5.14 metros [5] [2].



Figura 9 Helicóptero SA 330 Puma del Ejército del Aire español.

Tabla 8 Características SA 330 Puma [2].

Tripulación	Capacidad	Longitud	D. rotor	Altura	MTOW	Cat. RFF.
2-3	8-20p	18.5 m	15 m	5.14 m	7400 kg	2

3.4.10 Eurocopter AS-332 Super Puma

El AS-332 Super Puma o Cougar, posteriormente nombrado H215, es un bimotor utilitario de tamaño medio, con cuatro palas que fue desarrollado por la compañía francesa Aérospatiale, posteriormente fue fabricado tanto por esta como por la compañía Eurocopter como finalmente por Airbus Helicopters. Se trata de una actualización cambiando los motores y algunos otros parámetros del exitoso SA-330 Puma [5].

Este helicóptero posee una longitud, altura y diámetro del rotor de 18.7, 4.92 y 15.6 metros respectivamente, con un peso máximo al despegue de 9000 kg todo esto implica que pertenece a la categoría RFF 2 igual que el modelo del que deriva, el SA-330 Puma. En cuanto a su capacidad, requiere una tripulación de dos miembros y puede llevar a 24 pasajeros o 6 camillas y 9 pasajeros siendo esto variable dependiendo de la configuración elegida [2].



Figura 10 Helicòptero AS 332 Super Puma de la compaia Babcock Espaia de servicios de emergencia aèrea.

Tabla 9 Características AS 332 Super Puma [2].

Tripulaci3n	Capacidad	Longitud	D. rotor	Altura	MTOW	Cat. RFF.
2	24p o 6c-9p	18.7 m	15 .6m	4.92 m	9000 kg	2

3.4.11 Sikorsky S-61N

Este helicòptero para uso civil derivado del helicòptero militar Sikorsky SH-3 es empleado como helicòptero de transporte y carga mediano, en Espaia lo usa la Sociedad de Salvamento y Seguridad Maritima. Su fabricante es la compaia americana Sikorsky Aircraft que hoy en dìa pertenece a Lockheed Martin [5].

Los 5 helicòpteros que posee SASEMAR vienen equipados con los siguientes componentes [6]:

- Grúa de rescate.
- Cable de elevaci3n.
- Gancho baricèntrico.
- Balsas de rescate.
- Equipo mèdico de primeros auxilios.
- Seiales fumigneas de posicionamiento.
- Equipos de respiraci3n y tratamiento de la hipotermia.
- Equipos para vuelo nocturno.
- Sistema de comunicaciones aèreas y maritimas.

Ademàs de todo este equipamiento sus característicás son un peso máximo al despegue de 9299 kg, una longitud total de 22.25 metros con un diámetro del rotor de 18.9 metros y una altura de 5.64 metros. Su capacidad es de entre 26 y 28 pasajeros, con 3 tripulantes y una categoría RFF 2 [2] [5].



Figura 11 Helicóptero Sikorsky S-61N de SASEMAR.

Tabla 10 Característicás Sikorsky S-61N [2].

Tripulación	Capacidad	Longitud	D. rotor	Altura	MTOW	Cat. RFF.
3	26-28p	22.25 m	18.9m	5.64 m	9299 kg	2

3.5 Clase de performance de los helicópteros.

Existen tres clases de performance o categoría en la que operan los helicópteros, estas se pueden resumir de la siguiente forma [4]:

1. Clase de Performance 1:
 - a. Helicópteros en los cuales, en caso de fallo crítico del grupo motor, pueden aterrizar en la zona de despegue interrumpido o proseguir con el vuelo en condiciones de seguridad hasta llegar a una zona de aterrizaje adecuada dependiendo del momento en que se produzca el fallo [4].
2. Clase de Performance 2:
 - a. Helicópteros que, en caso de sufrir un fallo de motor crítico, pueden continuar en vuelo en condiciones seguras siempre y cuando el fallo no se produzca antes del punto definido después del despegue o después

del punto definido de forma previa al aterrizaje, en dichas situaciones podría requerirse un aterrizaje forzoso [4].

3. Clase de Performance 3:

- a. Helicópteros cuyo funcionamiento en caso de fallo del grupo motor en cualquier fase o punto del perfil de vuelo puede obligar a ejecutar una maniobra de aterrizaje forzoso [4].

Sin embargo, para saber si nuestros helicópteros en cuestión pertenecen a una clase u otra hay que analizar una serie de requisitos y características que deben cumplir.

Lo primero que hay que tener en cuenta es que para helicópteros con una capacidad superior a 19 asientos o si operan en entornos hostiles congestionados deben poseer una performance de Clase 1. Debido a que nuestro helipuerto elevado se encuentra en medio de una ciudad, todos los helicópteros que vuelen a este deberán estar certificados como clase 1 [3].

3.5.1 Requisitos performance clase 1

Todos los helicópteros que se operen en performance Clase 1 deben estar certificados para una categoría A [3]. Además, deben cumplir con las siguientes condiciones en las diferentes maniobras a realizar:

Despegue

En los despegues de Clase 1 en un helipuerto elevado se aplica el procedimiento de despegue de área puntual, esto implica que [3]:

- Si el fallo motor ocurre antes del punto de decisión, el despegue se abortará y se aterrizará en el helipuerto de forma segura.
- Si el fallo de la unidad de potencia ocurre después del punto de decisión de despegue, la maniobra deberá proseguir franqueando todos los obstáculos con un margen mínimo vertical de 35 pies.

Trayectoria de vuelo de despegue

Asumiendo que el fallo de la unidad crítica de potencia se produce en el momento más crítico posible, es decir, justo después de superar el punto de decisión de despegue, el helicóptero debe franquear los obstáculos con cómo mínimo un margen vertical de 10.7 metros si el vuelo es VFR y 35 pies más $0.01 \cdot DR$ en IFR, siendo DR la distancia horizontal recorrida desde el final de la distancia de despegue disponible [3].

Si se realiza un cambio de dirección superior a 15° , el margen vertical de franqueamiento de obstáculos se aumentará 5 metros desde el inicio del giro garantizando que este no se inicia antes de alcanzar una altura de 30 metros respecto al helipuerto [3].

En ruta

Se garantizará que, si el vuelo se realiza sin contacto visual con la superficie, aunque sea momentáneo, el helicóptero debe poseer un régimen de ascenso igual o superior a 50 pies por minuto con la unidad de potencia crítica inoperativa a una altitud de 300 metros o 600, dependiendo de si el terreno es llano o montañoso, y con un radio de aplicación

hacia delante y hacia atrás de 18.5 km. Si las condiciones son visuales el radio se reduce a 900 metros [3].

Además, se tendrá en cuenta la influencia del viento sobre la trayectoria, se permitirá el lanzamiento de combustible, pero solo en condiciones seguras y garantizando autonomía suficiente para alcanzar el helipuerto de destino y siempre por encima de los 300 metros sobre el terreno [3].

Aterrizaje

Finalmente, para el aterrizaje se debe cumplir que la masa en el momento del aterrizaje de la aeronave no exceda la masa máxima aprobada para el procedimiento y, en caso de que falle la unidad de potencia antes del punto de decisión de aterrizaje, realizar una maniobra de motor y al aire, en la que se pase por encima de la plataforma con un margen mínimo de 15 pies y se eviten los obstáculos fuera de la FATO con un mínimo de 35 pies [3].

Atendiendo a todos estos requisitos hay algunos helicópteros de los mencionados previamente que no podrán operar en nuestro helipuerto, dados los estrictos requerimientos de este por su emplazamiento y en consecuencia la performance requerida [3].

Helicópteros que no podrán operar en el helipuerto [3]:

- Eurocopter EC-120 Colibrí. (Monomotor)
- Bell 47J-3B1. (Monomotor)
- Aeroespatale/Eurocopter AS-350B Ecureuil. (Monomotor)

4. El Emplazamiento

4.1 Justificación

Se ha optado por un helipuerto elevado, ya que se ha considerado que no hay suficiente espacio a nivel de suelo para llevar a cabo operaciones de forma segura. A nivel de suelo se requieren espacios abiertos por la posibilidad de un aterrizaje de emergencia o un despegue interrumpido. Esto en una ciudad es difícil de conseguir, en consecuencia, y es por lo que se aboga por un helipuerto elevado que también requiere estas áreas, pero no a nivel de suelo, lo cual es más fácilmente asumible en una ciudad [1].

4.2 Requerimientos estructurales

A la hora de establecer el diseño estructural, lo haremos para un determinado tipo de helicóptero, este será el de mayores dimensiones y peso. Además, se va a tener en cuenta otros tipos de cargas como puedan ser mercancías, personas o equipos de reabastecimiento de combustible [1].

Para esto se van a tener en cuenta dos Casos, el A y el B, que detallaremos a continuación y se cogerán los resultados del caso que proporcione unas condiciones más desfavorables [2].

4.2.1 Caso A Helicóptero en aterrizaje:

En este caso se estudiarán las tensiones de flexión y cizalladura causadas por la toma de contacto del helicóptero con el helipuerto. Para ello se considerarán [2]:

- Cargas dinámicas en la toma de contacto debidas a impacto [2].
 - Esto es la carga producida por una toma de contacto normal, lo que equivaldría a una velocidad vertical de 1.8 m/s.
 - Junto con la carga producida por una toma de contacto de emergencia que equivaldría a una toma de contacto con el doble de velocidad que la normal, es decir, 3.6 m/s.
- Respuesta simpática sobre el área de aproximación final o FATO [2].
 - Se incrementa la carga dinámica del punto anterior debido a la respuesta estructural dependiente de la frecuencia natural de las losas de la plataforma en consideración con el diseño tanto de vigas como de columnas.
- Carga general superimpuesta a la FATO [2].
 - Esta carga se debe a el posible incremento de peso sobre la plataforma causado por nieve, mercancías, equipo o personal sobre la plataforma, en consecuencia, por razones de seguridad se toma un margen de 0.5 kN/m².
- Cargas laterales sobre los soportes de plataforma [2].
 - Los soportes de la plataforma deben ser diseñados teniendo en cuenta que han de resistir una carga puntual horizontal de 0.5 veces el MTOW del helicóptero de diseño más la carga debida al viento.
- Carga muerta en miembros estructurales [2].
 - Esto se trata sobre la carga que supone la plataforma en si y se le aplica un factor de 1.4
- Carga debida al viento [2].
 - Este factor consiste en la velocidad de la ráfaga máxima de viento producida en 50 años multiplicada por tres factores, un factor topográfico, un factor de dimensión de edificio y altura sobre el suelo y, finalmente, un factor estadístico que tiene en cuenta el plazo de tiempo en años en el cual la estructura se expone al viento. Con esto tenemos la velocidad del viento a usar, esta se multiplica por una constante para obtener la presión dinámica y a continuación esta se multiplica por un coeficiente de presión de la zona, lo que da como resultado la presión ejercida en cualquier punto de la superficie de la estructura.
- Tensión de perforación [2].

- Finalmente, tenemos la presión de perforación. Esta consiste en la tensión que ejerce el patín o una rueda del tren de aterrizaje aplicando una carga de diseño para un área de contacto de $64.5 \times 1000 \text{ mm}^2$.

En la siguiente tabla podemos observar detalladamente los factores y cómo calcular los esfuerzos totales que debe soportar nuestra estructura para el caso A, es decir, un helicóptero en aterrizaje.

Tabla 11 Requerimientos estructurales Caso A [2].

CASO A Helicóptero en aterrizaje	Cálculo	Resultado (kN)
a) Carga dinámica debida a impacto en toma de contacto	$1.5 * 1.66 * \text{MTOW}$	227
b) Respuesta simpática sobre FATO	$1.5 * 1.66 * \text{MTOW} * R$	295
c) Carga general superimpuesta a la FATO (0.5 kN/m ²)	$1.4 * \text{Sha}$	20
d) Carga lateral sobre los soportes de la plataforma	$1.6 * 0.5 * \text{MTOW}$	73
e) Carga muerta sobre miembros estructurales	$1.4 * G$	-----
f) Carga debida al viento	$1.4 * W$	-----
g) Tensión de perforación	$2.5 * \text{MTOW} * R$	227

4.2.2 Caso B Helicóptero en reposo:

A diferencia del caso anterior, aquí se considerará que el helicóptero se encuentra en reposo sobre el helipuerto, por tanto, se estudiarán las tensiones de cizalladura y flexión que causa esta situación. Se tendrán en consideración:

- Carga muerta del helicóptero [2].
 - Se deben diseñar los elementos estructurales para que sean capaces de soportar la carga puntual proveniente de los patines o las ruedas del helicóptero sobre la FATO, en la posición que produzca las tensiones de flexión y cizalladura más desfavorable.
- Carga total superimpuesta [2].
 - Este factor representa el margen para cargas de nieve, personal, mercancías y equipos, entre otros, que puedan acumularse sobre el área de la FATO.
- Carga muerta sobre miembros estructurales y carga debida al viento [2].
 - Estos dos factores son exactamente iguales que los del caso anterior ya que no dependen del helicóptero o la operación, sino del clima y el helipuerto en sí.

En la siguiente tabla podemos observar detalladamente los factores y cómo calcular los esfuerzos totales que debe soportar nuestra estructura para el caso B, es decir, un helicóptero en reposo.

