

Guía Meteorológica de Aeródromo: Tenerife Sur-Reina Sofía



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

AEmet
Agencia Estatal de Meteorología



Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización.

Textos: Alejandro Méndez Frades, Cristina Robles González y Andrés Molina Molina

Revisión: María Rosa Pons Reynés

Ilustración de la portada: Julio Aristizábal Arteaga

Edita:

© Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
Agencia Estatal de Meteorología
Oficina Programa Cielo Único. Unidad de Meteorología Aeronáutica
Madrid, 2021

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:
<https://cpage.mpr.gob.es/>

NIPO: 666-21-001-8

<https://doi.org/10.31978/666-21-001-8.GCTS>

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)
C/ Leonardo Prieto Castro, 8
28040 Madrid
<http://www.aemet.es/>



@Aemet_Esp



@Aemet_Canarias



<https://www.facebook.com/AgenciaEstataldeMeteorologia>

Contenido

1.	Introducción	5
2.	Situación geográfica.....	7
3.	Fenómenos de impacto.....	9
3.1.	CIZALLADURA.....	9
3.2.	CALIMA	20
4.	Impactos	24
5.	Resumen	28
6.	Summary.....	30
7.	Referencias.....	32
8.	Agradecimientos	33

I. Introducción

Una guía meteorológica de aeródromo es un informe técnico en el 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. El principal objetivo es concienciar a los usuarios aeronáuticos de los riesgos que entraña la fenomenología atmosférica, además de servir de instrumento de asesoramiento en la planificación y toma de decisiones.

1.1. El impacto de la meteorología en un aeródromo

El impacto de las condiciones meteorológicas sobre un aeródromo requiere el conocimiento previo de los siguientes conceptos:

- **Fenómeno de impacto:** hecho observable en la atmósfera que potencialmente es adverso en un determinado aeródromo. Representa un nivel de amenaza meteorológica en el marco operativo aeronáutico.
- **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.

La valoración objetiva del impacto asociado a un fenómeno meteorológico en un aeródromo no solo depende de sus características propias, sino que es necesaria la consideración de condicionantes externos. Así, se puede establecer:

$$\text{Impacto} = \text{Fenómeno de impacto} \times \text{Vulnerabilidad}$$

A continuación, se muestra un ejemplo de cada uno de los citados términos:

- Fenómeno de impacto: brisa de montaña, tormenta, niebla, etc.
- Vulnerabilidad: el volumen de tráfico en el aeródromo o su dotación tecnológica.
- Impacto: cambios de configuración, frustradas, desvíos a otros aeródromos, etc.

Hay que tener en cuenta que el impacto en la seguridad operacional (*safety*) ha disminuido en los últimos años, gracias en parte a la mejor dotación tecnológica de las aeronaves y a una mayor sofisticación del sector aeronáutico desde el punto de vista normativo y procedimental. La consideración de escenarios y técnicas permiten gestionar situaciones de riesgo con mayor solvencia.

1.2. Aplicación para el caso del aeropuerto de Tenerife Sur

En la **figura 1** se detalla el diagrama de Ishikawa para el aeropuerto de Tenerife Sur-Reina Sofía (en adelante, GCTS). Este esquema permite mostrar, de forma sintética y jerarquizada, cómo los fenómenos meteorológicos de impacto (*factores causales*), acompañados de sus ingredientes (*causas secundarias*), convergen hacia los impactos observados en el aeródromo (*efectos*).

El objetivo será estudiar un aeródromo en un contexto meteorológico orientado a impactos de modo que, a partir de la *información meteorológica* se extraerá el *conocimiento meteorológico* que es de interés para los usuarios aeronáuticos. Para ello, será crucial la identificación adecuada de los fenómenos de impacto (*variables independientes*) que potencialmente tienen incidencia en el entorno operativo del aeródromo objeto de estudio (*variables dependientes*).

Este diagrama *causa-efecto* permitirá, además:

- Obtener una visión global de un aeródromo en un contexto meteorológico orientado a impactos.
- Identificar los ingredientes que intervienen en cada uno de los fenómenos de impacto considerados.
- Mostrar los impactos específicos que se producen en un aeródromo.
- Diferentes fenómenos meteorológicos pueden producir el mismo impacto. De esta forma, la relación causa-efecto no es unívoca.

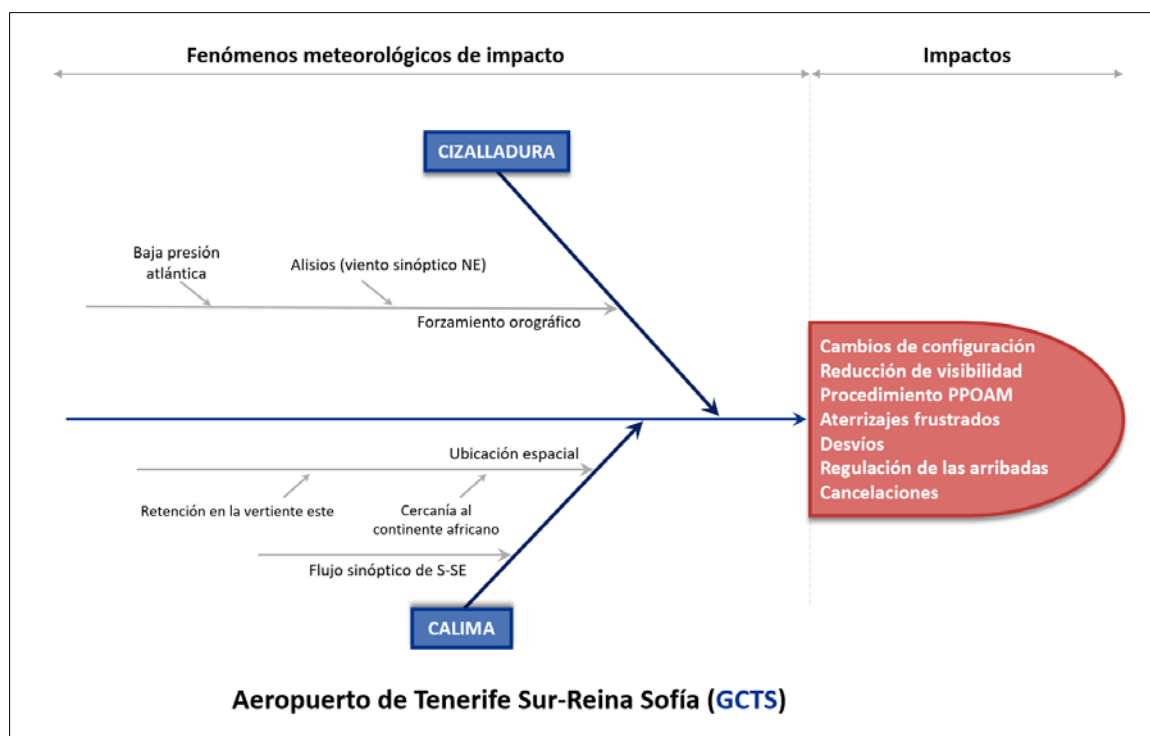


Figura 1. Diagrama de Ishikawa para GCTS: la identificación de los fenómenos meteorológicos de impacto exige un conocimiento detallado del entorno meteorológico en el que se encuentra embebido. Ello posibilitará establecer su relación con los impactos observados en su marco operativo.

2. Situación geográfica

La isla de Tenerife es un enorme edificio de origen volcánico con forma de pirámide cuya distribución orográfica se caracteriza por su elevado gradiente altitudinal. Su pico más alto (Teide, 3718 m) se sitúa en el centro de la misma. Una cordillera dorsal de orientación noreste-suroeste actúa de barrera, al dividir la isla en dos vertientes: la norte y la sur (figura 2).

GCTS se encuentra en la costa sur, concretamente en el municipio de Granadilla de Abona y a 62 Km de Santa Cruz de Tenerife. Se trata de un aeropuerto de ladera, cercano al mar y en una zona en la que las nieblas son muy poco frecuentes.

Al norte y en dirección perpendicular a la pista, el terreno es montañoso. En cambio, al sur se encuentra la línea de costa, que es prácticamente paralela a la pista. El obstáculo más importante por su cercanía es la Montaña Roja (171 m de altura), ya que tiende a canalizar el viento hacia la cabecera 25 de la pista (De Ory, 1996).

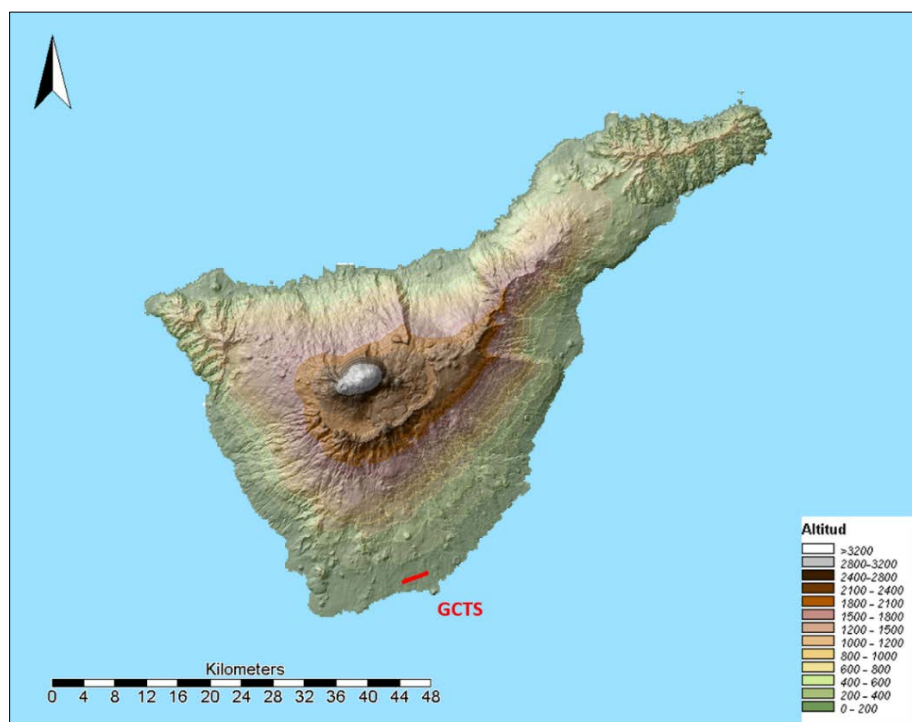


Figura 2. Situación geográfica de GCTS: el aeródromo se localiza en el punto representado.
Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

La interacción de la particular orografía de la isla, con el viento, favorece la presencia de cizalladura en la aproximación al aeropuerto habida cuenta de la presencia de convergencias y divergencias en niveles bajos.

La [tabla I](#) muestra los datos geográficos de GCTS.

Datos geográficos		
Nombre del aeródromo		Tenerife Sur-Reina Sofía
Indicativo	OACI	GCTS
	IATA	TFS
Latitud		28° 2' 40'' N
Longitud		16° 34' 21'' W
Elevación		64 m / 209 ft.

Tabla I

La pista (07/25) es sensiblemente paralela a la costa y el punto más cercano a esta se encuentra escasamente a un kilómetro de distancia. El METAR se elabora con los datos de la cabecera 07.

