



**UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID**

**ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO**

**Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Impacto de la meteorología en la  
operativa aeroportuaria. Análisis en el  
Aeropuerto de Bilbao.**

**Iván Yuste Avilés**

**Curso 2022-2023**

PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO

---

**Título:** Impacto de la meteorología en la operativa aeroportuaria. Análisis en el aeropuerto de Bilbao.

**Autor:** Iván Yuste Avilés

**Tutor:** Álvaro Rodríguez Sanz

**Titulación:** Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica

**Curso:** 2022-2023



PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO

# Índice de contenidos

1.	INTRODUCCIÓN .....	11
1.1	Contexto .....	11
1.2	Objetivo .....	11
1.3	Estructura del informe .....	11
1.4	Estado del arte .....	12
2.	INFLUENCIA DE LA METEOROLOGÍA EN LAS OPERACIONES AEROPORTUARIAS .....	15
2.1	La meteorología y la planificación aeroportuaria .....	17
2.1.1	Fenómenos meteorológicos adversos .....	18
2.2	Información meteorológica en el aeropuerto.....	18
2.3	Condiciones de operación. Reglas de vuelo IFR y VFR .....	23
3.	AEROPUERTO DE BILBAO .....	27
3.1	El Aeropuerto de Bilbao en datos .....	28
3.1.1	Características climáticas .....	29
4.	FUENTES DE DATOS.....	35
4.1	Datos climáticos .....	35
4.2	Datos de operativa aeroportuaria.....	35
4.3	Datos Aeropuerto de Bilbao.....	35
5.	METODOLOGÍA.....	37
5.1	Obtención de perfiles meteorológicos.....	37
5.2	Análisis de la operativa aeroportuaria .....	38
5.3	Relación entre perfiles meteorológicos y operativa aeroportuaria.....	39
6.	RESULTADOS .....	41
6.1	Obtención de perfiles meteorológicos.....	41
6.1.1	Enero .....	41
6.1.2	Febrero .....	42
6.1.3	Marzo .....	42
6.1.4	Abril .....	43
6.1.5	Mayo.....	43



---

6.1.6	Junio .....	44
6.1.7	Julio .....	44
6.1.8	Agosto.....	45
6.1.9	Septiembre .....	45
6.1.10	Octubre.....	46
6.1.11	Noviembre.....	46
6.1.12	Diciembre .....	47
6.2	Análisis de la operativa aeroportuaria .....	47
6.2.1	Enero .....	48
6.2.2	Febrero .....	48
6.2.3	Marzo .....	49
6.2.4	Abril .....	49
6.2.5	Mayo.....	50
6.2.6	Junio .....	50
6.2.7	Julio .....	51
6.2.8	Agosto.....	51
6.2.9	Septiembre .....	52
6.2.10	Octubre.....	52
6.2.11	Noviembre.....	53
6.2.12	Diciembre .....	53
6.3	Relación entre perfiles meteorológicos y operativa aeroportuaria.....	54
6.3.1	Junio .....	56
6.3.2	Agosto.....	58
7.	CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS .....	61
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	65
	AGRADECIMIENTOS.....	67

# Índice de Figuras

Figura 1 – Circulación Aérea General .....	24
Figura 2 – Espacio Aéreo Aeropuerto .....	25
Figura 3 – Orografía y Viento Aeropuerto de Bilbao.....	27
Figura 4 – Frustradas por causas meteorológicas. Aeropuerto de Bilbao .....	28
Figura 5 – Distribución de pistas Aeropuerto de Bilbao. Fuente: AIP .....	29
Figura 6 – Temperatura media. Primavera. Aeropuerto de Bilbao.....	31
Figura 7 – Temperatura media. Verano. Aeropuerto de Bilbao .....	31
Figura 8 – Temperatura media. Otoño. Aeropuerto de Bilbao .....	32
Figura 9 – Temperatura media. Invierno. Aeropuerto de Bilbao .....	32
Figura 10 – Precipitación acumulada. Primavera. Aeropuerto de Bilbao .....	33
Figura 11 – Precipitación acumulada. Verano. Aeropuerto de Bilbao .....	33
Figura 12 – Precipitación acumulada. Otoño. Aeropuerto de Bilbao .....	34
Figura 13 – Precipitación acumulada. Invierno. Aeropuerto de Bilbao .....	34
Figura 14 – Perfil meteorológico. Enero .....	41
Figura 15 – Perfil meteorológico. Febrero .....	42
Figura 16 – Perfil meteorológico. Marzo.....	42
Figura 17 – Perfil meteorológico. Abril .....	43
Figura 18 – Perfil meteorológico. Mayo.....	43
Figura 19 – Perfil meteorológico. Junio.....	44
Figura 20 – Perfil meteorológico. Julio.....	44
Figura 21 – Perfil meteorológico. Agosto.....	45
Figura 22 – Perfil meteorológico. Septiembre .....	45
Figura 23 – Perfil meteorológico. Octubre.....	46
Figura 24 – Perfil meteorológico. Noviembre .....	46
Figura 25 – Perfil meteorológico. Diciembre .....	47
Figura 26 – Análisis Perfil vs Retraso vs Operaciones. Junio .....	56
Figura 27 – Análisis Perfil vs Retraso vs Operaciones. Agosto .....	58
Figura 28 – Retraso medio vs nº Operaciones. 2022 .....	61
Figura 29 – Retraso medio vs %IFR. 2022 .....	62

# Índice de Tablas

Tabla 1 – Fenómenos meteorológicos adversos y su impacto en el aeropuerto .....	18
Tabla 2 – Mínimas VMC.....	24
Tabla 3 – Condiciones por Clase de Espacio Aéreo .....	25
Tabla 4 – Datos históricos de visibilidad Aeropuerto de Bilbao.....	30
Tabla 5 – Criterio de clasificación IFR/VFR .....	37
Tabla 6 – IFR/VFR Enero .....	41
Tabla 7 – IFR/VFR Febrero.....	42
Tabla 8 – IFR/VFR Marzo .....	42
Tabla 9 – IFR/VFR Abril.....	43
Tabla 10 – IFR/VFR Mayo .....	43
Tabla 11 – IFR/VFR Junio .....	44
Tabla 12 – IFR/VFR Julio .....	44
Tabla 13 – IFR/VFR Agosto .....	45
Tabla 14 – IFR/VFR Septiembre.....	45
Tabla 15 – IFR/VFR Octubre .....	46
Tabla 16 – IFR/VFR Noviembre .....	46
Tabla 17 – IFR/VFR Diciembre.....	47
Tabla 18 – Resultados globales Operativa Aeroportuaria. 2022.....	47
Tabla 19 – Retrasos medios por operación por mes. 2022.....	47
Tabla 20 – Operativa aeroportuaria Enero .....	48
Tabla 21 – Operativa aeroportuaria Febrero .....	48
Tabla 22 – Operativa aeroportuaria Marzo .....	49
Tabla 23 – Operativa aeroportuaria Abril .....	49
Tabla 24 – Operativa aeroportuaria Mayo.....	50
Tabla 25 – Operativa aeroportuaria Junio .....	50
Tabla 26 – Operativa aeroportuaria Julio.....	51
Tabla 27 – Operativa aeroportuaria Agosto.....	51
Tabla 28 – Operativa aeroportuaria Septiembre .....	52
Tabla 29 – Operativa aeroportuaria Octubre.....	52
Tabla 30 – Operativa aeroportuaria Noviembre.....	53
Tabla 31 – Operativa aeroportuaria Diciembre .....	53
Tabla 32 – Relación entre perfiles meteorológicos y operativa aeroportuaria .....	54
Tabla 33 – Relación entre perfiles meteorológicos y operativa aeroportuaria. Junio y Agosto. 55	
Tabla 34 – METAR Junio (1).....	57
Tabla 35 – METAR Junio (2).....	57
Tabla 36 – METAR Junio (3).....	57
Tabla 37 – METAR Junio (4).....	57
Tabla 38 – METAR Junio (5).....	57
Tabla 39 – METAR Agosto (1).....	59
Tabla 40 – METAR Agosto (2).....	59





---

Tabla 41 – METAR Agosto (3).....	59
Tabla 42 – METAR Agosto (4).....	59
Tabla 43 – METAR Agosto (5).....	59
Tabla 44 – METAR Agosto (6).....	59
Tabla 45 – METAR Agosto (7).....	59
Tabla 46 – METAR Agosto (8).....	59
Tabla 47 – METAR Agosto (9).....	60
Tabla 48 – METAR Agosto (10).....	60
Tabla 49 – METAR Agosto (11).....	60



PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Contexto

La influencia de las condiciones climáticas en la operación aeroportuaria es un aspecto relevante que debe ser estudiado con detalle a fin de optimizar la planificación de las operaciones.

Los Planes Directores de los aeropuertos incluyen estudios climáticos, basados en series de datos históricas, que proporcionan información de tendencias en cuanto a temperaturas, precipitaciones, visibilidad o nubosidad. Pero, ¿es suficiente esta información para llevar a cabo una planificación aeroportuaria eficiente?, ¿es posible establecer modelos meteorológicos que incluyan las condiciones climáticas locales de forma que, en base a previsiones, se pueda optimizar la planificación?

El presente trabajo tiene el objetivo de responder a las preguntas planteadas en el párrafo anterior. Para ello, se ha seleccionado el Aeropuerto de Bilbao como objeto de estudio, y se ha llevado a cabo un análisis en detalle tanto de sus condiciones climáticas como de los datos de las operaciones llevadas a cabo en este aeropuerto durante el año 2022.

## 1.2 Objetivo

El fin general del estudio es analizar la influencia de las condiciones climáticas en las operaciones del aeropuerto. Para ello se establecen los siguientes objetivos:

- Analizar la necesidad de establecer modelos meteorológicos que incluyan la variabilidad climática local a fin de optimizar la planificación aeroportuaria.
- Analizar la viabilidad de identificar las condiciones climáticas locales en base a perfiles meteorológicos de acuerdo con los reglajes de vuelo IFR o VFR.
- Analizar la dependencia entre condiciones climáticas, retrasos en las operaciones y número de operaciones por hora.
- Identificar qué patrones meteorológicos tienen mayor influencia sobre las operaciones.

## 1.3 Estructura del informe

El informe está organizado de acuerdo a la siguiente estructura:

- **Capítulo 1. Introducción**

En este apartado se introduce la problemática, contexto y el objetivo del estudio.

- **Capítulo 2. Influencia de la meteorología en las operaciones aeroportuarias**

En este apartado se describen las herramientas utilizadas para la planificación aeroportuaria, se explica cómo se proporciona la información meteorológica en los aeropuertos y se definen los reglajes de vuelo.

- **Capítulo 3. Aeropuerto de Bilbao**

En este apartado se caracteriza el Aeropuerto de Bilbao desde el punto de vista climático atendiendo a sus condiciones orográficas, de precipitación, temperatura y visibilidad. Se proporciona información relativa a campo de vuelos, análisis de tráfico y flota usuaria.

- **Capítulo 4. Fuentes de datos**

En este apartado se identifican las fuentes desde las que se ha obtenido la información relevante para llevar a cabo el estudio: datos climáticos, datos de operativa aeroportuaria y datos del Aeropuerto de Bilbao.

- **Capítulo 5. Metodología**

En este apartado se explica el proceso seguido para llevar a cabo el estudio. Se estructura en tres partes: obtención de perfiles meteorológicos, análisis de la operativa aeroportuaria y relación entre perfiles meteorológicos y operativa aeroportuaria.

- **Capítulo 6. Resultados**

En este apartado se exponen los resultados obtenidos en el estudio en base a la estructura planteada en el capítulo 5.

- **Capítulo 7. Conclusiones**

En este apartado se analizan los resultados expuestos en el capítulo 6, y se aportan las respuestas a los objetivos planteados en el estudio.

## 1.4 Estado del arte

La influencia de la meteorología en la aviación es un hecho fuera de toda duda.

La representación de la capacidad aeroportuaria actual no tiene en cuenta la variabilidad climática local, y por tanto, deja a un lado la dependencia que existe entre capacidad y condiciones climáticas (objeto de este estudio). Es por ello que actualmente se están elaborando estudios cuya aproximación para capturar las variaciones de capacidad en un aeropuerto es identificar perfiles climáticos representativos de los datos del aeropuerto y utilizarlos para la planificación, en lugar de hacer un estudio diario de los datos (como en el presente trabajo) lo cual supone un alto consumo de recursos temporales y económicos. Encontrar el equilibrio entre los recursos empleados y los perfiles meteorológicos necesarios para obtener una representación precisa de las condiciones es el gran reto actualmente.

En el estudio de Sreeta Gorripaty y Mark Hansen “Perfiles Meteorológicos Representativos en Planificación Aeroportuaria”, el método empleado en obtener el número adecuado de perfiles meteorológicos a fin de cumplir con el equilibrio de recursos citado anteriormente es utilizar un algoritmo tal y como se explica a continuación:

1. Se utiliza un análisis PCA (Principal Components Analysis) para obtener las dimensiones efectivas de los perfiles meteorológicos.
2. Una vez identificada la dimensión efectiva, se agrupan en “clusters” usando un algoritmo k-means.
3. Obtenidos los “clusters”, se completan en base a los datos climáticos de los intervalos identificados.

Con el proceso anterior, y añadiendo las variables de demanda y capacidad, se pueden obtener los valores de retraso esperados en función de dichas variables.

---

Optimizar ese proceso permitirá modelar las operaciones de forma muy precisa permitiendo a la planificación aeroportuaria anticiparse ante posibles condiciones adversas.

Puesto que la exactitud de los datos meteorológicos que posteriormente se emplearán en los modelos meteorológicos es fundamental para efectuar este tipo de estudios, también es necesario mejorar en la adquisición de los mismos. Un proceso en el que se está trabajando actualmente es mejorar la información meteorológica procedente de las aeronaves comerciales, ya que, esta información de primera mano, contribuye al conocimiento más exacto del estado de la atmósfera permitiendo mejores predicciones meteorológicas.

Un exponente importante de este tipo de estudios es el proyecto AMDAR (Aircraft Meteorological Data Relay) de la Organización Meteorológica Mundial, que tiene como objetivo mejorar la calidad de los datos recibidos desde las aeronaves, mejorando los sensores a bordo y los procesos de envío de datos. Es importante en este estudio involucrar al máximo número de compañías aéreas posible, ya que esto aumenta el número de aviones proporcionando datos, incrementando, por tanto, la calidad de los mismos. Actualmente participan 14 compañías aéreas, utilizando sus aviones para proporcionar datos de viento y temperatura. Aemet está trabajando en promover la colaboración de compañías que operen en España ya que es una de las zonas con mayor escasez de datos en Europa.



PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO

## 2. INFLUENCIA DE LA METEOROLOGÍA EN LAS OPERACIONES AEROPORTUARIAS

Ante el aumento del tráfico aéreo en la Unión Europea previsto para los próximos años, que tras la pandemia COVID vuelve a recuperarse, y se sitúa en tasas del entorno al 4% anual, y el aumento del número de pasajeros que se traduce en cifras próximas al 10% anual, la necesidad de adaptación de los aeropuertos a este crecimiento se hace patente.

Para que la adaptación sea posible, es fundamental la planificación aeroportuaria de forma que se identifiquen las necesidades de desarrollo de infraestructura, garantizando en todo momento la seguridad y continuidad en las operaciones y manteniendo, además, los niveles de calidad tanto en las infraestructuras propiamente dichas, como en los servicios que se proporcionan.

El presente estudio se focaliza en los aeropuertos españoles, en particular en el Aeropuerto de Bilbao como se verá posteriormente. Tomando esta referencia, las principales herramientas de planificación aeroportuaria que se emplean a fin de conseguir la adaptación a las circunstancias definidas anteriormente son:

- **Plan Director:** *instrumento de planificación, de naturaleza aeroportuaria y no urbanística, cuyo objetivo es garantizar un desarrollo coherente para el aeropuerto, con perspectiva a medio y largo plazo, asegurando que se pueda satisfacer la demanda futura con los mínimos impactos negativos sobre el entorno.*

Cada aeropuerto designado como aeropuerto de interés general cuenta con un Plan Director con el objetivo de asegurar el desarrollo del aeropuerto, su eficaz integración en el territorio y la coordinación con las Administraciones públicas; para tal fin, el contenido de un Plan Director de un aeropuerto se agrupa en:

- Antecedentes
- Análisis del entorno
- Estudio de la situación actual del aeropuerto
- Evolución previsible de la demanda
- Necesidades futuras
- Desarrollo previsible
- Máximo desarrollo posible

Además de lo anterior, un Plan Director también contiene información acerca de infraestructuras de acceso, espacios aeronáuticos y servicios de control del tránsito aéreo y servidumbres aeronáuticas.

La elaboración de los Planes Directores es responsabilidad del promotor del Plan, siendo éste cualquier persona física o jurídica, pública o privada, que tenga intención de desarrollar un Plan Director de un aeropuerto de interés general.

La responsabilidad de la aprobación del Plan Director recae en el Ministerio de Fomento y la instrucción, impulso y tramitación del procedimiento de aprobación recae en la Dirección General de Aviación Civil (DGAC).

Los Planes Directores son documentos a largo plazo que se revisarán cuando las necesidades exijan introducir modificaciones de carácter sustancial en su contenido, por tanto, no se define un plazo específico de actualización.

- **Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA):** este documento aplica a toda la red de aeropuertos de interés general de AENA en España. Actualmente, el DORA en

vigor corresponde al periodo comprendido entre 2022 y 2026, siendo el segundo en ser publicado.

El origen de este documento se encuentra en la *Ley 18/2014, de 15 de octubre, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia*; que identifica que el DORA es el instrumento destinado a determinar las condiciones de regulación quinquenal del conjunto de la red de aeropuertos de AENA.

Este documento contiene las condiciones regulatorias para los siguientes aspectos técnicos:

- Capacidad
- Tráfico
- Planificación de inversiones
- Calidad, medioambiente y condiciones del servicio
- Aspectos económicos-financieros

Tras identificar las principales herramientas de planificación aeroportuaria, Plan Director y DORA, se observa que en ambos casos se trata de planes a largo plazo, qué, por tanto, no recogen aquellos elementos locales, puntuales y no predecibles a largo plazo como es el caso de la influencia de la meteorología en las operaciones.

Si bien, en el contenido de los Planes Directores se incluye el “Análisis del Entorno”, donde se evalúa el entorno físico incluyendo aspectos como la geología, la hidrología, la vegetación y el clima, este análisis es de alto nivel, en particular en lo referido al clima, ya que utiliza series de datos históricas que permiten predecir las condiciones más habituales pero que, como es deducible dentro de una planificación a medio-largo plazo, no tiene en cuenta las variaciones anuales, mensuales, diarias y horarias de la climatología en el aeropuerto.

Uno de los aspectos que se toma como input en la planificación aeroportuaria, y que permite entender si los aeropuertos están funcionando dentro de sus capacidades esperadas o, si por el contrario, se encuentran por encima de su capacidad, o en saturación, son los retrasos de las operaciones.