Tabla 12 Requerimientos estructurales Caso B [2].

CASO B Helicóptero en reposo	Cálculo	Resultado (kN)
a) Carga muerta del helicóptero	$1.6 * MTOW$	146
b) Carga total superimpuesta	$1.6 * Shb$	137
c) Carga muerta sobre miembros estructurales	$1.4 * G$	-----
d) Carga debida al viento	$1.4 * W$	-----

Siendo:

- MTOW: Maximum Take Off Weight (Peso máximo al despegue).
- Sha: Carga total superimpuesta caso A (0.5 kN/m^2).
- Shb: Carga total superimpuesta caso B (3 kN/m^2).
- G: Carga muerta estructura.
- W: Carga debida al viento.

Tabla 13 Variables cálculos estructurales.

MTOW (kN)	Sha (kN)	Shb (kN)	G	W
91	14.25	85.5	-----	-----

Seguridad

Respecto a la seguridad del personal, es necesario que, en caso de caída de esfuerzo cortante en los bordes del helipuerto sin posibilidad de efectuar el movimiento libre de pasajeros y personal del helipuerto sin riesgo, se ha de instalar una red de seguridad en los bordes del este que soporte hasta 75 kg, de altura igual a 1 metro y que no produzca un efecto rebote [2].

4.3 Características físicas

Como ya se ha explicado, el objeto de este proyecto es el emplazamiento de un helipuerto elevado. A la hora de determinar las dimensiones de las áreas de aproximación final y de despegue y áreas de toma de contacto y elevación inicial, es importante determinar la Clase de performance de la Aeronave [1].

Además, el hecho de ser un helipuerto tiene otras implicaciones para estas áreas como sería [1]:

- La FATO debe coincidir con el área de toma de contacto y de elevación inicial.
- Deben tener al menos una FATO.
- Respecto a las dimensiones de la FATO éstas serán no inferiores a 1.5 veces la longitud/anchura total del helicóptero de diseño para el cual esté previsto el helipuerto.

- Respecto a las pendientes, la pendiente total en cualquier dirección de la superficie de la FATO no debe exceder el 3%. Y dependiendo de la performance del helicóptero de diseño la pendiente de la FATO no excederá en ningún sitio el 5% para helicópteros de performance 1 y 7% para helicópteros de performance 2 y 3.

En cuanto al área de seguridad [1]:

- Esta área debe circundar a la FATO
- Esta área de seguridad debe extenderse hacia fuera de la zona periférica de la FATO un valor de 4,75 metros (0.25 veces la anchura/longitud del helicóptero de diseño).
- No se puede disponer de ningún objeto móvil en el área de seguridad mientras opere un helicóptero y los objetos fijos en esta área deben ser frangibles. Además, estos objetos fijos no superarán un plano que empieza a 0.25 m por encima del borde de la FATO con una pendiente ascendente del 5% hacia fuera.
- El área de seguridad no poseerá ninguna superficie con una pendiente ascendente superior al 4% medida desde el borde de la FATO hacia el exterior.
- Y finalmente, esta superficie debe cumplir los mismos requerimientos estructurales que la FATO para garantizar la seguridad en las operaciones.

5. Entorno de obstáculos

En este apartado se pretende describir y detallar las superficies limitadoras de obstáculos que definen los límites hasta los cuales los diferentes obstáculos y objetos pueden proyectarse en el espacio aéreo, garantizando así un espacio aéreo seguro alrededor del helipuerto, en el cual las operaciones pueden llevarse a cabo de forma fiable minimizando riesgos.

Las diferentes superficies y sectores limitadores de obstáculos son los siguientes:

5.1 Superficie de aproximación

Se trata de un plano, o combinación de estos, con una pendiente ascendente que parte del área de seguridad operacional y centrada en una línea que cruza el centro de la FATO. Su función como su nombre indica es proteger el helicóptero durante su aproximación a la FATO [2].

Las dimensiones de esta superficie dependen tanto de si las operaciones son nocturnas o diurnas, como de la clase de performance de la aeronave, variando esto la longitud, la pendiente de ascenso, así como la anchura de esta superficie [1].

5.2 Superficie de transición

Esta superficie no es necesaria en condiciones meteorológicas de vuelo visual, ya que en caso de requerir una aproximación frustrada esta se podría volar de forma segura viendo

y maniobrando para evitar los obstáculos pertinentes en su trayectoria. Sin embargo, en condiciones IMC (Condiciones Meteorológicas Instrumentales) existe la posibilidad de que los obstáculos no sean visibles, por tanto, por motivos de seguridad se proporciona una superficie de transición. Esta es una superficie compleja que parte del borde del área de seguridad y las superficies de aproximación y ascenso en el despegue, con una pendiente ascendente hacia el exterior hasta que corta con la superficie horizontal interna o una altura de 45 metros [2].

5.3 Superficie horizontal interna

La superficie horizontal interna va destinada a las maniobras de aproximación para aproximaciones de no precisión que se realizan visualmente, aunque poseen la consideración de maniobras instrumentales de no precisión. Es decir, será necesaria para garantizar la seguridad del helicóptero si no se pueden realizar aproximaciones directas de no precisión por instrumentos a ambos extremos de la FATO. [2]

Esta superficie está compuesta por un círculo en el plano horizontal sobre la FATO con centro en el centro de esta.

5.4 Superficie cónica

Esta superficie actúa junto con la superficie horizontal interna para garantizar las maniobras visuales seguras en la proximidad de un helipuerto. Sirve también para indicar el nivel a partir del cual hay que controlar los nuevos obstáculos que se edifiquen e insertar luces y señales para obstáculos existentes [2].

Esta superficie consta de una pendiente cónica invertida, hacia arriba y hacia fuera partiendo desde la superficie horizontal interna.

5.5 Superficie de ascenso en el despegue

La superficie de ascenso en el despegue es muy similar a la superficie de aproximación, sin embargo, a la hora de diseñarla hay que tener en cuenta las limitaciones del helicóptero para realizar el ascenso (por las limitaciones de los grupos motores en algunos helicópteros) y pueden ser necesarios ángulos de ascenso menores. También hay que tener en cuenta que en condiciones de vuelo IMC se suele requerir una velocidad mínima que puede ser difícil de adquirir para helicópteros de un solo motor. Todo esto puede influir en la definición de esta superficie y en sus dimensiones. Así como también la aparición de obstáculos o superficies pantanosas o cenagosas pueden requerir modificaciones en las trayectorias de estas superficies [1].

5.6 Superficies limitadoras de obstáculos de nuestro helipuerto.

Para determinar las superficies limitadoras de obstáculos en nuestro helipuerto y dado que estas dependen del tipo de operación (IFR, VFR), del momento del día (día, noche) y de la performance de los helicópteros (Clase 1, 2 o 3). Vamos a determinar estas superficies para dos casos concretos.

5.6.1 Caso 1: Helicóptero de performance Clase 1 en vuelo visual diurno.

Como hemos indicado, en este caso analizaremos las superficies limitadoras de obstáculos para un vuelo en VFR diurno. Para un vuelo visual diurno las únicas superficies limitadoras de obstáculos requeridas serán [1]:

- Superficie de ascenso en el despegue.
- Superficie de aproximación.

En este caso las características de estas superficies serán:

Tabla 14 Características superficies Caso 1 [1].

Superficie	Divergencia	Longitud	Pendiente	Anchura
Aproximación	10%	3386 metros	4.5%	7 diámetros del rotor (133 metros)
Ascenso en el despegue	10%	3386 metros	4.5%	7 diámetros del rotor (133 metros)

Para representar estas superficies se ha empleado la herramienta Autocad, que permite dibujarlas para posteriormente exportarlas a ArcGis y poder observar los obstáculos que penetran en estas superficies.

La representación de las dos superficies del Caso 1 se adjuntan a continuación. Dado que son exactamente iguales la superficie de aproximación y la de ascenso en el despegue para un vuelo visual diurno, en las imágenes siguiente no se especifica cual es cual.

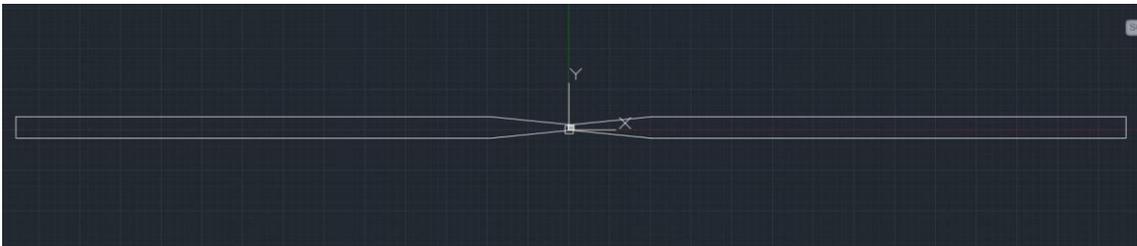


Figura 12 Superficies de aproximación y ascenso en el despegue caso 1.

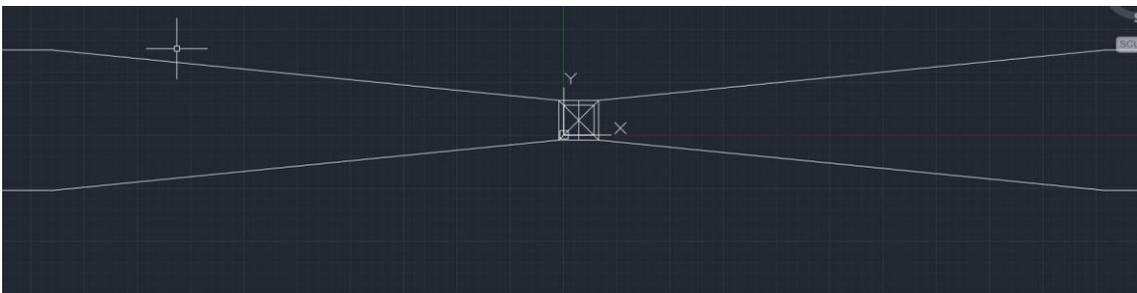


Figura 13 Superficies de aproximación y ascenso en el despegue caso 1.

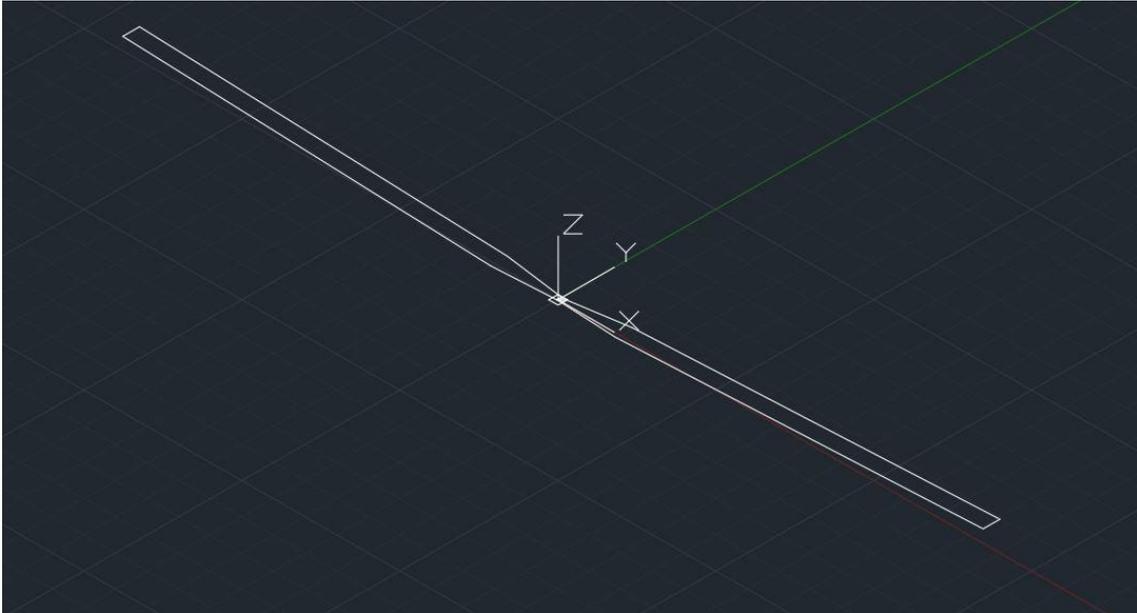


Figura 14 Superficies de aproximación y ascenso en el despegue caso 1.

5.6.2 Caso 2: Helicóptero de performance Clase 1 en vuelo instrumental nocturno.

En cambio, las superficies limitadoras de obstáculos requeridas para un vuelo IFR nocturno en aproximaciones de no precisión son las siguientes [2]:

- Superficie de ascenso en el despegue.
- Superficie de aproximación.
- Superficie de transición.
- Superficie horizontal interna.
- Superficie cónica.

En este caso las características de estas superficies serán:

Tabla 15 Características superficies Caso 2 [2].