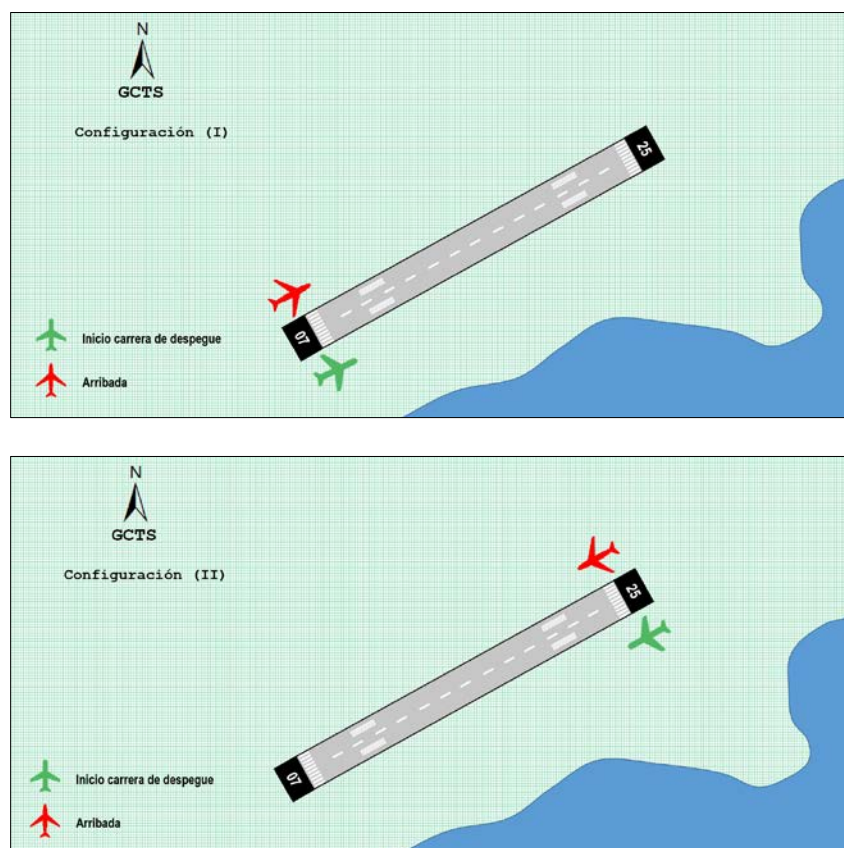


Figura 3. Orientación de la pista (07/25) y configuraciones de operación en GCTS.

La [figura 3](#) muestra la orientación de la pista así como las dos configuraciones de operación para arribadas y salidas. Así:

- Configuración (I) (preferente): arribadas y salidas por la cabecera 07
- Configuración (II): arribadas y salidas por la cabecera 25

3. Fenómenos de impacto

3.1. CIZALLADURA

La cizalladura es el cambio en la dirección y/o intensidad del viento en un plano y una distancia espacial. Puede ser horizontal, vertical o una combinación de ambas. Se produce cuando capas de aire adyacentes tienen una acusada diferencia entre sus velocidades respectivas. En aeronáutica es muy importante ya que puede producir cambios en la componente de viento de cara sobre la aeronave y originar cambios bruscos en su sustentación.

Puede presentarse en todos los niveles de la atmósfera, siendo especialmente importante cuando se detecta por debajo de los 1600 ft (LLWS: *Low Level Windshear*, Cizalladura de Niveles Bajos) ya que es donde las aeronaves llevan a cabo las operaciones de aproximación y ascenso (OACI Doc. 9817, 2005). En estas fases del vuelo, la velocidad y la altura de las aeronaves se acercan a valores críticos, por lo que el margen de maniobra para que el piloto pueda corregir la trayectoria es menor.

En relación a este fenómeno de impacto, cabe añadir que la turbulencia se define como la superposición de ondas y remolinos aleatorios al movimiento medio del aire, dando lugar a ascensos, descensos y rachas. En particular, la turbulencia aeronáutica corresponde a la parte del espectro turbulento que puede afectar al comportamiento de la aeronave. La turbulencia está estrechamente relacionada con la cizalladura, de tal manera que si hay turbulencia necesariamente tiene que haber cizalladura.

GCTS es el único aeropuerto de España que cuenta actualmente con un sistema LLWAS (*Low Level Windshear Alert System*: Sistema de Alertas de Cizalladura de Niveles Bajos) instalado por AEMET. Se trata de un dispositivo instrumental de observación y vigilancia de la cizalladura horizontal en la aproximación final, pista y ascenso inicial de las aeronaves.

El LLWAS calcula las convergencias y divergencias cada 10 segundos a partir de la intensidad y dirección del viento medidas por un total de 10 anemómetros que están situados en emplazamientos muy concretos y lo suficientemente elevados como para que ningún obstáculo falsee la observación. Si el valor calculado supera unos umbrales previamente establecidos, el sistema hará una estimación de la ganancia o pérdida de la componente de viento de cara y, siguiendo las recomendaciones recogidas en el anexo 3 (OACI, 2018), generará dos tipos de alertas según la magnitud de la misma y su ubicación

en la pista. Así, las alertas por cizalladura (WSA, *windshear alarm*) son a partir de ± 15 kt y las de microrráfaga (MBA, *microburst alarm*) a partir de ± 30 kt (figura 4).

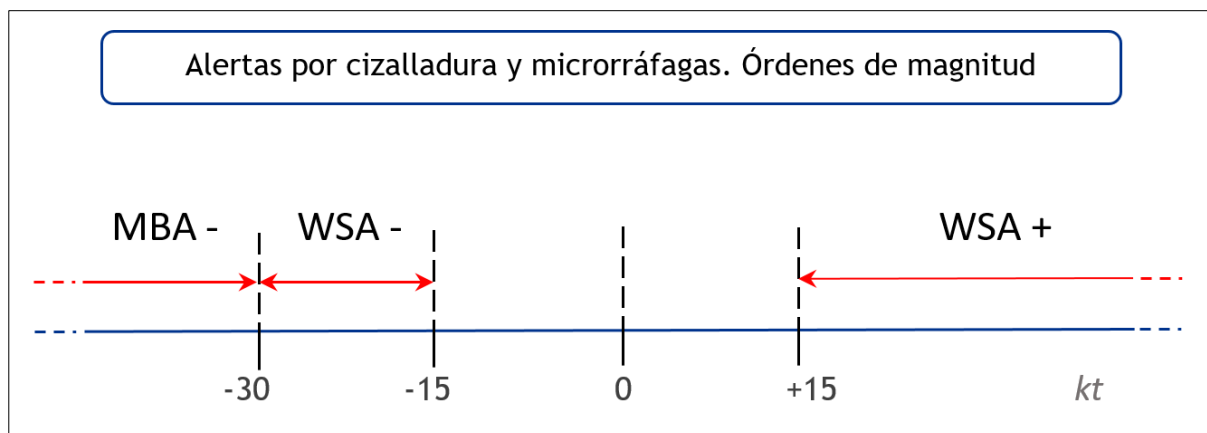


Figura 4. Tipos de alertas que difunde el sistema LLWAS según la magnitud de la convergencia y divergencias computadas previamente: MBA (*microburst alarm*, alerta por microrráfaga) y WSA (*windshear alarm*, alerta por cizalladura).

En el punto 5.1.11 del *Manual sobre cizalladura del viento a poca altura* (OACI Doc. 9817, 2005) se considera que la eficacia de los algoritmos LLWAS depende en gran medida de la calidad de los datos que recogen los sensores. De esta forma, las falsas alarmas tienen una importancia crítica, especialmente cuando activan la emisión de un aviso de microrráfaga pues, en última instancia, puede llevar al usuario a tomar decisiones con especial impacto en la operativa.

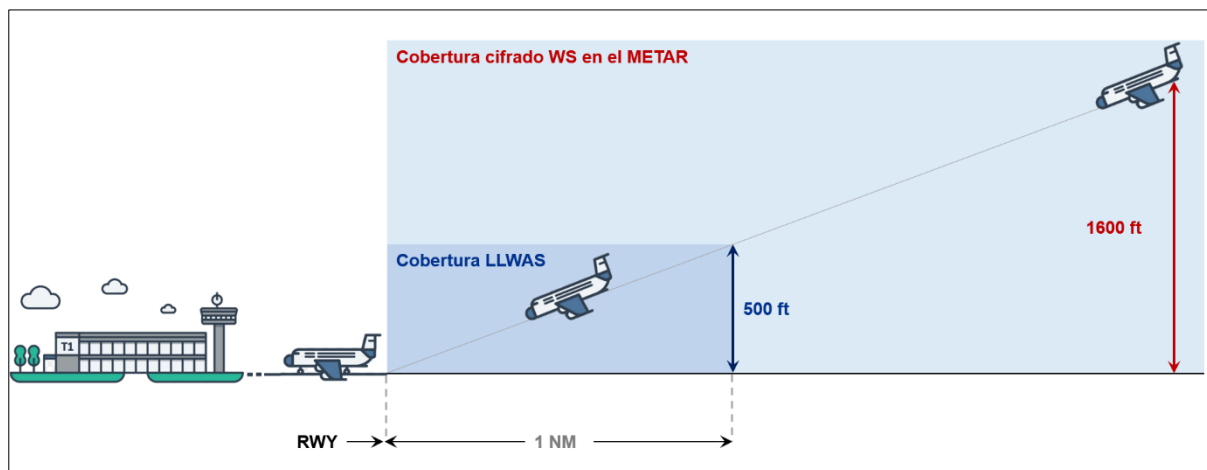


Figura 5. Comparativa entre la cobertura espacial de LLWAS y el dominio espacial que comprende el cifrado de cizalladura en el METAR cuya elevación máxima corresponde a 1600 ft. LLWAS vigila la pista y sus correspondientes trayectorias de aproximación final y ascenso inicial alcanzando casi una milla desde cada cabecera que se traduce aproximadamente en unos 500 ft en la senda de aproximación.

Según la normativa vigente de la clave METAR, la presencia de cizalladura a lo largo de la trayectoria de despegue o de aproximación solamente se cifra entre el nivel de la pista y la elevación de 1600 ft. Teniendo en cuenta este precepto, cabe señalar que el LLWAS instalado en GCTS tiene una cobertura inferior a ésta ya que la distancia horizontal de 1

milla náutica desde la cabecera de pista se traduce en una elevación aproximada de 500 ft (figura 5). Este hecho constata la importancia de la disponibilidad de las notificaciones de las aeronaves (PIREPS).