Se define como retraso la desviación temporal positiva en la salida y/o llegada de los vuelos con respecto a las horas inicialmente programadas. Los retrasos en las operaciones pueden deberse a factores muy diferenciados, que pueden incluir deficiencias en el control del tráfico aéreo provocadas por huelgas o problemas similares, exceso de tráfico que excede los niveles de capacidad máxima de los sectores circundantes al aeropuerto o de las propias pistas, o condiciones meteorológicas adversas. Este último aspecto, el referido a la meteorología, es el tratado en el presente estudio, con el objetivo de identificar cómo afectan los fenómenos meteorológicos a las operaciones aeroportuarias en términos de retrasos, y si su estudio y empleo de recursos en búsqueda de perfiles meteorológicos representativos que permitan conocer la capacidad aeroportuaria “instantánea” en función del perfil presentado para reducir la complejidad de la planificación es proceso en el que habría que centrar los esfuerzos en cuanto a investigación y desarrollo a futuro.

El presente estudio está dirigido a aeropuertos españoles, en particular al Aeropuerto de Bilbao, y por tanto los resultados obtenidos se ciñen a las condiciones climáticas del país.



## 2.1 La meteorología y la planificación aeroportuaria

Los fenómenos meteorológicos adversos son una de las causas más habituales de cancelación o retrasos de vuelos. Entre los fenómenos más habituales se encuentran la nieve, tormentas, lluvias intensas, granizos o niebla.

Cuando estos fenómenos se dan sobre las infraestructuras de un determinado aeropuerto pueden ocasionar que la planificación de las operaciones aeroportuarias sufra importantes alteraciones que generen saturación y por tanto, retrasos, ya que las aeronaves pueden verse incapacitadas para despegar o aterrizar a la hora prevista o, incluso, para efectuar los movimientos en plataforma y pistas de rodaje.

Con intención de proporcionar ayuda a pilotos y aeropuertos para la planificación de sus operaciones, Aemet genera “Guías meteorológicas de aeródromo”, definidas como informes técnicos en los que se recogen todos los fenómenos meteorológicos que potencialmente son adversos para el desarrollo y regularidad de las operaciones que se llevan a cabo en un determinado aeródromo.

En estos informes se estudia el impacto de la meteorología en un aeródromo, atendiendo al fenómeno del impacto (hecho observable en la atmósfera que potencialmente es adverso en un determinado aeródromo), vulnerabilidad (sensibilidad o predisposición de un aeródromo a ser afectado por la ocurrencia de un fenómeno de impacto) e impacto (alteración del entorno socioeconómico de un aeródromo como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno meteorológico).

Actualmente, Aemet genera estas guías para los siguientes aeropuertos:

- A Coruña
- Adolfo Suárez Madrid-Barajas
- Josep Tarradellas Barcelona-El Prat
- Bilbao
- Gran Canaria
- Málaga-Costa del Sol
- Palma de Mallorca
- Santiago-Rosalía de Castro
- Tenerife Norte-Ciudad de la Laguna
- Tenerife Sur-Reina Sofía

Por otro lado, es importante destacar que los fenómenos meteorológicos adversos no influyen únicamente generando retrasos o cancelaciones en las operaciones, si no que tienen una importante connotación en cuanto a la seguridad operacional se refiere. Los fenómenos meteorológicos adversos son la principal causa de los accidentes e incidentes aéreos que tienen lugar durante la fase de descenso, aproximación inicial y final, aterrizaje, ascenso inicial y final y fase de despegue.

Teniendo en cuenta lo identificado anteriormente en cuanto a la influencia de la meteorología adversa sobre las operaciones aeroportuarias y su traducción en retrasos, cancelaciones, incidentes e incluso accidentes, se hace patente la necesidad de investigar y mejorar en la

predicción meteorológica a fin de facilitar y ayudar en la toma de decisiones que permitan atenuar los impactos negativos expuestos.

Durante los últimos años, según la OACI, la evolución en las tecnologías empleadas para obtener la previsión meteorológica y su integración en la planificación aeroportuaria, han permitido disminuir la siniestralidad aeronáutica debida a causas meteorológicas, pasando del 31% en la década de los 90 al 24% durante la primera década del siglo XXI. Actualmente, las tasas de siniestralidad aeronáutica debida a meteorología adversa son cercanas al 17%.

### 2.1.1 Fenómenos meteorológicos adversos

La siguiente tabla identifica los principales fenómenos meteorológicos adversos y la manera en la que pueden influir en los aeropuertos, tanto en su infraestructura como en su operación.

Fenómeno meteorológico adverso	Impacto en aeropuerto
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niebla</li> <li>- Lluvia</li> <li>- Nieve</li> <li>- Tormentas                             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Precipitaciones fuertes</li> <li>o Actividad eléctrica</li> <li>o Granizo</li> </ul> </li> <li>- Vientos fuertes</li> <li>- Viento de cizalladura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visibilidad reducida</li> <li>- Retrasos en las operaciones</li> <li>- Cancelaciones</li> <li>- Procedimientos de baja visibilidad</li> <li>- Vuelo basado en instrumentos</li> <li>- Cierre operativo del aeropuerto</li> <li>- Daños en la infraestructura aeroportuaria y aeronaves estacionadas</li> <li>- Disminución de la capacidad operativa del aeropuerto</li> <li>- Reorganización del tráfico aéreo</li> </ul>

*Tabla 1 – Fenómenos meteorológicos adversos y su impacto en el aeropuerto*

## 2.2 Información meteorológica en el aeropuerto

La herramienta utilizada en los aeropuertos para proporcionar la información meteorológica detallada de forma regular es el informe METAR. Se trata de un código alfanumérico, compuesto por una sucesión de números y letras, que se emite de forma periódica por el aeropuerto y que contiene información relativa a visibilidad, nubosidad, viento o lluvia, entre otros.

Además de los informes METAR, existen otros informes denominados SPECI y TAF, cuyo formato es similar al del METAR pero su función es diferente.

El informe SPECI se emite puntualmente, no regularmente como es el caso del METAR. Es un mensaje de observación meteorológica que destaca cualquier cambio significativo desde que el anterior METAR o SPECI fue emitido.

El informe TAF señala la previsión meteorológica en un aeródromo para las siguientes horas.

A continuación se define el contenido de un informe METAR en base al siguiente ejemplo:

LEBB 061200Z 18006KT 140V220 9999 RA FEW016 BKN045 10/07 Q1024 NOSIG

- Aeropuerto/aeródromo

El primer bloque indica el código OACI del aeropuerto emisor del METAR.

En el ejemplo presentado, LEBB correspondiente al Aeropuerto de Bilbao.

- Fecha y hora

En el segundo bloque, con formato DDHMMZ, los dos primeros dígitos se refieren al día (el mes no se indica), y los 4 siguientes indican la hora en formato UTC (indicado por la Z, hora *zulu*).

En el ejemplo presentado, 061200Z, corresponde al día 6 del mes en curso, a las 12:00 UTC.

- Viento

El tercer bloque, con formato XXXYYKT, proporciona la información concerniente al viento. Los tres primeros dígitos indican el rumbo del viento (dirección desde donde procede), en grados, en base al norte verdadero; los siguientes dígitos informan sobre la velocidad expresada en nudos.

Este bloque puede presentarse también con formato XXXYYGZZKT, donde GZZ indica rachas de vientos (*G-gust*) y su velocidad máxima (ZZ).

Otra configuración de este bloque es XXXVRBYKT, donde VRB indica ligeras variaciones en el rumbo del viento.

En el caso de presentarse fenómenos de cizalladura, tras el bloque XXXYYKT (o cualquiera de los otros dos formatos identificados) se añade el sufijo WS (*wind shear*). La cizalladura consiste en una violenta ráfaga de viento descendente o una inversión térmica de bajo nivel, que provoca un cambio brusco y violento en la dirección y/o velocidad del viento. Es especialmente peligrosa cuando sucede a nivel de pista, ya que puede afectar de forma catastrófica en las operaciones de despegue y aterrizaje de las aeronaves.

Dentro de este tercer bloque, puede haber un sub-bloque (como en el caso del ejemplo) con formato XXXVYYY que indica la variación del viento entre XXX e YYY expresados en grados.

En el ejemplo presentado, 18006KT 140V220, el viento tiene dirección 180º, con velocidad media de 6 nudos. El rumbo del viento varía entre 140º y 220º medidos en base al norte verdadero.

- Visibilidad horizontal

El cuarto bloque, con formato XXXX, indica la visibilidad mínima horizontal en metros (este formato es para Europa, también se puede dar esta información en millas terrestres en otras localizaciones siguiendo el formato XSM, pudiendo X presentarse en forma de fracción).

La visibilidad mostrada corresponde a la medida más baja en todas las direcciones, en caso de que la visibilidad se mida únicamente en una dirección se añade el sufijo NDV (*non directional variation*).

Valores inferiores a 1000 metros indican niebla y entre los 1000 y 5000 metros indican neblina. Hasta los 5000 metros de visibilidad horizontal, la medición se indica de 500 en 500 metros. Para valores superiores a 5000 metros, la medida se indica de 1000 en 1000 metros. Cuando la visibilidad es superior a 10000 metros, la información se indica como 9999.

La información de visibilidad también puede ser presentada enumerándola por dirección en caso de que las diferencias entre direcciones sean de 500 metros o más. En este caso el formato sería XXXXT, siendo T: N (norte), S (sur), E (este), W (oeste) o cualquiera de las combinaciones entre ellas.

Para casos de visibilidad muy reducida (niebla o baja visibilidad), esta información se puede proporcionar por pista, indicando el alcance visual en pista RVR (Runway Visual Range), medido en cabecera, mitad o final de pista. Este formato, por lo general, se proporciona cuando la visibilidad es inferior a 2000 metros, y se muestra de la siguiente manera, RXX/OYYY, donde XX corresponde al número de pista e YYY corresponde a la visibilidad en metros. Este formato puede incluir los prefijos P o M (solo es EEUU), para indicar visibilidad “superior a”, o “inferior a” respectivamente, o los sufijos indicadores de tendencia U, D o N para indicar visibilidad aumentando, disminuyendo o sin cambios respectivamente.

En el ejemplo presentado, 9999, la visibilidad horizontal es superior a 10000 metros.

- Indicador de fenómenos meteorológicos

El quinto bloque indica la existencia de fenómenos meteorológicos significativos, sobre el aeropuerto o los alrededores del mismo. De no existir ningún fenómeno meteorológico significativo, este bloque no aparece en el METAR.

El contenido de este bloque se presenta mediante cinco indicadores expresados de forma secuencial:

- Intensidad:
  - “-“: ligera
  - “ “: moderada
  - “+“: fuerte
  - “RE“: reciente
  - “VC“: en los alrededores (*vicinity*). Dentro de un radio de 8 km alrededor del aeropuerto
- Característica:
  - “BC“: bancos (*patches*)
  - “BL“: ventisca alta, 2 m o más sobre la superficie (*blowing*)
  - “DR“: ventisca baja, a menos de 2 m sobre el terreno (*low drifting*)
  - “FZ“: congelación (*freezing*)
  - “MI“: superficial (*shallow*)
  - “PR“: parcial (*partial*)
  - “SH“: chubasco (*shower*)
  - “TS“: tormenta (*thunderstorm*)
- Precipitación:
  - “DZ“: llovizna (*drizzle*)
  - “GR“: granizo, diámetro 5 mm o mayor (*hail*)
  - “GS“: pedrisca, diámetro de granizo menor de 5 mm (small hail and/or snow pellets)
  - “IC“: hielo (*ice*)
  - “PL“: bolas de nieve pequeñas (*ice pellets*)

- “RA”: lluvia (*rain*)
- “SG”: nieve en copos (*snow grains*)
- “SN”: nieve (*snow*)
- “UP”: precipitación desconocida (*unknown precipitation*)
- Visibilidad:
  - “BR”: neblina (*mist*)
  - “DU”: polvo difuso (*widespread dust*)
  - “FG”: niebla (*fog*)
  - “FU”: humo (*smoke*)
  - “HZ”: calima (*haze*)
  - “SA”: arena (*sand*)
  - “SS”: tormenta de arena (*sandstorm*)
  - “VA”: ceniza volcánica (*volcanic ash*)
- Otros:
  - “DS”: tormenta de polvo (*duststorm*)
  - “FC”: tromba de agua (*funnel clouds*)
  - “PO”: remolino de arena o polvo (*sand/dust whirls*)
  - “SQ”: ráfagas de viento (*squall*)

En el ejemplo presentado, RA, se indica la presencia de lluvia de intensidad moderada.

- Nubosidad

El sexto bloque, con formato XXXYYY, indica la nubosidad. Este formato se puede repetir para indicar la presencia de varios techos de nubes.

XXX corresponde con las siglas que indican cómo de cubierto está el cielo en referencia a una escala en octas, pudiendo estas siglas ser:

- SKC: cielo despejado (*Sky clear*), 0 octas cubiertas, cielo despejado
- FEW: pocas nubes (*Few*), entre 1 y 2 octas de cielo cubiertas
- SCT: nubes dispersas (*Scattered*), entre 3 y 4 octas de cielo cubierto
- BKN: nubosidad abundante (*Broken*), entre 7 y 8 octas de cielo cubierto
- OVC: cielo cubierto (*Overcast*), 8 de 8 de cielo cubierto

YYY indica la altitud de las nubes, en pies, con respecto a la superficie del aeropuerto. El valor está expresado en centenas de pies.

Este bloque, además, puede incluir información complementaria:

- CB: indica la presencia de cumulonimbos (formaciones de nubes verticales con fuertes corrientes internas ascendentes y descendentes, que pueden provocar intensas precipitaciones y actividad eléctrica).
- TCU: indica que se existen cumulonimbos en desarrollo.

En el ejemplo presentado, FEW060, indica existencia de pocas nubes (entre 1 y 2 octas) a 6000 ft de altitud sobre el aeropuerto; y, BKN045 indica la existencia de nubosidad abundante (entre 7 y 8 octas) a 4500 ft de altitud sobre el aeropuerto.

Los bloques de visibilidad horizontal, indicador de fenómenos meteorológicos significativos y nubosidad pueden ser sustituidos por el mensaje CAVOK, que indica techo de nubes y visibilidad OK (*ceilling and visibility OK*). Esta sustitución se efectúa cuando:

- La visibilidad es de 10 km o superior.
- No hay presencia de nubes ni cumulonimbos por debajo de 1500 metros.
- No hay presencia de precipitaciones, tormentas, tormentas de arena o polvo, niebla baja o corrientes bajas de arena, polvo o nieve.
- La visibilidad vertical es de al menos 30 metros, para operaciones nocturnas.

- Temperatura y punto de rocío

El séptimo bloque, con formato XX/YY, indica la temperatura ambiente en grados Celsius (XX) y la temperatura de rocío (punto de rocío) en grados Celsius (YY). El punto de rocío es la temperatura a la que el aire se satura, formando niebla. Cuanto más cercanas sean ambas temperaturas, mayor será la probabilidad de aparición de niebla, tomando como referencia de riesgo muy elevado de formación de niebla la diferencia de 2°C o menor entre ambas temperaturas. En caso de temperaturas negativas los valores están precedidos por M.

En el ejemplo presentado, 10/07, la diferencia entre ambas temperaturas es de 3°C, por tanto no hay riesgo de formación de niebla en ese momento.

- Presión (calado del altímetro)

El octavo bloque, con formato QXXXX, indica, en hectopascales, la presión a la que debe calibrarse el altímetro para que mida sobre la altitud real del aeropuerto (QNH).

En el ejemplo presentado, Q1024, el QNH es de 1024 hPa.

- Pronóstico (informe “trend”)

El noveno bloque indica la previsión de cambios significativos que abarca un periodo de dos horas desde el momento de emisión del informe (también aplicable para el informe SPECI). Este noveno bloque se presenta con alguno de los siguientes indicadores:

- BECMG: es seguido por un cambio cuya ocurrencia es segura, este cambio puede ser en cualquiera de los indicadores previamente identificados dentro del informe METAR (viento, visibilidad, fenómeno meteorológico, nubosidad o temperatura). Como ejemplo BECMG 3000 significa que la visibilidad será de 3000 m.
- TEMPO: es seguido por un cambio que será de carácter temporal, este cambio puede ser en cualquiera de los indicadores previamente identificados dentro del informe METAR (viento, visibilidad, fenómeno meteorológico, nubosidad o temperatura). Como ejemplo TEMPO BKN007, indica la presencia temporal de nubosidad abundante a 700 ft.
- PROB30 o PROB40: va seguido por un cambio de probabilidad del 30% o 40%. Un cambio con menor probabilidad del 30% no se indica, y un cambio con mayor probabilidad del 40% se enumera en su correspondiente bloque. Como ejemplo PROB30 BKN005, indica una probabilidad del 30% de la existencia de nubosidad abundante a 500 ft.

- NOSIG: indica la no previsión de cambios significativos en las 2 horas posteriores a la emisión del informe.

En el ejemplo presentado, NOSIG, indica la no previsión de cambios significativos al menos hasta las 14:00 (mensaje emitido a las 12:00).

### 2.3 Condiciones de operación. Reglas de vuelo IFR y VFR

La circulación aérea general (en adelante CAG) se define como el conjunto de movimientos aéreos efectuados por las aeronaves civiles y las militares que operen como aeronaves civiles. El Reglamento del Aire se define en el Anexo 2 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional de la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional)

La CAG está gestionada mediante la aplicación de un conjunto de reglas, las reglas del aire, que a su vez se diferencian entre reglas generales y reglas de vuelo. Las reglas generales incluyen aquellos aspectos relacionados con la protección de personas y propiedad, prevención de colisiones, planes de vuelo, señales, hora, servicio de control de tránsito aéreo, interferencia ilícita, interceptación y mínimas VMC (condiciones de vuelo visual) de visibilidad y distancia de las nubes; las reglas de vuelo, por su parte, definen cómo el piloto debe operar la aeronave en función de su calificación, naturaleza de la operación, circunstancias del entorno y las capacidades de la aeronave y/o del aeropuerto.

Poniendo el énfasis en las reglas de vuelo, objeto del presente estudio, estas pueden ser de dos tipos, reglas de vuelo visuales, VFR, de sus siglas en inglés *Visual Flight Rules*, o reglas de vuelo instrumentales, IFR, de sus siglas en inglés *Instrumental Flight rules*.

A continuación se definen ambas reglas:

- VFR:
  - Conjunto de reglas donde el piloto opera en un espacio aéreo mediante el concepto de “ver y evitar” a otras aeronaves y/o el terreno.
  - Las condiciones de operación visual se definen en términos de visibilidad y distancia a las nubes para diferentes bandas de altitud. Las operaciones en VFR se realizan en VMC.
  - Se denominan vuelos VFR especiales a aquellos que se realizan en condiciones por debajo de VMC y que deben ser autorizados.
- IFR:
  - Conjunto de reglas donde el piloto opera la aeronave utilizando los instrumentos de a bordo para navegar y evitar obstáculos.
  - La separación con otras aeronaves la proporcionan los servicios de control de tráfico aéreo.
  - Las operaciones en IFR pueden efectuarse tanto en VMC como en IMC (Condiciones de Vuelo Instrumental).

El siguiente esquema resume lo identificado anteriormente:

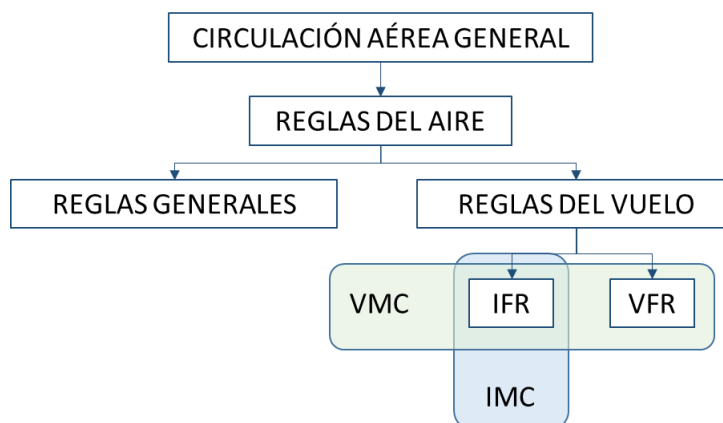


Figura 1 – Circulación Aérea General

Como se muestra en el esquema, las reglas de vuelo, el tipo de operación, depende de las condiciones de vuelo, es decir, si estas son VMC o IMC.