Superficie	Divergencia	Longitud/Radio*	Pendiente	Anchura/Altura*
Aproximación	16%	2500 metros	3.33%	890 metros
Transición	Bordes aproximación y ascenso	225 metros	20%	-----
Horizontal interna*	-----	2000 metros	0%	45 metros
Cónica*	-----	2000-2275 metros	20%	45-100 metros
Ascenso en el despegue	30%-0%-0%	2850-1510-7640 metros	3.5%-3.5%-2%	1800 metros

De manera similar al caso anterior, las superficies se han representado con Autocad, procedemos a detallarlas a continuación:

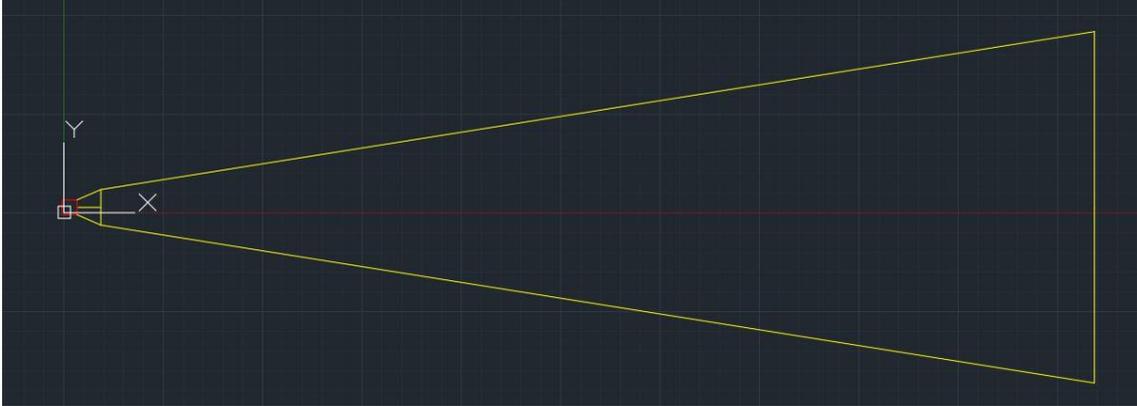


Figura 15 Superficie de aproximación caso 2

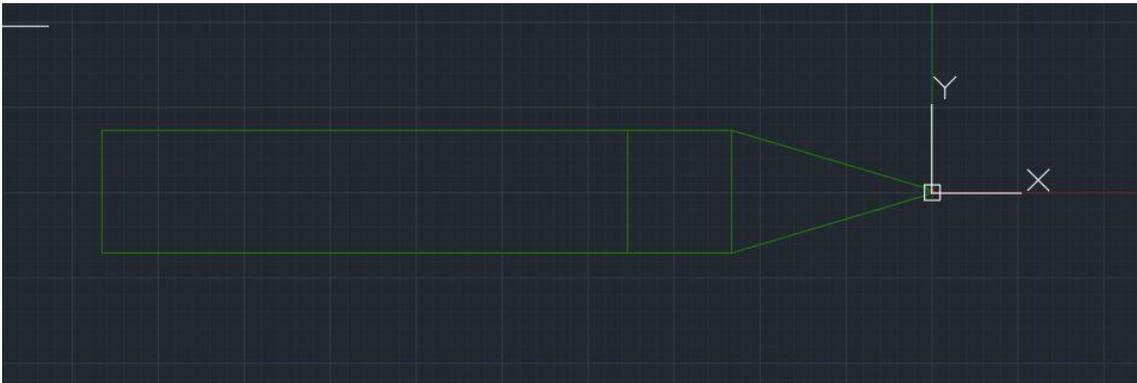


Figura 16 Superficie de ascenso en el despegue caso 2.

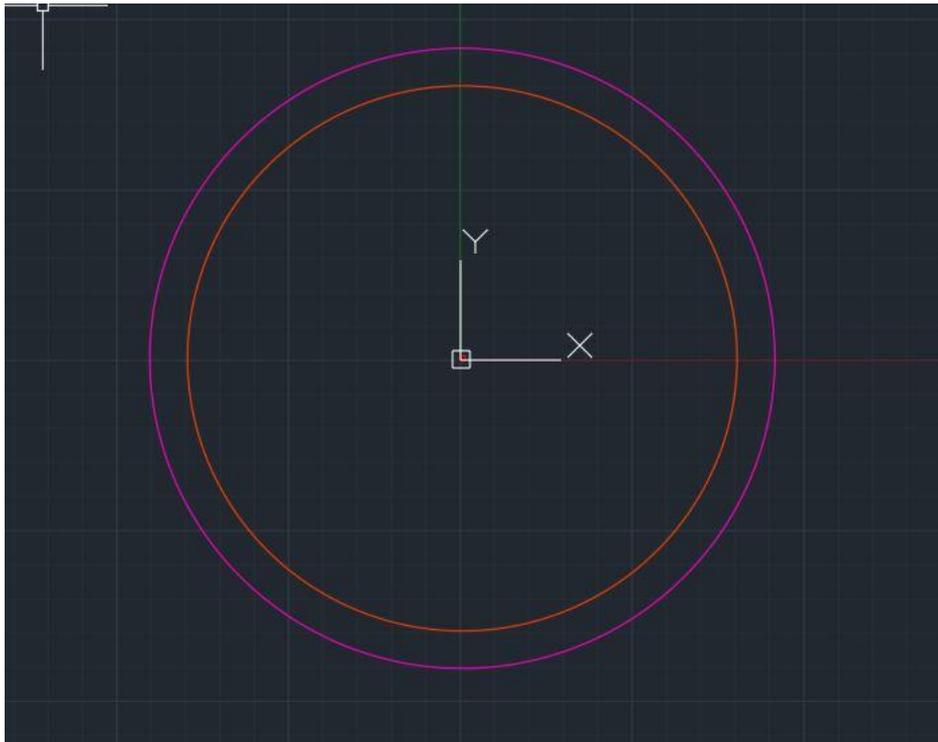


Figura 17 Superficies horizontal interna y cónica caso 2

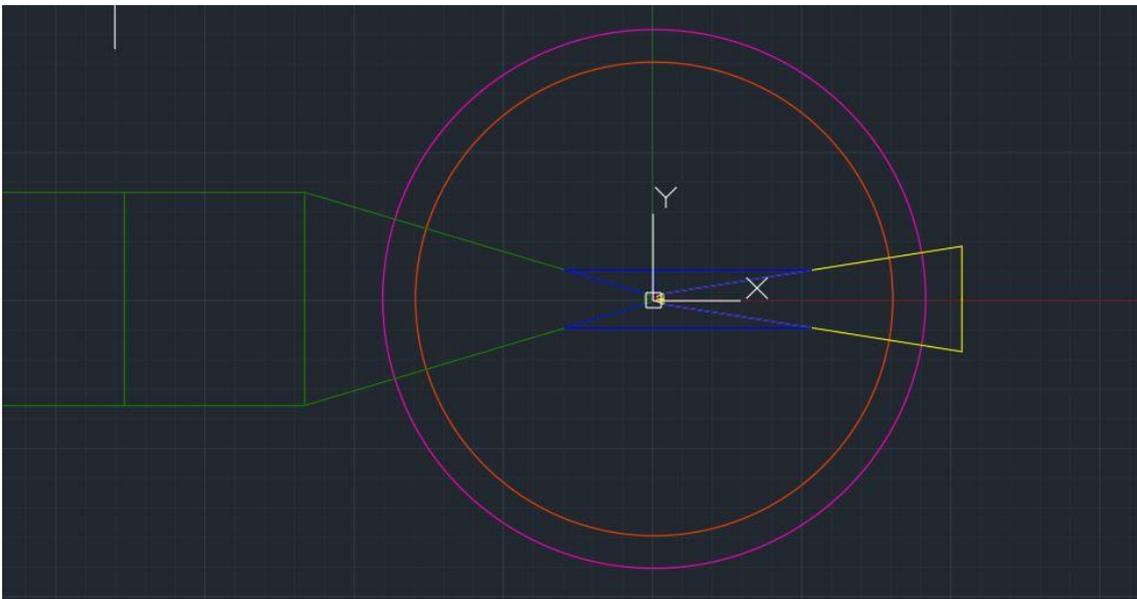


Figura 18 Superficies anteriores más la superficie de transición caso 2.

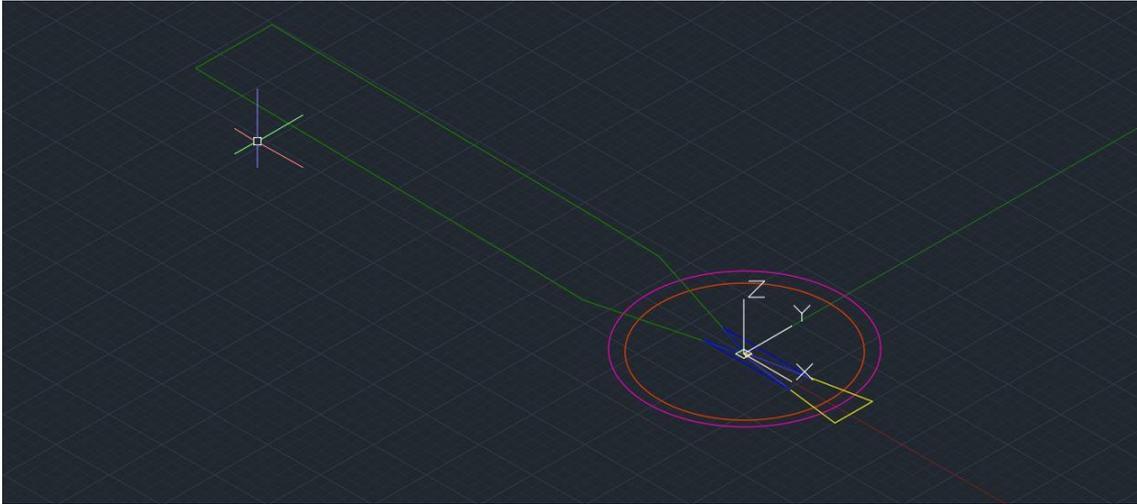


Figura 19 Todas las superficies del caso 2

Finalmente adjuntamos una imagen en la que se pueden observar las servidumbres de nuestro helipuerto y las servidumbres del Aeropuerto de Valencia LEVC.

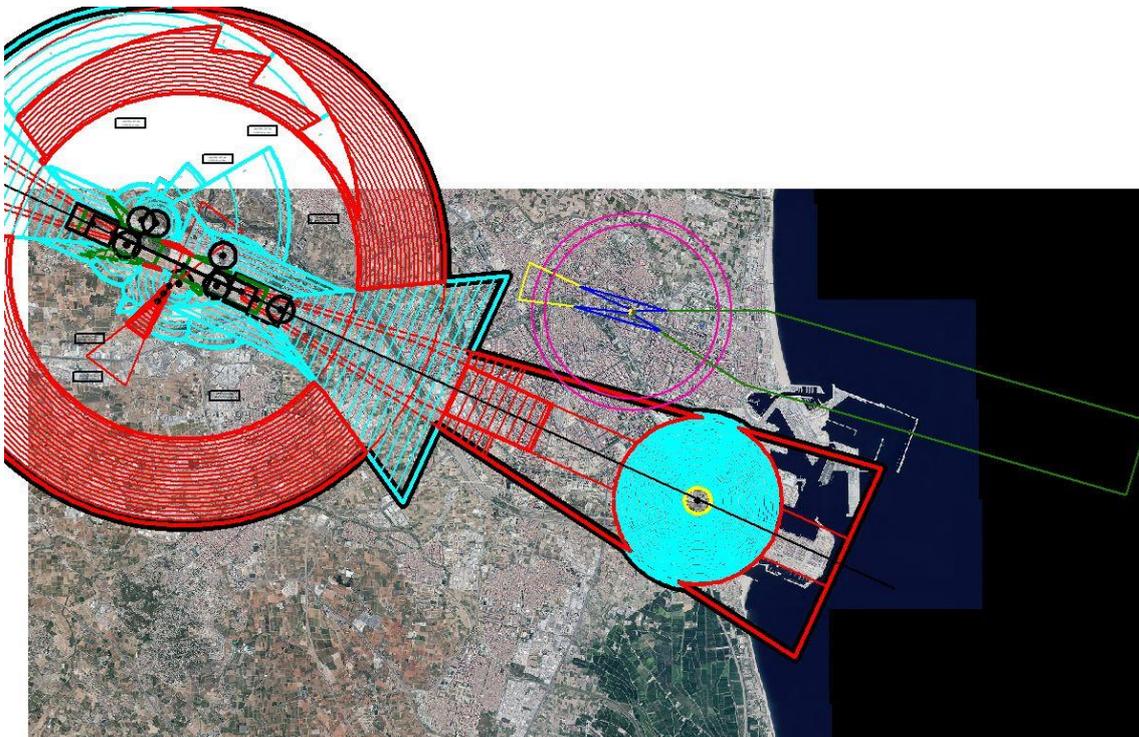


Figura 20 Servidumbres de LEVC y del helipuerto [13].

5.7 Obstáculos circundantes al helipuerto

Para obtener los diferentes obstáculos que puedan penetrar en las superficies y servidumbres del helipuerto se emplea, por una parte, el Modelo Digital de Superficies Edificación, que posee un paso de malla de 2.5 metros, y, por otro lado, las Ortofotos PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea) de máxima actualidad ambas obtenidas del centro de descargas del IGN (Instituto Geográfico Nacional), correspondientes a la zona de Valencia.