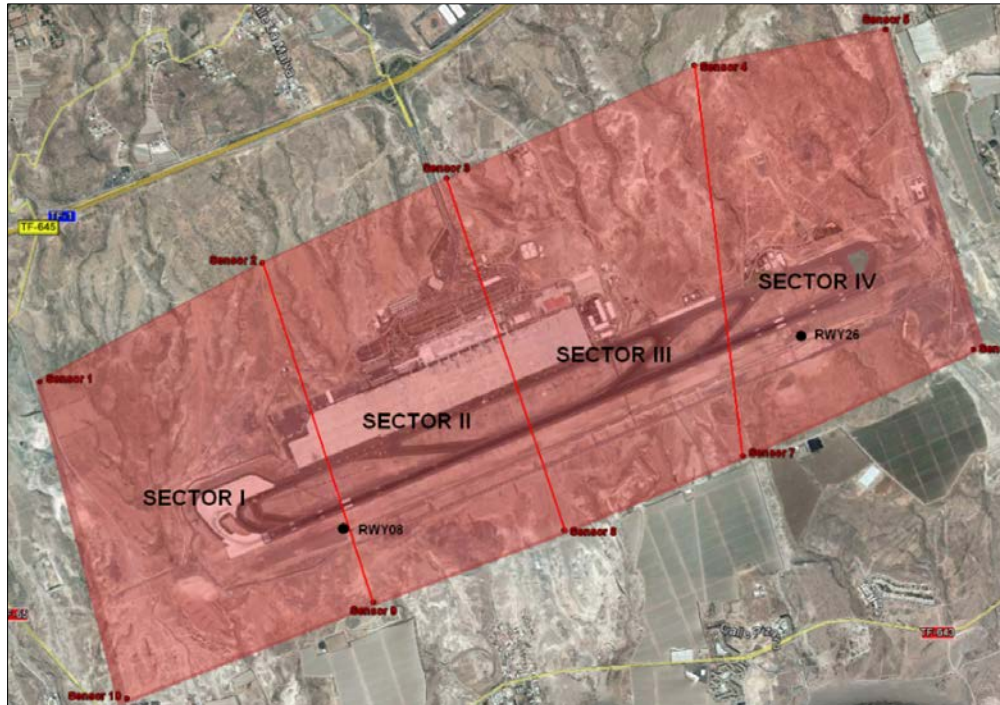


Figura 6. Disposición espacial de los 10 sensores de viento en superficie que conforman el LLWAS en GCTS.

La sectorización del entorno aeroportuario según la figura 6 permite al personal de la EMAe facilitar su actuación para cifrar la presencia de cizalladura en el METAR en aras de notificarla a TWR, así como su ubicación en la pista. De esta forma, se puede evaluar su impacto en la operativa teniendo en cuenta en cuál de los sectores mencionados se ha detectado y la cabecera de pista operativa en ese instante.

El LLWAS de Primera Generación se instaló en GCTS el 11 de abril de 1985 (De Ory, 1996). Desde 2005 se cuenta con un dispositivo de Tercera Generación, si bien su puesta en marcha plenamente operativa se demoró hasta finales de 2013. La comunicación de la información de cizalladura entre TWR y la EMAe se efectúa por línea dedicada de manera muy ágil, tanto si proviene del LLWAS como si es reportada por las aeronaves. En ambos casos, la cizalladura se cifra en el METAR. Tiene el mismo peso la notificación de una aeronave que una alerta del sistema LLWAS.

La figura 7 muestra el ciclo diurno promedio de los METAR que cifran WS. De aquí cabe señalar que, durante la madrugada, al haber menos vuelos, se cuenta con menos notificaciones de las aeronaves. La cizalladura que se cifra durante esas horas puede estar infravalorada ya que la principal fuente de información con la que se cuenta es la suministrada por el LLWAS.

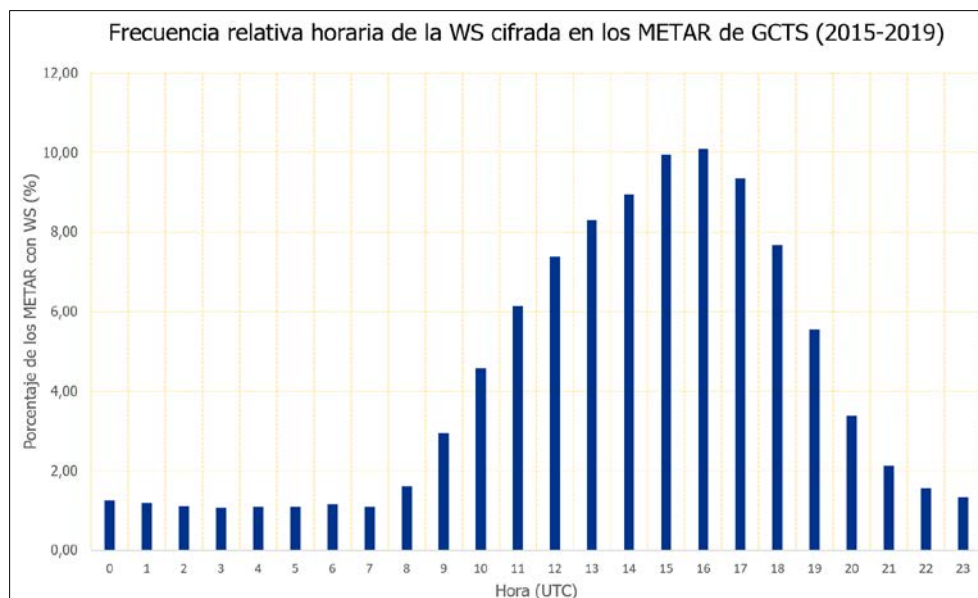


Figura 7. Número relativo horario de reportes METAR que cifran WS durante el periodo 2005-2019 en GCTS.

A propósito del ciclo diurno, cabe añadir la interacción entre la brisa y línea de convergencia ilustrada. La [figura 8](#), que muestra el viento en superficie previsto por el modelo HARMONIE AROME a las 0 UTC y a las 12 UTC de un día y pasada concreta, confirma cómo durante la noche, la brisa de tierra aleja la línea de convergencia del aeropuerto, a diferencia de lo que ocurre durante las horas diurnas.

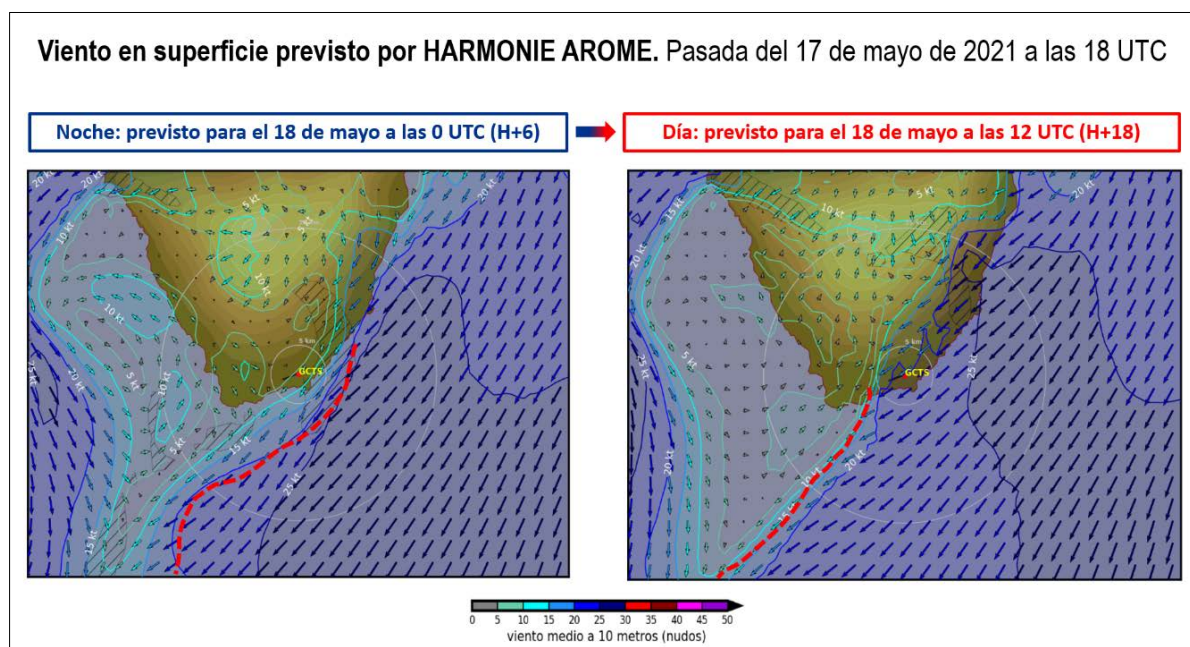


Figura 8. Viento en superficie previsto por el modelo HARMONIE-AROME el 18 de mayo a las 6 UTC y 12 UTC. Comparativa de la posición de la línea de convergencia (en rojo discontinuo) en relación a GCTS.

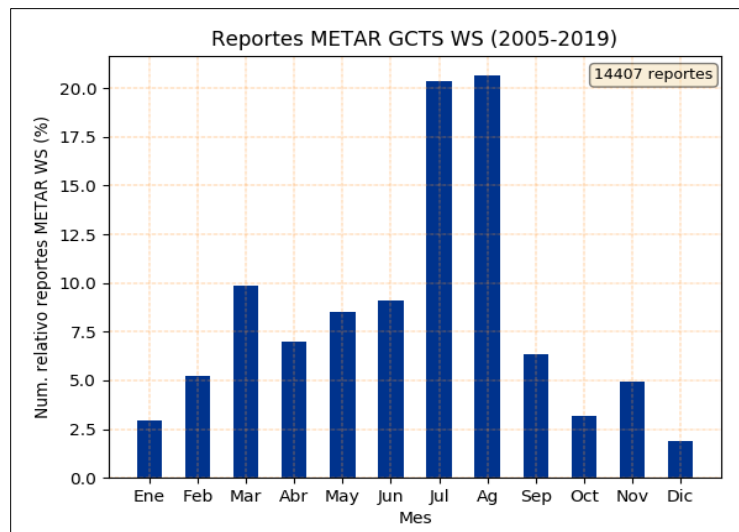


Figura 9. Número relativo mensual de reportes METAR que cifran WS durante el periodo 2005-2019 en GCTS.

En la [figura 9](#) se resume mensualmente el total de reportes METAR que cifran WS como información adicional durante el periodo 2005-2019. La mitad del total de mensajes se concentran en los meses de julio y agosto, siendo el invierno la época que menos contribuye.

Por su parte, en la [figura 10](#) se muestra el comportamiento medio del campo de viento en superficie en GCTS (viento medio y rachas) solo en aquellos eventos en los que se ha cifrado WS. En las rosas de viento mostradas, la escala de colores revela las intensidades, donde los colores fríos se asocian a los valores más bajos y los cálidos a los más altos. Por su parte, el tamaño en sentido radial de cada uno de los abanicos que abarcan las direcciones corresponde a una mayor frecuencia relativa acumulada en porcentaje.

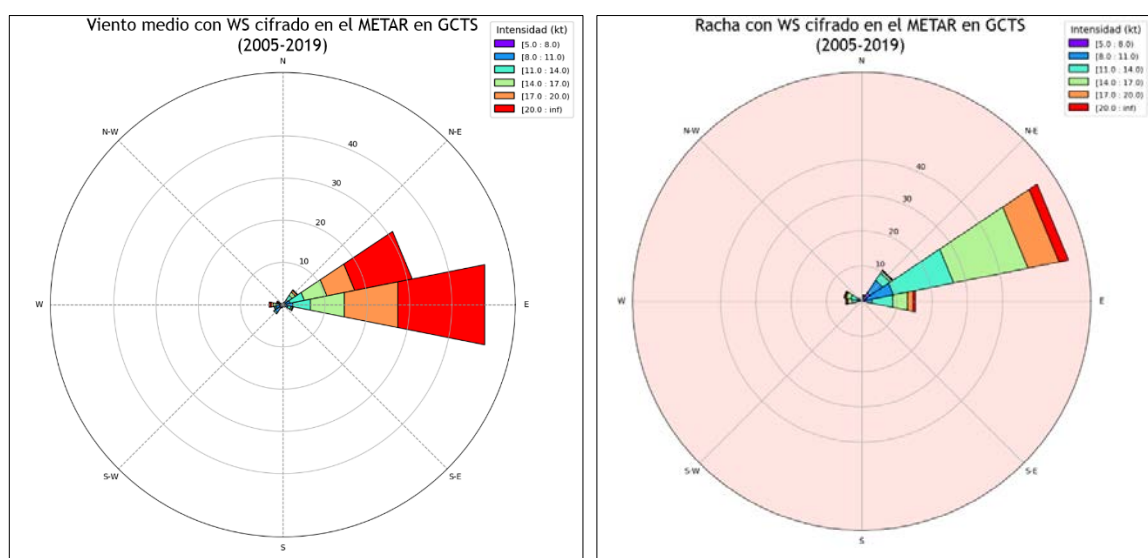


Figura 10. Viento medio y rachas cifradas en el METAR cuando adicionalmente se cifra WS durante el periodo 2005-2019 en GCTS.