Las mínimas VMC de visibilidad y distancia de las nubes están definidas en el Anexo 2 de la OACI, y son las siguientes:

Banda de altitud	Clase de espacio aéreo	Visibilidad de vuelo	Distancia de las nubes
A 3050 m (10000 ft) AMSL o por encima	A B C D E F G	8 km	1 500 m horizontalmente 300 m (1 000 ft) verticalmente
Por debajo de 3 050 m (10 000 ft) AMSL y por encima de 900 m (3 000 ft) AMSL, o por encima de 300 m (1 000 ft) sobre el terreno, de ambos valores el mayor	A B C D E F G	5 km	1 500 m horizontalmente 300 m (1 000 ft) verticalmente
A 900 m (3 000 ft) AMSL o por debajo, o a 300 m (1 000 ft) sobre el terreno, de ambos valores el mayor	A B C D E	5 km	1 500 m horizontalmente 300 m (1 000 ft) verticalmente
	F G	5 km	Libre de nubes y con la superficie a la vista

Tabla 2 – Mínimas VMC

Tal y como muestra la tabla anterior, las mínimas VMC de visibilidad y distancia a nubes tienen dependencia con la clase del espacio aéreo donde se esté desarrollando la operación. Estas clases de espacio aéreo quedan definidas por, en función de las reglas de vuelo, la información de separación entre aeronaves que se proporciona, el servicio de navegación aérea, las limitaciones de velocidad, la comunicación y la necesidad de autorización ATC.



En aviación comercial, la aviación general no se ha tenido en cuenta en el presente estudio, la clase del espacio aéreo alrededor de los aeropuertos, en función de su tamaño en cuanto a número de operaciones, será B, C o D.

La siguiente tabla se incluye a modo de información, en ella se definen la separación, los servicios, limitaciones de velocidad, tipo de comunicación y necesidad de autorización ATC para cada clase de espacio aéreo.

CLASE	REGLAS	SEPARACIÓN	SERVICIO	LIM. VELOCIDAD	COMUNICACION	AUTORIZACIÓN ATC
A	IFR	Todas	ATC	N/A	Bidireccional Continua	Si
B	IFR	Todas	ATC	N/A	Bidireccional Continua	Si
	VFR	Todas				
C	IFR	IFR de IFR IFR de VFR	ATC	250 kts IAS < 10.000 ft AMSL	Bidireccional Continua	Si
	VFR	VFR de IFR	ATC para separar IFR Info de tráfico VFR/VFR (anti-colisión a petición)			
D	IFR	IFR de IFR	ATC e Info sobre VFR (anti-colisión a petición)	250 kts IAS < 10.000 ft AMSL	Bidireccional Continua	Si
	VFR	No	Info IFR/VFR y VFR/VFR			
E	IFR	IFR de IFR	ATC y, si es posible, info sobre VFR	250 kts IAS < 10.000 ft AMSL	Bidireccional Continua	Si
	VFR	No	Info de tráfico, si es posible		No	No
F	IFR	IFR de IFR (si es posible)	Asesoramiento y FIS	250 kts IAS < 10.000 ft AMSL	Bidireccional Continua	Si
	VFR	No	FIS		No	No
G	IFR	No	FIS	250 kts IAS < 10.000 ft AMSL	Bidireccional Continua	No
	VFR	No	FIS		No	No

Tabla 3 – Condiciones por Clase de Espacio Aéreo

En el aeropuerto y su entorno, en el área de control terminal TMA, dentro de la zona de control CTR y/o de la zona de tránsito del aeródromo ATZ, las operaciones pueden efectuarse en IFR o VFR dependiendo, entre otros factores indicados anteriormente, de las condiciones del entorno, en particular, de las condiciones de visibilidad y distancia a nubes.

Estas necesidades de operación VFR o IFR quedan definidas a nivel de utilización de pista por los controladores aéreos encargados de despegues y aterrizajes y, por tanto, las aeronaves y pilotos que vayan a realizar operación en ese aeropuerto deben adecuarse al tipo de operación definida en cada momento, y, en caso de ser IFR, estar capacitados en cuanto a equipamiento y habilitaciones para llevar a cabo la operación.

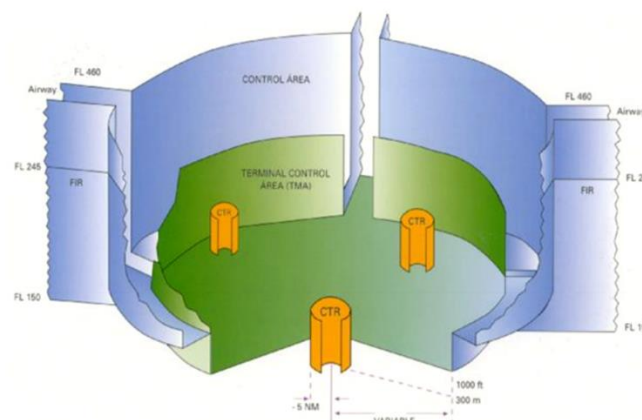


Figura 2 – Espacio Aéreo Aeropuerto



PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO

### 3.AEROPUERTO DE BILBAO

Con el objetivo de evaluar la influencia de la meteorología en la operación aeroportuaria, se ha tomado el Aeropuerto de Bilbao, por sus siglas OACI, LEBB, como objeto de estudio en base a los siguientes aspectos:

- Clima y situación orográfica

El clima en la ubicación del aeropuerto es templado frío oceánico, está ubicado en el norte de la Península en una zona orográficamente compleja dentro del Valle de Asúa, con una cota media de 30-40 metros, delimitado por numerosas formaciones montañosas que alcanzan cotas de 1000 m (Pico de Ganekogorta).

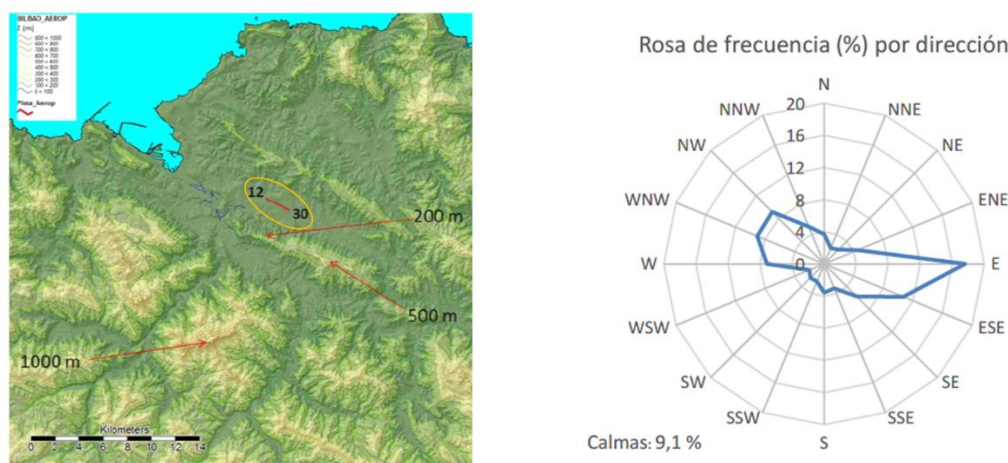


Figura 3 – Orografía y Viento Aeropuerto de Bilbao

Como se observa en las imágenes anteriores, la pista principal del Aeropuerto de Bilbao (12-30), se encuentra alineada con las cordilleras en su cercanía. Este aspecto, y tomando como referencia que los vientos dominantes tienen también la misma dirección (rosa de los vientos), hacen que la influencia del Océano Atlántico se haga patente en el aeropuerto mediante rachas de viento y nubes de evolución que descargan con asiduidad. La humedad relativa es mayor del 70%, incluso llegando a ser superior al 80% en los meses de primavera.

En el apartado 3.1.2 se desarrollan con detalle las características climáticas del Aeropuerto de Bilbao.

- Operaciones frustradas

Tomando como referencia la información contenida en la Guía Meteorológica del Aeropuerto de Bilbao generada por Aemet, se obtiene que, según datos proporcionados por ENAIRE, en torno al 75% de las aproximaciones frustradas se deben a fenómenos meteorológicos.

Entre las causas principales que generan aproximaciones frustradas se identifican, cizalladura, turbulencias, visibilidad, viento en cola, viento cruzado, viento fuerte y techo de nubes.

Según datos de Aemet para las operaciones comprendidas entre 2016 y 2018 en LEBB, la distribución de las frustradas en función de los fenómenos meteorológicos fue la siguiente:

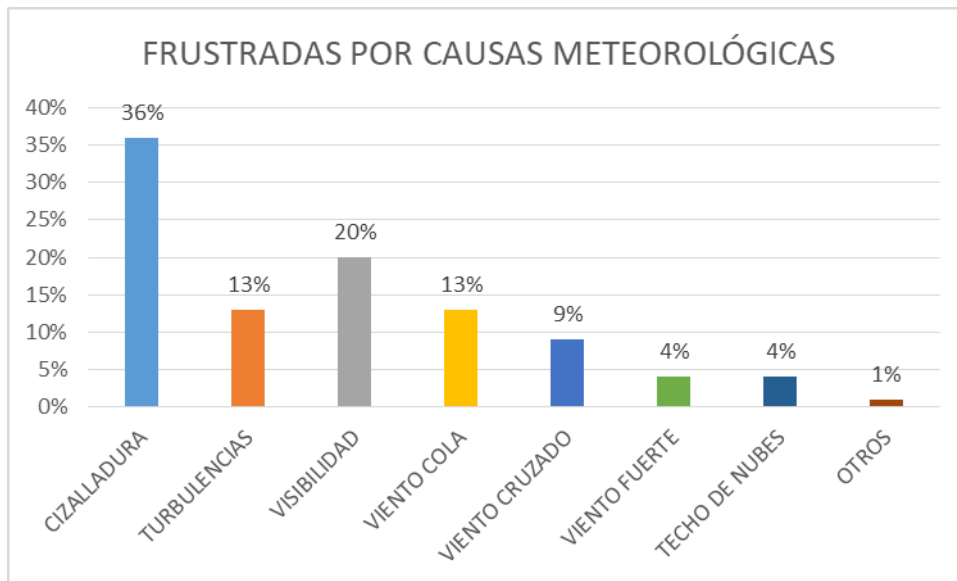


Figura 4 – Frustradas por causas meteorológicas. Aeropuerto de Bilbao

Como se observa en el gráfico, el fenómeno meteorológico con mayor influencia sobre las aproximaciones frustradas en LEBB es la cizalladura, con un 36%, siendo la visibilidad el segundo de los fenómenos más influyentes.

La visibilidad y el techo de nubes suponen el 25% de las aproximaciones frustradas por causas meteorológicas en el aeropuerto de Bilbao, lo que supone un 20% del total de las aproximaciones frustradas.

La influencia de la visibilidad y techo de nubes en las aproximaciones frustradas se ha tomado como referencia para estudiar la influencia de dichos fenómenos meteorológicos en los retrasos sufridos por las operaciones en el Aeropuerto de Bilbao.

### 3.1 El Aeropuerto de Bilbao en datos

El Aeropuerto de Bilbao se encuentra en la FIR/UIR Madrid y pertenece a la Región Centro-Norte de Navegación Aérea, su gestión se realiza desde el Servicio de Tránsito Aéreo de Madrid ACC.

El sector que incluye el Aeropuerto de Bilbao es el LECMBLL, con una capacidad declarada de 39 aeronaves.

El servicio de control dentro del Área de Control Terminal (TMA) es suministrado por Bilbao APP, siendo Bilbao CTR para la Zona de Control (CTR) y Bilbao ATZ para la Zona de Tránsito de Aeródromo (ATZ). El servicio de control dentro de la Zona de Tránsito de Aeródromo (ATZ) es suministrado por la Torre de Control del aeropuerto.

No existen zonas prohibidas (P), restringidas (R) ni peligrosas (D) en el entorno del aeropuerto que puedan afectar a su operación.

La temperatura de referencia del aeropuerto es de 26°C y su elevación de 41 m.

Se trata de un aeropuerto civil, de clase internacional, clave 4-D en categoría OACI. El indicativo OACI es LEBB, como se ha indicado anteriormente, y el indicativo IATA es BIO.

El horario operativo del aeropuerto (UTC) es, por temporada:

- Verano: 04:45-21:30
- Invierno: 5:45-22:30

En cuanto al **campo de vuelos**, el aeropuerto cuenta con dos pistas, 12-30, principal, y 10-28, utilizada fundamentalmente por Aviación General y que, por otro lado, tiene la función de proporcionar flexibilidad ante emergencias en la pista principal.

La pista principal tiene una longitud de 2600 m y una anchura de 45 m; por su parte, la pista secundaria tiene una longitud de 1910 m y una anchura de 45 m.

La siguiente imagen muestra la disposición de las pistas del Aeropuerto de Bilbao:

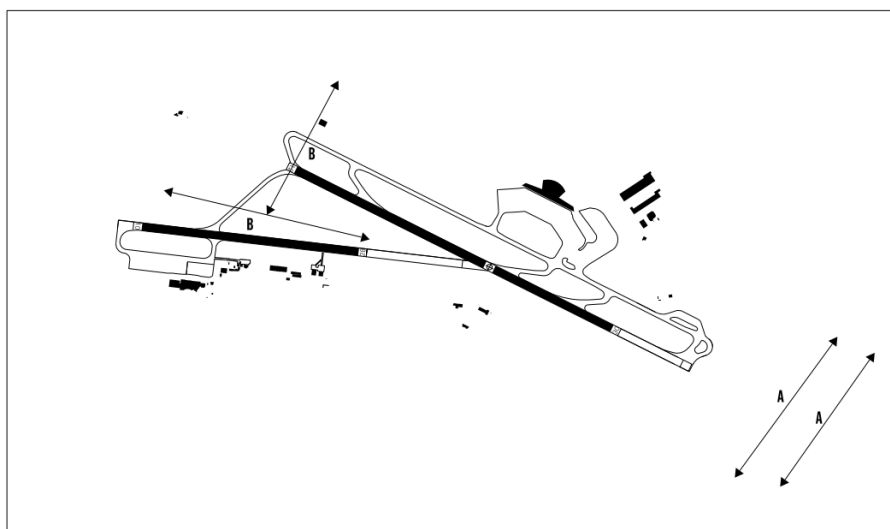


Figura 5 – Distribución de pistas Aeropuerto de Bilbao. Fuente: AIP

En referencia al **análisis de tráfico**, el Aeropuerto de Bilbao mueve un valor aproximado de 5 millones de pasajeros y 50 mil operaciones al año, siendo más del 95% de los pasajeros y del 90% de las operaciones de carácter comercial. De este tráfico, el 60% es nacional, y el 40 % internacional, con tendencia a equipararse durante los años venideros.

Las rutas nacionales con mayor volumen de tráfico son Bilbao-Barcelona con un 15% del total de pasajeros y 13% del total de aeronaves comerciales, y Bilbao-Madrid con un 15 % del total de pasajeros y 16% del total de aeronaves comerciales.

Las rutas internacionales con mayor volumen de tráfico son Bilbao-Múnich con un 5% del total de pasajeros y 5% del total de aeronaves comerciales, y Bilbao-París con un 4% del total de pasajeros y un 5% del total de aeronaves comerciales.

En relación a la **flota usuaria**, se trata de aeronaves de fuselaje estrecho, siendo el A320, con un 40% del tráfico de aeronaves, el modelo más asiduo.

### 3.1.1 Características climáticas

Como se ha indicado en el punto anterior, la temperatura de referencia del aeropuerto es de 26°C y su elevación de 41 m.

Tal y como se recoge en el Plan Director del Aeropuerto, el clima es templado frío oceánico, con un entorno en el que las alineaciones montañosas, que se encuentran en la misma dirección, NE, que los vientos dominantes generan que la influencia oceánica sea patente, formándose nubes de evolución que precipitan sobre el aeropuerto con asiduidad. La humedad relativa es mayor al 70%, alcanzando incluso valores superiores al 80% en los meses de primavera, provocados por la presencia del anticiclón de las Azores que aporta vientos húmedos y frescos del oeste y noroeste que inducen dichos valores. Este anticiclón también está presente durante los meses de verano, aunque su influencia es menor porque comienza a retirarse hacia el sur, sin embargo los niveles de humedad se mantienen en todo momento por encima del 70%. En otoño el anticiclón se retira al sur completamente, lo cual supone que la zona donde está ubicado el aeropuerto queda expuesta a las borrascas del frente polar, cuyos vientos del norte y noreste descargan en forma de lluvia. Con esta situación, la etapa final del otoño junto con el comienzo del invierno son las épocas más lluviosas en esta ubicación. El resto de los meses de invierno están gobernados por vientos fríos y secos procedentes del noreste, desde Europa Central.

En cuanto a la temperatura, la temperatura de referencia, que se define como la media mensual de las temperaturas máximas diarias correspondientes al mes más caluroso del año (agosto) es de 26°C según el AIP, con una temperatura baja media de 7°C. La temperatura media anual es de 14°C, siendo enero el mes más frío con 9°C de media, y julio y agosto los más calurosos con 20°C de media. La oscilación térmica es de 11°C. La temperatura máxima absoluta se registró en junio de 1968, con 40'8°C, y la temperatura mínima absoluta se registró en enero de 1963, con -8'6°C. No obstante, debido a la influencia oceánica y la alta humedad relativa, no se registran heladas en invierno salvo casos excepcionales.

En relación a la precipitación, la media es de 1214 mm anuales, siendo noviembre y enero los meses más lluviosos y julio y agosto los meses más secos. En el Aeropuerto de Bilbao se presentan una media de 192 días lluviosos al año (53%).

En lo concerniente a la visibilidad, se presenta la tabla de "Datos Generales de Visibilidad" obtenida del Plan Director del Aeropuerto de Bilbao, y que contiene la información registrada durante 20 años, entre 1961 y 1980. Esta tabla presenta la información clasificada por octas de cielo sobre el aeropuerto, diferenciando entre días despejados, días nubosos (menos de 4 octas cubiertas) y días cubiertos (más de 4 octas cubiertas).

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTALES
<b>NÚMERO MEDIO DE DÍAS DESPEJADOS</b>													
DIAS	3	2	3	2	2	4	5	5	4	3	3	3	37
%	10	7	10	7	6	13	16	16	13	10	10	10	10
<b>NÚMERO MEDIO DE DÍAS NUBOSOS (&lt;4/8)</b>													
DIAS	13	12	13	13	16	14	16	15	15	15	12	12	166
%	42	41	42	43	52	47	52	48	50	48	40	39	45
<b>NÚMERO MEDIO DE DÍAS CUBIERTOS (&gt;4/8)</b>													
DIAS	15	15	15	16	14	12	10	11	11	13	15	16	162
%	48	52	48	53	45	40	32	35	37	42	50	51	45

Tabla 4 – Datos históricos de visibilidad Aeropuerto de Bilbao

De la tabla anterior se extrae que, de media sobre el Aeropuerto de Bilbao, el 10% de los días son despejados, el 45% nubosos (menos de 4 octas cubiertas) y el 45% cubiertos (más de 4 octas).

