

La meteorología orientada a impactos en el entorno aeroportuario

# La Guía Meteorológica de Aeródromo

*Alejandro Méndez Frades, jefe la Unidad de Meteorología Aeronáutica de AEMET*

El aire es el soporte fundamental para la aviación. Si la aeronáutica tiene como principal misión el diseño de aeronaves e infraestructuras aeroportuarias, la meteorología ha procurado dar una respuesta racional a los fenómenos observados en la atmósfera. La información que puntualmente se suministra a través de los servicios meteorológicos contribuye a la seguridad, regularidad y eficiencia de la navegación aérea.

Del interés de los usuarios aeronáuticos por conocer en qué medida las condiciones meteorológicas son un factor restrictivo para sus operaciones, subyace el impacto. La información meteorológica que rutinariamente se elabora y suministra por el proveedor de servicio MET (Agencia Estatal de Meteorología, AEMET) es fundamental. Para ello, se ha normali-

zado una serie de productos específicos que están en consonancia con las necesidades de los usuarios. Es diferente el valor añadido que ofrece un TAF o un aviso de aeródromo aunque ambos codifican información meteorológica del entorno aeroportuario. Por otra parte, la disponibilidad de datos meteorológicos (observaciones, predicciones, verificación de predicciones, etc.) y aeronáuticos (activaciones LVP, aterrizajes frustrados, regulaciones, etc.) posibilitan la identificación de aquellos fenómenos meteorológicos que son una interrupción en el marco operativo aeronáutico (figura 1).

Con el pretexto de satisfacer la creciente demanda de información meteorológica, AEMET está abordando la elaboración de la Guía Meteorológica de Aeródromo. Se trata de un proyec-

to recogido en su Plan Estratégico 2017-2021 (tendrá continuación en el siguiente Plan 2022-2026) que aspira a conocer la atmósfera particular de todos los aeródromos donde presta servicio MET con el fin último de concienciar a los usuarios sobre la cuestión del impacto que se citó anteriormente. En la fecha de elaboración del presente artículo, están publicadas las Guías de Madrid-Barajas, Barcelona-El Prat, Gran Canaria, Santiago, A Coruña, Bilbao y Málaga-Costa del Sol. En los próximos meses, se espera tener disponibles las de Tenerife Norte, Tenerife Sur y Palma de Mallorca. En la página web de AEMET se puede acceder a su contenido, en particular, a través del siguiente enlace ([http://www.aemet.es/es/conocer-mas/aeronautica/detalles/Guias\\_aerodromo](http://www.aemet.es/es/conocer-mas/aeronautica/detalles/Guias_aerodromo)).

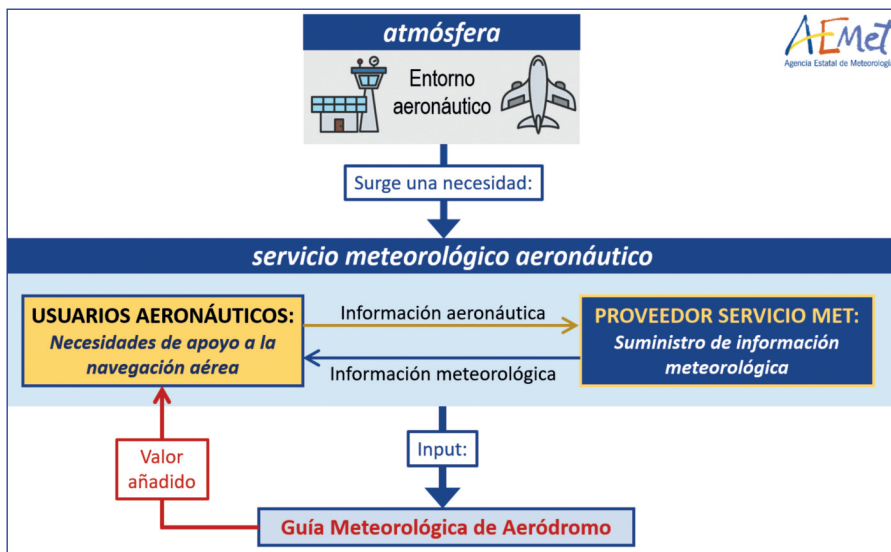


Figura 1. Una visión de conjunto. El concepto de impacto como origen del Servicio Meteorológico Aeronáutico y su relación con la Guía meteorológica de aeródromo.



Figura 2. Portada de la Guía Meteorológica del aeropuerto de Barcelona-El Prat, publicada en 2020.