En relación al campo del viento en aquellos reportes METAR que cifran WS (figura 10), se concluye:

- El viento medio es de componente E (45°)
- La velocidad media más alta se sitúa en la dirección E
- Las rachas son de dirección ENE (67.5°), siendo las más altas en esa misma dirección

Aunque en última instancia la presencia de cizalladura en GCTS está regida por las condiciones orográficas de la isla, los dos posibles escenarios precursores de la misma a escala sinóptica son las siguientes (Verniere, 2014):

- Situación de alisios regida por el anticiclón atlántico
- Baja presión atlántica

En ambos casos, de conformidad a lo indicado en el AIP (Publicación de Información Aeronáutica, documento en el que se detallan las cartas de aproximación a GCTS), se confirma la presencia de cizalladura positiva:

- Aproximación a la RWY 07 (ILSZ RWY07): la cizalladura que se notifica es positiva por debajo de 1600 ft con viento en superficie superior a 15 kt con dirección NE-E (45° - 90°).
- Aproximación a la RWY 25 (ILSZ RWY25): la cizalladura que se notifica es positiva por debajo de 1600 ft con viento en superficie superior a 15 kt con dirección W-NW (270° - 315°).

Por cizalladura *positiva*, se refiere a aquella situación en la que la aeronave, según se aproxima hacia la cabecera de arribada, advierte un aumento progresivo de la componente de viento de cara haciendo que se sitúe por encima la senda de aproximación teórica (figura 11).

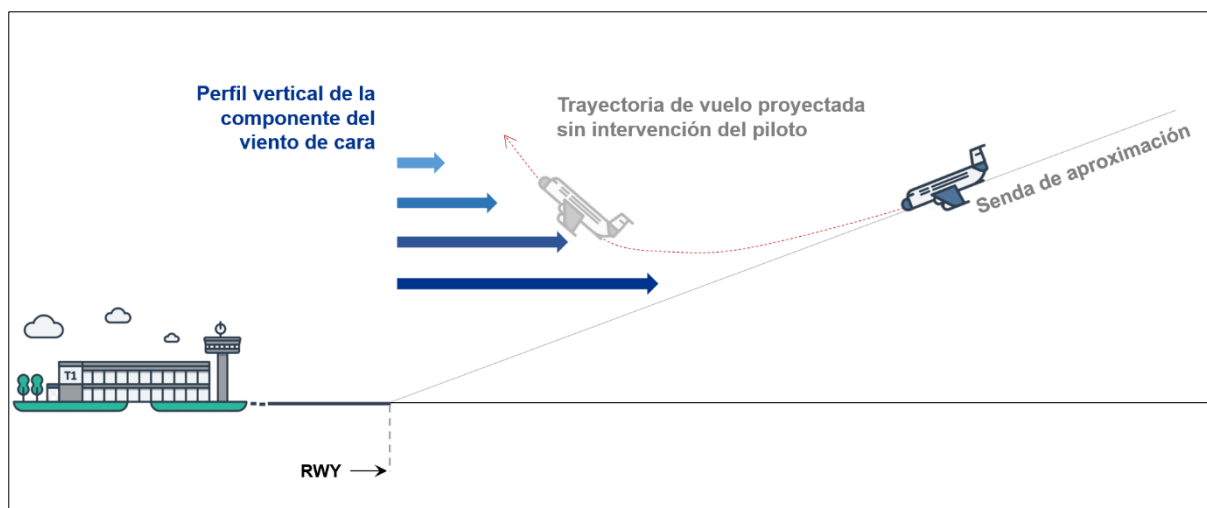


Figura 11. La cizalladura positiva en la aproximación de una aeronave a la cabecera de arribada. Adaptado de (OACI Doc. 9817, 2005).

En no pocos episodios, la nubosidad que se forma en niveles bajos y a sotavento de la isla de Tenerife permite localizar, por simple inspección visual, la línea de convergencia. La

figura 12 constituye un buen ejemplo al respecto. En la misma, cabe destacar la reflexión especular de la luz sobre la superficie oceánica (*sunlight*), otra evidencia que permite inferir indirectamente el campo de viento en niveles bajos.



Figura 12. Imagen de Canarias recogida por el sensor MODIS del satélite TERRA el 15 de junio de 2013. La nubosidad que se forma a lo largo de la línea de convergencia y la reflexión especular de la luz sobre la superficie oceánica (*sunlight*) ofrece pistas del viento en niveles bajos. Fuente: Worldview NASA.

3.1.1. Situación de alisios regida por el anticiclón atlántico

La interacción del alisio (viento sinóptico del NE) con la isla de Tenerife da como resultado una aceleración del flujo en superficie en la costa sureste y una significativa desaceleración a sotavento de la misma, concretamente en la costa suroeste (figura 13). Estos cambios bruscos en un espacio relativamente pequeño (pocas decenas de kilómetros en la horizontal y alrededor de 1600 ft en la vertical) favorecen la presencia de una línea de convergencia que se ubicaría en la aproximación a GCTS.

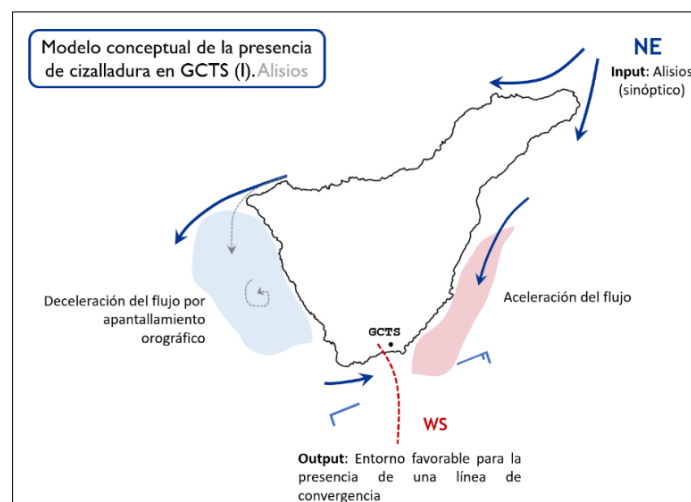


Figura 13. Modelo conceptual de la presencia de cizalladura por situación de alisios. Los entornos coloreados denotan aquellas zonas en las que el flujo sinóptico incidente se frena (azul) y acelera (rojo), formando a sotavento una línea de convergencia. Adaptado de Verniere (2014).

En la [figura 14](#) se muestra en forma tridimensional cómo la orografía tiene la capacidad de matizar el flujo sinóptico inicial del NE hasta tal punto de formar una línea de convergencia en el entorno de GCTS, justamente a sotavento de la isla.

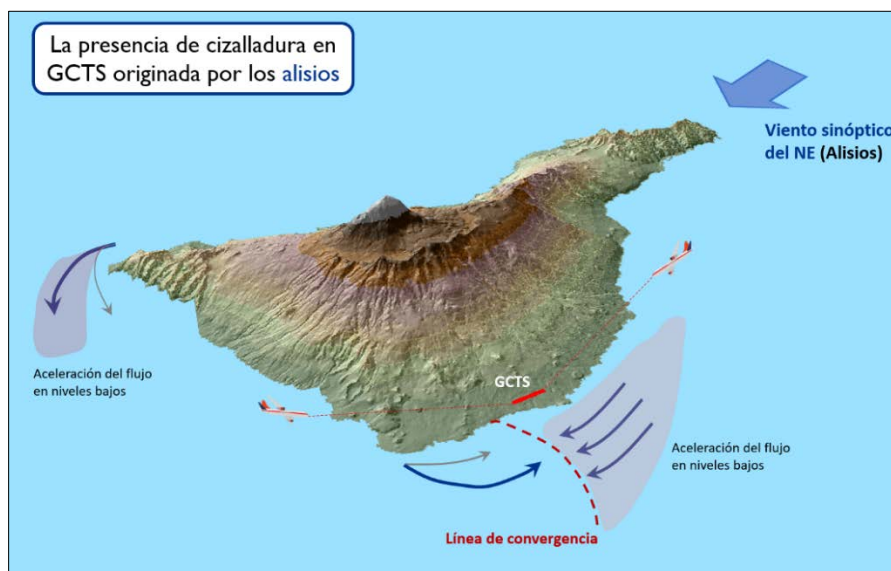


Figura 14. La cizalladura en GCTS. Formación de una línea de convergencia en la aproximación a GCTS por la interacción de la orografía con los alisios.

El episodio del 23 de mayo de 2019 es un ejemplo que ilustra de forma precisa el escenario descrito. El reforzamiento del anticiclón atlántico, muy común en verano, favorece la presencia de los vientos alisios ([figura 15](#)).

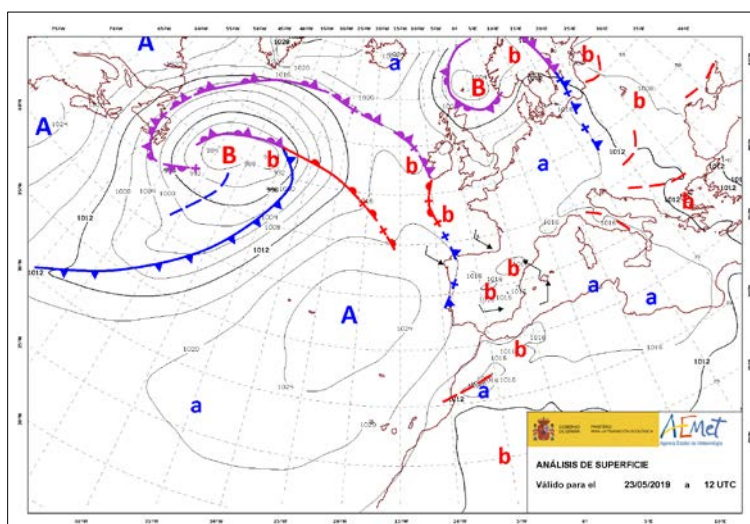


Figura 15. La cizalladura en GCTS causada por una situación de alisios. Análisis en superficie del 23 de mayo de 2019 a las 12 UTC.

En la [figura 16](#) se muestra la secuencia de los METAR difundidos entre las 8 UTC y las 19 UTC en la que se cifra cizalladura en la aproximación por la cabecera de pista 07 con viento del E (90°)-ENE (67.5°) e intensidades superiores a 20 kt a lo largo del intervalo temporal considerado.