A continuación, se presentan la media de temperaturas máximas y mínimas (aproximación lineal) y la mediana de precipitaciones acumuladas en base a los datos recogidos en el periodo 1981-2010 y presentados por Aemet en el Análisis Estacional del Aeropuerto de Bilbao.

### Temperatura

- Primavera

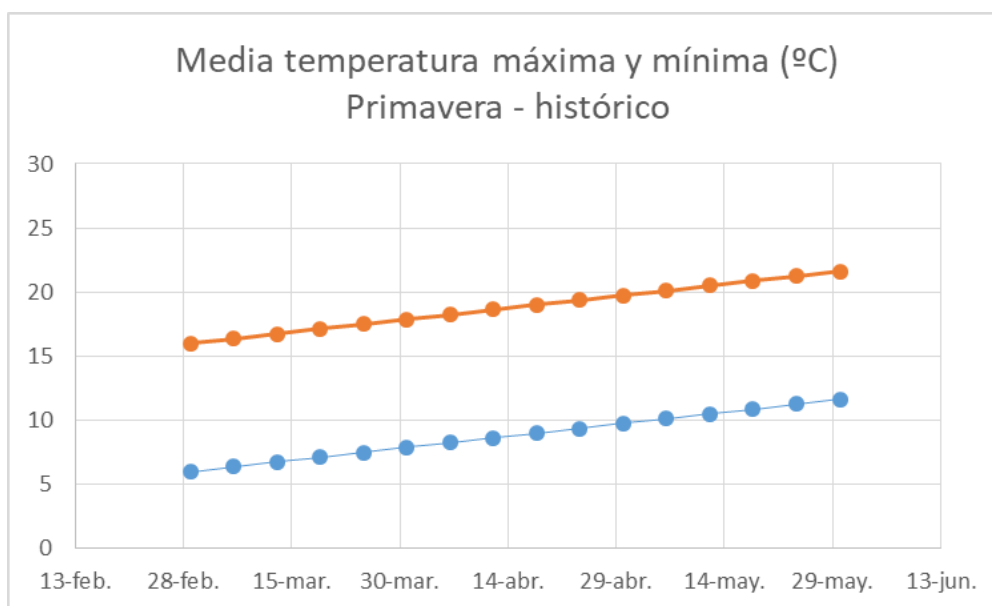


Figura 6 – Temperatura media. Primavera. Aeropuerto de Bilbao

- Verano

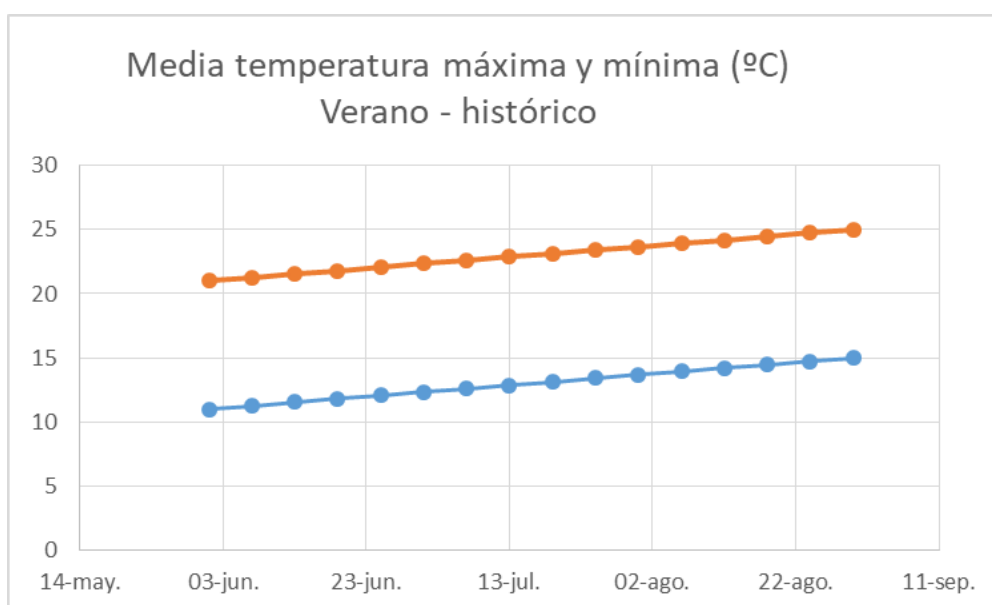


Figura 7 – Temperatura media. Verano. Aeropuerto de Bilbao

- Otoño

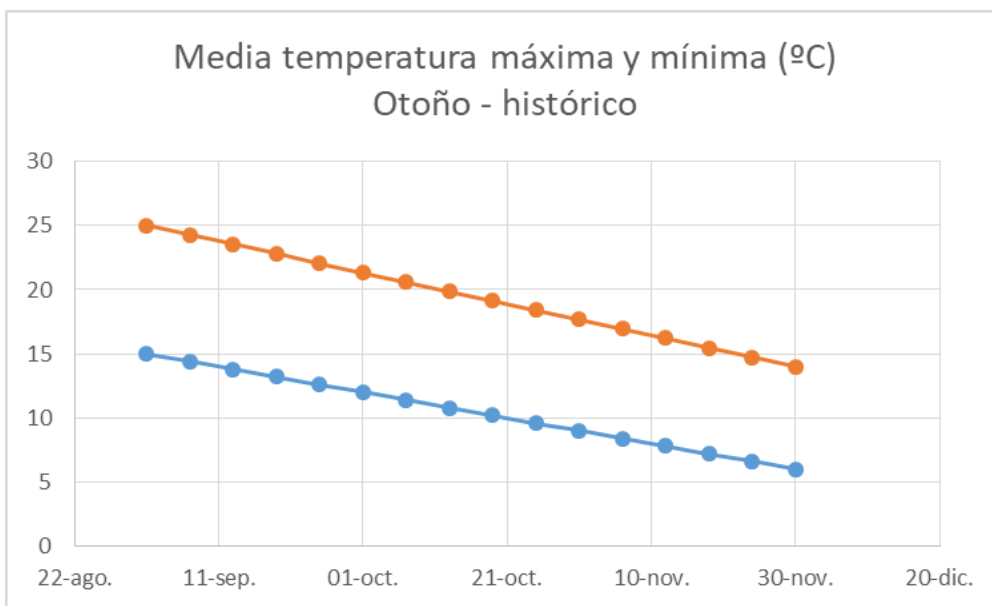


Figura 8 – Temperatura media. Otoño. Aeropuerto de Bilbao

- Invierno

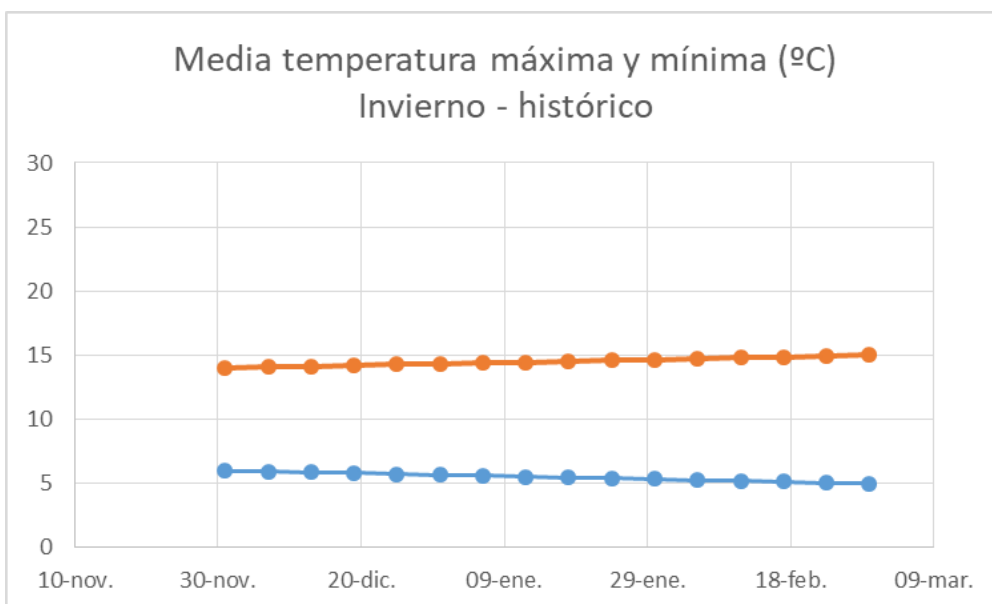


Figura 9 – Temperatura media. Invierno. Aeropuerto de Bilbao



### Precipitación acumulada

- Primavera

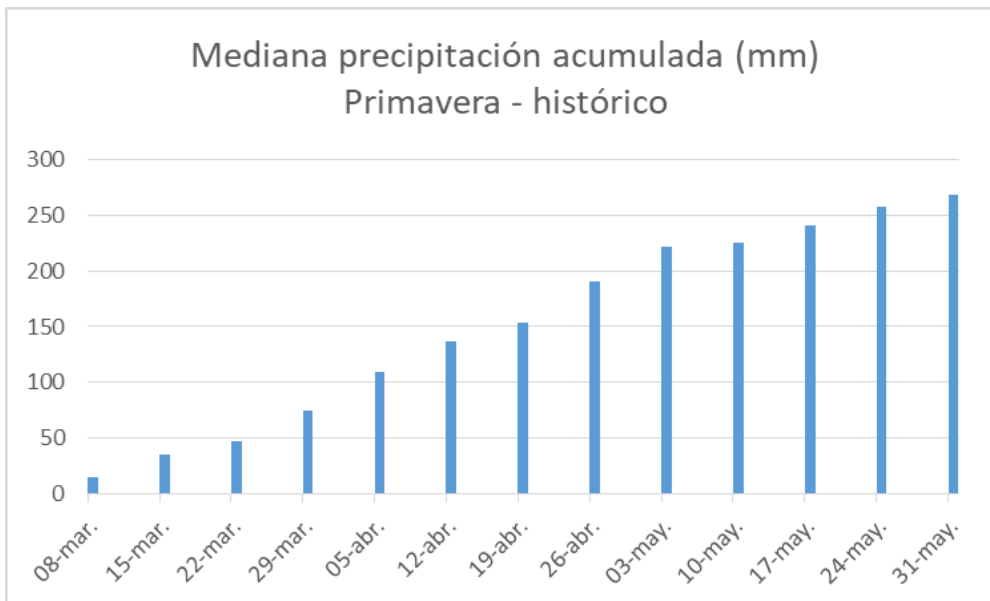


Figura 10 – Precipitación acumulada. Primavera. Aeropuerto de Bilbao

- Verano

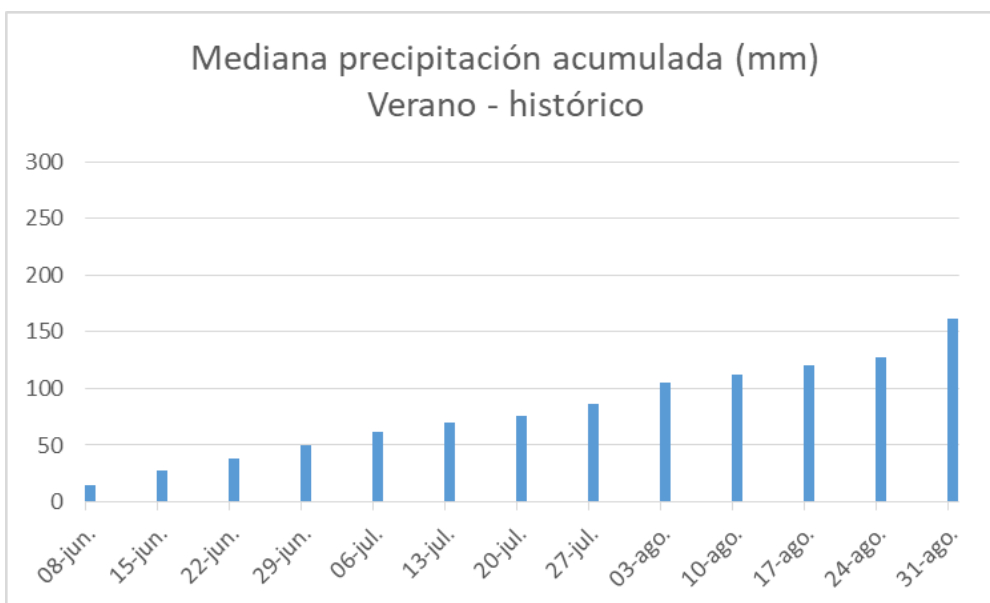


Figura 11 – Precipitación acumulada. Verano. Aeropuerto de Bilbao

- Otoño

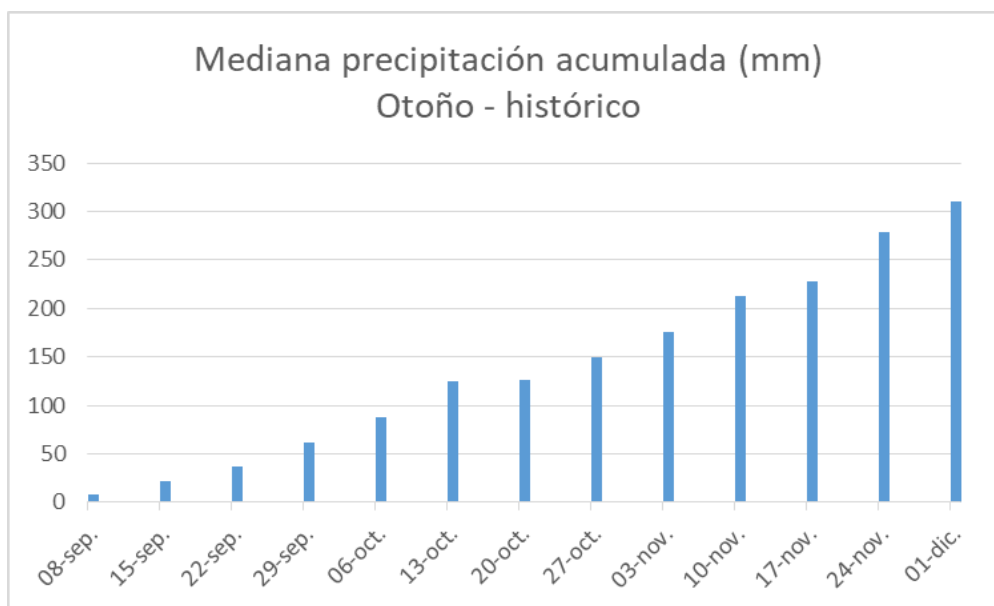


Figura 12 – Precipitación acumulada. Otoño. Aeropuerto de Bilbao

- Invierno

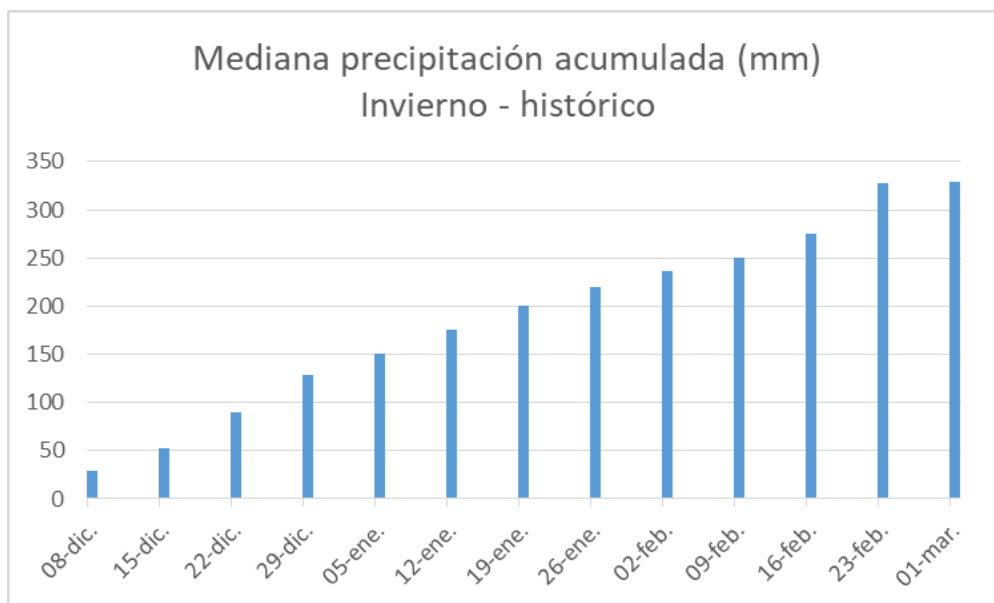


Figura 13 – Precipitación acumulada. Invierno. Aeropuerto de Bilbao

## 4. FUENTES DE DATOS

En el presente capítulo se identifican las fuentes de datos de las que se han obtenido los datos para efectuar el estudio.

### 4.1 Datos climáticos

Los datos climáticos se han obtenido mediante los informes METAR correspondientes al Aeropuerto de Bilbao durante el año 2022. Los datos incluidos en los informes METAR de este aeropuerto son capturados en cabecera de pista 30.

La descarga de los datos METAR se ha realizado desde la web <https://metar- taf.com/>

### 4.2 Datos de operativa aeroportuaria

Los datos relativos a la operativa aeroportuaria en el Aeropuerto de Bilbao han sido proporcionados por el tutor académico del presente estudio, Álvaro Rodríguez Sanz.

Los datos sobre la operativa en el Aeropuerto de Bilbao incluyen la siguiente información de cada operación realizada relevante para el estudio: fecha de operación, hora de operación real y programada, clase de tráfico, pista en uso y tipo de movimiento (llegada o salida).

Los datos de operación consultados corresponden a todas las operaciones que han tenido lugar en el Aeropuerto de Bilbao durante el año 2022.

### 4.3 Datos Aeropuerto de Bilbao

La información relativa al Aeropuerto de Bilbao en cuanto a infraestructura y características se han obtenido de las siguientes fuentes:

- Plan Director del Aeropuerto de Bilbao:
  - o Análisis del Entorno
  - o Anexo 2: Espacios aeronáuticos y servicios de control de tránsito aéreo
- Propuesta de Revisión del Plan Director del Aeropuerto de Bilbao
  - o Situación Actual del Aeropuerto y su Entorno
- Guía Meteorológica de Aeródromo (Aemet)

Adicionalmente, se ha consultado:

- Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA) 2022-2026

PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO

## 5. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se describe el proceso seguido para evaluar la influencia de la meteorología en la operativa aeroportuaria tomando como objeto de estudio el Aeropuerto de Bilbao.

La estructura del análisis es la siguiente:

- Obtención de perfiles meteorológicos
- Análisis de la operativa aeroportuaria
- Relación entre perfiles meteorológicos y operativa aeroportuaria

Para llevar a cabo el análisis se han empleado datos meteorológicos y de tráfico aéreo correspondientes al año 2022.

### 5.1 Obtención de perfiles meteorológicos

Un perfil meteorológico de un periodo de tiempo determinado se define como una serie de las condiciones meteorológicas observadas o pronosticadas para cada hora de ese intervalo de tiempo.

Los datos seleccionados en el presente análisis para definir los perfiles meteorológicos son los reglajes de vuelo IFR o VFR, tanto para aproximación y aterrizaje como para despegue y ascenso, ya que de esta manera, se pueden reproducir las circunstancias meteorológicas en gráficos binarios. Para definir estos reglajes se tienen en cuenta las condiciones de visibilidad y altitud de techo de nubes.