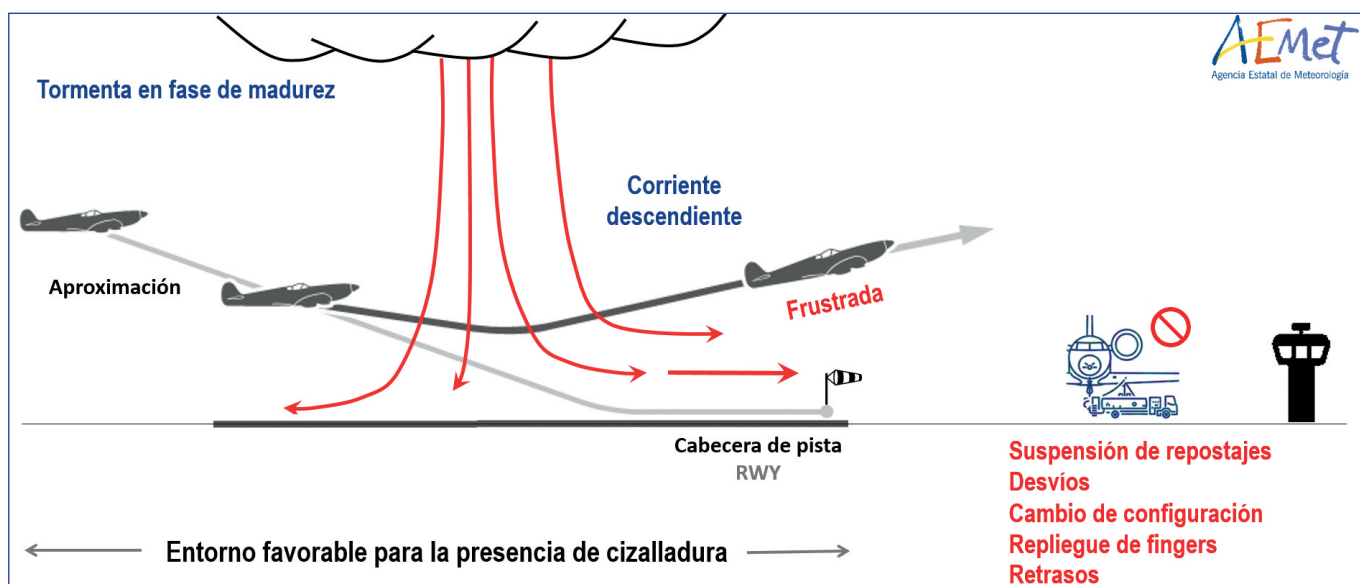


Figura 3. La presencia de cizalladura (fenómeno de impacto) en la aproximación a un aeródromo y sus impactos (señalados en rojo).

### Definición y alcance

La Guía Meteorológica de Aeródromo es un producto de información meteorológica en el que se recoge la relación de fenómenos meteorológicos que potencialmente son adversos en el marco operativo de un aeródromo. Hasta la fecha y en lo concerniente al entorno meteorológico en un aeródromo, únicamente se disponía de la Climatología Aeronáutica. Su contenido está recogido en el capítulo 8 del Anexo 3 de OACI sobre el Servicio Meteorológico para la navegación aérea internacional.

En relación a la Guía y la Climatología, cabe matizar:

- La **Climatología Aeronáutica de Aeródromo** especifica las condiciones meteorológicas medias en un aeródromo a través del promedio de las variables meteorológicas que son de interés aeronáutico.
  - La **Guía Meteorológica de Aeródromo** identifica aquellos fenómenos meteorológicos de relativo interés por su capacidad restrictiva en lo que al ámbito operativo aeroportuario se refiere.
- Si la Climatología Aeronáutica se limita a ofrecer información meteorológica de naturaleza estadística, la Guía de Aeródromo da un paso más en el sentido de que aporta conocimiento

estrictamente meteorológico. En suma, son dos productos complementarios, que no tienen valor predictivo pero sí son significativamente útiles para entender el contexto climático y meteorológico del aeródromo.