METAR GCTS	230800Z	30003KT	240V030	9999	FEW020	21/13	Q1017	WS R07	NOSIG=
METAR GCTS	230830Z	07014KT	9999	FEW030	22/14	Q1017	WS R07	NOSIG=	
METAR GCTS	230900Z	07021KT	9999	FEW030	23/13	Q1018	WS R07	NOSIG=	
METAR GCTS	230930Z	07022KT	9999	FEW025	23/14	Q1018	WS R07	NOSIG=	
METAR GCTS	231000Z	08020KT	9999	FEW025	24/15	Q1018	WS R07	NOSIG=	
METAR GCTS	231030Z	08020KT	9999	FEW025	24/14	Q1018	WS R07	NOSIG=	
METAR GCTS	231100Z	08021KT	9999	FEW025	25/14	Q1018	WS R07	NOSIG=	
METAR GCTS	231130Z	09023KT	9999	FEW027	24/14	Q1018	WS R07	NOSIG=	
METAR GCTS	231200Z	08025KT	9999	FEW027	25/13	Q1018	WS R07	NOSIG=	
METAR GCTS	231230Z	07018G28KT	040V110	9999	FEW027	26/14	Q1018	WS R07	NOSIG=
METAR GCTS	231300Z	09021KT	9999	FEW027	25/16	Q1018	WS R07	NOSIG=	
METAR GCTS	231330Z	08022KT	9999	FEW027	25/15	Q1018	WS R07	NOSIG=	
METAR GCTS	231400Z	09023KT	9999	FEW025	25/15	Q1017	WS R07	NOSIG=	
METAR GCTS	231430Z	08022KT	030V110	9999	FEW025	SCT030	24/15	Q1018	WS ALL
		RWY	NOSIG=						
METAR GCTS	231500Z	08019KT	040V110	9999	FEW025	SCT030	23/15	Q1017	WS ALL
		RWY	NOSIG=						
METAR GCTS	231530Z	09022KT	9999	FEW030	24/15	Q1017	WS ALL	RWY	NOSIG=
METAR GCTS	231600Z	08022KT	9999	FEW030	23/15	Q1017	WS ALL	RWY	NOSIG=
METAR GCTS	231630Z	08020KT	050V110	9999	FEW030	24/15	Q1017	WS R07	NOSIG=
METAR GCTS	231700Z	09022KT	060V120	9999	FEW030	24/15	Q1017	WS R07	NOSIG=
METAR GCTS	231730Z	09022KT	9999	FEW027	23/15	Q1017	WS R07	NOSIG=	
METAR GCTS	231800Z	09019KT	9999	FEW035	23/16	Q1016	WS R07	NOSIG=	
METAR GCTS	231830Z	08019KT	9999	FEW035	23/14	Q1016	WS R07	NOSIG=	
METAR GCTS	231900Z	08017KT	9999	FEW035	22/14	Q1016	WS R07	NOSIG=	

Figura 16. Secuencia de los METAR cifrados el 23 de mayo de 2019 entre las 8 UTC y las 19 UTC, señalándose cizalladura en la aproximación a la RWY 07 (azul) y en ambas RWY (rojo).

Por lo general, la cizalladura tiene mayor frecuencia de aparición en las horas centrales del día a causa de la superposición del flujo sinóptico con el régimen de brisas de mar en el entorno del aeropuerto.

Hay ocasiones en las que la línea de convergencia creada por los alisios se localiza al oeste del aeropuerto, fuera del dominio espacial del LLWAS. En estos casos, las aeronaves se aproximan por la cabecera de pista 07 porque tienen viento de cara. Sin embargo, se ven obligadas a frustrar porque, muy cerca de la pista, la componente de viento en cola es lo suficientemente intensa (figura 17).

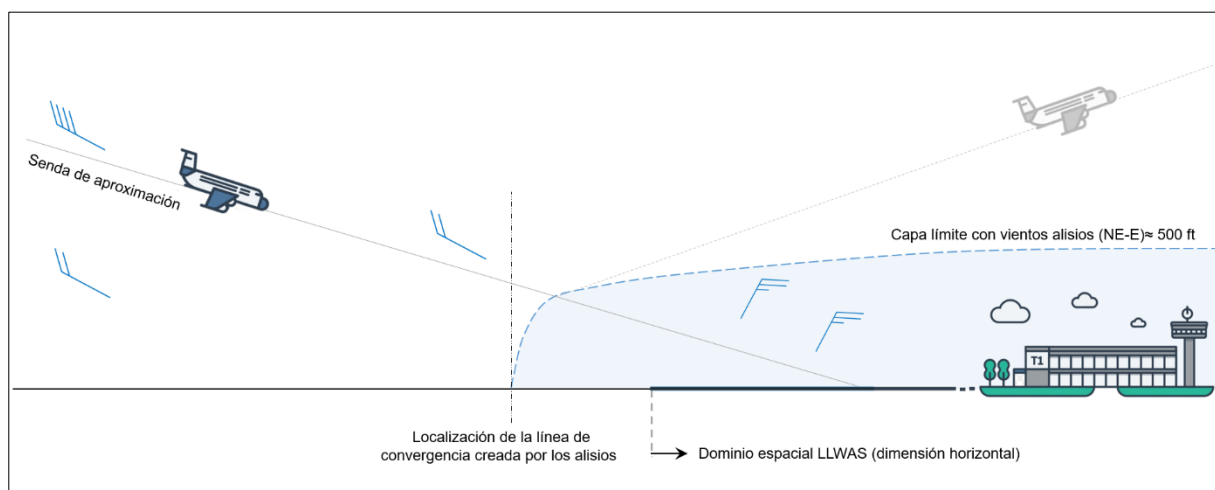


Figura 17. Modelo conceptual de la interacción de la zona de convergencia creada por los alisios y la aproximación a GCTS. A la izquierda, la dirección oeste. El viento ilustrado corresponde a la componente horizontal.

En el escenario descrito, la cizalladura se produce mayormente en la cabecera 07 y, en menor proporción, en la cabecera 25.

3.1.2. Baja presión atlántica

Este escenario es más infrecuente que la situación de alisios descrita en el punto anterior. Si el viento sinóptico es de componente W, tras bordear el obstáculo orográfico que supone la isla, da como resultado dos áreas muy próximas entre sí con una variación importante de intensidad y dirección del viento en superficie separadas por una discontinuidad o línea de convergencia (figura 18).

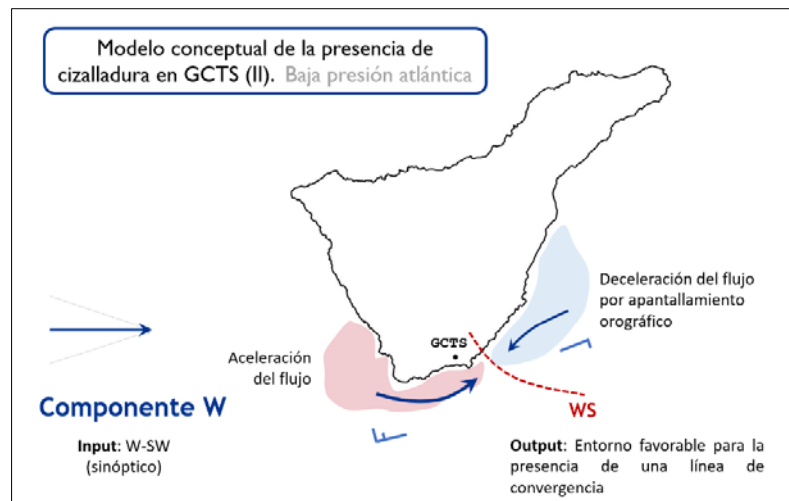


Figura 18. Modelo conceptual de la presencia de cizalladura por situación de baja presión atlántica. Los entornos coloreados denotan aquellas zonas en las que el flujo sinóptico incidente se frena (azul) y acelera (rojo), formando a sotavento una línea de convergencia. Adaptado de Verniere (2014).

Por lo general, este flujo establecido se debe a la ubicación de una baja presión atlántica al norte del archipiélago canario. Si el frente asociado a ésta es lo suficientemente activo, la orografía puede desencadenar nubosidad convectiva y, en consecuencia, favorecer la presencia de cizalladura por frentes de racha, una intensa ráfaga descendente asociada al ciclo de vida habitual de una formación tormentosa (figura 19). Este escenario puede aparecer durante el otoño e invierno cuando se acentúa la circulación de los oestes en latitudes medias y ocasionalmente en primavera.

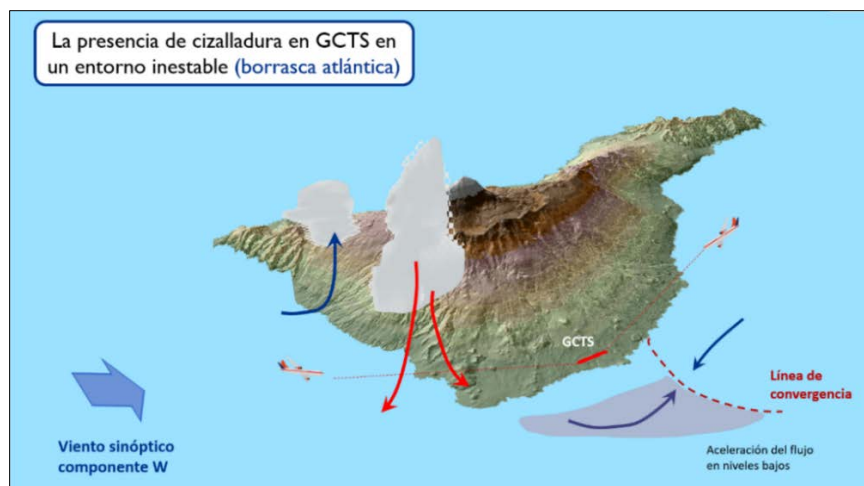


Figura 19. La cizalladura en GCTS originada por frentes de racha en un entorno inestable.

Un ejemplo de lo anteriormente descrito es el episodio del 1 de abril de 2018. En el análisis de superficie de la [figura 20](#) se advierte la ubicación de una depresión en el Atlántico Norte, cerca de la Península, con un frente asociado que en las proximidades de Canarias se muestra poco activo. Asimismo, se constata la presencia de altas presiones en el Mediterráneo y bajas presiones relativas en el norte de África.

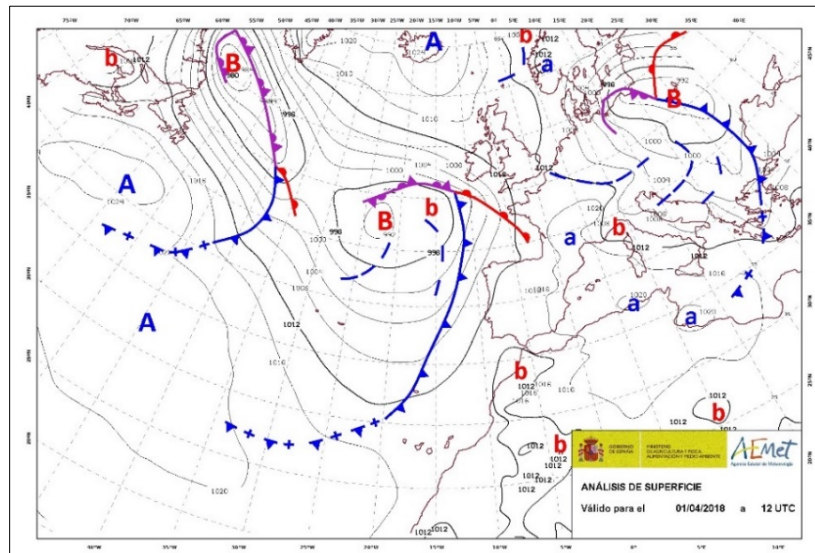


Figura 20. La cizalladura en GCTS causada por una situación de baja presión atlántica. Análisis en superficie del 1 de abril de 2018 a las 12 UTC.