Como se ha explicado en el capítulo 2, las reglas de vuelo en una operación pueden ser IFR (*Instrumental Flight Rules*) o VFR (*Visual Flight Rules*), la selección de uno u otro reglaje tiene gran dependencia con la situación meteorológica, ya que, en ausencia de fenómenos meteorológicos adversos que permitan condiciones VMC (condiciones de vuelo visual) el reglaje seleccionado será VFR, mientras que en presencia de fenómenos meteorológicos adversos que influyan negativamente en la visibilidad, impidiendo en ese caso las condiciones VMC, el reglaje seleccionado será IFR.

El criterio seguido para categorizar las operaciones como IFR o VFR ha sido el siguiente:

Reglas de Vuelo	Visibilidad	Techo de nubes
IFR	<8000 m	<3000 ft
VFR	>8000 m	>3000 ft

Tabla 5 – Criterio de clasificación IFR/VFR

Para definir los perfiles meteorológicos en base a la fuente de estudio seleccionada se ha seguido el siguiente proceso:

#### 1- Obtención de datos METAR del Aeropuerto de Bilbao para 2022

Para categorizar las operaciones según sus reglajes de vuelo se han obtenido los datos METAR correspondientes a los 365 días del año 2022, tomados desde la cabecera de la pista 30 cada 30 minutos. Se han utilizado los datos correspondientes a cada hora exacta, es decir, en intervalos de una hora.

#### 2- Filtrado de datos METAR por visibilidad

Una vez obtenidos los datos METAR, se extraen los valores de visibilidad de cada informe para cada hora de cada día del año 2022. Una vez extraída esta información, se procede a categorizar aquellos intervalos horarios cuyo valor de visibilidad es igual o menor de 8000 m, como operación tipo IFR.

#### 3- Filtrado de datos METAR por techo de nubes

Tras la primera categorización por visibilidad, se procede a extraer los valores de techo de nubes para cada hora de cada día del año 2022 (de aquellos intervalos que no han sido categorizados previamente como IFR). Una vez extraída esta información, se procede a categorizar aquellos intervalos horarios cuyos valores de techo de nubes son iguales o menores de 3000 ft, como operación tipo IFR.

#### 4- Categorización operaciones VFR

Tras los dos filtros anteriores, donde han quedado categorizadas todas las operaciones IFR, se procede a categorizar el resto de operaciones como VFR; estas son las que corresponden a valores de visibilidad por encima de 8000 m o CAVOK, y a valores de techo de nubes por encima de 3000 ft.

#### 5- Obtención de perfiles meteorológicos

Efectuado el proceso de categorización anterior, donde todos los intervalos horarios del año 2022 han quedado categorizados como operaciones tipo IFR o VFR, se procede a representar gráficamente los perfiles meteorológicos correspondientes a cada mes del año 2022.

Una vez representado el perfil meteorológico, se proporciona el porcentaje en el que las condiciones meteorológicas implican operación en IFR y el porcentaje en VFR de forma mensual. Por último se proporciona el porcentaje en que las condiciones meteorológicas implican operación en IFR y el porcentaje en VFR anual. Estos porcentajes se calculan teniendo en cuenta el horario del aeropuerto, que en este caso es:

- Verano: 04:45-21:30
- Invierno: 5:45-22:30

## 5.2 Análisis de la operativa aeroportuaria

#### 1- Obtención de datos de operaciones en el Aeropuerto de Bilbao para 2022

A fin de estudiar el desempeño de la operativa aeroportuaria durante el año 2022, se ha obtenido el informe de operaciones en el Aeropuerto de Bilbao que incluye información de cada operación efectuada en cada hora de cada día del año 2022. Esta información incluye la fecha, la hora y minuto de operación real y programada, la clase de tráfico, el tipo de movimiento (salida o llegada) y la pista operada.

El estudio se efectúa para los datos de tráfico de clase comercial (suponen más del 90% de las operaciones en este aeropuerto) en la pista 12-30, al ser esta la pista principal. La pista 10-28 es empleada por la Aviación General y proporciona flexibilidad ante emergencias en la pista principal.

## 2- Estudio mensual del desempeño de la operativa aeroportuaria

La información anterior se estructura para cada mes.

### 2.1 - Obtención del valor del retraso de cada operación

Para cada operación, a cada hora, de cada día, se calcula el retraso experimentado utilizando la información de hora y minuto de la operación real y hora y minuto de la operación programados.

$$\text{RETRASO/op} = \text{Hora Op Real} - \text{Hora Op Programada} \text{ (min)} \quad (1)$$

### 2.2 – Obtención del valor de retraso acumulado por día

Una vez obtenidos los resultados de retraso de cada operación, se obtiene el valor de retraso acumulado para cada día mediante la suma aritmética de cada valor de retraso de cada operación en ese día. Se contabilizan además el número de operaciones en cada día del mes.

$$(\text{RETRASO ACUMULADO})_{\text{día}} = \sum (\text{RETRASO/op})_{\text{día}} \text{ (min)} \quad (2)$$

### 2.3 – Obtención del valor de retraso medio por operación

Conocido el valor del retraso acumulado por día, así como el número de operaciones por día, se calcula el valor medio de retraso por operación para cada día del mes.

$$(\text{RETRASO MEDIO/op})_{\text{día}} = \frac{(\text{RETRASO ACUMULADO})_{\text{día}}}{(n^{\circ} \text{operaciones})_{\text{día}}} \text{ (min)} \quad (3)$$

Por último, buscando un valor agregado, se obtiene el valor medio del retraso por operación para cada mes.

$$(\text{RETRASO MEDIO/op})_{\text{mes}} = \frac{\sum (\text{RETRASO MEDIO/op})_{\text{día}}}{\sum (n^{\circ} \text{operaciones})_{\text{día}}} \text{ (min)} \quad (4)$$

## 3- Estudio anual del desempeño de la operativa aeroportuaria

Con un proceso análogo al efectuado para cada mes, se obtiene el valor agregado del retraso medio por operación durante el año 2022, a partir del retraso total acumulado y del número de operaciones total en ese año.

$$(\text{RETRASO MEDIO/op})_{2022} = \frac{\sum (\text{RETRASO/op})}{\sum n^{\circ} \text{operaciones}} \text{ (min)} \quad (5)$$

## 5.3 Relación entre perfiles meteorológicos y operativa aeroportuaria

Una vez realizados los estudios anteriores, es decir, obtenidos los perfiles meteorológicos y, efectuado el análisis del desempeño de la operativa aeroportuaria centrado en el estudio de los retrasos en las operaciones, se procede a buscar la relación entre ambos estudios.

---

Para ello, se procede a efectuar una traza entre los meses con mayor retraso medio por operación y los perfiles meteorológicos obtenidos para dicho mes con el objetivo de analizar si existen fenómenos meteorológicos adversos que impliquen de forma sistemática un incremento en el retraso de las operaciones.

Se toman los valores de referencia absolutos (total año 2022) tanto para retraso medio por operación como para porcentaje de operaciones en IFR, y se identifican los meses cuyos valores de retraso medio por operación y porcentaje de condiciones de operación en IFR son superiores a dichos valores.

Una vez identificados los meses que cumplen el criterio, se procede a estudiar en detalle la potencial relación entre estudios, a fin de analizar, además, la posibilidad de vuelos cancelados.

Para ello, se estudia el retraso acumulado en cada hora, de cada día durante el año de 2022 en los meses identificados y se relacionan los perfiles meteorológicos con el retraso medio por operación y con el número de operaciones por hora. Se identifican los máximos de retraso por operación a fin de encontrar dependencias y, por último, se identifican los METAR asociados a dichos máximos en busca de patrones meteorológicos que puedan influir en el retraso de las operaciones.



## 6.RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos para el proceso definido en el capítulo anterior.

Se aportan los resultados en concordancia con la estructura:

- Obtención de perfiles meteorológicos
- Análisis de la operativa aeroportuaria
- Relación entre perfiles meteorológicos y operativa aeroportuaria

### 6.1 Obtención de perfiles meteorológicos

A continuación se muestran los perfiles meteorológicos obtenidos, por mes, para el año 2022 en base a la categorización de las operaciones como IFR o VFR en función de las condiciones meteorológicas.

Para el total de 2022, se obtiene que el 79,6% de las horas operativas pueden operarse en reglajes VFR, y el 20,4 deben operarse en IFR.