5.8 Procedimiento

El procedimiento que se ha llevado a cabo para analizar la penetración de los obstáculos en las diferentes superficies es el siguiente. Una vez se tienen las superficies dibujadas en Autocad, estas se han desplazado a la posición del helipuerto con un desplazamiento del dibujo a las coordenadas X e Y obtenidas de la ortofoto en ArcMap para el sistema de referencia geodésico ETRS89 UTM zona 30.

Una vez posicionadas las superficies el siguiente paso es insertarlas en ArcMap, para esto únicamente hace falta guardarlas en formato .dwg 2010. El siguiente paso es abrir el fichero .dwg en ArcMap y mediante la herramienta "Export Data" creamos una capa de formato .shp con estas superficies. Para definir estas nuevas capas en el mismo sistema de referencia es necesario emplear la herramienta "Define Projection" y así tener tanto la ortofoto, el modelo digital de edificaciones, como las superficies en el marco de referencia ETRS 89 UTM zona 30. A continuación, pasamos las diferentes superficies en formato shape file a formato TIN mediante la herramienta "Create TIN". En el apartado de definiciones se indicó en qué consisten las superficies TIN (Triangles Irregular Network), se incluye una imagen a continuación para ayudar a una mejor comprensión de las mismas.

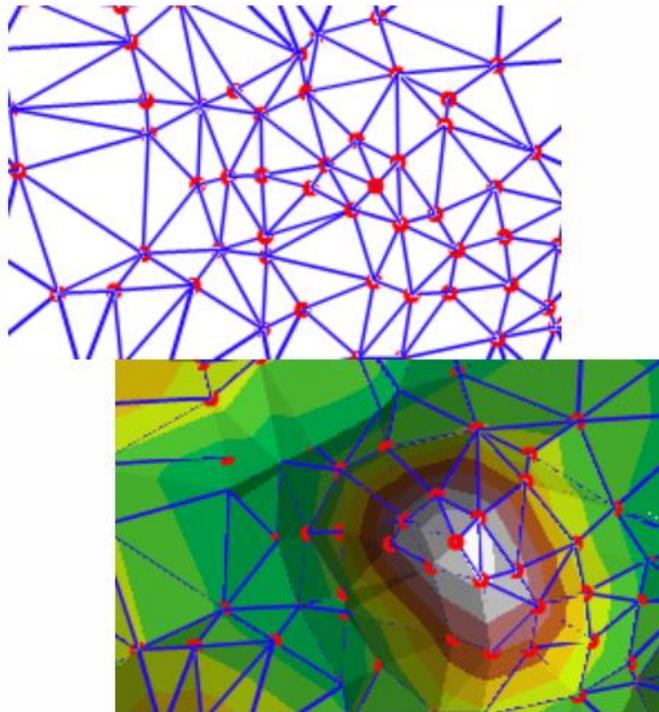


Figura 21 Superficie de redes irregulares de triángulos (TIN) [11].

El resultado de las superficies de aproximación y ascenso en el despegue para el Caso 1, es el siguiente:



Figura 22 Superficies de aproximación y ascenso en el despegue en formato TIN.

El siguiente paso es pasar esta capa TIN a Raster mediante la herramienta “TIN to Raster” en la pestaña “Environment Settings” definiremos el tamaño de celda a 2.5 metros para que coincida con el del modelo digital de edificación. El resultado para las superficies del primer caso es el siguiente:



Figura 23 Superficies de aproximación y ascenso en el despegue en formato Raster.

El último paso es comparar el Raster de las superficies delimitadoras con el Modelo Digital de Superficies Edificación, para esto, la herramienta idónea es “Raster Calculator”. Empleando la calculadora Raster se les restará a las superficies la elevación de las edificaciones y así se podrá ver donde penetra ya que el valor de la resta será negativo. La capa resultante es la siguiente:



Figura 24 Resultados penetración de obstáculos Caso 1.

5.9 Resultados

5.9.1 Caso 1: Helicóptero de performance Clase 1 en vuelo visual diurno.

Como podemos observar en la figura 24, Para las superficies del Caso 1, tanto la de Ascenso en el despegue como la de aproximación para un vuelo visual diurno, no existe ningún edificio que las penetre, ya que el valor más pequeño de la diferencia entre ambas es de 3.37 metros, siendo la mayor diferencia de 187.98 metros. Existe la posibilidad de que pequeños objetos, como puedan ser alguna antena en el tejado de un edificio si penetre. Este riesgo está únicamente presente en los edificios más próximos al helipuerto, como cabría esperar, ya que las superficies en este punto tienen su mínima elevación. (En la figura se puede observar ya que son los recuadros más oscuros). De estos objetos no se poseen datos y para analizarlo haría falta realizar un examen visual de la zona o emplear métodos más precisos.

5.9.2 Caso 2: Helicóptero de performance Clase 1 en vuelo instrumental nocturno.

Para abordar este caso y dado el número de superficies que lo componen (5) se ha decidido separar el estudio en dos análisis, uno para estudiar las penetraciones en las superficies horizontal interna y cónica y otro para la de aproximación, ascenso en el despegue y transición. Como lo que interesa es analizar si algún obstáculo penetra en la superficie más cercana al suelo en cada momento, cualquier penetración a cualquier superficie de los dos subcasos, significaría un problema, siendo esto lo que permite poder dividir el análisis para facilitar su realización.

El procedimiento, es el mismo que se aplica en el Caso 1, adjuntamos los resultados de los pasos intermedios, así como los resultados finales. En el Anexo se pueden ver las diferentes ventanas y como se usan las diferentes herramientas de ArcMap.

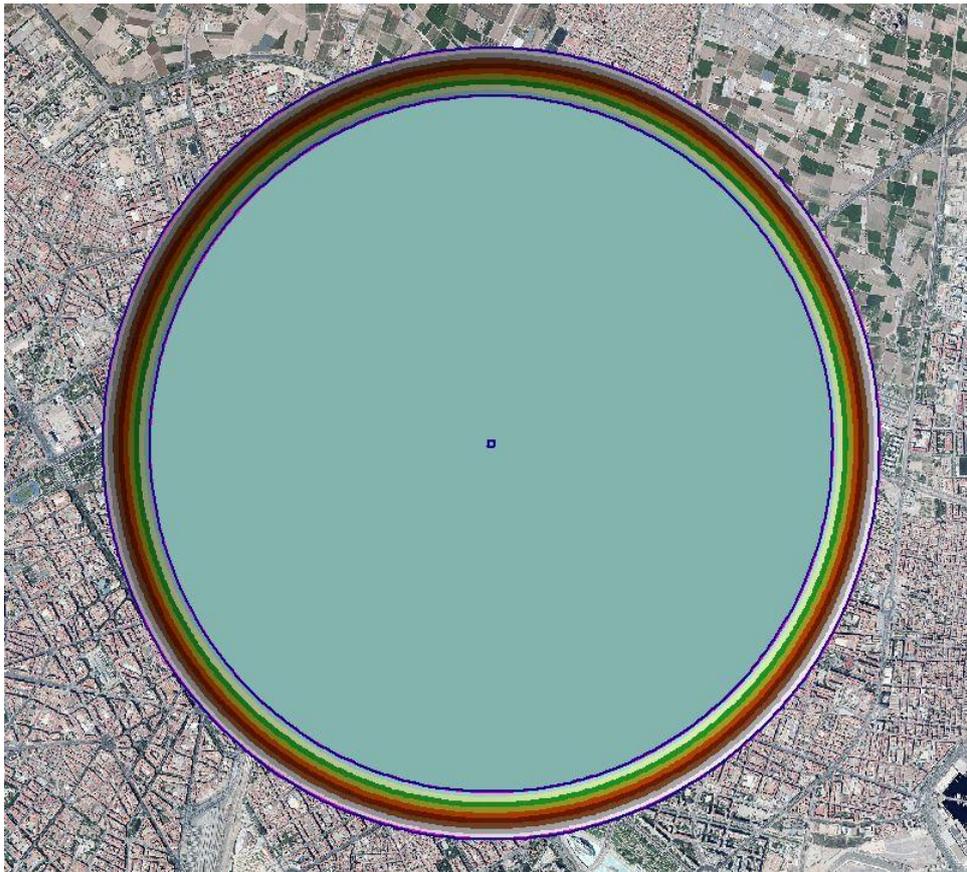


Figura 25 Superficie cónica y horizontal interna en formato TIN.

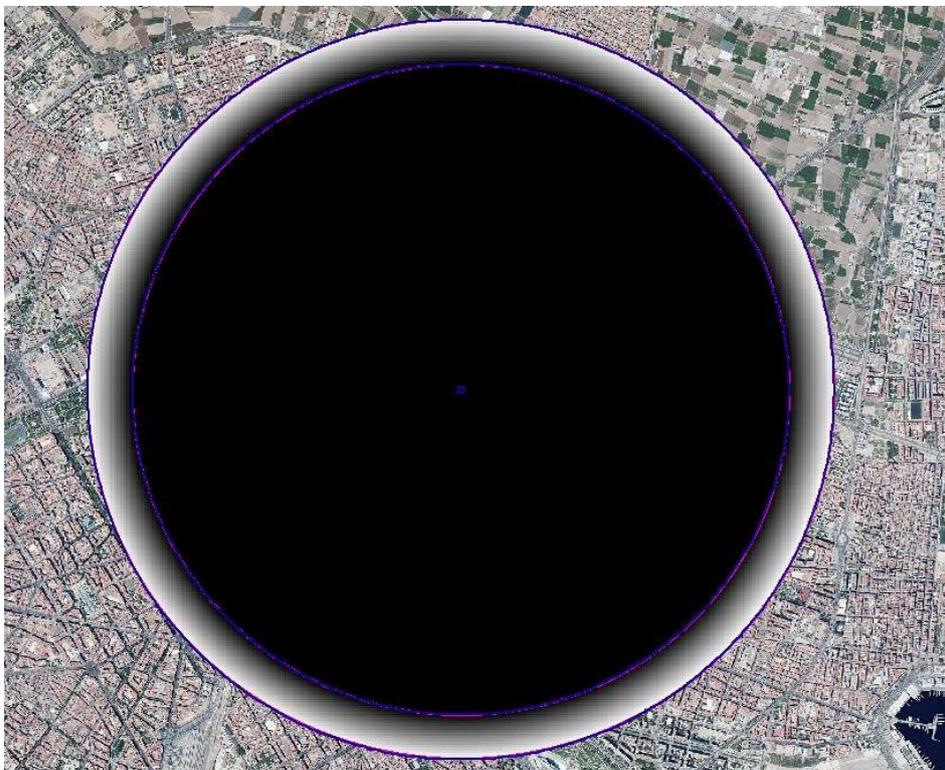


Figura 26 Superficie cónica y horizontal interna en formato Raster.



Figura 27 Resultados superficies horizontal interna y cónica Caso 2.

Como podemos observar en la figura 27 el obstáculo u edificio más cercano a estas superficies se encuentra a 8 metros de ellas. A diferencia de las de aproximación, o la cónica la horizontal interna no crece en altura, no posee una pendiente, es por esto que vemos zonas oscuras (con una diferencia pequeña entre elevación de superficie y elevación de obstáculo) no solamente cerca del helipuerto, si no en toda la superficie donde aparecen edificios más altos.

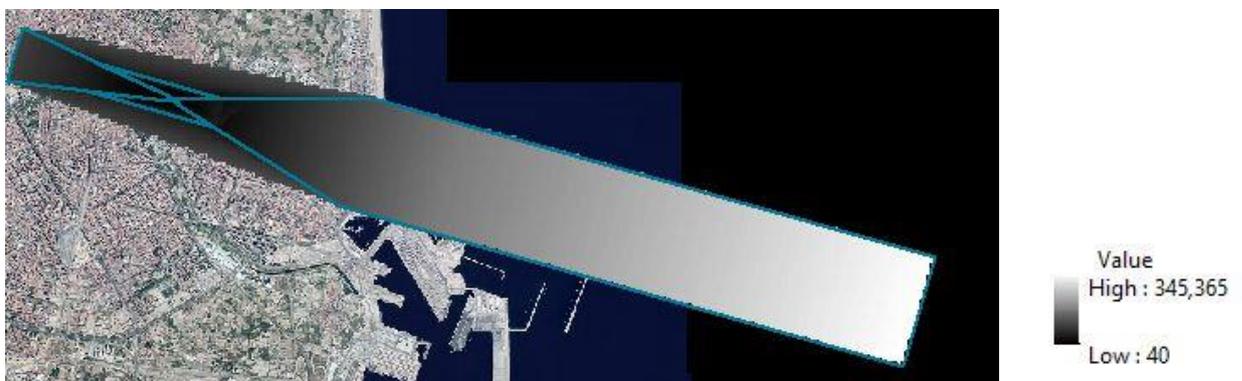


Figura 28 Superficies de aproximación, transición y ascenso en el despegue formato Raster.



Figura 29 Superficies de aproximación, transición y ascenso en el despegue resultados Caso 2.

Para las superficies de aproximación, ascenso en el despegue y transición, podemos observar que el valor más bajo de la diferencia entre las superficies y los edificios u obstáculos es de solo 0.43 metros, como era esperable, apareciendo las zonas más oscuras en las inmediaciones del helipuerto, ya que estas tres superficies poseen una pendiente ascendente hacia el exterior. Siendo 0.43 metros un valor muy ajustado y, teniendo en cuenta la posible falta de precisión del modelo digital de edificaciones, sería conveniente un análisis con otras metodologías más precisas y fiables para garantizar que se cumplen los requerimientos del entorno de obstáculos.

A pesar de estas matizaciones, se observa como de acuerdo con los resultados obtenidos para las diferentes superficies de este caso 2, ningún obstáculo penetraría estas superficies, garantizando esto la viabilidad del helipuerto en las condiciones analizadas.

6. Servidumbres aeronáuticas LEVC

A continuación, analizaremos si la construcción de este helipuerto afecta o vulnera a las servidumbres aeronáuticas del aeropuerto de Manises VLC-LEVC, fijándonos tanto en las radioeléctricas como en las de su entorno de obstáculos.

Para esto hemos obtenido las servidumbres del aeropuerto LEVC de la página de AESA (Agencia Estatal de Seguridad Aérea) en formato tanto .dwg (Para Autocad) como en formato .kml (para Google Earth) y así poder comprobar si se ven afectadas por nuestra nueva construcción o no.

En la siguiente imagen, se observa una captura de Google Earth en la que se pueden ver tanto las servidumbres aeronáuticas como radioeléctricas del aeropuerto de Manises LEVC y la posición del helipuerto. Por tanto, podemos afirmar que la construcción de este no interfiere de ninguna manera en estas servidumbres.

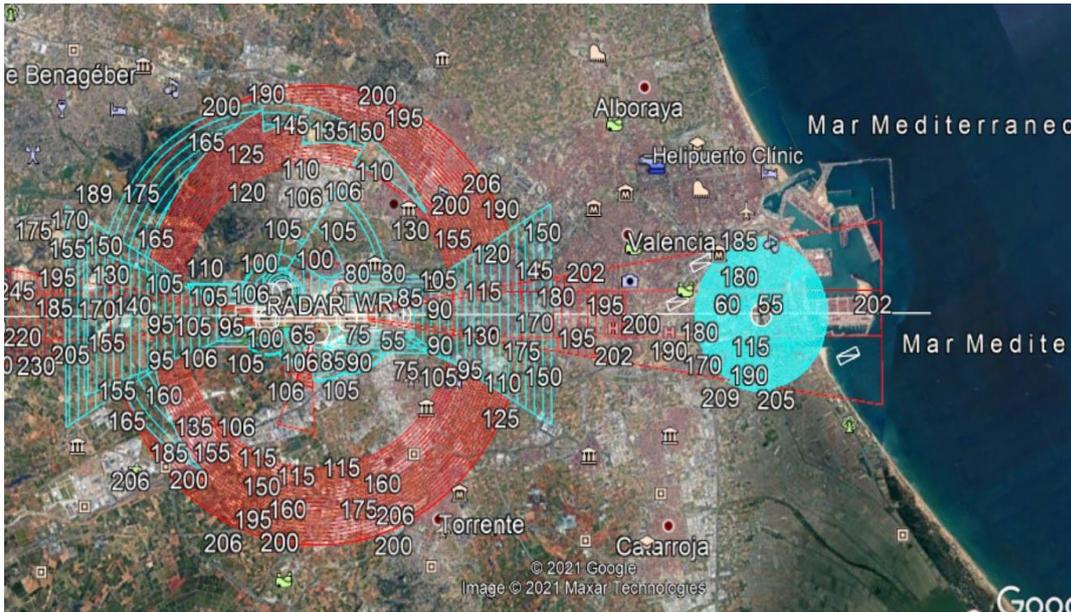


Figura 30 Servidumbres radioeléctricas y aeronáuticas LEVC [13].

En la figura 31 podemos observar el emplazamiento exacto del helipuerto, el cual estaría localizado encima del edificio de la derecha del hospital, ya que, analizando su arquitectura, los edificios que lo rodean y los requerimientos de la FATO, se considera el sitio más apropiado. La tabla 16 muestra la posición exacta del helipuerto.

Tabla 16 Posición Helipuerto.

Latitud	Longitud	Elevación
39°28'43.11"N	0°21'40.78"O	40 metros



Figura 31 Posición helipuerto.

7. Salvamento y extinción de incendios.

Para poder garantizar que en caso de accidente o incidente de aviación se salva el mayor número de vidas posible, se crea el servicio de salvamento y extinción de incendios. Los incendios pueden ocurrir en cualquier momento de las distintas operaciones que realicen las aeronaves, desde cualquier maniobra, como la toma de contacto, el rodaje, etc, hasta cuando ocurre un accidente o mientras se realizan las operaciones de salvamento. Esto implica que es crucial la rapidez de reacción frente a los incidentes, así como la preparación y capacitación del personal y la disposición de los medios necesarios para poder sofocar la emergencia.

El nivel de protección indica los medios que debe disponer el helipuerto, así como los servicios que deben proporcionarse en cuanto a salvamento y extinción de incendios. Este nivel de protección viene determinado por la longitud total del helicóptero más largo que use el helipuerto en cuestión. En nuestro caso esta pertenece al Sikorsky S-61N y es igual a 22.25 metros. Esto indica una categoría de protección a efectos de extinción de incendios (RFF). Existen tres categorías, la Categoría H1, donde entran los helicópteros de hasta 15 metros de longitud total, es decir incluyendo el botalón de cola y el rotor, la categoría H2 va de 15 a 24 metros y la H3 de 24 a 35 metros, siendo en todos los casos de forma exclusiva por arriba [2].

Viendo las características del helicóptero de diseño se puede determinar fácilmente a que categoría pertenece y así determinar el nivel de protección necesario para el helipuerto. La categoría RFF de cada helicóptero ya se ha determinado en el apartado 3 [1].

Sin embargo, a diferencia de los aeropuertos donde si los aviones de mayor longitud no vuelan 700 operaciones durante los tres meses anuales de mayor tráfico, se puede reducir su nivel de protección al inferior. En los helipuertos, no existen factores o condicionantes que nos permiten reducir el nivel de protección del helipuerto. Esto se debe a que en los helipuertos el tráfico es mucho más esporádico y no existen estadísticos de movimientos y operaciones, se decide que la categoría solo dependa de la longitud de la aeronave, independientemente del régimen de movimientos. Aun así, si se tiene en cuenta que si durante un periodo de tiempo solo se prevén operaciones de helicópteros pequeños durante este periodo de tiempo podría reducirse la categoría [2].

Por tanto, por razones de tener siempre el helipuerto preparado para atender cualquier tipo de emergencia, se diseñará para una categoría H2.

7.1 Agentes extintores

Para la correcta extinción de incendios deben usarse agentes extintores que pueden ser principales o complementarios. Los agentes principales se encargan de proporcionar un control permanente durante varios minutos o más, en cambio los agentes complementarios pretenden sofocar el incendio con rapidez, sin embargo, su

efectividad y control se limita al momento de aplicación y un periodo posterior muy reducido.

7.1.1 Agentes principales

Como agentes principales en helipuertos solo se pueden usar espumas que satisfacen el nivel B de performance, ya que en los accidentes de helicópteros el tiempo de supervivencia es menor que en los de aviones. La calidad de la espuma, si satisface un nivel de performance A o B, influirá en la velocidad de la capacidad de supresión del incendio así como en los tiempos de control.

7.1.2 Agentes secundarios

Existen tres tipos de agentes complementarios que se aceptan para los helipuertos, estos son los productos químicos secos en polvo, el CO₂ y los hidrocarburos halogenados [2].

Por tanto, de acuerdo con lo establecido en el documento 9261 Manual de Helipuertos de la OACI, las cantidades de Agentes principales y secundarios mínimas requeridas serán las siguientes:

Tabla 17 Cantidades mínimas agentes extintores.

Categoría Helipuerto	Espuma nivel B de performance		Agentes complementarios		
	Agua (L)	Régimen de descarga espuma (L/min)	Productos químicos en polvo (kg)	CO ₂ (kg)	Hidrocarburos halogenados (kg)
H2	5000	500	45	90	45

7.2 Área crítica

El concepto de área crítica se usa para definir la cantidad de agentes extintores, así como material de salvamento para cada helipuerto es decir para determinar las cantidades de agentes principales y complementarios. El área crítica se determina con la longitud media del fuselaje multiplicada por la anchura media del fuselaje + 4 o 6 metros, dependiendo de si la longitud media del fuselaje es inferior o superior a 24 metros respectivamente, en nuestro caso sería $18.10 \times (1.98 + 4)$ que es igual a 108.238 m^2 [2].

Si se realizaran los cálculos exactos para estimar estas cantidades empleando el área crítica, sacando la media de la longitud de las aeronaves para este helipuerto, y multiplicándola por el régimen de aplicación normal de 5.5 L/min/m^2 veríamos que obtenemos un valor similar al obtenido en el apartado anterior, mediante un proceso más complejo, que en este caso no es necesario aplicar [2].

7.3 Tiempo de respuesta

Se denomina tiempo de respuesta al periodo que transcurre entre la llamada al servicio de salvamento y extinción de incendios y el momento en el que el primer vehículo que responde tiene la posibilidad de aplicar espuma al menos al 50% del régimen de descarga pertinente al helipuerto [2].

En los helipuertos elevados, se considera que en el mismo helipuerto o en sus inmediaciones existirá un servicio de salvamento y extinción de incendios durante la ejecución de la operación [1].

7.4 Equipo de salvamento

Para un helipuerto de categoría H2 por lo que hace al nivel de operaciones, el equipo de salvamento requerido es el siguiente:

Tabla 18 Equipo de salvamento requerido [2].

Equipo de Salvamento	Cantidad
Llave de tuerca regulable	1
Hacha de salvamento de aeronave	1
Herramienta corta-pernos de 60 cm	1
Palanca de pie de cabra de 105 cm	1
Sierra de metales con 6 hojas de repuesto	1
Manta ignífuga	1
Cuerdas salvavidas	1
Gancho de retención o socorro	1
Alicate lateral	1
Juego de destornilladores	1
Guantes ignífugos	2 pares
Cuchillo para cable	1

7.5 Otros requerimientos de los helipuertos elevados

Los helipuertos elevados poseen algunos requerimientos dadas sus características diferenciales con respecto a los helipuertos de superficie. Como ya hemos dicho antes, es necesario que durante la realización de las operaciones los servicios de salvamento y extinción de incendios estén en las inmediaciones. Además, los helipuertos elevados deben disponer de al menos una manguera que pueda descargar un chorro pulverizado de espuma con una ratio de descarga de 250 L/min. Aparte de esto, es fundamental que los agentes extintores puedan ser aplicados en la totalidad de la plataforma, independientemente de la dirección del viento. Esto implica que en los helipuertos de categoría 2 (nuestro caso) y 3 sea necesario que se disponga de dos monitores como mínimo, situados en lugares distintos alrededor del helipuerto, para asegurar que la espuma alcanza cualquier rincón del mismo [2].

8. Ayudas Visuales

Debido a que se prevé que este helipuerto pueda ser utilizado tanto en condiciones diurnas como en condiciones nocturnas, o de visibilidad limitada diurnas, deberá poseer tanto señales como ayudas luminosas [1].

8.1 Indicadores

- Indicador de la dirección del viento. Su objetivo es mostrar la dirección del viento y en la medida de lo posible su velocidad y debe estar presente en todo helipuerto. Debe estar emplazado de forma que no sufra perturbaciones por la turbulencia del rotor y, en el caso de que el uso del helipuerto sea nocturno, debe estar iluminado. Su forma es la de un cono truncado de tela que puede ser monocolor (Blanco o naranja) o bicolor (blanco-naranja, rojo-blanco, negro-blanco) [1]. Sus dimensiones son:

Tabla 19 Características indicador de la dirección del viento [1].

Longitud	Diámetro mayor	Diámetro menor
1.2 metros	0.3 metros	0.15 metros

8.2 Señales y balizas

1. Señal de identificación del helipuerto, su objetivo es facilitar la identificación del helipuerto como tal. En este caso, ya que se trata de un helipuerto médico, esta consiste en una letra "H" de color rojo en el centro de una cruz blanca. Esta se orientará de forma que la barra transversal de la "H" forme un ángulo recto con la dirección de aproximación final [1].
2. Señal de masa máxima permisible, debe emplazarse en el sentido de la aproximación preferido y estará constituida por un número de dos cifras seguido de la letra "t" indicando toneladas (1000 kg) [2].
3. Señal/baliza de área de aproximación final y despegue. Su objetivo es delimitar el área de aproximación final y despegue. Estas señales/balizas no deben estar separadas más de 50 metros y debe haber al menos 3 en cada lado [2].
4. Señal de área de toma de contacto y elevación inicial. Se trata de una línea blanca de 30 cm de anchura que marca el perímetro de la zona de toma de contacto [2].
5. Señal de punto de toma de contacto, señal empleada cuando se pretende que el helicóptero sea estacionado en un punto determinado. Esta está formada por un círculo amarillo de diámetro igual a la mitad del diámetro del rotor principal, su anchura será igual o superior a 0.5 metros [2].

6. Señal de nombre del helipuerto. Las letras de esta señal deben tener una altura igual o superior a 1.2 metros y la designación debe ser la empleada para nombrar el helipuerto o el designador alfanumérico empleado en las comunicaciones de radiofonía.
7. Señal de obstáculo [2].

8.3 Ayudas luminosas/Luces

Las ayudas luminosas son necesarias de cara a las operaciones nocturnas o en condiciones de baja visibilidad. Existen diversos tipos de ayudas luminosas que difieren sensiblemente entre las aplicables a un helipuerto de superficie con respecto a un helipuerto elevado. Para un helipuerto elevado, como el que estamos tratando, las ayudas luminosas serán las siguientes [2]:

1. Faro de helipuerto. Se utiliza principalmente si es imprescindible la guía visual de largo alcance y esta no se provee por otros medios o si, como es el caso, resulta complicado identificar el helipuerto a causa de las luces de las inmediaciones, ya que está emplazado en mitad de la ciudad con una contaminación lumínica muy elevada, siendo posible que el alumbrado público dificulte su identificación. El funcionamiento de este consiste en una serie repetida de destellos de luz blanca con una duración corta y una separación interválica constante. Esto resultaría en un patrón de 4 destellos en 0.8 segundos con una duración de cada uno de entre 0.5 y 2 milisegundos que se repetiría en un periodo de 2 segundos como se puede apreciar en la figura 32, siendo esto una H en código morse. Además de todo esto, el faro de helipuerto debe poseer un control de brillo y una distribución efectiva de la luz variable, dependiendo de la elevación para evitar el deslumbramiento de los pilotos en las maniobras finales de la aproximación y aterrizaje [2].

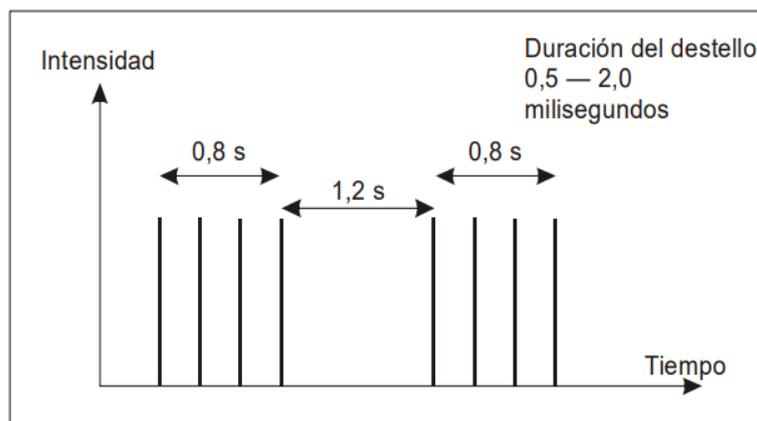


Figura 32 Patrón interválico destellos faro de helipuerto [1].



Figura 33 Faro de identificación de helipuerto [8].

2. Luces de área de aproximación y de despegue. Se emplean con la función de delimitar el área de aproximación final y despegue, estas consisten en luces fijas omnidireccionales de color blanco variable. Además, cabe mencionar que pueden omitirse si el área de aproximación final y de despegue es prácticamente coincidente con el área de toma de contacto y elevación inicial [7] [2].
3. Iluminación de área de toma de contacto y de elevación inicial. Para estas luces existen varias combinaciones posibles, desde luces de perímetro y reflectores o tableros luminiscentes, a una combinación de estas dos últimas más las luces de perímetro [2] [7].
4. Sistema de guía de alineación visual. Su función es proporcionar indicaciones visuales sobre la derrota, su uso se recomienda ya que por motivos de espacio en un helipuerto elevado no es posible instalar un sistema de iluminación de aproximación como si se hace en los helipuertos terrestres. Este sistema facilitará al piloto tres sectores de señal, como mínimo, para indicar la posición del helicóptero, es decir, si va en derrota o desviado hacia izquierda o derecha. Este sistema puede afrontarse de formas muy diversas, ya que cada helipuerto posee unas características físicas distintas, sin embargo, siempre debe cumplirse que no haya posibilidad de confusión entre las señales de este sistema con cualquier otro como pudiera ser el HAPI o PAPI. En la figura 34 podemos observar un ejemplo de sistema de alineación visual. Si el piloto vuela en la derrota apreciaría las dos luces centrales blancas parpadeantes simultáneamente, en cambio si está a la izquierda o derecha, apreciaría las tres luces del lado al que este desviado parpadear consecutivamente, indicando con su parpadeo hacia donde debe dirigirse [2].

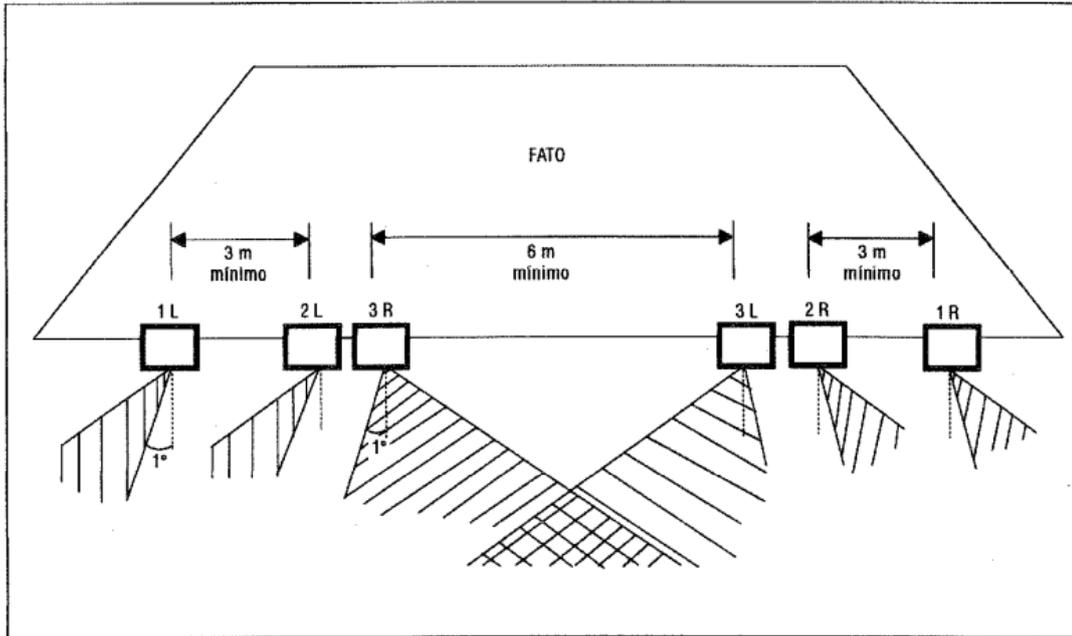


Figura 34 Sistema de guía de alineación visual.

5. Sistema indicador de pendiente de aproximación. De forma similar a lo que ocurre en el sistema de guía de alineación visual, en este sistema, por motivos de espacio concernientes a un helipuerto elevado, no se puede emplear el tradicional PAPI o APAPI. Por esto se emplea un HAPI (Helicopter Approach Path Indicator), este a diferencia del PAPI o el APAPI, cuenta con un único elemento que señala una trayectoria de aproximación correcta y tres de desviación. Este dispositivo proyecta una señal luminosa roja en la parte inferior y verde en la superior, además, cuenta con un dispositivo que genera un efecto destello. Su funcionamiento como se muestra en la figura 35, consiste en que, si el piloto va muy bajo observará una luz roja a destellos, si su trayectoria es un poco baja una luz roja continua si va en trayectoria una luz verde continua y si va demasiado alto una luz verde a destellos. El ángulo vertical de transición entre las posiciones del HAPI es de 3 minutos a una distancia mínima de 300 metros. Este debe emplazarse a tres metros del borde de la FATO y posee unas superficies de limitación de obstáculos que quedan contenidas en las propias del helipuerto en nuestro caso [2].

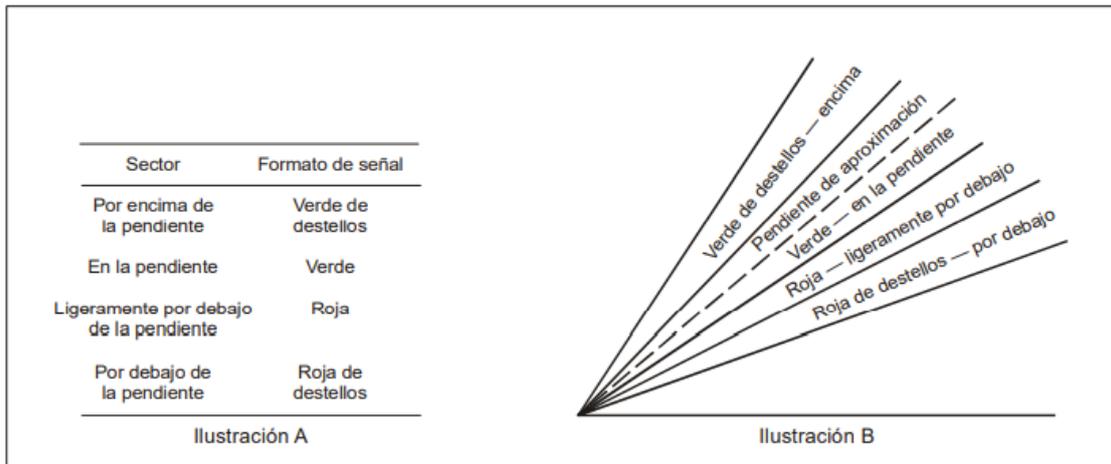


Figura 35 Funcionamiento señal HAPI [1].

8.4 Resultados

A continuación, adjuntamos los resultados en Autocad de cómo quedaría el helipuerto con las diferentes señales, indicadores y ayudas luminosas. Para su dibujo se ha tenido en cuenta todo lo estipulado por OACI en referencia a este apartado. Cabe mencionar que donde figura la palabra OACI iría el nombre del helipuerto.

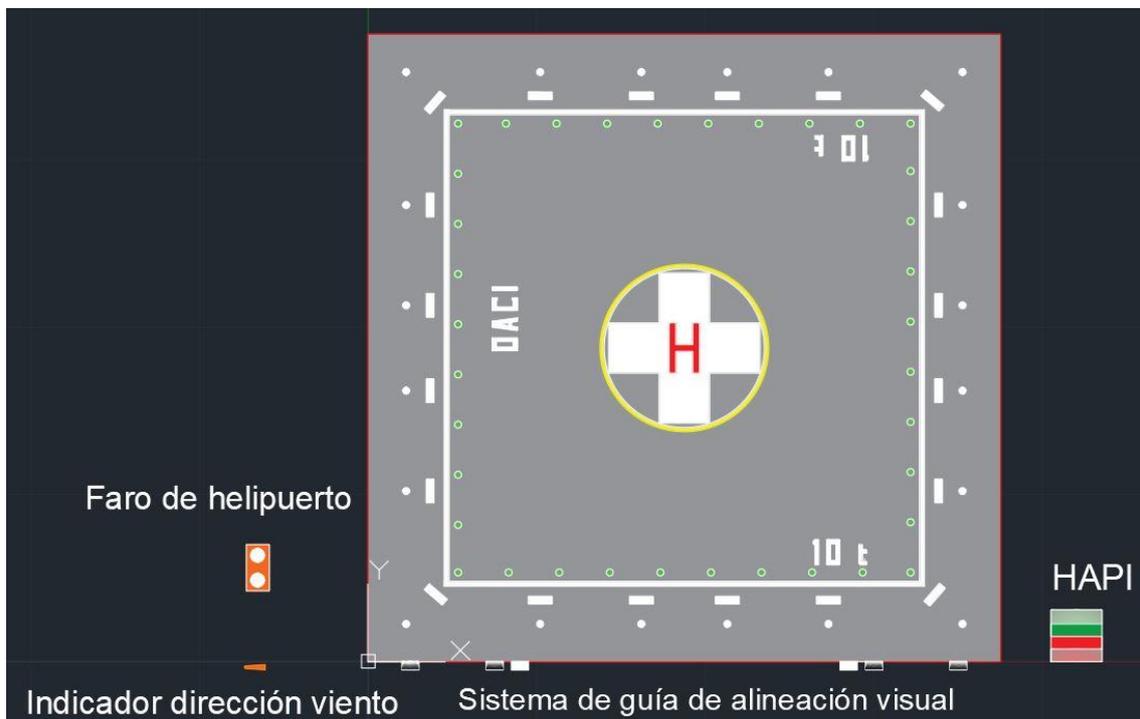


Figura 36 Ayudas visuales helipuerto.

Tabla 20 Ayudas luminosas.

Ayuda Luminosa	Cantidad
Faro de helipuerto	1
Sistema de guía de alineación visual	1
HAPI	1
Luces de àrea de aproximación y de despegue	20
Luces de àrea de toma de contacto y de elevación inicial	36

En la figura 37 se puede ver cómo sería su emplazamiento sobre el hospital. Para el helicóptero de diseño seleccionado se ve que el tamaño de la plataforma supera el tamaño del tejado del edificio. Esto requeriría a nivel estructural diversas modificaciones, así como un análisis arquitectónico que se escapa de el objetivo y las posibilidades de este trabajo.