En la [figura 21](#) se muestra la secuencia de los METAR difundidos entre las 12 UTC y las 17:30 UTC en la que se notifica como información adicional cizalladura en la aproximación por la cabecera de pista 25 con viento de componente W (entre 250° y 280°) e intensidades por encima de los 10 kt durante el intervalo considerado, sin que se notifique formación de nubosidad de tipo convectivo. Hay que tener en cuenta que, en esta ocasión, al ser un frente poco activo, la cizalladura no fue originada por la convección asociada a esta depresión.

METAR GCTS 011200Z 25014KT 210V280 9999 SCT030 21/12 Q1014 WS R07 NOSIG=
METAR GCTS 011230Z 27016KT 240V300 9999 FEW030 22/10 Q1014 WS R25 NOSIG=
METAR GCTS 011300Z 27017KT 9999 FEW030 22/11 Q1014 NOSIG=
METAR GCTS 011330Z 28018KT 240V300 9999 FEW030 22/11 Q1013 WS R25 NOSIG=
METAR GCTS 011400Z 28016KT 250V310 9999 FEW030 22/11 Q1013 WS R25 NOSIG=
METAR GCTS 011430Z 28016G26KT 250V320 9999 SCT030 23/10 Q1012 WS R25 NOSIG=
METAR GCTS 011500Z 28017KT 9999 SCT030 23/10 Q1012 WS R25 NOSIG=
METAR GCTS 011530Z 28016KT 9999 SCT035 22/10 Q1012 WS R25 NOSIG=
METAR COR GCTS 011600Z 30006KT 230V030 9999 SCT037 23/11 Q1012 WS R07 NOSIG=
METAR GCTS 011630Z 29010KT 240V320 9999 SCT037 22/11 Q1011 WS R25 NOSIG=
METAR GCTS 011700Z 28006G16KT 230V020 9999 SCT037 22/11 Q1011 WS R25 NOSIG=
METAR GCTS 011730Z 28016KT 9999 FEW035 22/11 Q1011 WS R25 NOSIG=

Figura 21. Secuencia de los METAR cifrados el 1 de abril de 2019 entre las 12 UTC y las 17:30 UTC, señalándose el cifrado de cizalladura en la aproximación a la RWY 25.

3.2. CALIMA

La calima es un litometeoro que consiste en un conjunto de partículas sólidas (no acuosas) extremadamente pequeñas que dispersan la luz, dando al cielo una apariencia opalescente. Este término se utiliza cuando coinciden una visibilidad reducida y una humedad relativa inferior al 70%. Lo que diferencia la bruma de la calima es el grado de humedad. La proximidad del archipiélago canario al continente africano favorece la irrupción de aire seco y turbio del SE, E o incluso del NE, procedente del Sáhara. Estas situaciones originan reducciones de visibilidad que, ocasionalmente, pueden afectar a la operativa de GCTS.

Ateniendo a la [figura 22](#), en la que se muestra el número relativo de reportes METAR en los que se cifra HZ durante el periodo 2005-2019, la fase del año en la que es más frecuente este tipo de episodios corresponde a los meses de febrero y marzo (transporte de polvo sahariano en niveles bajos que reducen la visibilidad en superficie). En julio y agosto se dan episodios de calima en medianías (territorio de la isla que está comprendido entre los 600 y los 1500 metros de altitud sobre nivel del mar) y niveles altos que no afectan a la visibilidad y por tanto no se cifran.

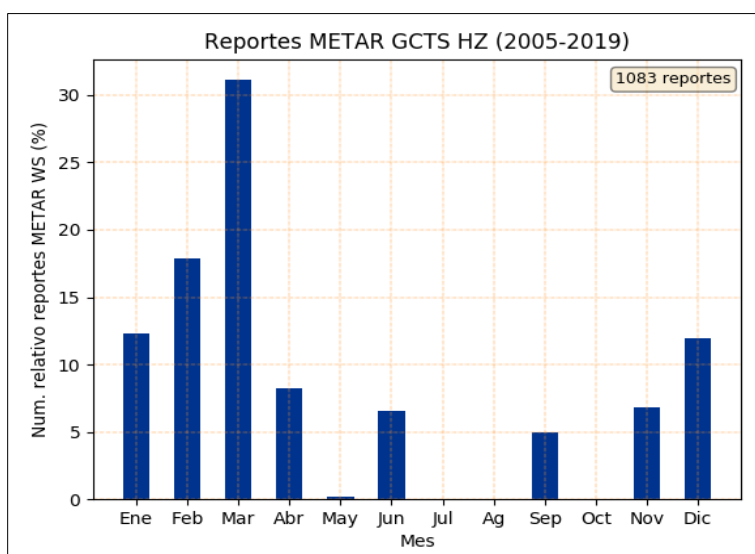


Figura 22. Número relativo de reportes METAR que cifran HZ en GCTS durante el periodo 2005-2019.

Por su parte, en la [figura 23](#) se presenta el comportamiento del viento en superficie en episodios de calima. Puede concluirse:

- El viento de componente ENE (67.5°) y E (90°) es el más frecuente en este tipo de episodios, pues corresponde al 40% y 30% respectivamente del total de reportes METAR del periodo 2005-2019 en los que se cifra HZ.
- La dirección NE (45°) es la tercera más frecuente (comprende el 10% del total).
- La mayor parte de las intensidades más fuertes en estos episodios se concentran alrededor de la dirección ENE.

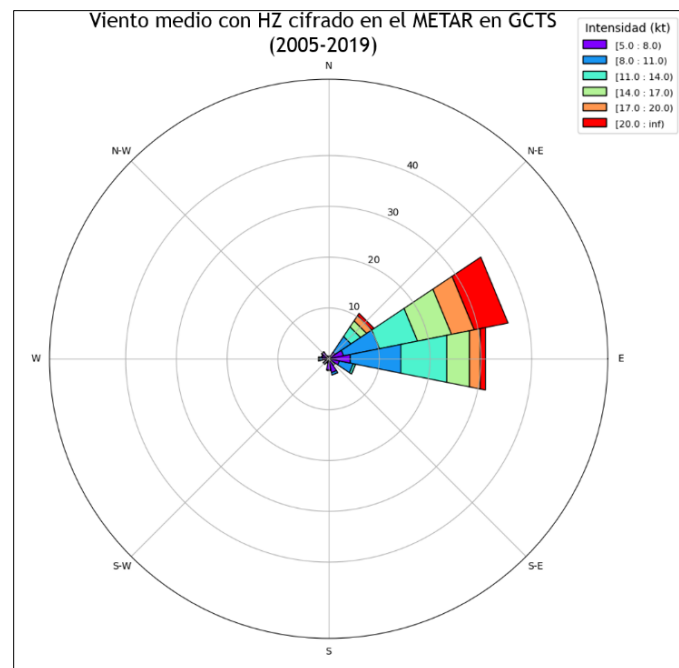


Figura 23. Viento medio cifrado en reportes METAR en GCTS cuando adicionalmente se cifra HZ durante el periodo 2005-2019.

Un ejemplo de situación corresponde al episodio del 23 de febrero de 2020 que, a tenor del análisis en superficie de la [figura 24](#), estaba regida por la presencia de un potente y extenso anticiclón atlántico que se extiende hacia la Península y Mediterráneo occidental y norte de África con un pequeño seno de bajas presiones al oeste de Marruecos. La baja presión situada en Canarias junto con el mencionado anticiclón favorecieron conjuntamente el establecimiento de un viento del SE en niveles bajos y medios con fuertes rachas y calima.

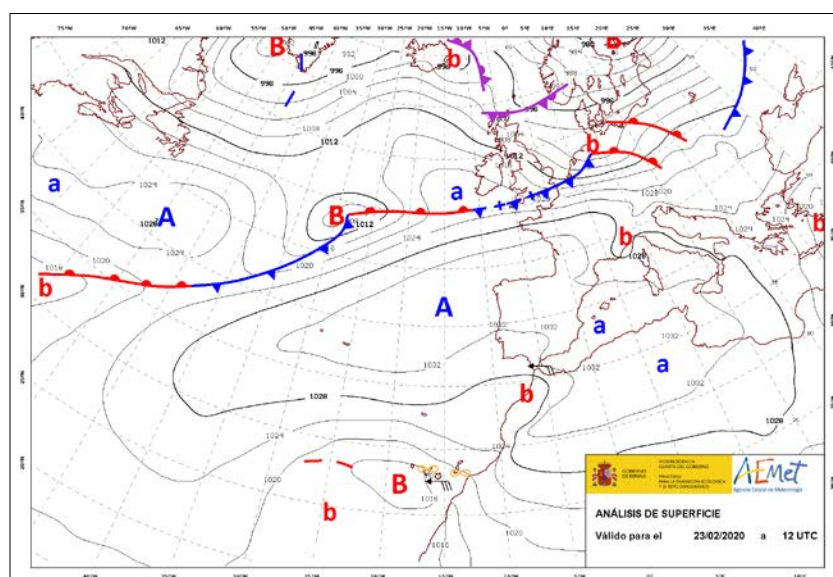


Figura 24. Análisis de superficie de las 12 UTC del episodio del 23 de febrero de 2020 como ejemplo de escenario de calima en GCTS.

En la **figura 25**, se muestra una imagen de satélite polar NPP de la NOAA del 23 de febrero, en la que se constata la incursión de polvo hacia el archipiélago canario, impelido por el flujo de SE establecido según la configuración sinóptica descrita anteriormente.

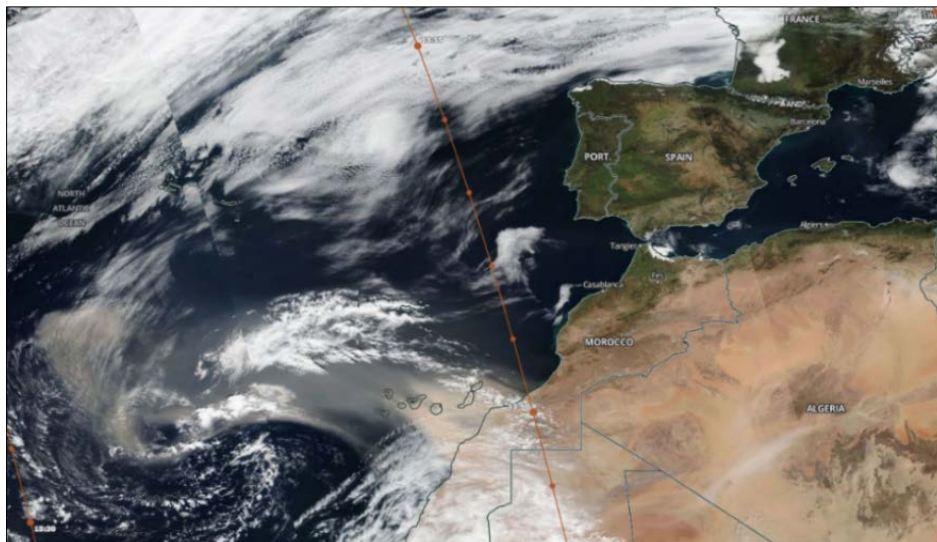


Figura 25. Imagen del canal VIIRS (*Visible Infrared Imaging Radiometer Suite*) a bordo del satélite NPP de la NOAA el 23 de febrero de 2020. Fuente: Worldview NASA

Por simple inspección visual de la **figura 26**, se constata que a lo largo de toda la secuencia de reportes METAR difundidos el 23 de febrero entre las 13:00 UTC y las 23:00 UTC se cifra de forma ininterrumpida HZ con visibilidades inferiores a 800 m y que llegaron a ser de 450 m en algunos momentos del día.