#### 6.1.1 Enero

##### Perfil meteorológico

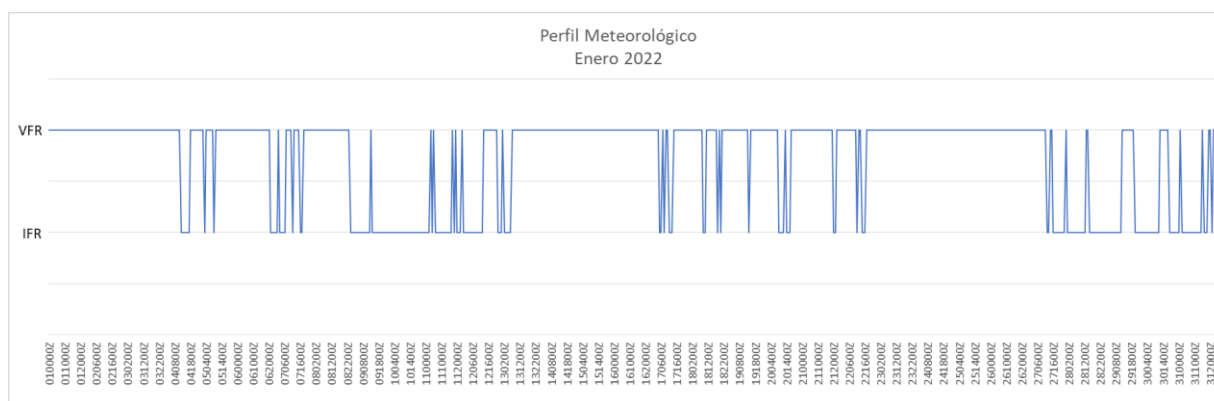


Figura 14 – Perfil meteorológico. Enero

##### Distribución IFR – VFR

ENERO	IFR (%)	VFR (%)
	28,5	71,5

Tabla 6 – IFR/VFR Enero

## 6.1.2 Febrero

### Perfil meteorológico

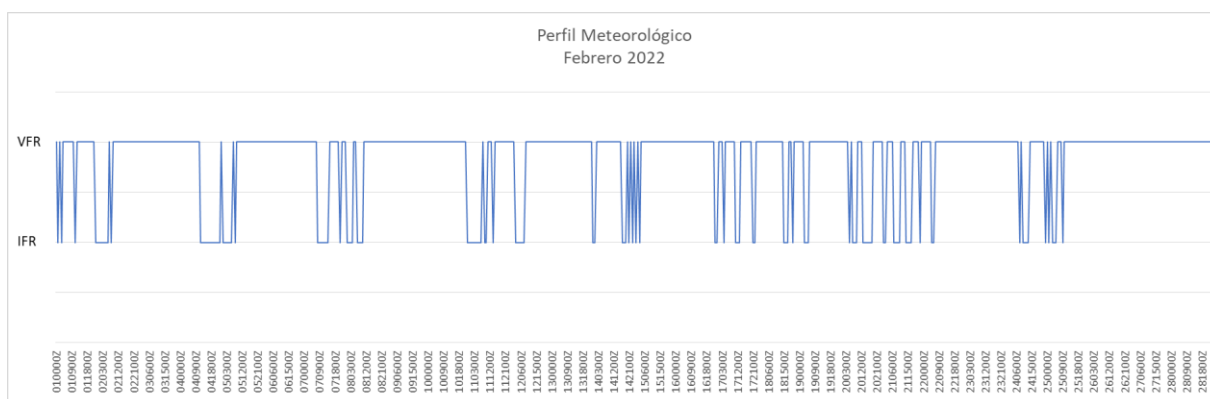


Figura 15 – Perfil meteorológico. Febrero

### Distribución IFR – VFR

FEBRERO	IFR (%)	VFR (%)
	16,2	83,8

Tabla 7 – IFR/VFR Febrero

## 6.1.3 Marzo

### Perfil meteorológico

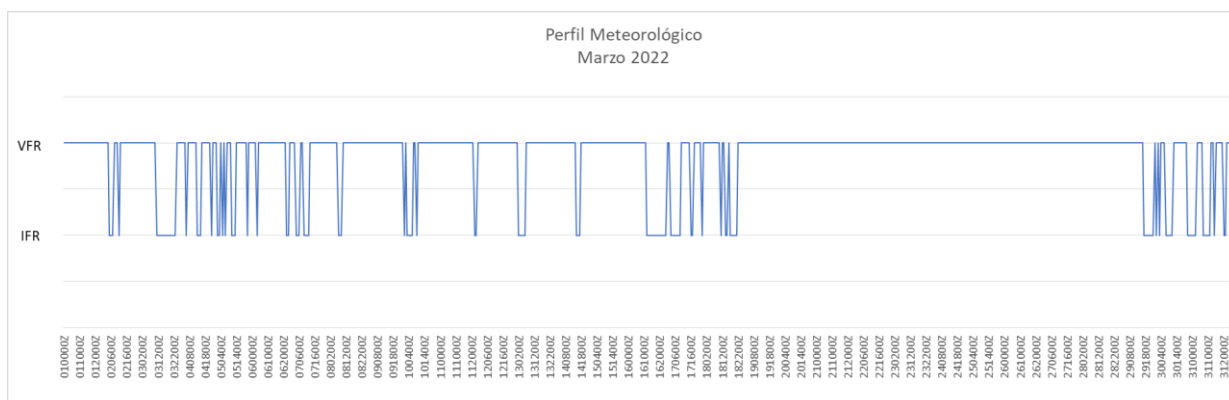


Figura 16 – Perfil meteorológico. Marzo

### Distribución IFR – VFR

MARZO	IFR (%)	VFR (%)
	16,3	83,7

Tabla 8 – IFR/VFR Marzo

### 6.1.4 Abril

#### Perfil meteorológico

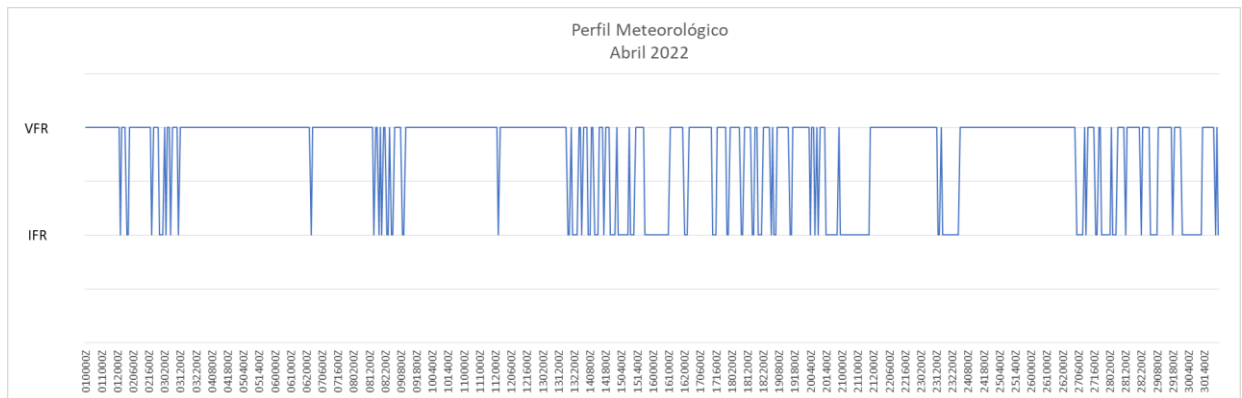


Figura 17 – Perfil meteorológico. Abril

#### Distribución IFR – VFR

ABRIL	IFR (%)	VFR (%)
	21,4	78,6

Tabla 9 – IFR/VFR Abril

### 6.1.5 Mayo

#### Perfil meteorológico

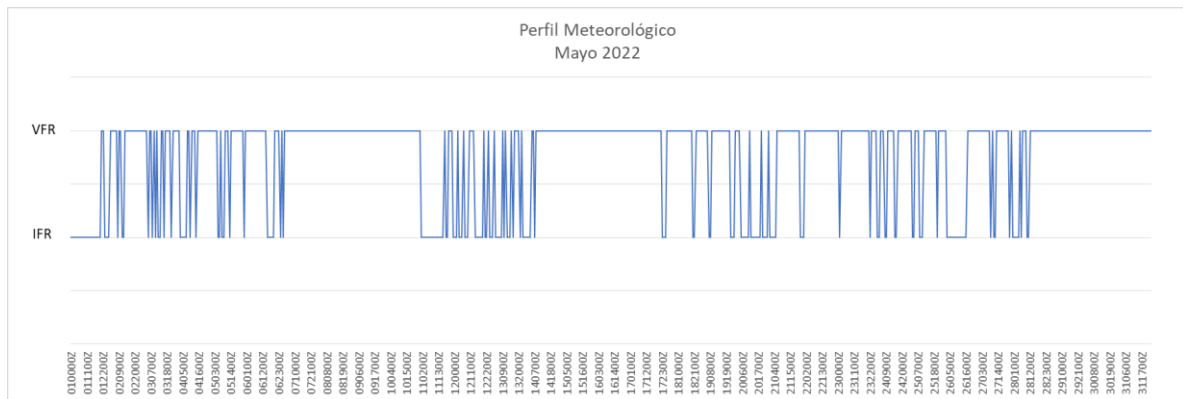


Figura 18 – Perfil meteorológico. Mayo

#### Distribución IFR – VFR

MAYO	IFR (%)	VFR (%)
	24,7	75,3

Tabla 10 – IFR/VFR Mayo

## 6.1.6 Junio

### Perfil meteorológico

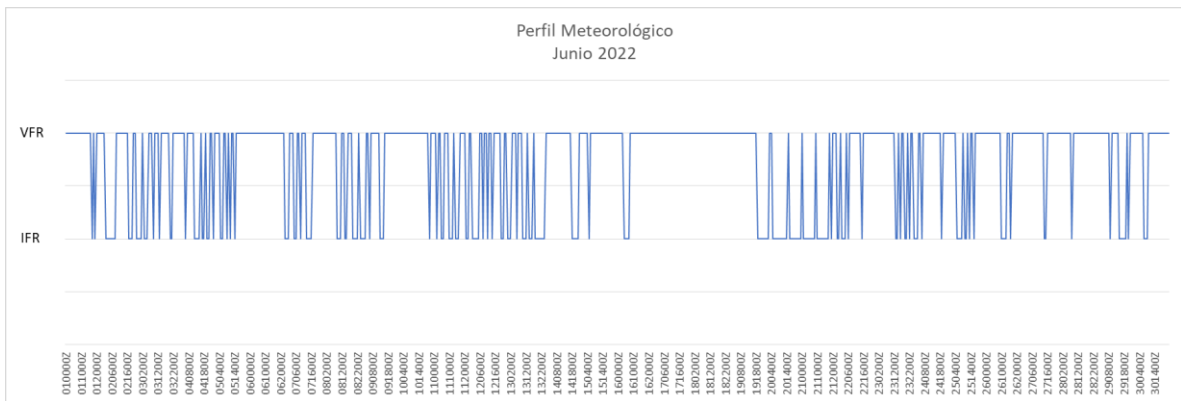


Figura 19 – Perfil meteorológico. Junio

### Distribución IFR – VFR

JUNIO	IFR (%)	VFR (%)
	27,1	72,9

Tabla 11 – IFR/VFR Junio

## 6.1.7 Julio

### Perfil meteorológico

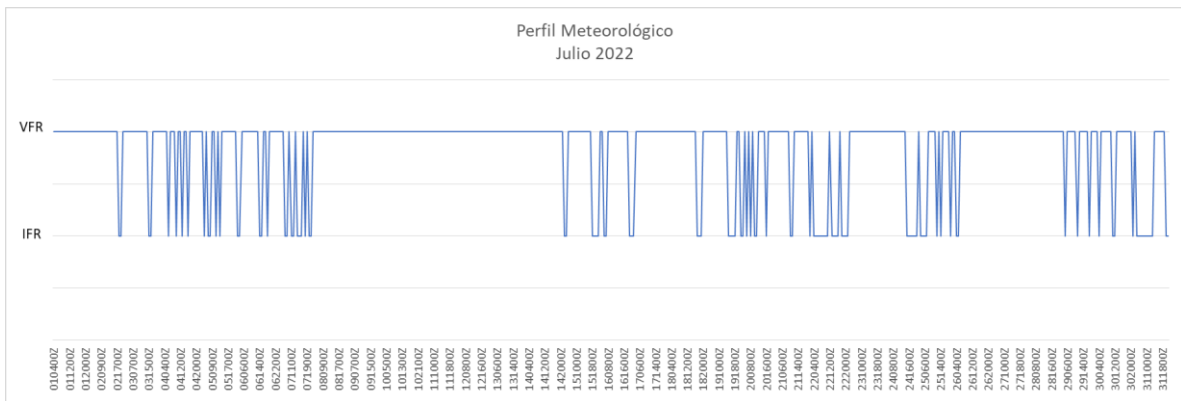


Figura 20 – Perfil meteorológico. Julio

### Distribución IFR – VFR

JULIO	IFR (%)	VFR (%)
	18,6	81,4

Tabla 12 – IFR/VFR Julio

## 6.1.8 Agosto

### Perfil meteorológico

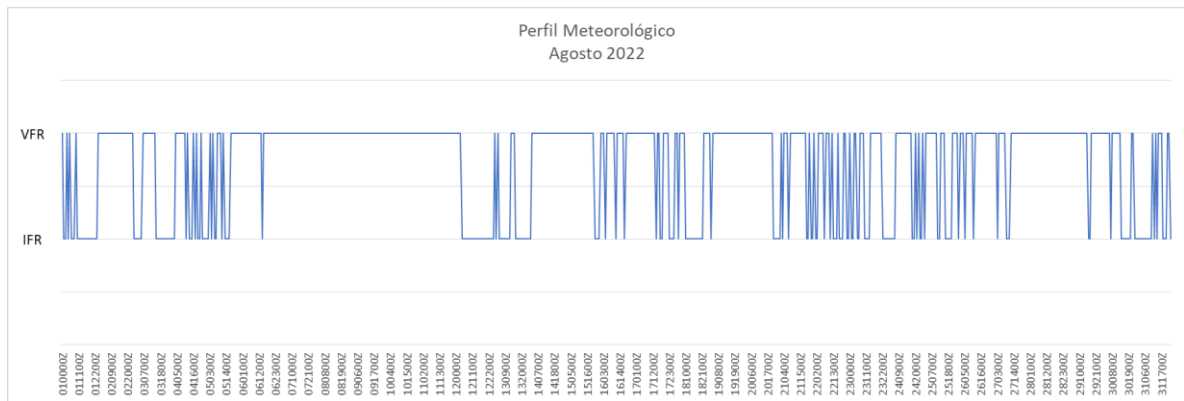


Figura 21 – Perfil meteorológico. Agosto

### Distribución IFR – VFR

AGOSTO	IFR (%)	VFR (%)
	27,1	72,9

Tabla 13 – IFR/VFR Agosto

## 6.1.9 Septiembre

### Perfil meteorológico

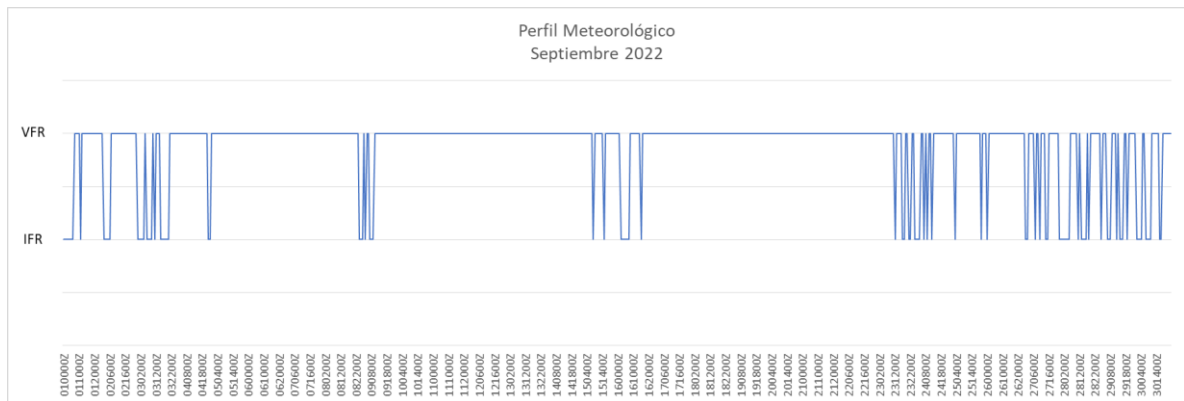


Figura 22 – Perfil meteorológico. Septiembre

### Distribución IFR – VFR

SEPTIEMBRE	IFR (%)	VFR (%)
	12,2	87,8

Tabla 14 – IFR/VFR Septiembre

## 6.1.10 Octubre

### Perfil meteorológico

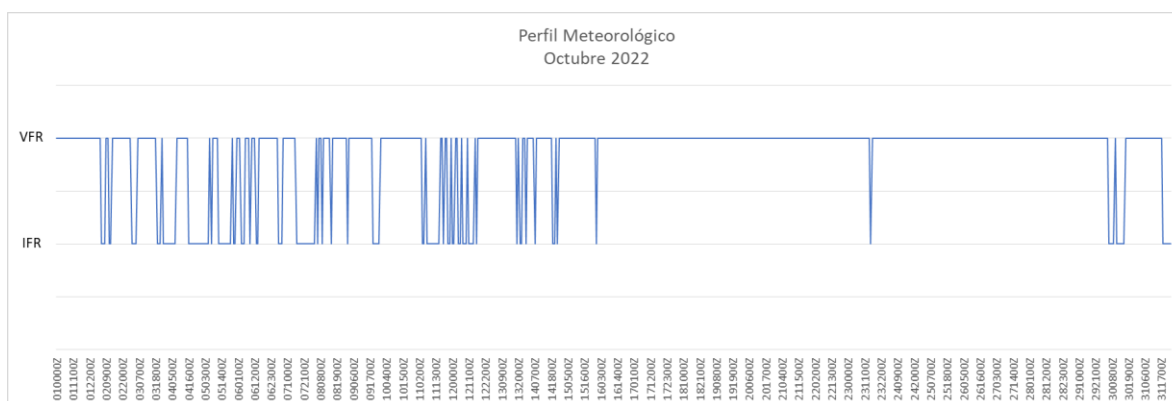


Figura 23 – Perfil meteorológico. Octubre

### Distribución IFR – VFR

OCTUBRE	IFR (%)	VFR (%)
	17,4	82,6

Tabla 15 – IFR/VFR Octubre

## 6.1.11 Noviembre

### Perfil meteorológico

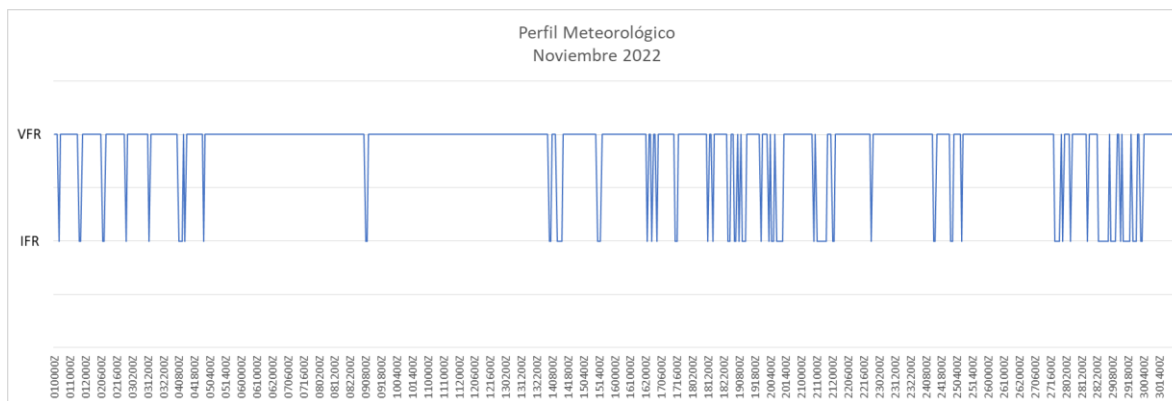


Figura 24 – Perfil meteorológico. Noviembre

### Distribución IFR – VFR

NOVIEMBRE	IFR (%)	VFR (%)
	13,5	86,5

Tabla 16 – IFR/VFR Noviembre

## 6.1.12 Diciembre

### Perfil meteorológico

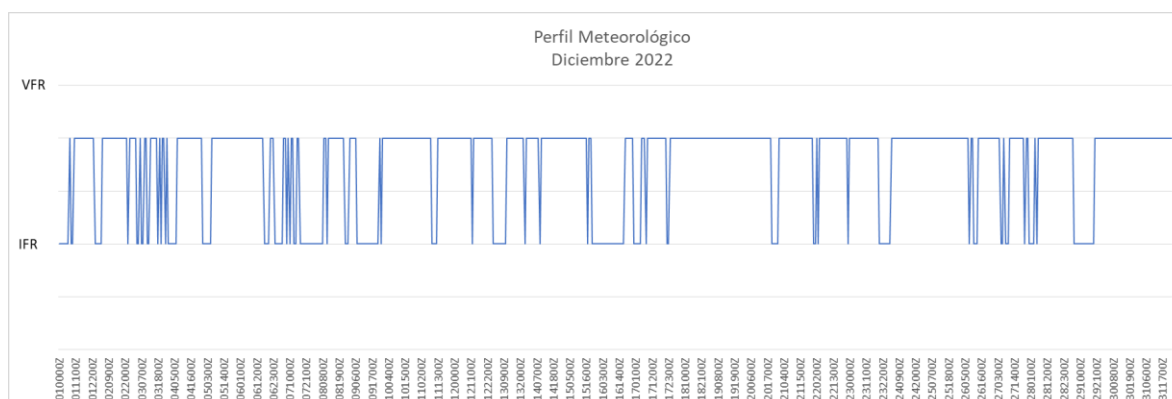


Figura 25 – Perfil meteorológico. Diciembre

### Distribución IFR – VFR

NOVIEMBRE	IFR (%)	VFR (%)
	20,1	79,9

Tabla 17 – IFR/VFR Diciembre

## 6.2 Análisis de la operativa aeroportuaria

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada mes del año 2022 en relación con su desempeño en términos de retraso por operación. Los valores se muestran para cada uno de los días del mes, identificando el retraso acumulado y el número de operaciones.

Los resultados globales en términos de retraso y operaciones para el año 2022 son:

2022	Retraso (min)	Operaciones	Retraso/operación (min)
Total	370649	39238	9,4

Tabla 18 – Resultados globales Operativa Aeroportuaria. 2022

A modo de recopilación de los retrasos medios por operación obtenidos en cada mes, se presenta la siguiente tabla:

2022	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ret/op (min)	2,8	2,2	3,2	8,6	9,1	15,7	10,8	13,3	11,5	11,4	9,9	1,5

Tabla 19 – Retrasos medios por operación por mes. 2022

### 6.2.1 Enero

Enero	Retraso	Operaciones	retraso/operación (min)
1	103	50	2,1
2	732	103	7,1
3	317	81	3,9
4	717	53	13,5
5	-82	63	-1,3
6	-280	76	-3,7
7	194	77	2,5
8	475	58	8,2
9	590	93	6,3
10	-11	79	-0,1
11	11	38	0,3
12	840	31	27,1
13	87	45	1,9
14	-338	52	-6,5
15	138	43	3,2
16	7	60	0,1
17	227	54	4,2
18	116	28	4,1
19	-98	38	-2,6
20	151	42	3,6
21	344	64	5,4
22	253	39	6,5
23	-90	54	-1,7
24	-105	51	-2,1
25	23	40	0,6
26	-113	36	-3,1
27	-122	40	-3,1
28	100	58	1,7
29	173	43	4,0
30	-183	58	-3,2
31	548	48	11,4
<b>Total</b>	<b>4724</b>	<b>1695</b>	<b>2,8</b>

Tabla 20 – Operativa aeroportuaria Enero

### 6.2.2 Febrero

Febrero	Retraso	Operaciones	retraso/operación (min)
1	61	47	1,3
2	-146	52	-2,8
3	70	54	1,3
4	-280	71	-3,9
5	-217	37	-5,9
6	-299	70	-4,3
7	6	66	0,1
8	127	35	3,6
9	-274	46	-6,0
10	-106	50	-2,1
11	-361	80	-4,5
12	1	54	0,0
13	394	61	6,5
14	276	70	3,9
15	88	48	1,8
16	87	59	1,5
17	-57	53	-1,1
18	363	83	4,4
19	498	57	8,7
20	461	62	7,4
21	174	67	2,6
22	143	58	2,5
23	140	58	2,4
24	410	62	6,6
25	564	89	6,3
26	728	60	12,1
27	458	76	6,0
28	485	85	5,7
<b>Total</b>	<b>3794</b>	<b>1710</b>	<b>2,22</b>

Tabla 21 – Operativa aeroportuaria Febrero



### 6.2.3 Marzo

Marzo	Retraso	Operaciones	retraso/operación (min)
1	611	67	9,1
2	-101	71	-1,4
3	133	70	1,9
4	-83	91	-0,9
5	201	49	4,1
6	-50	75	-0,7
7	-207	86	-2,4
8	-67	51	-1,3
9	-26	67	-0,4
10	95	70	1,4
11	904	93	9,7
12	301	58	5,2
13	21	80	0,3
14	511	85	6,0
15	-167	49	-3,4
16	36	61	0,6
17	471	65	7,2
18	598	101	5,9
19	254	65	3,9
20	555	87	6,4
21	523	85	6,2
22	217	58	3,7
23	21	67	0,3
24	259	72	3,6
25	429	94	4,6
26	191	61	3,1
27	363	93	3,9
28	687	96	7,2
29	-183	65	-2,8
30	180	86	2,1
31	687	88	7,8
<b>Total</b>	<b>7364</b>	<b>2306</b>	<b>3,2</b>

Tabla 22 – Operativa aeroportuaria Marzo

### 6.2.4 Abril

Abril	Retraso	Operaciones	retraso/operación (min)
1	2050	124	16,5
2	1197	86	13,9
3	885	112	7,9
4	750	125	6,0
5	162	98	1,7
6	342	108	3,2
7	2524	125	20,2
8	3418	137	24,9
9	1355	101	13,4
10	953	111	8,6
11	386	119	3,2
12	780	103	7,6
13	402	113	3,6
14	781	109	7,2
15	274	114	2,4
16	340	93	3,7
17	76	100	0,8
18	1501	135	11,1
19	417	109	3,8
20	1296	129	10,0
21	1265	121	10,5
22	1247	125	10,0
23	1188	95	12,5
24	1148	114	10,1
25	625	125	5,0
26	444	107	4,1
27	730	110	6,6
28	1031	110	9,4
29	1226	118	10,4
30	149	99	1,5
<b>Total</b>	<b>28942</b>	<b>3375</b>	<b>8,6</b>

Tabla 23 – Operativa aeroportuaria Abril

## 6.2.5 Mayo

Mayo	Retraso	Operaciones	retraso/operación (min)
1	452	113	4,0
2	952	125	7,6
3	-338	99	-3,4
4	257	112	2,3
5	607	108	5,6
6	1412	133	10,6
7	107	95	1,1
8	426	111	3,8
9	1476	134	11,0
10	-149	108	-1,4
11	37	101	0,4
12	974	113	8,6
13	1415	135	10,5
14	407	96	4,2
15	933	116	8,0
16	1115	123	9,1
17	424	96	4,4
18	1141	118	9,7
19	1585	114	13,9
20	2289	130	17,6
21	1397	103	13,6
22	1410	125	11,3
23	1498	134	11,2
24	1253	113	11,1
25	1492	123	12,1
26	620	111	5,6
27	1145	138	8,3
28	855	108	7,9
29	2184	132	16,5
30	3362	140	24,0
31	2248	124	18,1
<b>Total</b>	<b>32986</b>	<b>3631</b>	<b>9,1</b>

Tabla 24 – Operativa aeroportuaria Mayo

## 6.2.6 Junio

Junio	Retraso	Operaciones	retraso/operación (min)
1	1756	129	13,6
2	1715	124	13,8
3	2479	136	18,2
4	2369	106	22,3
5	2355	131	18,0
6	1687	137	12,3
7	491	124	4,0
8	1624	127	12,8
9	1328	129	10,3
10	2037	137	14,9
11	682	107	6,4
12	2015	131	15,4
13	1102	146	7,5
14	1875	132	14,2
15	1157	131	8,8
16	1102	145	7,6
17	1727	146	11,8
18	1163	109	10,7
19	1517	131	11,6
20	2097	144	14,6
21	2267	134	16,9
22	2302	134	17,2
23	2666	127	21,0
24	2389	145	16,5
25	1568	111	14,1
26	2821	122	23,1
27	2363	159	14,9
28	1874	137	13,7
29	1429	129	11,1
30	3106	147	21,1
<b>Total</b>	<b>55063</b>	<b>3497</b>	<b>15,7</b>

Tabla 25 – Operativa aeroportuaria Junio

## 6.2.7 Julio

Julio	Retraso	Operaciones	retraso/operación (min)
1	3686	159	23,2
2	2058	114	18,1
3	2371	144	16,5
4	2102	152	13,8
5	1593	133	12,0
6	2138	140	15,3
7	1101	128	8,6
8	1316	142	9,3
9	1288	108	11,9
10	1420	125	11,4
11	2421	155	15,6
12	820	123	6,7
13	996	126	7,9
14	2230	1332	1,7
15	1833	134	13,7
16	2005	116	17,3
17	1804	120	15,0
18	2377	149	16,0
19	1940	129	15,0
20	564	128	4,4
21	2140	137	15,6
22	2833	133	21,3
23	2166	120	18,1
24	726	103	7,0
25	2168	136	15,9
26	1173	122	9,6
27	1067	123	8,7
28	2672	127	21,0
29	2571	135	19,0
30	2214	118	18,8
31	742	113	6,6
<b>Total</b>	<b>56535</b>	<b>5224</b>	<b>10,8</b>