### La cuestión del impacto

Conforme a su definición, la idea sobre la que gravita la Guía Meteorológica de Aeródromo es el impacto. Para entender debidamente su significado, se plantean los siguientes conceptos:

- **Fenómeno de impacto:** hecho observable en la atmósfera que potencialmente es adverso en un aeródromo. Representa un nivel de amenaza meteorológico en el marco operativo aeroportuario. Se trata de un hecho observado en la atmósfera.
- **Vulnerabilidad:** sensibilidad o predisposición de un aeródromo a ser afectado por la ocurrencia de un fenómeno de impacto.
- **Impacto:** alteración del entorno socioeconómico de un aeródromo como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno meteorológico. Es un hecho observado en el ámbito aeronáutico. Que se vinculan por la siguiente relación:

Impacto=fenomeno de impacto×vulnerabilidad

A pesar de que impacto y fenómeno de impacto son dos variables directamente proporcionales, hay que tener en cuenta que la valoración objetiva del impacto asociado a la manifestación de un fenómeno de impacto no sólo depende de sus características meteorológicas propias o intrínsecas sino que, además, se requiere la consideración de otros condicionantes externos (vulnerabilidad).

La vulnerabilidad advierte de la posibilidad de que un fenómeno meteorológico aparentemente no adverso, tiene impacto en el marco operativo de un aeródromo. Para comprender esta idea, se planteará el siguiente escenario: la formación de una tormenta en la aproximación a un aeródromo (figura 3). Teniendo en cuenta el marco teórico previamente establecido:

#### 1. Identificación del fenómeno de impacto:

la tormenta es un fenómeno meteorológico de impacto por ser precursora de la presencia de cizalladura en la aproximación al aeródromo por las intensas rachas de viento que se forman en su fase de madurez y las descargas eléctricas.

**AEMet** Guía Meteorológica de aeródromo: **Adolfo Suárez Madrid-Barajas**

En las primeras horas del día, el sol sale por el E, calentando las laderas de la Sierra de Guadarrama (amarillo), induciéndose de forma espontánea un viento mesoescalar anabático, del S (azul).

Hacia las horas centrales, el sol avanza progresivamente hacia el S, calentando las laderas de la serranía de Cuenca (amarillo), induciendo un giro del viento anabático a W-SW (azul).

**Figura 8.** Modelo conceptual de la formación de vientos anabáticos durante los meses de mayor insolación en LEMD. Lo más problemático es la predicción del cambio de dirección de S a SW a efectos de establecer la configuración de operación más adecuada.

Tan importante es predecir el inicio del anabático superior a 10 kt como su final, es decir, la ventana temporal en la que el aeródromo se encontrará en condiciones de viento de configuración sur. En este sentido, el TAF realizado para LEMD debe hacer alusión a este fenómeno.

Dado que los pronósticos de aeródromo TAF y TREND van dirigidos al dato del METAR que, en el caso de LEMD se elabora a partir de la cabecera 32L, puede haber situaciones en las que algunas de las cabeceras de pista superen el umbral de los 10 kt de viento en cola sin que éste aparezca reflejado en el correspondiente METAR.

En la tabla 2 se muestra un resumen de lo anteriormente comentado.

Brisas en LEMD	
Entorno atmosférico	Impacto: anabáticos
Forzamiento orográfico y radiativo	Acumulación de aeronaves en las proximidades
Estabilidad	No se producen aterrizajes frustrados
Dos fases: anabáticos (viento ascendente por las laderas expuestas al calentamiento diabólico del Sol, desde el valle hacia las cumbres, fase diurna) y catabáticos (descendente por ser más frío y denso, desde las cumbres hacia el valle, levantando progresivamente el aire cálido del fondo de los valles, drenaje nocturno)	Anabáticos: viento en cola en las pistas 18/36 y viento cruzado en las pistas 32/14 => más intensos => cambio de configuración
	Necesidades del usuario
	Predicción del cambio del régimen de catabáticos a anabáticos

**Tabla 2**

### 3.2. CIZALLADURA

La cizalladura es el cambio en la dirección y/o intensidad del viento en un plano y en una distancia espacial. Se produce cuando capas de aire adyacentes tienen una acusada diferencia entre sus velocidades respectivas.

**AEMet** Guía Meteorológica de aeródromo: **Josep Tarradellas Barcelona-El Prat**

o Tordera, así como otros cauces de rieras, de menores dimensiones y localizados sobre todo en la comarca del Maresme. El modelo conceptual se resume en la figura 36.

**Figura 36.** Modelo conceptual de las lluvias cálidas en el sector central de la costa catalana. Adaptado de Callado y Pascual (2002).

Se trata de un tipo de lluvias que básicamente son nocturnas, aunque pueden llegar a manifestarse hasta primeras horas de la mañana, siempre y cuando los terrales persistan. Están formadas por una gran cantidad de gotas pequeñas que, a su vez, producen una reducción sustancial de la visibilidad. Su principal impacto en LEBL, además de la reducción de visibilidad en la aproximación o incluso la presencia de cizalladura debido a la yuxtaposición de vientos de componente del E y terrales, es la contaminación de las pistas. A causa de su elevada intensidad de precipitación, pueden ocasionarse inundaciones locales de importancia pudiendo quedar gran parte del lado aire encharcado.