METAR	GCTS	231300Z	09027G37KT	4500	HZ	NSC 28/01 Q1018 NOSIG=		
METAR	GCTS	231330Z	08024KT	3000	HZ	NSC 27/01 Q1018 NOSIG=		
SPECI	GCTS	231338Z	08023G34KT	060V120	1500	HZ NSC 27/M01 Q1018 NOSIG=		
METAR	GCTS	231400Z	08022KT	050V110	1500	HZ NSC 27/M00 Q1017 NOSIG=		
METAR	GCTS	231430Z	08021G32KT	1000	R07/P2000	HZ NSC 28/M01 Q1016 NOSIG=		
METAR	GCTS	231500Z	08018KT	050V110	0900	R07/1700N	HZ NSC 28/M01 Q1016 NOSIG=	
METAR	GCTS	231530Z	09017G30KT	060V120	0800	R07/1700D	HZ NSC 28/M00 Q1016 NOSIG=	
METAR	GCTS	231600Z	08016KT	050V110	0700	R07/1400N	HZ NSC 28/00 Q1016 NOSIG=	
METAR	GCTS	231630Z	09017KT	0600	R07/1400N	HZ NSC 28/M00 Q1016 NOSIG=		
METAR	GCTS	231700Z	08017G27KT	0600	R07/1400N	HZ NSC 28/01 Q1016 NOSIG=		
METAR	GCTS	231730Z	09015KT	0500	R07/1500N	HZ NSC 27/02 Q1016 NOSIG=		
METAR	GCTS	231800Z	10012KT	0450	R07/1600N	HZ NSC 27/02 Q1016 NOSIG=		
METAR	GCTS	231830Z	09014KT	0450	R07/1700U	HZ NSC 27/02 Q1016 NOSIG=		
METAR	GCTS	231900Z	10013KT	0450	R07/1700N	HZ NSC 27/02 Q1017 NOSIG=		
METAR	GCTS	231930Z	09012KT	0500	R07/1900N	HZ NSC 27/03 Q1017 NOSIG=		
METAR	GCTS	232000Z	09011KT	0500	R07/1900N	HZ NSC 27/02 Q1017 NOSIG=		
METAR	GCTS	232030Z	08011KT	0450	R07/1800N	R25/1900N	HZ NSC 28/01 Q1017 NOSIG=	
METAR	GCTS	232100Z	08011KT	050V110	0550	R07/1800N	R25/1900N	HZ NSC 29/M01 Q1017 NOSIG=
METAR	GCTS	232130Z	06012G25KT	010V090	0600	R07/1900N	R25/1900D	HZ NSC 29/M03 Q1017 NOSIG=
METAR	GCTS	232200Z	07014KT	0600	R07/P2000	R25/P2000	HZ NSC 29/M02 Q1018 NOSIG=	
METAR	GCTS	232230Z	06015KT	0600	R07/1900N	R25/P2000	HZ NSC 29/M03 Q1018 NOSIG=	
METAR	GCTS	232300Z	06015KT	0650	R07/P2000	R25/1900N	HZ NSC 30/M04 Q1018 NOSIG=	

Figura 26. Secuencia de los METAR cifrados el 23 de febrero de 2020 en GCTS entre las 13:00 UTC y las 20:00 UTC, señalándose el cifrado de calima (HZ) en todos los reportes y la visibilidad prevalente igual e inferior a 600 m.

A raíz de las condiciones meteorológicas descritas anteriormente, se activó el Procedimiento de Paralización de Operaciones en el Área de Maniobras (PPOAM). Se trata de un cambio táctico adoptado por el gestor aeroportuario cuando se superan determinados valores umbrales de RVR o de visibilidad que implica la paralización de las operaciones en el lado aire. En este caso, se mantuvo en vigor durante 7 horas y 30 minutos pues la visibilidad permaneció por debajo de 800 m durante todo ese intervalo.

4. Impactos

El impacto es la alteración de la operativa de un aeródromo como consecuencia de la ocurrencia de uno (o varios) fenómenos meteorológicos. Cuantificar en qué medida un aeródromo puede verse afectado por la fenomenología atmosférica dependerá no solo del fenómeno meteorológico en sí, sino también de otros condicionantes como, por ejemplo, el tráfico, la capacidad o la dotación instrumental con la que se cuenta.

Cuantificar la vulnerabilidad de GCTS ante sus fenómenos de impacto no es fácil. Para ello, será clave disponer de información que trasciende el ámbito meteorológico, como por ejemplo: aterrizajes frustrados por condiciones meteorológicas, activación de procedimientos de baja visibilidad, activación de la suspensión de repostajes, número de cancelaciones o desvíos a aeródromos alternativos.

En la [figura 27](#) se presenta el número relativo de frustradas por cizalladura en GCTS. La proporción se ha determinado en relación al total de frustradas correspondientes al periodo 2015-2019. Puede apreciarse un máximo en los meses de julio y agosto, coincidente con la época del año en la que el entorno sinóptico suele estar regido por un anticiclón atlántico, causante del régimen de alisios sobre Canarias.

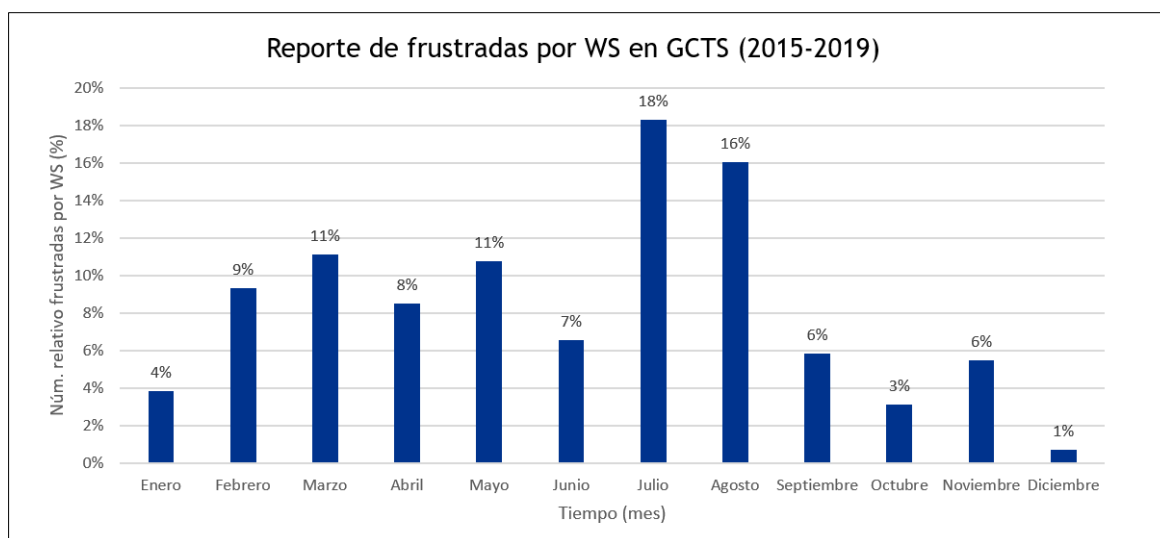


Figura 27. Número de reportes de frustradas por cizalladura en relación al total anual (periodo 2015-2019) en GCTS. Fuente: TWR (ENAIRE).

La cizalladura no se predice en el TAF sino que se incluye como información adicional en el METAR y SPECI, siempre y cuando sea reportada por las aeronaves que se aproximan al aeropuerto, por el sistema LLWAS o por los anemómetros de pista. A este respecto, el apartado 7.4.3 del anexo 3 de OACI dispone lo siguiente:

«En los aeródromos en los que la cizalladura del viento se detecte mediante equipo basado en tierra [LLWAS en GCTS], se expedirán las alertas de cizalladura del viento generadas por estos sistemas»

Las alertas a las que se alude se difundirán por parte de la EMAe siempre y cuando se considere que la presencia de cizalladura tenga un potencial impacto en las aeronaves, ya sea en la aproximación final o en el ascenso inicial. Esta información aporta un valor añadido significativo para los usuarios en la toma de decisiones.

En la [figura 28](#) se presenta conjuntamente el número relativo de frustradas por cizalladura durante el periodo 2015-2019 junto con los reportes METAR que cifran este fenómeno de impacto. De esta forma, se comprueba en qué medida este informe meteorológico y rutinario de aeródromo contenía información concerniente a la cizalladura cuando se reportó una frustrada. En gris se denota la proporción de frustradas por cizalladura donde el METAR en vigor no reflejó información de cizalladura. Por su parte, en azul se muestran aquellas en las que el METAR sí cifró información adicional al respecto.

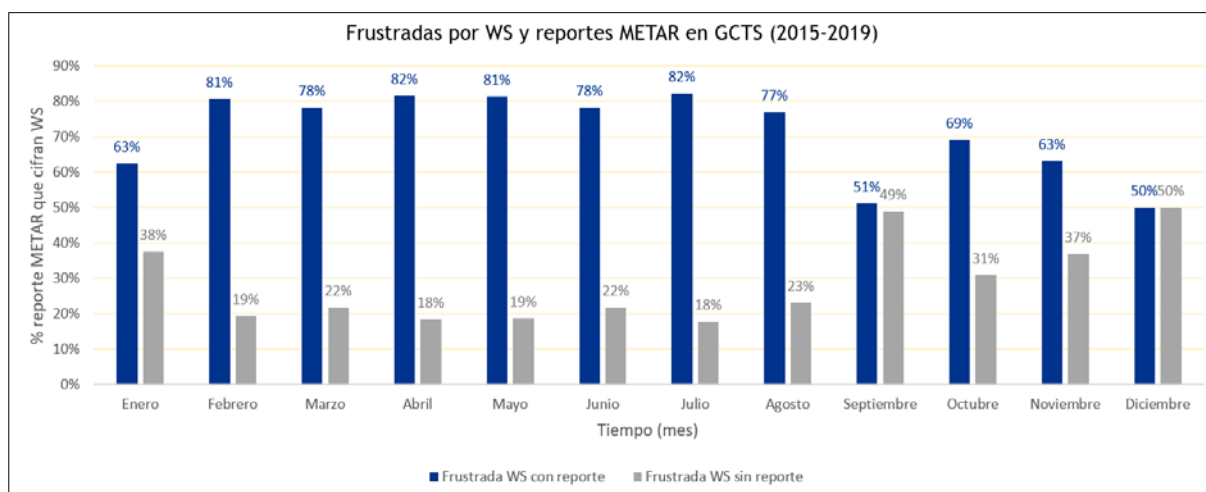


Figura 28. Reportes METAR que cifran cizalladura cuando se notifica una frustrada por cizalladura en GCTS. Fuente: TWR (ENAIRe) y EMAe (AEMET).

A este respecto, se concluye:

- El número relativo de frustradas por cizalladura sin que el METAR en vigor cifre información al respecto nunca supera a las que sí la cifran. Concretamente, corresponden al 24 % del total de frustradas por cizalladura del periodo 2015-2019.
- La proporción de frustradas por cizalladura sin que el METAR en vigor cifre información al respecto es comparativamente mayor en los meses de octubre, noviembre y diciembre. Este hecho sugiere los siguientes comentarios:
 - Más allá del alcance del LLWAS, AEMET depende de las notificaciones de los pilotos (PIREPS) para conocer la existencia de cizalladura y, en

consecuencia, incluirla en los METAR. Como ya se mencionó, el sistema LLWAS vigila la pista y sus correspondientes trayectorias de aproximación final y ascenso inicial alcanzando hasta una 1 milla náutica de distancia horizontal desde la cabecera de pista, se traduce en una elevación aproximada de 500 ft. Por su parte, la cobertura espacial de la información cifrada en el METAR en lo que respecta a la cizalladura llega hasta 1600 ft (500 m).

- **Escenario meteorológico:** por lo general, durante esta fase del año, la presencia de cizalladura está favorecida por microrráfagas y frentes de racha asociados a la presencia una baja presión atlántica en las inmediaciones del archipiélago canario (viento sinóptico de SW-NW). En este caso, la cizalladura observada está originada por un fenómeno meteorológico cuya escala espacial y temporal es menor.

La [figura 29](#) representa el viento medio en GCTS que se ha computado a partir del viento cifrado en el METAR para cada una de las frustradas reportadas durante el periodo 2015-2019.

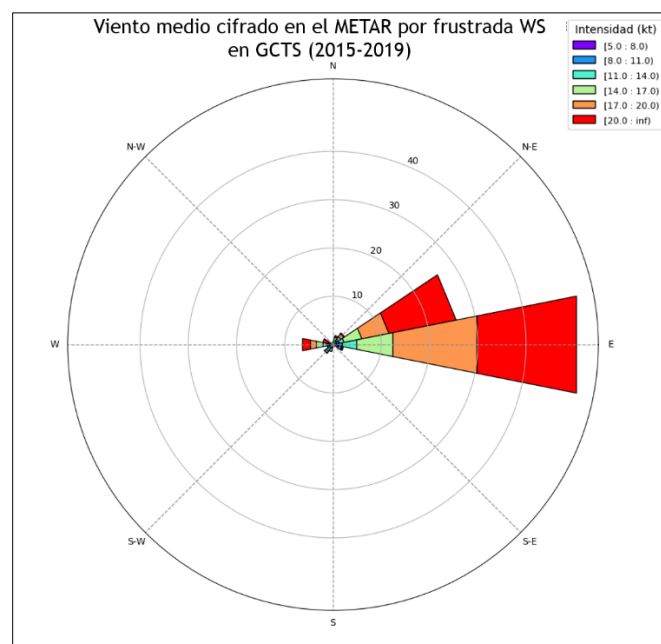


Figura 29. Comportamiento del viento medio elaborado a partir de todas las frustradas causadas por cizalladura en GCTS durante el periodo 2015-2019. Fuente: EMAe (AEMET) y TWR (ENAIRe).

De lo anterior, cabe señalar:

- La dirección E (45°) es la más frecuente cuando se reporta una frustrada por cizalladura, pues abarca más del 40 % de todos los casos, seguida de la dirección ENE
- Las intensidades más altas en estos eventos corresponden a la dirección E
- Estas frustradas pueden producirse cuando las aeronaves no tienen información previa de la presencia de cizalladura al encontrarse fuera del alcance del LLWAS, es decir, a más de 1 NM desde la cabecera de pista (que se traduce en una elevación

de 500 ft sobre la superficie). Por este motivo, es muy importante que los pilotos la notifiquen a TWR para incluirla en los reportes METAR y como información adicional en el ATIS. De esta forma, el resto de aeronaves posteriores estarían advertidas de la presencia de este fenómeno de impacto.

5. Resumen

El análisis meteorológico orientado a impactos en GCTS se resume en dos fenómenos de impacto ([cizalladura](#) y [calima](#)) cuya presencia afectaría a la operatividad del aeropuerto en forma de cancelaciones, retrasos, desvíos, aterrizajes frustrados, activación de procedimientos de baja visibilidad o cambios de configuración.

En primer lugar, la cizalladura está favorecida por dos escenarios meteorológicos: *alisios* (viento sinóptico del NE) y baja presión atlántica (viento sinóptico de componente W). El primero de los anteriores es el principal precursor del impacto. Por su parte, la cercanía de GCTS al continente africano hace que sea más vulnerable a los eventos de calima. En estos casos, la reducción de visibilidad puede llevar a la activación de procedimientos aeroportuarios (PPOAM). Las características principales de ambos escenarios pueden encontrarse en las [tablas II y III](#).

Para valorar el impacto, se han analizado los datos de frustradas por cizalladura desde 2015 a 2019 y su relación con el viento cifrado en los reportes METAR para cada uno de los eventos. De esta forma, se confirma que los alisios son su principal causa meteorológica pues el mayor número de frustradas coincide con la temporada en la que cobran especial relevancia (verano).

El objetivo de la presente guía es que pueda servir como una interesante herramienta de asesoramiento para los usuarios aeronáuticos que deseen conocer mejor el entorno meteorológico donde llevan a cabo sus operaciones.

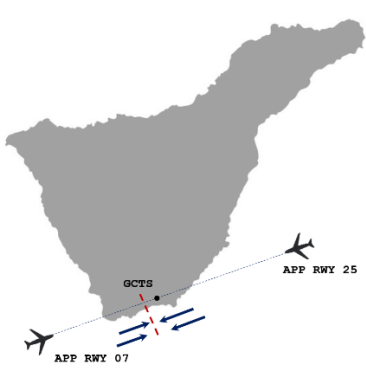
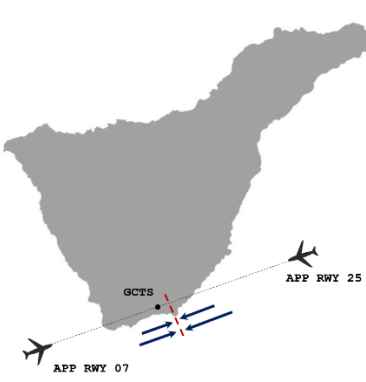
La cizalladura en GCTS								Impactos
Escenarios								
Alisios (viento sinóptico NE)				Baja presión atlántica (viento sinóptico de componente W)				
Primavera-Verano				Otoño-invierno				
Dirección e intensidad		Rachas (Dirección e intensidad)		Dirección e intensidad		Rachas (dirección e intensidad)		
80º	19 kt	60º	33 kt	250º	10 kt	250º	28 kt	
								
Información adicional en el METAR								
WS en la cabecera 07								
WS en la cabecera 25								
WS en ambas cabeceras								

Tabla II

La calima en GCTS		
Escenario sinóptico	Frecuencia (periodo 2005-2019)	Impactos
Viento del SE Baja presión en la cordillera del Atlas africano	Máximo en febrero-marzo	Reducción de la visibilidad Desvíos Retrasos Cancelaciones
Viento medio en el aeropuerto		
70° 12 kt		

Tabla III

6. Summary

The meteorological analysis focused on impacts in GCTS could be summarized by means of two impact phenomena ([windshear and haze](#)) whose presence may affect the airport operations and air traffic management: cancellations, delays, diversions, go-arounds, activation of low visibility procedures or configuration changes.

Firstly, windshear is favored by two meteorological scenarios: *trade winds* (NE synoptic wind) and *Atlantic Low Pressure* (W component synoptic wind). The first of the above is the main precursor of the impacts under windshear circumstances. Secondly, the closeness of GCTS to the African continent makes it more vulnerable to haze episodes. In those cases, the reduction of visibility may cause the activation of airport procedures (PPOAM). Detailed information can be found in [tables IV and V](#).

In order to assess the impact, go-arounds data since 2015 until 2019 and their relationship with the wind reported in METAR reports for each episodes has been analyzed. Thus, it has been concluded that trade winds are the main meteorological cause, as the highest number of go-arounds coincides with the season in which they are particularly relevant (summer).

This meteorological guide is aimed to provide an interesting advisory tool for those aeronautical users who wish to know more about the meteorological environment where their operations are embedded.

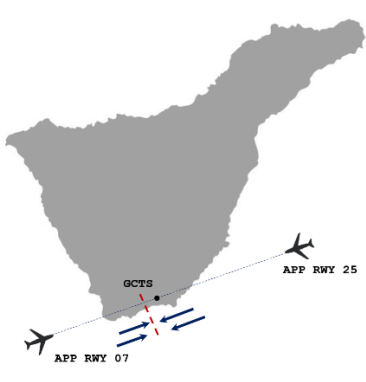
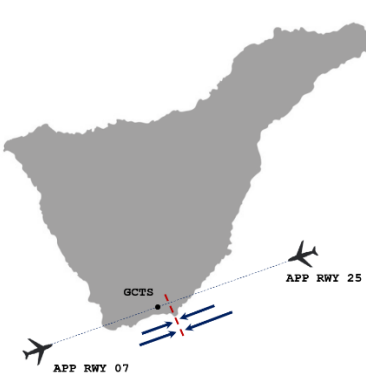
Windshear in GCTS							
Scenarios						Impacts	
Trade winds (NE synoptic wind)				Atlantic low pressure (W component synoptic wind)			
Spring-Summer				Autumn-Winter			
Direction and intensity		Gust (direction and intensity)		Direction and intensity		Gust (direction and intensity)	
80°	19 kt	60°	33 kt	250°	10 kt	250°	28 kt
							
Configuration changes Go-arounds Diversions Delays Cancellations							
Additional METAR information							
WS RWY 07							
WS RWY 25							
WS ALL RWY							

Table IV

Haze in GCTS			
Synoptic scenario		Frequency (2005-2019 period)	Impacts
SE wind Low pressure over Atlas mountains (NW Africa)		Maximum in February-March and July-August	Low visibility Diversions Delays Cancellations
Airport mean wind			
70°	12 kt		

Table V

7. Referencias

De Ory Ajamil, F. (1996): **Memorandum Climatológico descriptivo del Aeropuerto de Tenerife Sur**. Instituto Nacional de Meteorología. Centro Meteorológico de Tenerife. Documento de uso interno, 40 pp.

OACI (2018): **Anexo 3 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional**. Vigésima edición, 230 pp.

OACI Doc. 9817 (2005): **Manual sobre cizalladura del viento a poca altura**, 242 pp.

Verniere Ferrer R. (2014). **Guía meteorológica del aeropuerto de Tenerife sur: efecto del viento y de la cizalladura durante las operaciones de aproximación, aterrizaje y despegue**. Documento oficial de uso interno (GMA-GCTS-P1.CIZALLADURA), 15 pp.

8. Agradecimientos

Máximo Marrero Hernández, Jefe de TWR/APP Tenerife Sur (ENAIRE)

Joaquín Iriarte Callejas, Responsable de Seguridad Operacional. Aeropuertos Grupo Canarias (AENA)

AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA
Leonardo Prieto Castro 8
28040 Madrid (España)