Tabla 26 – Operativa aeroportuaria Julio

## 6.2.8 Agosto

Agosto	Retraso	Operaciones	retraso/operación (min)
1	2400	140	17,1
2	1123	122	9,2
3	1229	123	10,0
4	1167	112	10,4
5	1528	122	12,5
6	1695	118	14,4
7	1285	107	12,0
8	1253	134	9,4
9	922	121	7,6
10	1208	122	9,9
11	1061	112	9,5
12	808	117	6,9
13	2108	110	19,2
14	796	109	7,3
15	2177	141	15,4
16	2009	118	17,0
17	2100	118	17,8
18	3510	128	27,4
19	1015	125	8,1
20	2029	116	17,5
21	1204	109	11,0
22	1157	139	8,3
23	1108	122	9,1
24	1529	124	12,3
25	2198	121	18,2
26	1349	123	11,0
27	2147	113	19,0
28	1310	107	12,2
29	3030	143	21,2
30	1492	127	11,7
31	1869	113	16,5
<b>Total</b>	<b>49816</b>	<b>3756</b>	<b>13,3</b>

Tabla 27 – Operativa aeroportuaria Agosto

## 6.2.9 Septiembre

Septiembre	Retraso	Operaciones	retraso/operación (min)
1	3191	136	23,5
2	1123	122	9,2
2	1941	132	14,7
3	1343	1124	1,2
4	1036	112	9,3
5	2539	154	16,5
6	1425	126	11,3
7	1105	135	8,2
8	1769	124	14,3
9	1924	135	14,3
10	2263	116	19,5
11	1986	128	15,5
12	2281	138	16,5
13	1224	128	9,6
14	1936	129	15,0
15	1864	131	14,2
16	3882	132	29,4
17	1084	109	9,9
18	1919	131	14,6
19	1864	144	12,9
20	486	113	4,3
21	1013	132	7,7
22	1517	137	11,1
23	2686	146	18,4
24	1161	105	11,1
25	1300	126	10,3
26	1585	135	11,7
27	1065	123	8,7
28	1936	135	14,3
29	3540	126	28,1
30	3329	152	21,9
<b>Total</b>	<b>56194</b>	<b>4894</b>	<b>11,5</b>

Tabla 28 – Operativa aeroportuaria Septiembre

## 6.2.10 Octubre

Octubre	Retraso	Operaciones	retraso/operación (min)
1	789	101	7,8
2	866	129	6,7
3	821	126	6,5
4	1384	114	12,1
5	556	114	4,9
6	907	118	7,7
7	2395	145	16,5
8	635	104	6,1
9	535	125	4,3
10	1033	131	7,9
11	563	110	5,1
12	747	125	6,0
13	750	124	6,0
14	1047	136	7,7
15	1671	117	14,3
16	1175	130	9,0
17	1901	144	13,2
18	1207	117	10,3
19	1649	143	11,5
20	2091	119	17,6
21	2826	132	21,4
22	1278	105	12,2
23	2874	107	26,9
24	2771	135	20,5
25	1636	102	16,0
26	2170	122	17,8
27	853	116	7,4
28	1748	137	12,8
29	1068	101	10,6
30	951	114	8,3
31	2073	116	17,9
<b>Total</b>	<b>42970</b>	<b>3759</b>	<b>11,4</b>

Tabla 29 – Operativa aeroportuaria Octubre

### 6.2.11 Noviembre

Noviembre	Retraso	Operaciones	retraso/operación (min)
1	1264	88	14,4
2	936	104	9,0
3	1475	91	16,2
4	2598	116	22,4
5	207	76	2,7
6	1612	107	15,1
7	854	102	8,4
8	432	76	5,7
9	286	79	3,6
10	946	89	10,6
11	732	108	6,8
12	880	77	11,4
13	458	98	4,7
14	954	111	8,6
15	908	94	9,7
16	661	100	6,6
17	1208	96	12,6
18	688	107	6,4
19	677	90	7,5
20	1050	100	10,5
21	3168	119	26,6
22	1309	83	15,8
23	852	89	9,6
24	689	84	8,2
25	1393	110	12,7
26	193	85	2,3
27	541	102	5,3
28	791	119	6,6
29	75	88	0,9
30	678	89	7,6
<b>Total</b>	<b>28515</b>	<b>2877</b>	<b>9,9</b>

Tabla 30 – Operativa aeroportuaria Noviembre

### 6.2.12 Diciembre

Diciembre	Retraso	Operaciones	retraso/operación (min)
1	-7	87	-0,1
2	151	97	1,6
3	-3	88	0,0
4	-259	84	-3,1
5	-11	93	-0,1
6	-392	89	-4,4
7	21	92	0,2
8	32	77	0,4
9	136	78	1,7
10	142	74	1,9
11	50	83	0,6
12	619	78	7,9
13	356	71	5,0
14	128	67	1,9
15	-20	61	-0,3
16	369	75	4,9
17	112	67	1,7
18	107	69	1,6
19	93	77	1,2
20	155	93	1,7
21	232	98	2,4
22	580	104	5,6
23	678	95	7,1
24	-8	77	-0,1
25	-143	52	-2,8
26	-23	93	-0,2
27	-71	84	-0,8
28	-11	85	-0,1
29	235	76	3,1
30	410	83	4,9
31	88	67	1,3
<b>Total</b>	<b>3746</b>	<b>2514</b>	<b>1,5</b>

Tabla 31 – Operativa aeroportuaria Diciembre

### 6.3 Relación entre perfiles meteorológicos y operativa aeroportuaria

Tras obtener los perfiles meteorológicos y efectuar el análisis del desempeño de la operativa aeroportuaria en base a los retrasos medios por operación, se procede a buscar relación entre ambos análisis.

Tomando los resultados globales para ambos estudios:

2022	Retraso por operación (min)	Operaciones	Perfil meteorológico (%)	
			IFR	VFR
Enero	2,8	1695	IFR	VFR
			28,5	71,5
Febrero	2,2	1710	IFR	VFR
			16,2	83,8
Marzo	3,2	2306	IFR	VFR
			16,3	83,7
Abril	8,6	3375	IFR	VFR
			21,4	78,6
Mayo	9,1	3631	IFR	VFR
			24,7	75,3
Junio	15,7	3497	IFR	VFR
			27,1	72,9
Julio	10,8	5224	IFR	VFR
			18,6	81,4
Agosto	13,3	3756	IFR	VFR
			27,1	72,9
Septiembre	11,5	4894	IFR	VFR
			12,2	87,8
Octubre	11,4	3759	IFR	VFR
			17,4	82,6
Noviembre	9,9	2877	IFR	VFR
			13,5	86,5
Diciembre	1,5	2514	IFR	VFR
			20,1	79,9

Tabla 32 – Relación entre perfiles meteorológicos y operativa aeroportuaria

Se toman como referencia los valores absolutos, para 2022, de retraso medio por operación y porcentaje de condiciones de operación en IFR, siendo estos 9'4 minutos y 20,4% respectivamente. Se identifican los meses cuyos valores de retraso medio por operación y porcentaje de condiciones de operación en IFR son superiores a los valores de referencia.

Los meses identificados son junio y agosto, con los siguientes valores:

2022	Retraso por operación (min)	Operaciones	Perfil meteorológico (%)	
			IFR	VFR
Junio	15,7	3497	IFR	VFR
			27,1	72,9
Agosto	13,3	3756	IFR	VFR
			27,1	72,9

*Tabla 33 – Relación entre perfiles meteorológicos y operativa aeroportuaria. Junio y Agosto*

El resultado obtenido muestra una potencial relación entre las condiciones de operación en IFR, lo que implica que existen fenómenos meteorológicos adversos que impiden las condiciones VMC, y el aumento en el retraso medio de las operaciones. Junio y agosto son los meses con mayor retraso medio en las operaciones y a su vez, los meses con mayor porcentaje de tiempo operativo en condiciones IFR. Cabe destacar la excepción de enero, que con un 28,5% de tiempo operativo en condiciones IFR muestra valores de retraso inferiores a la media, 2'8 frente a 9'4 minutos, lo cual se explica por el número de operaciones que es un 48% inferior a la media mensual, 1695 frente a 3270 operaciones, siendo asumible pese a las condiciones meteorológicas adversas.

Tras identificar los meses con mayor retraso medio por operación y mayor porcentaje de tiempo operativo en condiciones IFR, se procede a estudiar en detalle la potencial relación entre ambos resultados con el objetivo de identificar trazabilidad entre ambos estudios.

Los resultados obtenidos para el estudio en detalle de la relación entre los perfiles meteorológicos y la operativa aeroportuaria (en base a retraso medio por operación y número de operaciones) para los meses de junio y agosto se proporcionan a continuación.

### 6.3.1 Junio

La siguiente imagen presenta la relación entre perfil meteorológico en el horario operativo del aeropuerto, retraso medio por operación y número de operaciones.

Se parte del retraso medio por operación como medida de referencia, trazando con el perfil meteorológico y el número de operaciones aquellos máximos cuyo valor de retraso es superior a 60 minutos de media por operación.

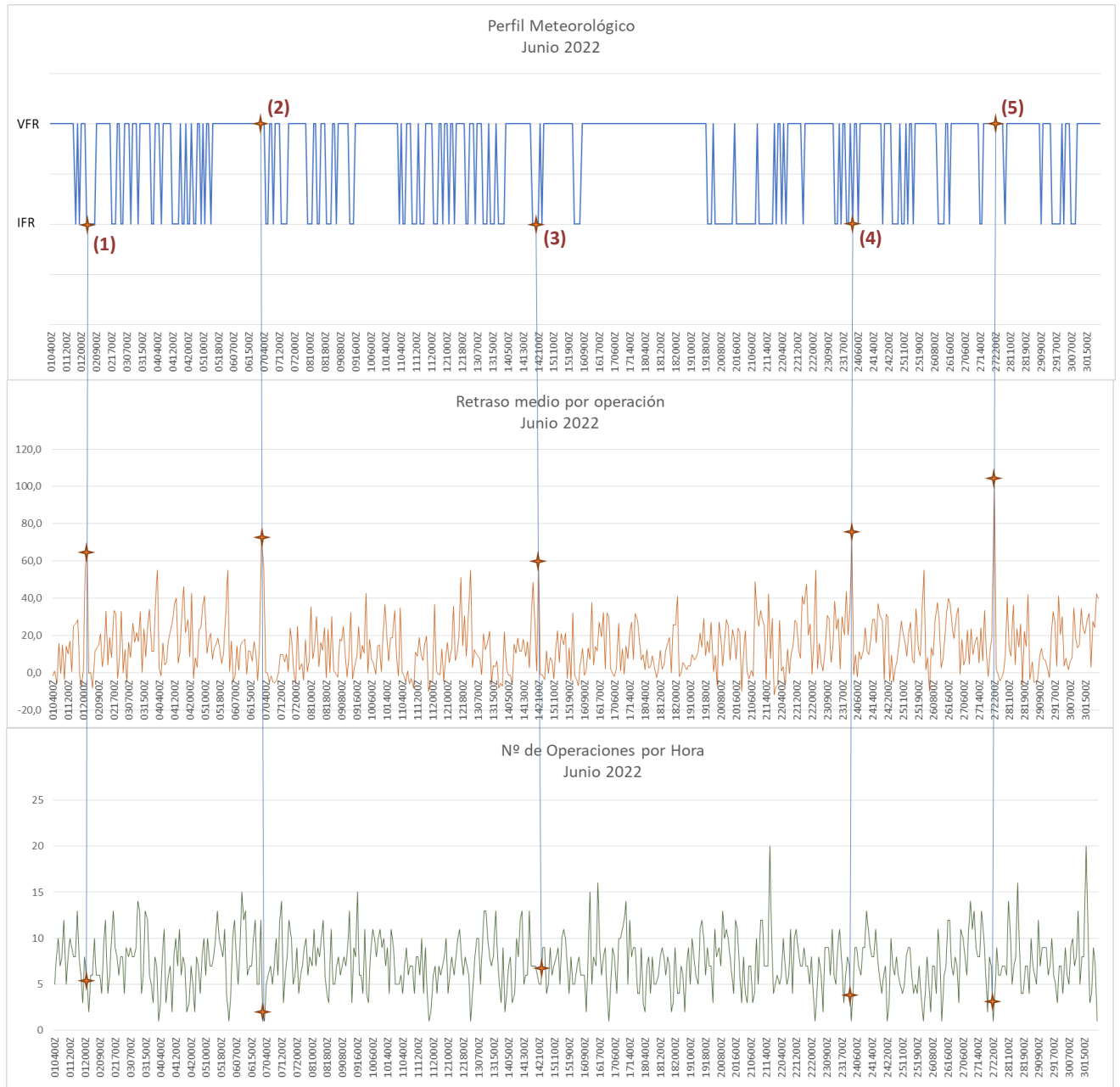


Figura 26 – Análisis Perfil vs Retraso vs Operaciones. Junio



Una vez efectuada la trazabilidad entre retraso medio por operación, perfil meteorológico y número de operaciones por hora, resaltando los puntos según el criterio anterior, se procede a conocer las condiciones climáticas en cada uno de los puntos mediante los informes METAR.

- (1)

020500Z	VRB02KT	5000	BR	OVC016	17/16	Q1015	NOSIG
020600Z	VRB02KT	6000	FEW007	BKN016	17/15	Q1015	NOSIG
020700Z	08003KT	050V120	7000	BKN014	18/16	Q1014	NOSIG

Tabla 34 – METAR Junio (1)

- (2):

062000Z	VRB02KT	9999	SCT038	20/16	Q1021	NOSIG	
062100Z	VRB02KT	9999	BKN038	20/16	Q1022	NOSIG	
062200Z	VRB01KT	9999	FEW028	BKN038	20/17	Q1021	NOSIG

Tabla 35 – METAR Junio (2)

- (3)

141900Z	32006KT	280V350	9999	OVC015	22/19	Q1014	NOSIG
142000Z	31003KT	280V020	9999	OVC014	21/19	Q1015	NOSIG
142100Z	00000KT	9999	OVC012	21/19	Q1015	NOSIG	

Tabla 36 – METAR Junio (3)

- (4)

240400Z	VRB02KT	9000	SCT058	16/16	Q1015	NOSIG		
240500Z	10003KT	060V140	8000	SCT045	BKN055	16/16	Q1015	NOSIG
240600Z	09004KT	050V140	9999	FEW038	SCT046	16/16	Q1015	NOSIG

Tabla 37 – METAR Junio (4)

- (5)

271900Z	36004KT	320V020	9999	FEW040	18-dic	Q1024	NOSIG
272000Z	VRB02KT	9999	FEW044	16/13	Q1024	NOSIG	
272100Z	VRB02KT	9999	FEW044	15-dic	Q1025	NOSIG	

Tabla 38 – METAR Junio (5)

### 6.3.2 Agosto

La siguiente imagen presenta la relación entre perfil meteorológico en el horario operativo del aeropuerto, retraso medio por operación y número de operaciones.

Se parte del retraso medio por operación como medida de referencia, trazando con el perfil meteorológico y el número de operaciones aquellos máximos cuyo valor de retraso es superior a 60 minutos de media por operación.

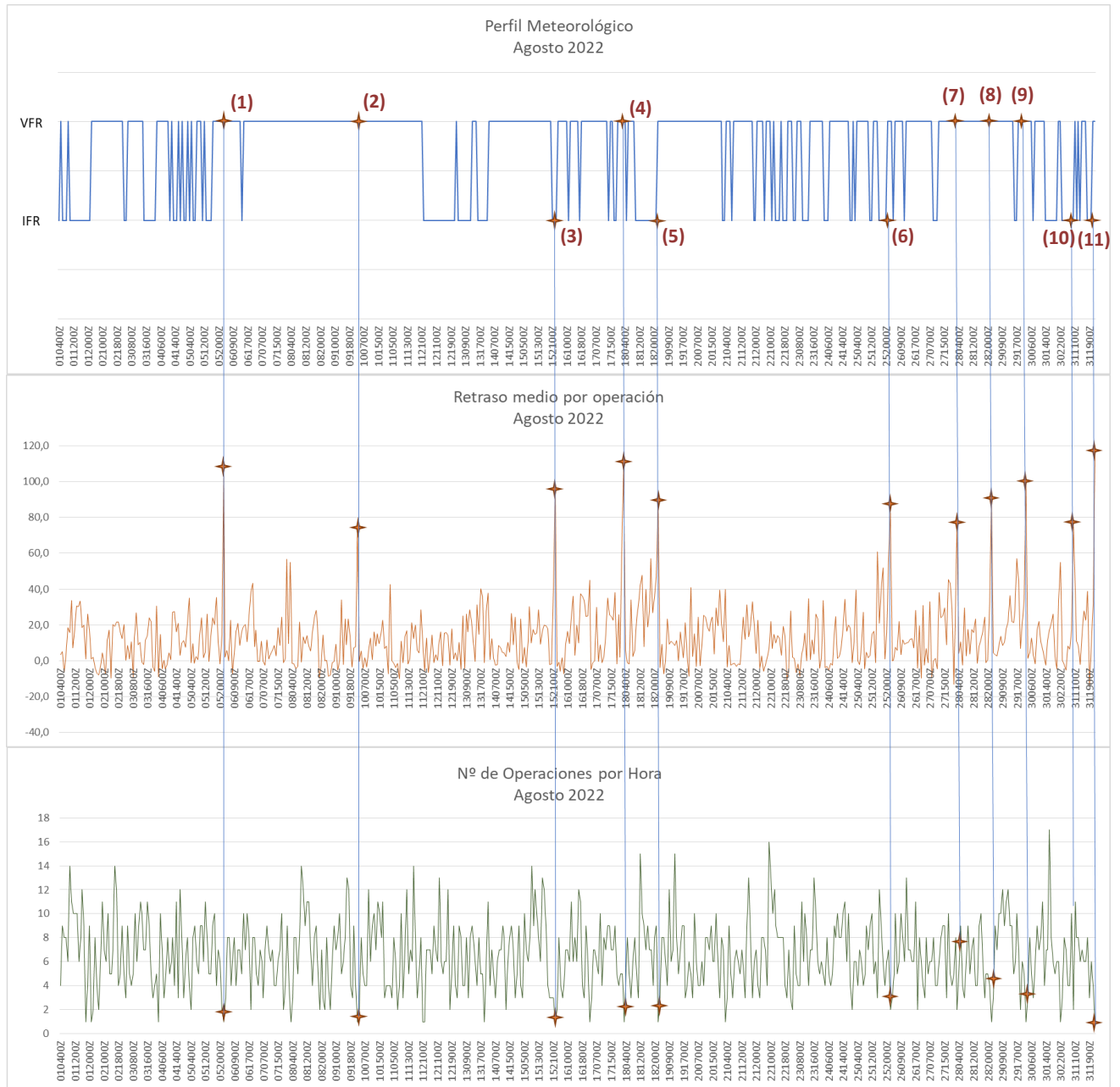


Figura 27 – Análisis Perfil vs Retraso vs Operaciones. Agosto

Una vez efectuada la trazabilidad entre retraso medio por operación, perfil meteorológico y número de operaciones por hora, resaltando los puntos según el criterio anterior, se procede a conocer las condiciones climáticas en cada uno de los puntos mediante los informes METAR.