Su rasgo más distintivo es la falta de correspondencia entre la reflectividad observada por el radar y la intensidad observada así como la precipitación medida en superficie. La razón de ello estriba en los procesos atmosféricos insertos en el ámbito de la microfísica de nubes. En este caso, al tratarse de nubes cálidas, las gotas de agua que precipitan se acabarían formando según el mecanismo de colisión-coalescencia, en el que el tamaño de las gotas de agua es relativamente pequeño. De hecho, los bajos valores de reflectividad observados -no superiores a 50 dBz- se deben a que el tamaño de las gotas de agua son relativamente pequeños y al escaso desarrollo vertical de la estructura nubosa.

Su escasa reflectividad radar asociada, así como el disimulo con el que se manifiestan los forzamientos dinámicos y termodinámicos precursores, hacen que la labor de vigilancia sea complicada. No obstante, la presencia de un levante fojo al inicio de la noche puede ser una señal de alarma.

Figura 4. Apariencia gráfica del contenido de una Guía Meteorológica de Aeródromo.

2. **Identificación del impacto:** el impacto asociado es diferente dependiendo del usuario aeronáutico en cuestión. La presencia de cizalladura puede ocasionar cambios de configuración o que las aeronaves que se aproximan reporten aterrizajes frustrados. También cabe la posibilidad de que el Proveedor de Servicio ATS prevea desvíos a aeródromos alternativos debido a la reducción de la capacidad de las arribadas. Por su parte, los agentes de *handling* y el gestor aeroportuario se ven obligados a replegar las pasarelas de embarque siempre y cuando las rachas de viento superan unos umbrales que previamente se han establecido en sus procedimientos de actuación en este tipo de escenarios. En tal caso, habría que movilizar a los pasajeros y tripulación por

otros medios, lo cual ocasionaría importantes retrasos para las compañías.

3. La **vulnerabilidad** de un aeródromo en este escenario está gobernada por múltiples factores: el ámbito geográfico donde se ubica (la cercanía de una cadena montañosa puede provocar alteraciones del flujo y realzar las rachas de viento), la dotación tecnológica que dispone (es importante si cuenta con sistemas de detección de cizalladura) y su importancia operativa dentro de la red aeroportuaria, que está directamente relacionada con el grado de afluencia de los tráficos.

4. La relación de **unidades operativas** implicadas son, en líneas generales, el ACC (gestión del tránsito aéreo que puede verse afectado por la acumula-

ción de aeronaves en los circuitos de espera), TWR (gestión del rodaje y autorización del despegue, cambios de configuración), gestor aeroportuario (suspensión de repostajes, máxima retracción de pasarelas, aseguramiento de aeronaves y equipos), servicio MET (intensificación de la vigilancia meteorológica) y compañías (retrasos y modificaciones del plan de vuelo).

**Contenido**

Para facilitar su consulta, la Guía Meteorológica de Aeródromo se ha estructurado en los cinco siguientes apartados:

- **Introducción:** descripción sucinta del objetivo y alcance de la publicación. Se incluye, además, una síntesis gráfi-

ca de la relación de fenómenos de impacto por medio de un diagrama Ishikawa causa (meteorológica)-efecto (impactos).

- **Situación geográfica:** exposición detallada de la localización del aeródromo objeto de estudio, acompañado de un mapa físico elaborado a partir de las utilidades y herramientas que ofrece el Instituto Geográfico Nacional.

- **Fenómenos de impacto:** descripción de los fenómenos meteorológicos potencialmente adversos de forma esquematizada, identificado sus causas y posterior evolución (modelos conceptuales). Su inclusión se consensua con los usuarios.

- **Impactos:** interpretación de los datos aeronáuticos en un contexto meteorológico que son facilitados fundamentalmente por el proveedor ATS y el gestor aeroportuario. En esencia, los datos recogidos por las aeronaves son de gran importancia para abordar este tipo de análisis.

- **Resumen:** síntesis del contenido en formato de texto y tabla para facilitar una lectura rápida al usuario. Se incluye, también, en inglés. Además, se ha apostado por una maquetación atractiva que emplea los colores corporativos de AEMET y la utilización de multitud de gráficos y diagramas explicativos (figura 4).

### Ámbito de estudio

En virtud de su denominación, la Guía de Aeródromo se centra exclusivamente en el entorno aeroportuario.

¿Qué se entiende por aeródromo?

– Desde un punto de vista aeronáutico, la definición de aeródromo es la contemplada en el Anexo 3 de OACI: dicese de aquella porción de tierra o agua destinada total o parcialmente a la llegada, salida y desplazamiento en superficie de las aeronaves.

– Desde un punto de vista meteorológico, aeródromo es aquella región espaciotemporal en la que los fenó-

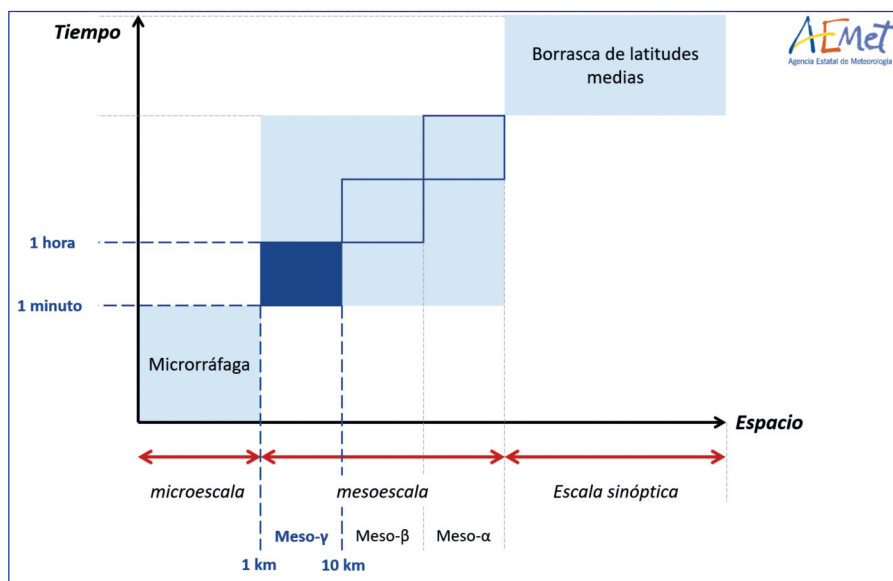


Figura 5. La escala de Orlanski. Una tentativa de clasificación de los fenómenos meteorológicos observados en la atmósfera. En azul oscuro se destaca el tamaño espaciotemporal de aquellos que son objeto de estudio en la Guía de Aeródromo.

menos meteorológicos embebidos se enmarcarían dentro de la meso-γ, según la escala de Orlanski.

La segunda de las definiciones plantea una interesante analogía en cuanto a la dimensión o envergadura de un aeródromo como infraestructura y la de un fenómeno meteorológico cuyo tamaño no puede aprehenderse en términos geométricos, dado que su evolución está gobernada por dos variables: espacio (grado de extensión) y tiempo (grado de persistencia). En suma, conforman la adversidad (grado de intensidad) que es lo que realmente interesa a los usuarios aeronáuticos. Por este motivo, la fenomenología atmosférica se resume conforme a la escala de Orlanski (figura 5) que, como toda clasificación que se precie, facilita la asimilación de conceptos ante la complejidad que entraña la atmósfera. Los que son de interés para la Guía de Aeródromo corresponden a la meso-γ: menos de una decena de kilómetro de extensión (las pistas de un aeródromo a lo sumo tienen una longitud de 5 km) y pocas horas en cuanto a su persistencia (en una hora pueden planificarse hasta medio centenar de tráficos).

### Conclusión

Las condiciones meteorológicas constituyen un factor restrictivo en el marco operativo de los usuarios aeronáuticos para los que AEMET presta su servicio meteorológico aeronáutico en el marco de sus competencias encomendadas. Por este motivo, la meteorología orientada a impactos en el entorno aeroportuario es una vertiente de estudio de sumo interés, ya que permite evaluar la utilidad y sofisticación de los productos meteorológicos que cotidianamente se suministran a través de los canales previstos, también abre la posibilidad a prestar un asesoramiento continuado a los usuarios y facilita la identificación de sus necesidades específicas.

La Guía Meteorológica de Aeródromo se elabora con la previsión de contribuir al objetivo último del servicio meteorológico aeronáutico: aportar valor añadido en la planificación prevista por los usuarios aeronáuticos. ■

#### Nota

Agradezco la revisión y sugerencias a Marionna Pons Reynés, consejera técnica de la Oficina de Programa de Cielo Único de AEMET.