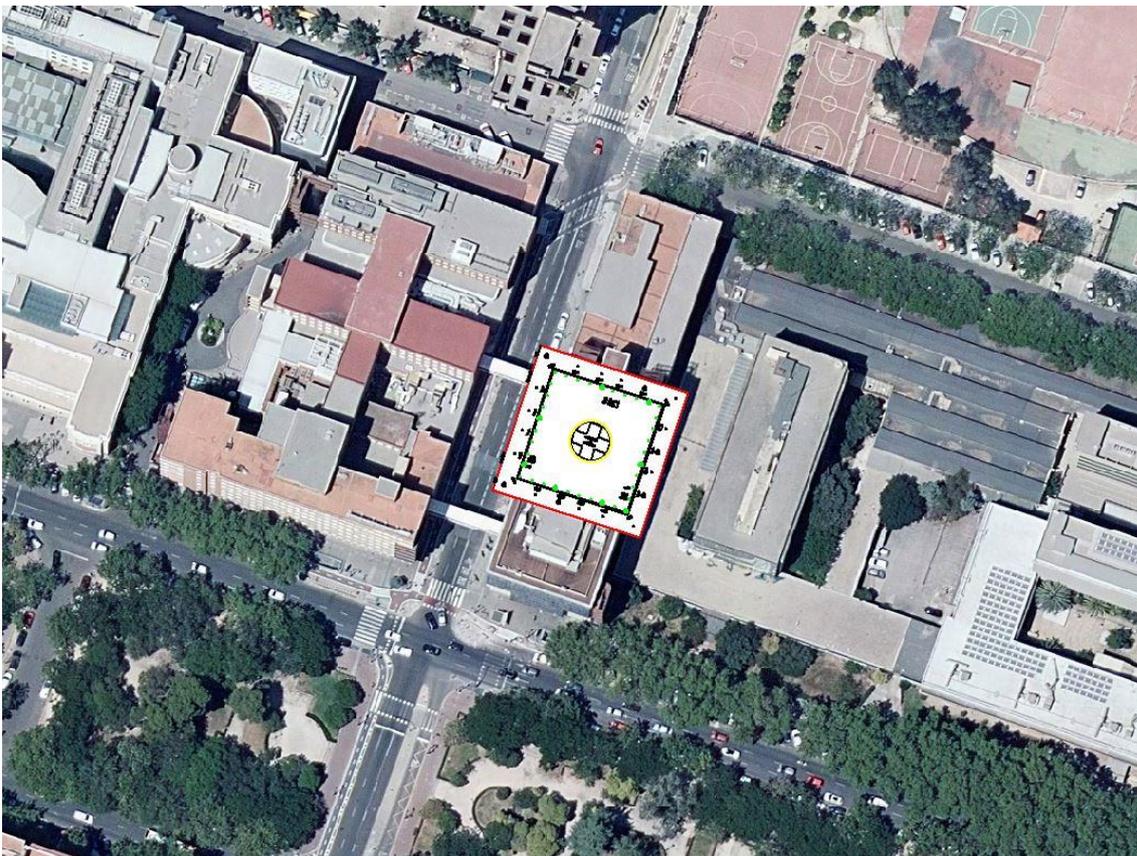


Figura 37 Posicionamiento helipuerto sobre hospital.

9. Conclusión

En este Trabajo Fin de Grado, se ha podido observar el procedimiento que se llevaría a cabo para emplazar un helipuerto, primero analizando si este tiene una usabilidad y realiza una aportación o contribución y a continuación estudiando que helicópteros lo usarían para poder definir su helicóptero de diseño. Una vez establecido esto, se han seguido los pasos para determinar los requerimientos tanto estructurales, como de seguridad y extinción de incendios. Se han determinado las ayudas visuales necesarias, presentando un posible diseño de cómo se dispondrían estas en este helipuerto. También se ha analizado el entorno de obstáculos para dos tipos de maniobras, viendo que efectivamente es viable su emplazamiento para ambos casos. Sin embargo, para el segundo es necesario destacar que el margen, la diferencia entre los obstáculos y las superficies delimitadoras de estos, es únicamente de 0.4 metros, siendo este un resultado relevante ya que no se posee información al respecto de antenas u otros posibles objetos en las azoteas de los edificios. Por tanto, sería conveniente un análisis más exhaustivo, con métodos y herramientas más precisas. Finalmente, también se ha comprobado que la construcción del helipuerto no penetra en las servidumbres aeronáuticas y radioeléctricas del Aeropuerto de Manises (LEVC).

Hay muchos pasos que se han podido abordar, como es la determinación de las maniobras y procedimientos a seguir, el cálculo eléctrico exhaustivo y las potencias que requiere este helipuerto, su diseño estructural y cómo afectaría este al edificio del hospital o un análisis medioambiental, por ejemplo. Estos pasos quedan fuera del objetivo de este trabajo y podrían ser objeto de otros trabajos en sí mismos. En conclusión, se consideran satisfactorios los resultados obtenidos y hay que destacar que el proceso de realización de este trabajo ha ayudado a consolidar todos los conocimientos adquiridos en el transcurso de los cuatro cursos que constituyen el grado y ha acercado al alumno a un caso práctico teniendo en cuenta la extensión del trabajo y las dificultades afrontadas.

10. Bibliografía

- [1] Organización de Aviación Civil Internacional, Anexo 14, Volumen 2, Helipuertos., OACI, 2013.
- [2] Organización de Aviación Civil Internacional, Manual de helipuertos, Madrid: OACI, 1995.
- [3] Autoridades Aeronáuticas Conjuntas, «JAR-OPS 3,» JAR-OPS.
- [4] Organización de Aviación Civil Internacional, «TALLER SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL,» OACI, Lima.
- [5] P. Jackson, Jane's All The World's Aircraft, Janes, 2004-2005.
- [6] J. L. E. Granado, Los Helicópteros, Aena, 2007.
- [7] COOPER Crouse-Hinds, «Iluminación de Helipuertos,» Crouse-Hinds, 2012.
- [8] IKADIA, «Delta Box,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.delta-box.com/es/balizaje/faro-helipuerto>. [Último acceso: 30 06 2021].
- [9] C. G. C. y. M. M. Velardo, *PLAN DE NEGOCIO DE UN HELIPUERTO COMERCIAL*, Sabadell: UAB, 2020.
- [10] P. COLINO, «El difícil vuelo de los helicópteros en España,» *Cinco Días*, 22 Junio 2005.
- [11] Environmental Systems Research Institute, «¿Qué es una superficie TIN?,» ESRI, 2016. [En línea]. Available: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/tin/fundamentals-of-tin-surfaces.htm>. [Último acceso: 29 Junio 2021].
- [12] Environmental Systems Research Institute, «Creación y análisis de superficies,» ESRI, 2016. [En línea]. Available: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/analyze/commonly-used-tools/surface-creation-and-analysis.htm>. [Último acceso: 29 Junio 2021].
- [13] Agencia Estatal de Seguridad Aérea, «Reales Decretos | AESA,» AESA, 2021. [En línea]. Available: <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/ambitos/servidumbres-aeronauticas/reales-decretos#Comunitat%20Valenciana>. [Último acceso: 15 Junio 2021].
- [14] Real Academia Española, «aeródromo,» 2021. [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/aer%C3%B3dromo>. [Último acceso: 14 Abril 2021].
- [15] ECU-RED, «Helipuerto,» [En línea]. Available: <https://www.ecured.cu/Helipuerto>. [Último acceso: 14 Abril 2021].
- [16] R. SOBRINO, «Juan Carlos Moro (DB Schenker): “Estamos invirtiendo en vehículos aéreos para la última milla”,» *Cinco Días*, 1 Enero 2021.

[17] Generalitat Conselleria de Sanitat Universal i Salut Pública, *HISTORIA DEL HOSPITAL CLÍNICO*, 2021.

[18] M. Brain, *El Libro de la Ingeniería*, Madrid: Librero, 2019.

Anexos

Herramientas ArcMap10.3

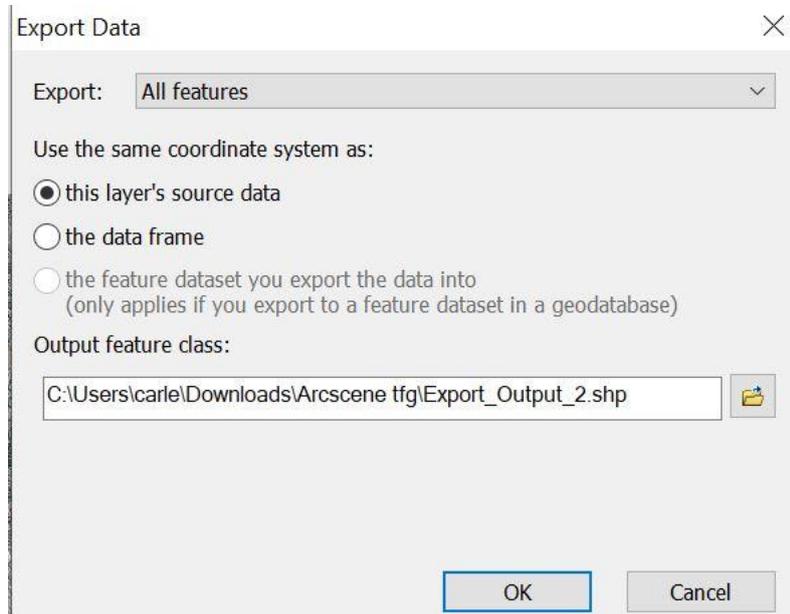


Figura 38 Herramienta Export Data.

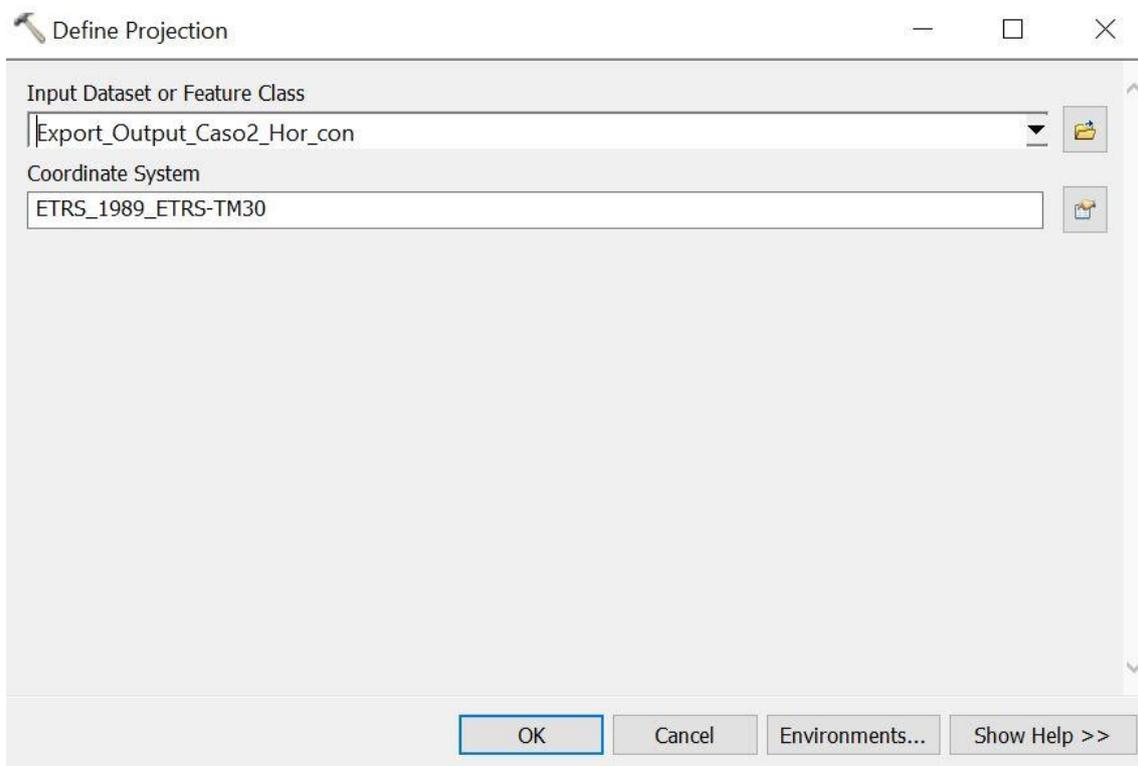


Figura 39 Herramienta Define Projection.

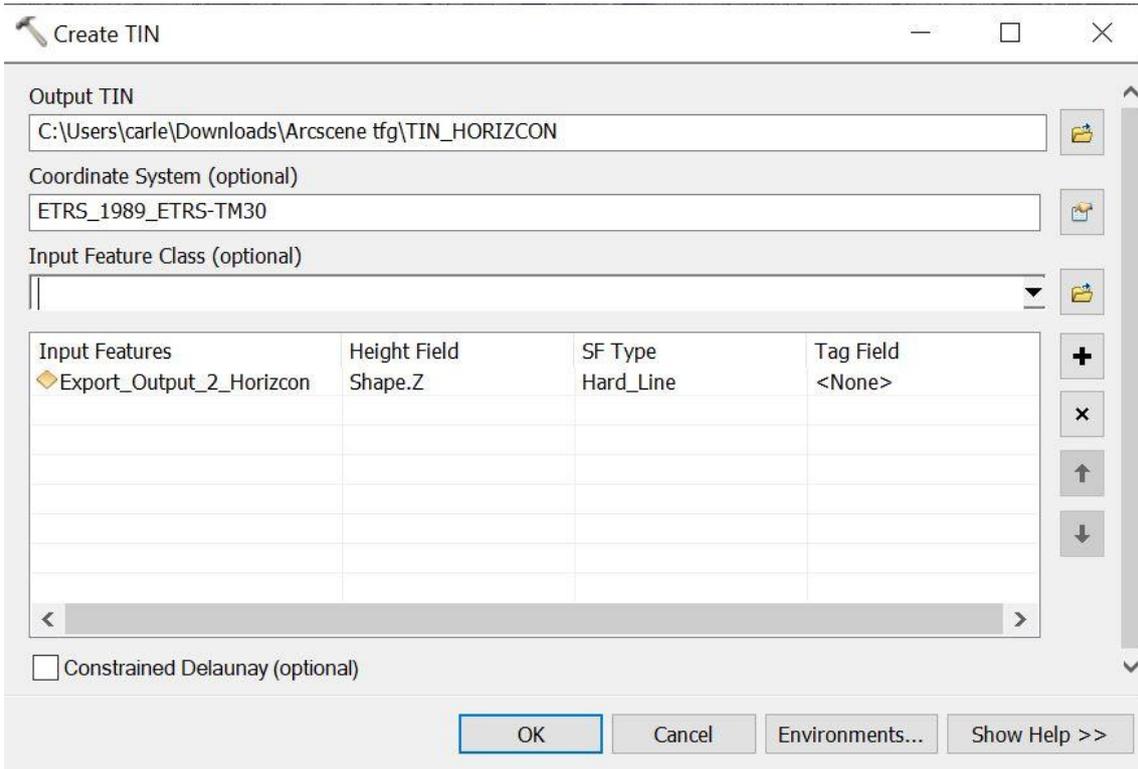


Figura 40 Herramienta Create TIN.

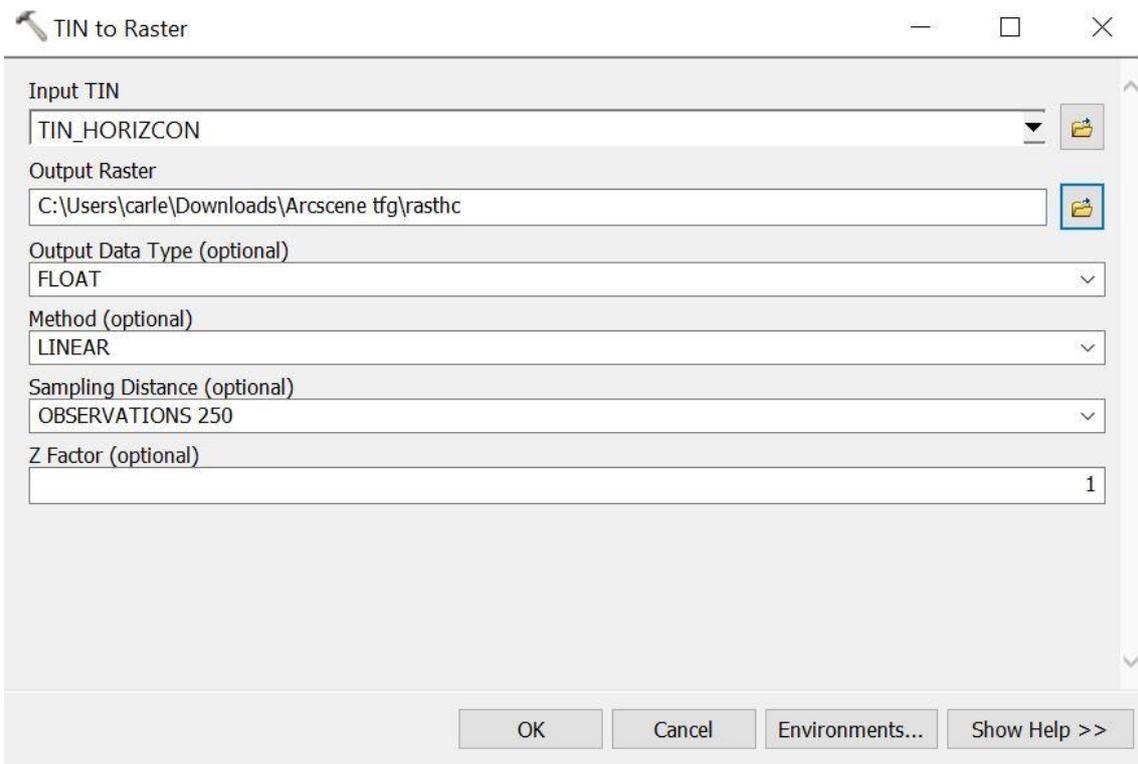


Figura 41 Herramienta TIN to Raster.

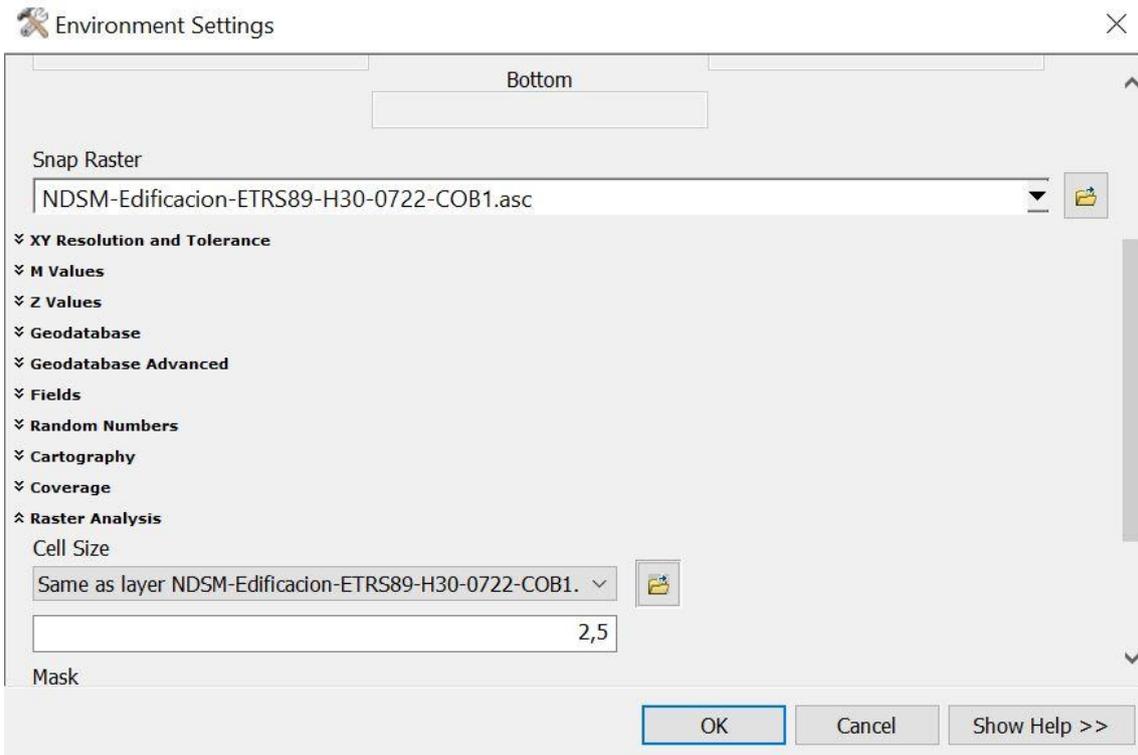


Figura 42 Parámetros y Entorno herramienta TIN to Raster.

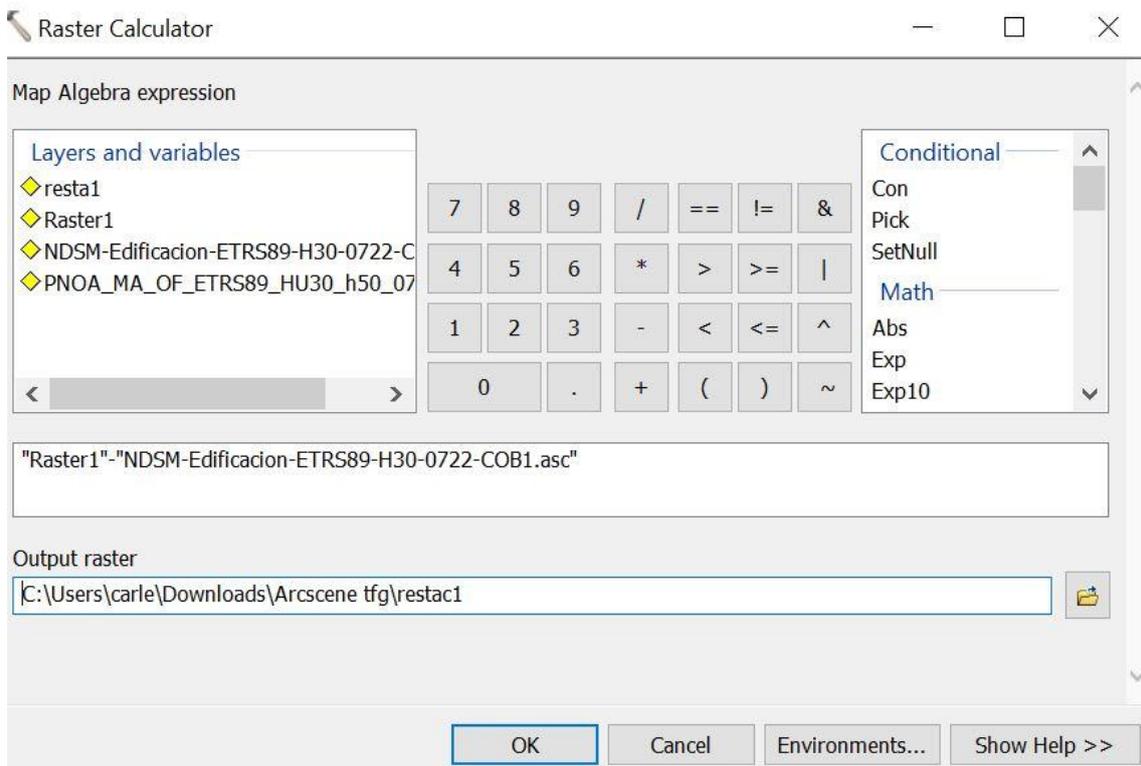


Figura 43 Herramienta Raster Calculator.

Características Helicópteros

Tabla 21 Características Helicópteros.

Modelo	Tripulación	Capacidad	Longitud (m)	Diametro rotor principal (m)	Altura (m)
Bo-105	1	4p o 2p y 1 camilla	11.9	9.84	3
BK-117	1	6p-7p	13	11	3.36
EC-135	1 (2 IFR)	7p o 2p y 2camillas	12.16	10.2	3.51
EC-120 Colibrí	1	4p	11.52	10	3.4
Bell 47J-3B1	1	3p	13.21	11.33	2.83
Ecureuil AS-350B	1	6p	12.94	10.7	3.145
AS-355N	2	2-4p	12.99	10.69	3.15
Aerospatiale SA-330 Puma	2p-3p	8-20p	18.5	15	5.14
Aerospatiale SA 332 Super Puma	2	24p o 6c y 9p	18.7	15.6	4.92
Sikorsky S-61N	3	26-28	22.25	18.9	5.64

Tabla 22 Características Helicópteros.

Modelo	Peso vacío (kg)	capacidad de combustible (L)	Peso máximo al despegue (kg)	Categoría RFF
Bo-105	1276	570	2000	1
BK-117	1727	697	3350	1
EC-135	1455		2910	
EC-120 Colibrí	960	416	1715	
Bell 47J-3B1	831		1338	1
Ecureuil AS-350B	1174		2250	1
AS-355N	1305	730	2540	1
Aerospatiale SA-330 Puma	3766		7400	2
Aerospatiale SA 332 Super Puma	4600		9000	2
Sikorsky S-61N	5596	1552	9299	2

Tabla 23 Características Helicópteros.

Modelo	Vne (velocidad nunca excedida)(km/h)	Vno (Velocidad máxima operativa)	Vc (Velocidad Crucero)	Alcance (km)
Bo-105	270	242	204	657
BK-117	278	250		541
EC-135	287		254	635
EC-120 Colibrí	278		226	727
Bell 47J-3B1		169	146	415
Ecureuil AS-350B	287		245	662
AS-355N	278		224	703
Aerospatiale SA-330 Puma	273	258	248	580
Aerospatiale SA 332 Super Puma	327	277	245	851
Sikorsky S-61N		267	220	830

Tabla 24 Características Helicópteros.

Modelo	Alcance en ferry (km)	Techo de vuelo (m)	Régimen de ascenso (m/s)	Hover ceiling
Bo-105	1112	5200	8	
BK-117		4575	11	3565
EC-135		6096	7.62	
EC-120 Colibrí		5180	6.1	2820
Bell 47J-3B1		3400	4.4	
Ecureuil AS-350B		4600	8.5	
AS-355N		3400	6.5	
Aerospatiale SA-330 Puma		4800	7.1	
Aerospatiale SA 332 Super Puma		5180	7.4	
Sikorsky S-61N		3800	6.7-11.3	