- (1)

052000Z	36005KT	320V030	9999	BKN032	OVC040	22/18	Q1022	NOSIG
052100Z	VRB02KT		9999	OVC040	22/18	Q1022	NOSIG	
052200Z	VRB02KT		9999	BKN050	21/17	Q1022	NOSIG	

Tabla 39 – METAR Agosto (1)

- (2)

100400Z	06003KT	030V090	CAVOK	20/18	Q1015	NOSIG	
100500Z	08003KT	040V140	CAVOK	21/18	Q1015	NOSIG	
100600Z	04003KT	350V080	CAVOK	21/18	Q1015	NOSIG	

Tabla 40 – METAR Agosto (2)

- (3)

152100Z	VRB01KT		9999	SCT024	SCT030	22/18	Q1010	NOSIG
152200Z	VRB01KT		9999	SCT024	BKN034	22/18	Q1010	NOSIG
152300Z	AUTO	VRB01KT	9999	SCT028	OVC035	21/18	Q1009	

Tabla 41 – METAR Agosto (3)

- (4)

172000Z	28008KT	240V320	9999	#¿NOMBRE?	FEW018TCU	SCT030	BKN039	18/16	Q1017
172100Z	26005KT	200V300	9999	FEW024	SCT036	BKN050	18/16	Q1018	TEMPO
172200Z	29006KT	250V320	9999	SCT022	BKN036	18/16	Q1018	TEMPO	3000

Tabla 42 – METAR Agosto (4)

- (5)

181900Z	00000KT		9999	BKN024	BKN037	18/18	Q1022	TEMPO	3000	RA
182000Z	VRB02KT		9999	SCT027	BKN036	BKN050	18/18	Q1023	NOSIG	
182100Z	00000KT		9999	FEW026	BKN038	BKN050	18/17	Q1023	NOSIG	

Tabla 43 – METAR Agosto (5)

- (6)

251800Z	30006KT	270V330	9999	SCT014	BKN025	22/21	Q1020	NOSIG
251900Z	30006KT		9999	SCT014	BKN028	22/21	Q1020	NOSIG
252000Z	VRB02KT		9999	FEW015	BKN029	22/21	Q1021	NOSIG

Tabla 44 – METAR Agosto (6)

- (7)

272000Z	VRB01KT		9999	FEW020	22/18	Q1013	NOSIG
272100Z	VRB02KT	CAVOK		20/18	Q1013	NOSIG	
272200Z	VRB01KT		9999	FEW025	19/18	Q1013	NOSIG

Tabla 45 – METAR Agosto (7)

- (8)

282100Z	VRB02KT		9999	FEW048	23/20	Q1012	NOSIG
282200Z	09003KT	030V190	9999	FEW048	22/20	Q1012	NOSIG
282300Z	AUTO	VRB08KT	9999	VCTS	///CB	23/18	Q1013

Tabla 46 – METAR Agosto (8)



- (9)

291800Z	27006KT	240V300	CAVOK	25/21	Q1013	NOSIG
291900Z	32005KT	CAVOK	24/21	Q1014	NOSIG	
292000Z	VRB01KT	CAVOK	24/20	Q1014	NOSIG	

Tabla 47 – METAR Agosto (9)

- (10)

310700Z	VRB02KT	6000		SCT012	BKN020	OVC026	21/20	Q1018	TEMPO
310800Z	28002KT	3000	DZ	BKN014	OVC022	21/20	Q1018	NOSIG	
310900Z	VRB02KT	7000	FEW016	OVC025	21/21	Q1019	REDZ	TEMPO	3000

Tabla 48 – METAR Agosto (10)

- (11)

311900Z	14003KT	6000		FEW013	BKN024	OVC039	21/21	Q1019	NOSIG
312000Z	00000KT	7000	SCT021	BKN027	OVC048	21/21	Q1019	NOSIG	
312100Z	00000KT	9999	FEW021	SCT028	BKN065	21/20	Q1019	NOSIG	

Tabla 49 – METAR Agosto (11)

## 7. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

Las conclusiones del estudio de la Influencia de la Meteorología en las operaciones aeroportuarias en el Aeropuerto de Bilbao se extraen del análisis de los resultados obtenidos en el capítulo 6.

Como resultado principal de la obtención de los perfiles meteorológicos para el año 2022 en el Aeropuerto de Bilbao se ha obtenido que las condiciones de operación son VFR en un 79,6% del tiempo en el que el aeropuerto está operativo, es decir, las condiciones de visibilidad y techo de nubes son VMC durante la mayor parte del año. No obstante, este valor difiere de lo presentado en el Análisis del Entorno incluido en el Plan Director del aeropuerto, donde se declara que es operable en condiciones VFR en un porcentaje del 99% en base a los datos climatológicos históricos.

Puesto que uno de los objetivos principales de este estudio es analizar la necesidad de establecer modelos meteorológicos que incluyan la variabilidad climática local a fin de optimizar la planificación aeroportuaria en base a previsiones y evitar de esta forma retrasos y cancelaciones en las operaciones, con el resultado presentado anteriormente se concluye que los datos presentados en el Plan Director del Aeropuerto en cuanto al Análisis del Entorno y condiciones climatológicas necesitan ser complementados por estudios que incluyan la variabilidad climática local, mediante modelos, para de esta forma tener aproximaciones más ajustadas a la realidad. En el caso particular del Aeropuerto de Bilbao se observa que existe una diferencia del 20% entre el valor asumido en el Plan Director y valor obtenido mediante los datos METAR.

Del estudio de la operativa aeroportuaria, se extrae que el retraso medio por operación en el Aeropuerto de Bilbao para el año 2022 es de 9'4 minutos, valor obtenido de las 39238 operaciones comerciales que tuvieron lugar en ese año.

El siguiente gráfico representa los valores de retraso medio por operación junto con el número de operaciones durante el año 2022.

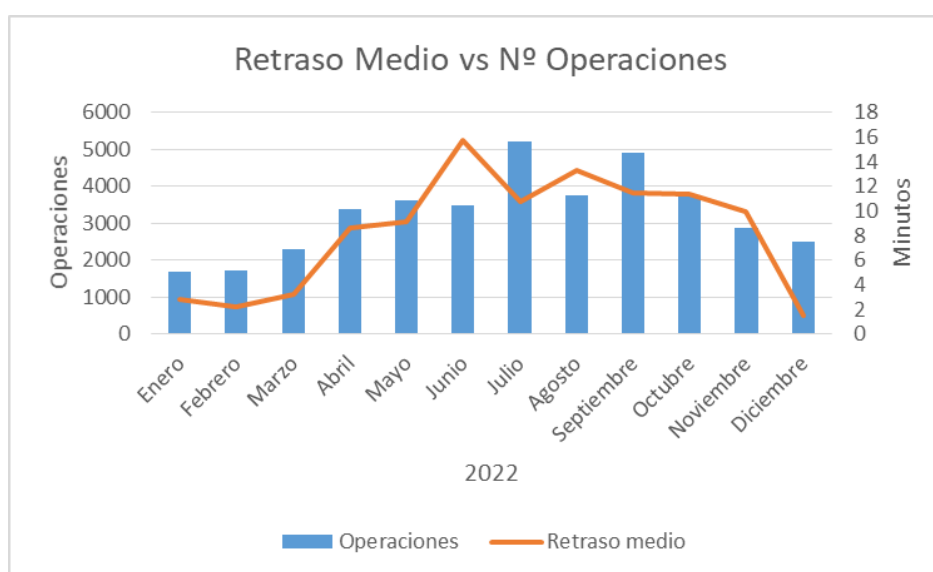


Figura 28 – Retraso medio vs n<sup>o</sup> Operaciones. 2022

Del gráfico anterior se extrae que el retraso medio por operación tiene una gran dependencia con el número de operaciones ya que su evolución a lo largo del año sigue el mismo patrón. Los valores de retraso de operación se acentúan durante los meses de verano que coinciden con los meses en los que aumenta el número de operaciones; lo cual indica que el retraso medio está ligado a la capacidad del aeropuerto para gestionar las operaciones. El estudio de la capacidad de las pistas del Aeropuerto de Bilbao queda fuera del alcance del presente análisis.

Para dar respuesta uno de los principales objetivos del estudio, que como se ha definido anteriormente, consiste en evaluar la influencia de la meteorología en las operaciones aeroportuarias a fin de conocer la necesidad de elaborar modelos que incluyan la variabilidad climática local con el objetivo de optimizar la planificación aeroportuaria, se efectúa el estudio de la relación entre los perfiles meteorológicos y la operativa aeroportuaria. Como resultado general, de la Tabla 32, se extrae que existe una relación entre el retraso medio por operación y el porcentaje de condiciones de operación IFR. Para aquellos meses donde el retraso es más elevado, el porcentaje de condiciones IFR también es mayor. Esta relación no es de dependencia única, ya que, como se ha indicado anteriormente, existen otras variables que afectan sobre el retraso medio, como la capacidad del aeropuerto.

Para analizar la relación de dependencia entre retraso medio por operación y condiciones IFR, se presenta un gráfico similar al anterior:

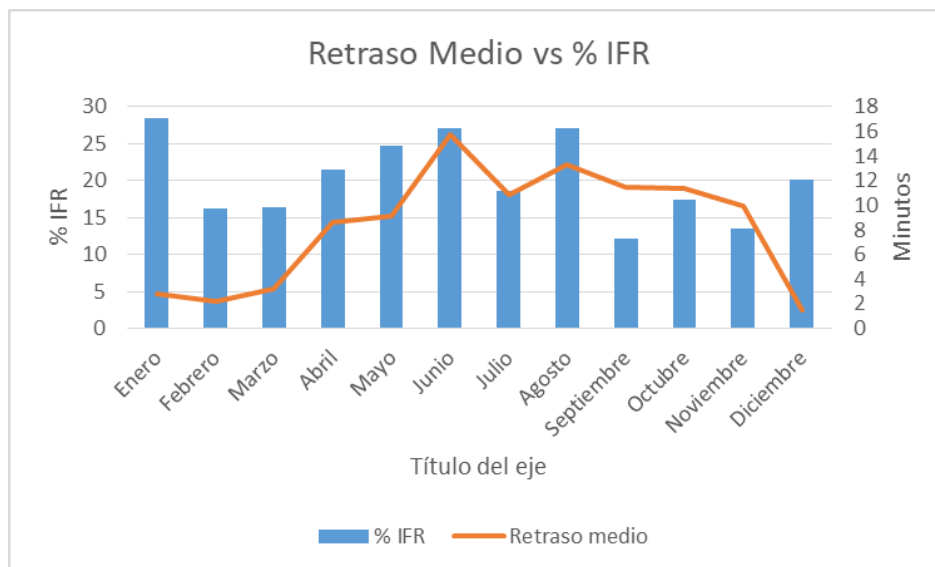


Figura 29 – Retraso medio vs %IFR. 2022

Del gráfico se extrae que, por lo general, la tendencia en ambas series es similar, especialmente en los meses de verano, que a su vez, como ya se ha explicado anteriormente, coincide con los meses en los que el número de operaciones aumenta. En los meses de invierno, en particular en enero y diciembre, donde el porcentaje IFR es relativamente elevado se observan valores de retraso bajos. Se concluye de este análisis que pese a que las condiciones climáticas tienen influencia sobre el aumento del retraso medio, esta influencia no es única, ya que existe una dependencia con el número de operaciones efectuadas, de forma que, si este número es bajo (por debajo del valor de capacidad de saturación definido en el aeropuerto), el aeropuerto es capaz de asumir el incremento de dificultad en la operativa

proporcionado por las condiciones climáticas adversas; si el valor de operaciones es elevado, el incremento de dificultad propiciado por las condiciones climáticas se añade al ya generado por la saturación del aeropuerto, provocando retrasos mayores en la operación.

Por último, a fin de analizar en mayor detalle la influencia de la meteorología en la operación, se analiza la existencia de vuelos cancelados debidos a las condiciones climáticas. Para ello se ha evaluado la relación entre retraso medio por operación, perfil meteorológico y número de operaciones por hora, de forma que se adimensionaliza el dato de operaciones con el objetivo de evaluar si existe relación entre las condiciones meteorológicas (condiciones de operación IFR o VFR) y el número de vuelos por hora.

El estudio se lleva a cabo para los meses de junio y agosto, se han seleccionado como meses más representativos por presentar los mayores valores de retraso medio por operación y porcentaje de tiempo operativo en condiciones IFR.

De los resultados obtenidos en Figura 26 y Figura 27, se extrae como conclusión principal que, por lo general, los máximos de retraso medio por operación (superior a 60 min) coinciden con condiciones meteorológicas adversas (o con transiciones entre VFR e IFR) y con valores de operaciones por hora mínimos. El hecho de que el valor de operaciones por hora baje en aquellos momentos en los que los retrasos medios por operación presentan máximos, ya demás, exista climatología adversa, indica la existencia de vuelos cancelados en estas condiciones.

Por último, con el objetivo de identificar si existen patrones meteorológicos que tengan mayor influencia sobre las operaciones, se ha analizado la información METAR en los intervalos horarios en lo que se presentan los valores máximos de retraso medio por operación. Tras analizar esta información, no se ha encontrado un patrón común entre informes.

El presente estudio se ha basado en el modelado de las condiciones climáticas mediante las condiciones de operación, categorizando las condiciones como IFR o VFR a fin de obtener perfiles meteorológicos binarios. Es importante destacar que, en el caso particular del Aeropuerto de Bilbao, el viento, y en concreto la cizalladura (como se identifica en la Figura 4) es el principal causante de operaciones frustradas, lo cual indica su importante influencia en las operaciones. Sin embargo el viento no es tenido en cuenta en la definición de las condiciones de operación IFR o VFR.

Como futuros pasos, para obtener modelos más exactos, a fin de trazar dependencias más precisas entre variables, sería necesario establecer modelos que se ajusten con precisión a las condiciones climáticas del aeropuerto objeto de estudio, incluyendo todas las variables que se consideren de interés por su influencia histórica en las operaciones. Además, es importante seguir mejorando en los instrumentos de toma de medida de datos meteorológicos así como incorporar nuevos procesos a la comunicación de dichos datos.



PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO



## 8. BIBLIOGRAFÍA

Adicionalmente a las fuentes de datos referenciadas en el capítulo 4 “Fuentes de Datos”, para el desarrollo del estudio se han consultado las siguientes referencias:

<https://es.weatherspark.com/h/m/39040/2022/12/Tiempo-hist%C3%B3rico-en-diciembre-de-2022-en-Bilbao-Espa%C3%B1a#Figures-CloudCover>

<https://metar-taf.com/es/explanation>

[https://www.icao.int/Meetings/AMC/MA/2000/aermetsg4/aermetsg4\\_ne14.PDF](https://www.icao.int/Meetings/AMC/MA/2000/aermetsg4/aermetsg4_ne14.PDF)

<https://atpflightschool.com/become-a-pilot/flight-training/vfr-ifr-flight-rules.html>

<https://www.seguridadaerea.gob.es/es/ambitos/derechos-de-los-pasajeros/retrasos>

[https://www.enaire.es/es\\_ES/2023\\_01\\_11/np\\_estadisticas\\_2022\\_enaire#:~:text=Adem%C3%A1s%2C%20la%20recuperaci%C3%B3n%20del%20tr%C3%A1fico,2019%20\(%2D4%2C1%25\).](https://www.enaire.es/es_ES/2023_01_11/np_estadisticas_2022_enaire#:~:text=Adem%C3%A1s%2C%20la%20recuperaci%C3%B3n%20del%20tr%C3%A1fico,2019%20(%2D4%2C1%25).)

<https://www.mitma.gob.es/areas-de-actividad/aviacion-civil/politicas-aeroportuarias/integracion-territorial-aeroportuaria/planes-directores/plan-director-del-aeropuerto-de-bilbao>

[https://www.mitma.gob.es/recursos\\_mfom/dora\\_2022-2026.pdf](https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/dora_2022-2026.pdf)

[https://www.mitma.gob.es/recursos\\_mfom/pdf/E4573C90-A922-421A-8B9E-67582961F9D5/54233/Analisis\\_entorno.pdf](https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/pdf/E4573C90-A922-421A-8B9E-67582961F9D5/54233/Analisis_entorno.pdf)

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1998-28220>

<https://www.seguridadaerea.gob.es/es/ambitos/derechos-de-los-pasajeros/retrasos>

[https://www.aemet.es/es/conocerlas/aeronautica/detalles/Guias\\_aerodromo](https://www.aemet.es/es/conocerlas/aeronautica/detalles/Guias_aerodromo)

<https://www.ea1uro.com/proteccioncivil/vdm043.htm>

<https://www.oneair.es/metar-reporte-meteorologico-aeropuertos/>

<https://metar-taf.com/es/explanation>

[https://aip.enaire.es/aip/contenido\\_AIP/AD/AD2/LEBB/LE\\_AD\\_2\\_LEBB\\_en.pdf](https://aip.enaire.es/aip/contenido_AIP/AD/AD2/LEBB/LE_AD_2_LEBB_en.pdf)

[https://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/aeronautica/Guias\\_aerodromo/guiaLEM D.pdf](https://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/aeronautica/Guias_aerodromo/guiaLEM D.pdf)

<https://www.mitma.gob.es/areas-de-actividad/aviacion-civil/politicas-aeroportuarias/infraestructuras-de-competencia-autonomica/definiciones>

[https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/anuncio\\_PD\\_Bilbao\\_050220/cap2.bio.situacion\\_actual\\_05022020.pdf](https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/anuncio_PD_Bilbao_050220/cap2.bio.situacion_actual_05022020.pdf)

---

[https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia\\_clima/analisis\\_estacional?w=0&l=1082&datos=prec](https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/analisis_estacional?w=0&l=1082&datos=prec)

<https://www.ais.aviacioncivil.gob.ec/ifis3/aip/ENR%201.2>

Módulos de la asignatura “Sistemas Avanzados de Navegación y Control Inercial y por Satélite” impartida en el Máster Habilitante de Ingeniería Aeronáutica en la Universidad Europea de Madrid:

- Módulo 2: Servicios de Tránsito Aéreo
- Módulo 4: Servicios de Gestión del Espacio Aéreo

## AGRADECIMIENTOS

Con este trabajo pongo broche a dos años tan intensos como enriquecedores.

El comienzo fue duro, volver a entrar a la Universidad, volver a sentirme estudiante, volver a recuperar rutinas..., supuso un gran reto para mí.

Hoy, que llega el fin de esta etapa, no puedo evitar mirar hacia atrás y sentirme tremendamente orgulloso de lo que he conseguido y de lo que he luchado por conseguirlo. Durante este tiempo he vivido de todo, momentos geniales con gente increíble que me llevo para toda la vida, y momentos horribles, los más difíciles de mi vida.

Quiero agradecer a mis padres, mi hermana y mi novia, que me apoyasen cuando decidí emprender este camino; estoy orgulloso de mi esfuerzo, como ya he dicho, pero el esfuerzo no ha sido solo mío, todos ellos han tenido que poner su grano de arena para llegar al objetivo, aguantarme y ayudarme no ha sido fácil en muchos momentos.

A mis compañeros del M11, ¡qué suerte he tenido de conocerlos!, gracias a vosotros todo ha sido mucho más fácil, nos hemos ayudado en todo momento, siempre nos hemos apoyado, qué grupo de personas más fantástico hemos encontrado, y encima aparte de buenas personas, inteligentes, aplicados y trabajadores, ¡qué más se puede pedir! Gracias también a la Universidad, han conseguido que me vaya sabiendo mucho más de lo que sabía cuando entré, y no solo eso, me han convertido en mejor profesional.

No quiero cerrar sin acordarme de todas las demás personas que están a mi alrededor, que me quieren y me apoyan, tíos, primos, suegros, amigos... gracias, por estar siempre ahí, por saber que puedo contar con vosotros.

Quiero dedicarte este final a ti, Papá. Quiero que sepas que has sido tú quien me ha dado la fuerza para terminar, quien me ha empujado en los momentos en los que pensaba que no podía, y quien ha estado siempre conmigo, a mi lado. Sé que allí donde estés, estarás orgulloso de tu hijo, y celebrarás esto tanto o más que nosotros aquí.

Gracias,

Iván



PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO