

Guía Meteorológica de Aeródromo: Tenerife Norte-Ciudad de La Laguna



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

Textos: Sergio Fernández González y Alejandro Méndez Frades

Revisión: María Rosa Pons Reynés y David Suárez Molina

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.GCXO>

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. | NIEBLA Y TECHO DE NUBES BAJO | 9 |
| 4. | Impactos | 19 |
| 5. | Resumen | 24 |
| 6. | Summary | 26 |
| 7. | Referencias..... | 28 |
| 8. | Agradecimientos | 29 |

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 permite gestionar situaciones de riesgo con mayor solvencia.

1.2. Aplicación para el caso del aeropuerto de Tenerife Norte

En la [figura 1](#) se detalla el diagrama de Ishikawa para el aeropuerto de Tenerife Norte-Ciudad de La Laguna (en adelante, GCXO). Este esquema muestra, 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.

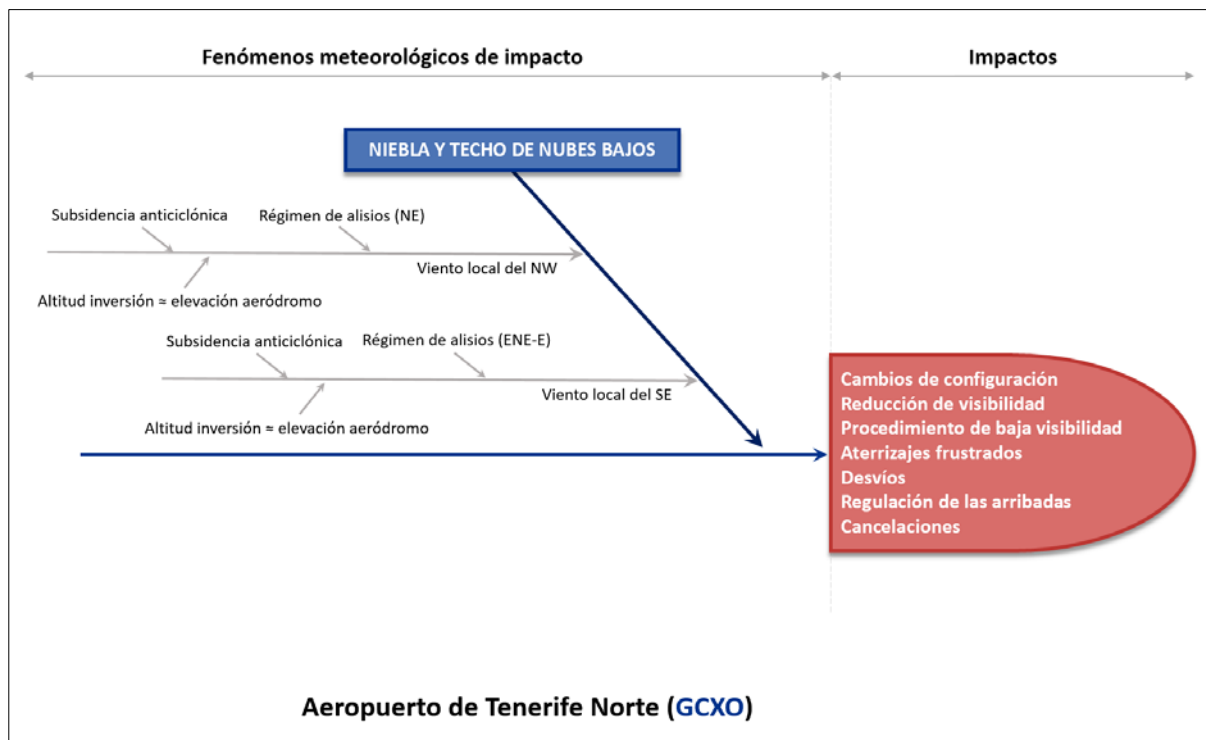


Figura 1. Diagrama de Ishikawa para GCXO: la identificación de los fenómenos meteorológicos de impacto exige un conocimiento detallado del entorno meteorológico en el que se encuentra embebido. Ello posibilitará establecer su relación con los impactos observados en su marco operativo.

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 nordeste-suroeste actúa de barrera, al dividir la isla en dos vertientes: la norte y la sur (figura 2).

GCXO se encuentra al nordeste de la isla y en un collado flanqueado lateralmente por dos cotas relativamente altas: el Macizo de Anaga, con orientación nordeste-suroeste y altitud máxima de 1020 metros sobre el nivel del mar y la Cordillera Dorsal (también llamada dorsal de Pedro Gil), con orientación nordeste-sureste, con una longitud de 25 kilómetros de longitud y altitud media de 1600 metros sobre el nivel del mar.

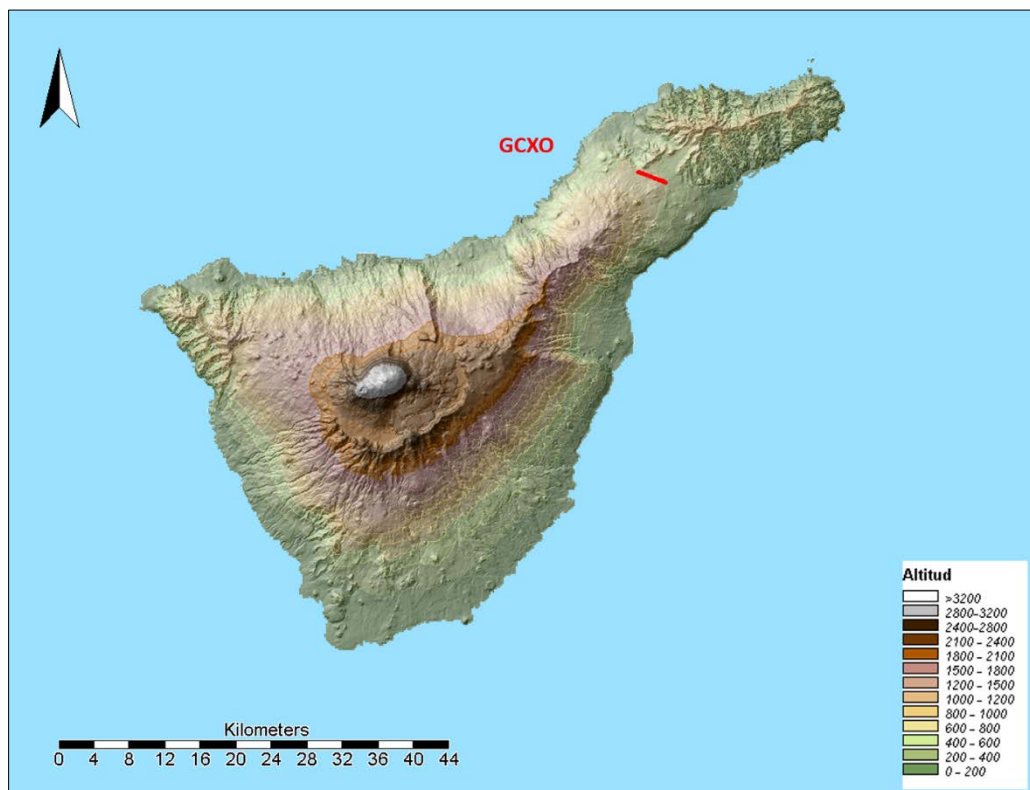


Figura 2. Situación geográfica de GCXO: la pista del aeródromo se localiza en la línea roja representada. La altitud se expresa en metros (leyenda). Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

La [tabla 1](#) muestra los datos geográficos de GCXO.

| Datos geográficos | | |
|----------------------|------|------------------------------------|
| Nombre del aeródromo | | Tenerife Norte-Ciudad de La Laguna |
| Indicativo | OACI | GCXO |
| | IATA | TFN |
| Latitud | | 28° 28' 58'' N |
| Longitud | | 016° 20' 30'' W |
| Elevación | | 633 m / 2077 ft |

Tabla 1

La pista (12/30) está orientada en la dirección NW-SE (115°-295°). El METAR se elabora en la cabecera de pista 30. El aeropuerto se localiza en el municipio de San Cristóbal de La Laguna y a 10 km de Santa Cruz de Tenerife.

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

- Configuración (I): arribadas y salidas por la cabecera de pista 30
- Configuración (II): arribadas y salidas por la cabecera de pista 12

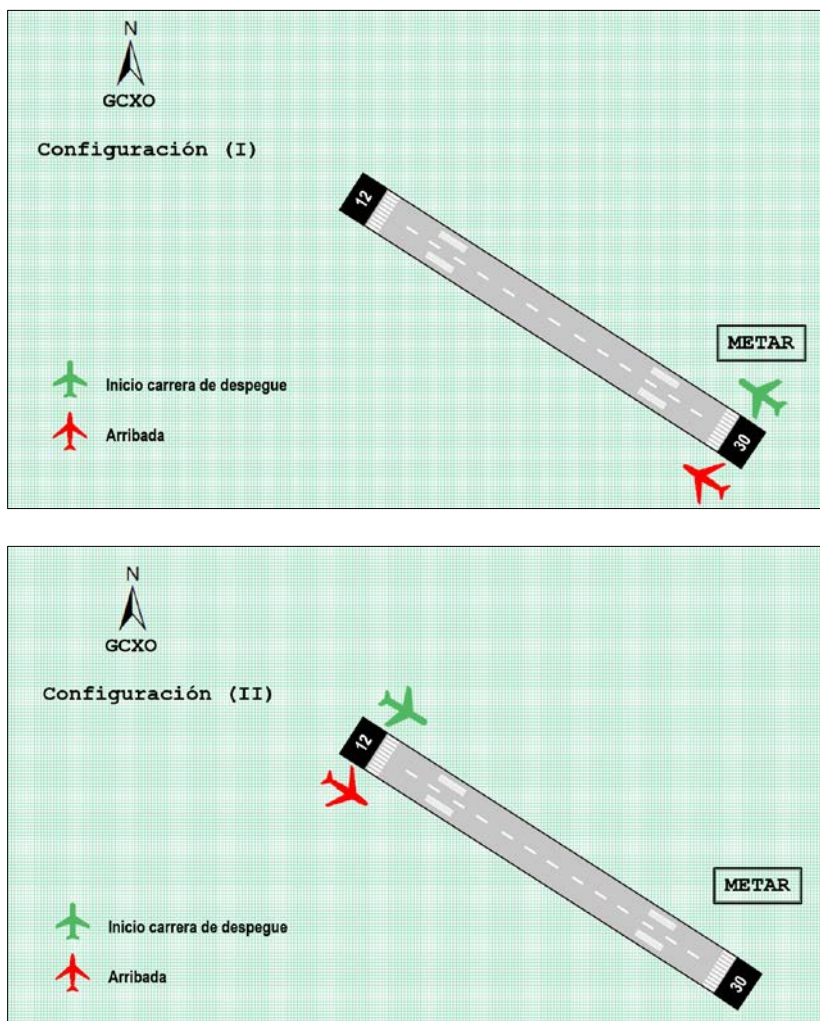


Figura 3. Orientación de la pista (12/30) y configuraciones de operación en GCXO.

3. Fenómenos de impacto

3.1. NIEBLA Y TECHO DE NUBES BAJO

La visibilidad meteorológica es la distancia máxima a la que un determinado objeto puede ser visto y reconocido contra el horizonte por un observador, sin que intervenga un procedimiento de iluminación. En relación con la visibilidad horizontal, se define el alcance visual en pista, RVR (*Runway Visual Range*), como la máxima distancia horizontal a la cual, un piloto puede percibir las marcas o señales luminosas que delimitan la pista o que señalan su eje.

3.1.1. Generalidades

La suspensión en el aire de gotitas microscópicas de agua formadas como consecuencia de la condensación del vapor de agua forma un velo blanquecino que cubre el paisaje. Este fenómeno reduce la visibilidad. Cuando se da en superficie y la visibilidad horizontal desciende por debajo de un kilómetro, se cifra niebla (FG) en el METAR. Por otra parte, cuando la visibilidad horizontal se sitúa entre 1 km y 5 km, se cifra bruma (BR).

Aparte de los anteriores, la operatividad de los aeropuertos se puede ver afectada por la presencia de techo de nubes bajos. El techo de nubes es un concepto aeronáutico que se corresponde con aquella situación en la que la mitad o más de cielo está cubierto por nubes (lo que en términos aeronáuticos se correspondería con el cifrado de BKN y OVC en los METAR). El techo de nubes es la altura de la base de nubes sobre la superficie del aeródromo. No hay que confundir el techo de nubes con la cima, que sería el nivel superior hasta el que llega una capa nubosa.

3.1.2. Escenarios meteorológicos precursores

En niveles bajos, el viento está regido, en última instancia, por la orografía. De hecho, el flujo incidente sinóptico incidente puede modular su intensidad (acelerarse/frenarse) o modificar su dirección (virar) a causa del gradiente altitudinal o la existencia de canales y barranqueras. Para el caso particular de GCXO, el relieve circundante canaliza el viento de forma eficiente en las direcciones del NW y del SE.

En la rosa de vientos representada en la [figura 4](#), la escala de colores revela las intensidades, asociándose los colores fríos 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

comprende las direcciones, se asocia con una mayor frecuencia relativa acumulada. En esencia, se trata de la climatología del viento cifrado en los METAR de GCXO durante el periodo 2010-2019. Por simple inspección visual se concluye que las dos direcciones prevalentes son NW (315°) y SE (135°). Ambas coinciden con la orientación de las pistas 12/30 si bien, hay mayor frecuencia de los primeros sobre los segundos.

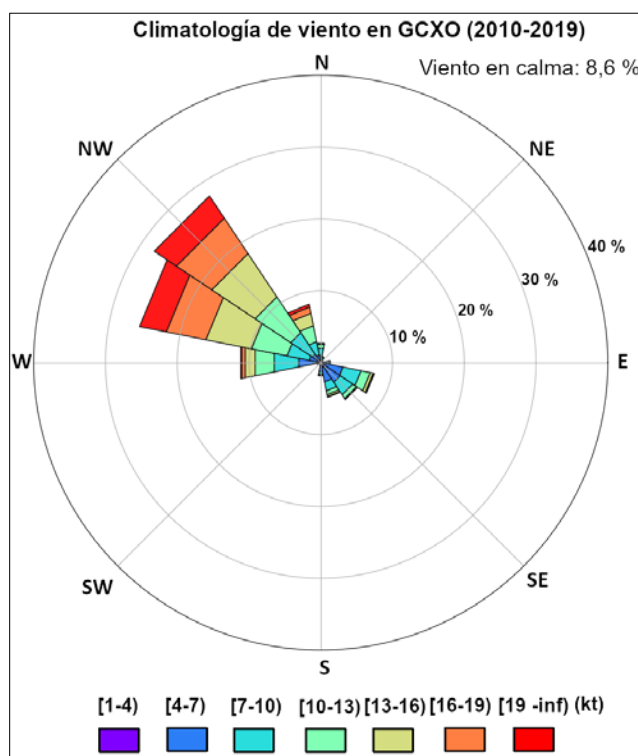


Figura 4. Rosa del viento medio de GCXO obtenida a partir de los METAR del periodo 2010-2019.

Los obstáculos orográficos circundantes mencionados anteriormente también son los causantes de la presencia de cizalladura en la aproximación, si bien su impacto en la operativa es marginal en comparación con los episodios de visibilidad reducida.

El *mar de nubes* que se forma en la vertiente norte de la isla se justifica en base a la dinámica regida por la alta presión subtropical ubicada en la cuenca atlántica. La subsidencia anticiclónica hace que la masa de aire descienda progresivamente de altitud y, al mismo tiempo, se caliente por compresión adiabática hasta llegar a niveles bajos (capa de mezcla marítima, estrato comparativamente más frío y húmedo por estar en contacto con la superficie oceánica). En último caso, se forma una inversión térmica que separa dos estratos diferenciados: niveles medios (aire comparativamente cálido y seco por la subsidencia) y niveles bajos (aire comparativamente frío y húmedo). En éste último, el océano Atlántico aporta humedad y, además, enfría la masa de aire superficial al estar relativamente frío por el afloramiento de aguas profundas asociado al alisio. Para detalles, véase [figura 5](#).

El enfriamiento que se produce por estar en contacto con la capa de mezcla marítima y el posterior ascenso orográfico posibilita la condensación y, en última instancia, la formación

de nubosidad en forma de estratocúmulos (Sc) cuyo espesor está limitado por la mencionada inversión.

El anticiclón subtropical constituye una región manantial de aire en superficie que, según desciende de altitud por subsidencia (de dirección W, NW a NE; Canarias está aguas abajo de la dorsal atlántica de niveles medios-altos) y se aleja por divergencia horizontal, acaba formando, varios grados de latitud más al sur, una inversión en las inmediaciones de Tenerife. Este elemento es esencial para que acabe formándose nubosidad en las laderas a barlovento de la isla y, como consecuencia, origina un entorno de visibilidad reducida en GCXO.

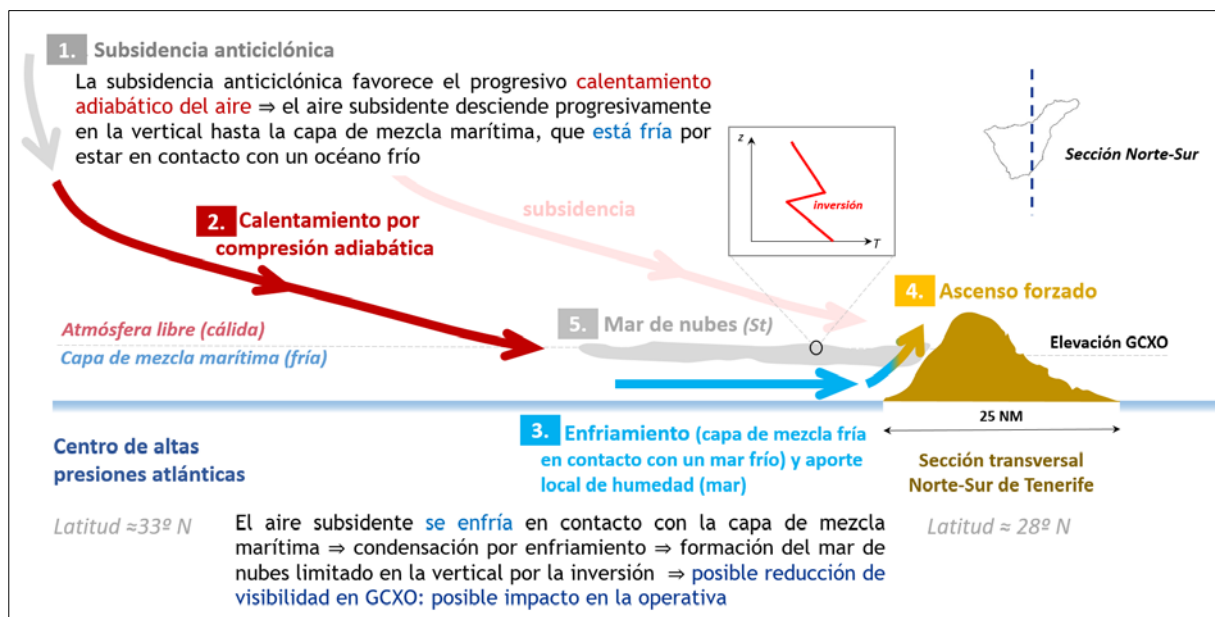


Figura 5. Modelo conceptual de la formación del mar de nubes en la vertiente norte de Tenerife. La particular situación de GCXO es muy propicia para que se formen episodios de baja visibilidad con impacto.

La figura 6 muestra resumidamente la secuencia de procesos dinámicos y termodinámicos que intervienen. Las condiciones meteorológicas a escala sinóptica son precursoras de la ocurrencia de un escenario de visibilidad reducida en un entorno local como es GCXO.

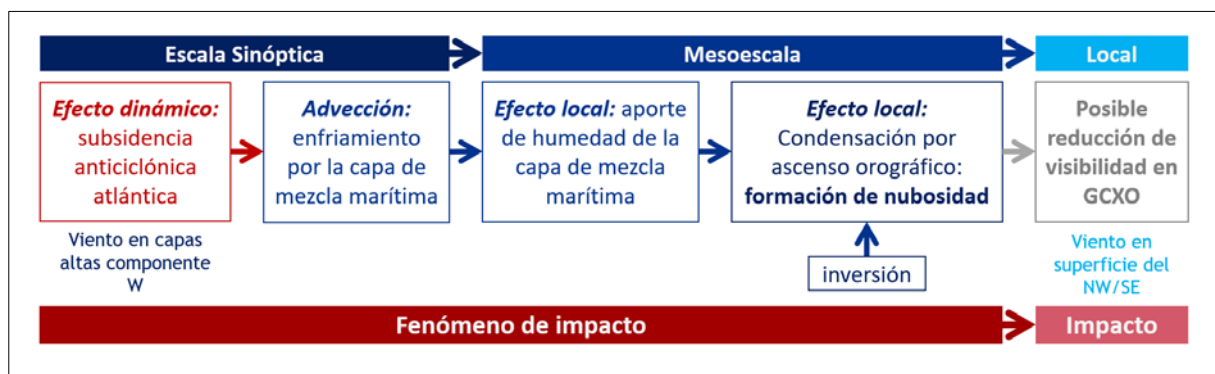


Figura 6. Secuencia de procesos precursoros de la formación de nubosidad local en GCXO y su puesta en contexto con las escalas meteorológicas y la cuestión del impacto.

La formación de episodios de visibilidad reducida en GCXO está regida por la altitud de la inversión. De esta forma, si se sitúa por debajo (o muy por encima) de la elevación del aeródromo, su impacto es nulo o prácticamente nulo (figura 7).

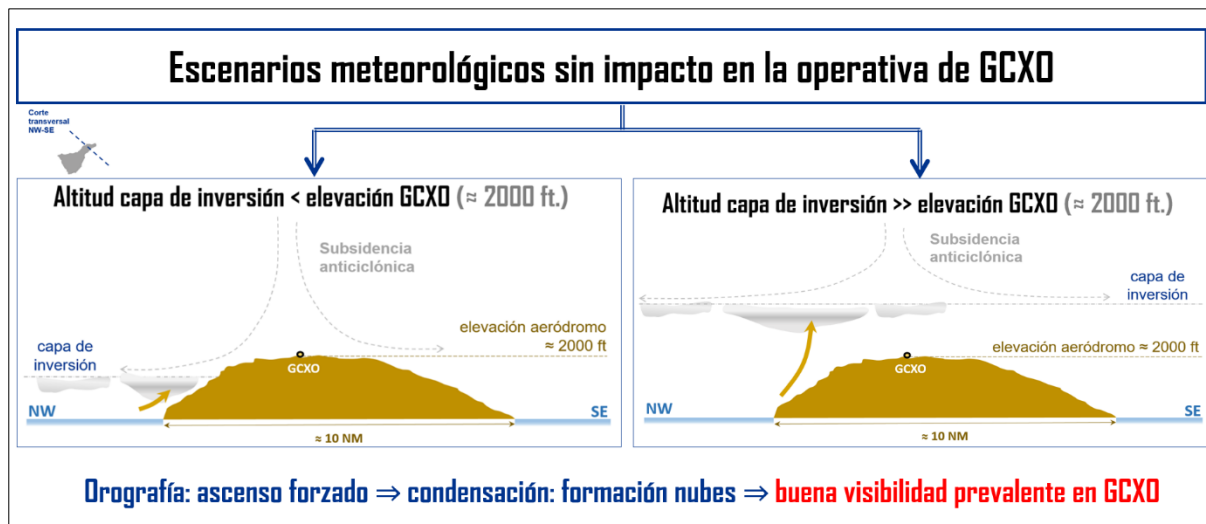


Figura 7. La altitud de la inversión favorecida por la subsidencia anticiclónica determina, en última instancia, la visibilidad prevalente en el aeropuerto.

En la figura 8 se muestra la frecuencia mensual de la altitud de la inversión a través de los sondeos elaborados en Güímar por AEMET durante el periodo 2010-2019. Se constata que ésta tiene un marcado ciclo anual, toda vez que alcanza un máximo en verano y un mínimo en invierno.

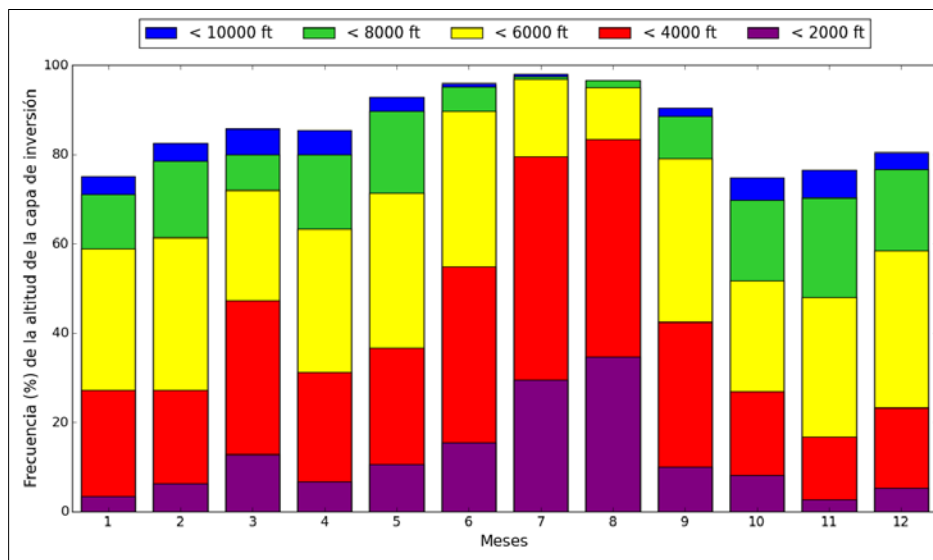


Figura 8. Frecuencia mensual (%) de distintos rangos de la altitud de la inversión medida a través de los sondeos de Güímar durante el periodo 2010-2019.

Particularmente, en invierno, cuando la altitud de la inversión se sitúa entre los 4000 ft y 6000 ft, el techo de nubes se halla por encima de la elevación de GCXO (2077 ft) y, por tanto, no son tan comunes los problemas de visibilidad (figura 7, derecha). Sin embargo, esta regla carece de validez durante eventos de llovizna y lluvia, especialmente aquellos

asociados a sistemas frontales asociados a depresiones de latitudes medias. En tales situaciones, la formación de bancos de niebla o incluso la propia llovizna, pueden originar reducciones de visibilidad cuya evolución es ajena al ciclo diurno.

En verano, la inversión suele situarse entre los 2000 ft y 4000 ft ([figura 8](#)). En episodios con subsidencia muy marcada (poco habitual), la inversión puede formarse por debajo de los 2000 ft, con el mar de nubes (St) por debajo de la elevación de GCXO ([figura 7](#), izquierda). Este escenario no es habitual con flujo del NW. La llovizna es un fenómeno a tener en cuenta cuando la capa nubosa es espesa, especialmente en la transición de primavera a verano y de verano a otoño.

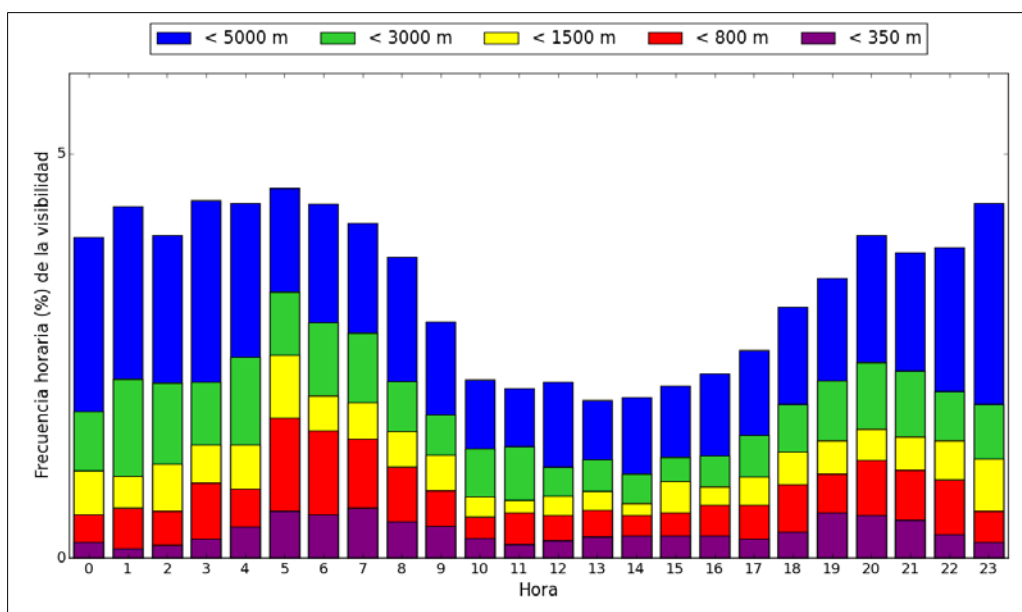


Figura 9. Frecuencia horaria (%) de la visibilidad en GCXO durante el periodo 2010-2019.

El comportamiento medio diario de la visibilidad se muestra en la [figura 9](#). El mecanismo rector que lo justifica la variación cíclica observada es la irradiación nocturna. Si en las horas nocturnas el enfriamiento favorece la formación de nubosidad, a primeras horas de la mañana, el calentamiento diurno la disipa y, en última instancia, mejora considerablemente las condiciones de visibilidad en el aeropuerto.

Para que la nubosidad origine visibilidad reducida en GCXO, la altitud de la inversión tiene que ser prácticamente igual a la elevación del aeródromo. Teniendo en cuenta esta premisa, los dos escenarios meteorológicos con impacto son:

- i. Régimen de alisios del NE (viento del NW en GCXO)
- ii. Régimen de alisios del NE-E (viento del SE en GCXO)

En el primer caso, la orografía de la isla modifica el régimen de alisios del NE (45°) a NW (315°) en GCXO. La masa de aire marítima adveçada por los alisios y cargada de humedad, remonta la ladera norte de la isla. Consecuencia de ese ascenso forzado, se forma nubosidad baja en la vertiente norte y por debajo de la inversión, impelida ésta última por la subsidencia anticiclónica ([figura 10](#)). La posibilidad de que la visibilidad se reduzca hasta tal punto de tener impacto en el marco operativo del aeródromo es mayor cuando la

altitud de la inversión se sitúa en torno a la elevación del aeródromo (entre 2000 ft y 4000 ft). En este escenario, la cabecera de pista que primeramente está afectada es la 12, aunque posteriormente pueda implicar a la 30. En algunas ocasiones, estos episodios pueden ir asociados a llovizna.

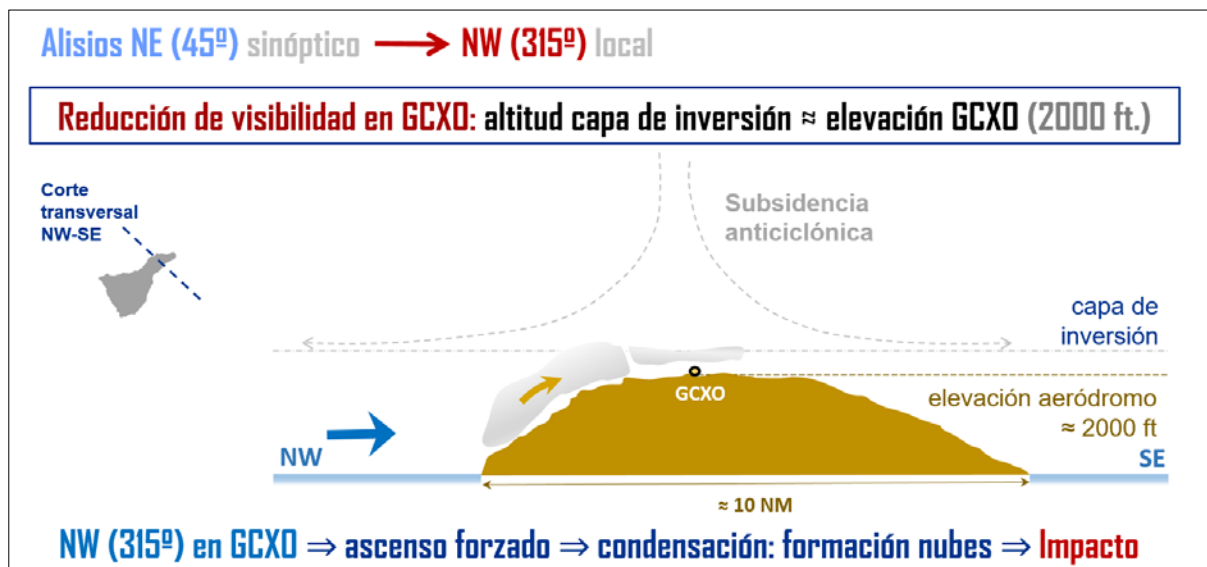


Figura 10. Escenario meteorológico con impacto en GCXO: la visibilidad reducida en GCXO causada por el ascenso forzado de una masa de aire húmeda impelida por un viento del NW.

La inversión que se forma a causa del enfriamiento en capas bajas puede realizarse por el aire subsidente de capas medias y altas, comparativamente más cálido y seco (figura 11, fechas en rojo).



Figura 11. La reducción de visibilidad impelida por alisios del NE (45º). El viento en GCXO es del NW (315º).

El episodio del 14 de julio de 2019 es un buen ejemplo del escenario ya comentado. En esta ocasión, el aeródromo operaba según la configuración II (arribadas y salidas por la cabecera de pista 30). Durante este día, se reportó un total de 27 frustradas por mala

visibilidad que, en algunos casos, supusieron desvíos a los alternativos de Tenerife Sur (GCTS) y Gran Canaria (GCLP).

El entorno sinóptico denota la presencia del anticiclón subtropical en las inmediaciones de las islas Azores (latitud aproximada 37°N) y una baja presión en el Atlántico Norte (figura 12). Esta disposición favoreció conjuntamente el establecimiento, más al sur, del régimen de alisios sobre el archipiélago canario (viento sinóptico del NE) que, en GCXO, se modificó a un flujo del NW. El techo de nube llegó a situarse prácticamente en contacto con la superficie y la visibilidad bajó hasta valores de la categoría de niebla. El alcance visual en pista fue más bajo en la cabecera de pista 12.

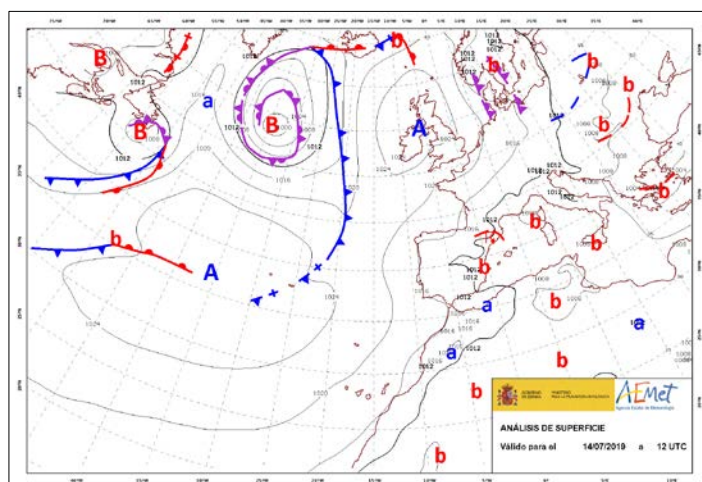


Figura 12. Análisis de superficie del 14 de julio de 2019 a las 12 UTC en el que se muestra el campo de presión a nivel del mar. La presencia del anticiclón sobre las islas Azores favorece los vientos alisios que, con dirección NE a escala sinóptica, se canalizan a NW en GCXO.

Los reportes METAR mostrados en la figura 13 muestran la persistente reducción de visibilidad que tuvo lugar entre las 17:00 UTC y las 20:00 UTC, constatándose la mayor reducción en la cabecera de pista 12 a las 14:20 UTC (200 metros de visibilidad prevalente). Las intensidades del viento estuvieron comprendidas entre los 10 kt y 20 kt.

| |
|--|
| METAR GCXO 140500Z 29015KT 8000 2000NW BCFG SCT000 BKN006 17/17 Q1020= |
| METAR GCXO 140600Z 29016KT 9999 FEW001 SCT005 BKN007 17/17 Q1020= |
| METAR GCXO 140700Z 30016KT 260V320 9999 1800NW BCFG -DZ FEW000 SCT004 BKN006 17/17 Q1020= |
| METAR GCXO 140800Z 30019KT 0200 R30/0750D R12/0350N BCFG -DZ SCT000 BKN002 18/18 Q1020= |
| METAR GCXO 140900Z 30017KT 9999 FEW005 SCT007 BKN009 19/18 Q1021= |
| METAR GCXO 141000Z 29017KT 9999 FEW004 SCT007 BKN009 19/16 Q1021= |
| METAR COR GCXO 141100Z 30020KT 280V340 9999 SCT007 22/18 Q1021= |
| METAR GCXO 141200Z 30021KT 9999 SCT010 21/16 Q1021= |
| METAR GCXO 141300Z 29019KT 9999 SCT009 22/17 Q1021= |
| METAR GCXO 141400Z 29017KT 0600 R30/1900N R12/1600D -DZ BCFG SCT000 BKN003 19/18 Q1021= |
| METAR GCXO 141500Z 30017KT 3000 1000NW BCFG -DZ FEW000 SCT002 BKN005 20/19 Q1020= |
| METAR GCXO 141600Z 29017KT 3500 1600NW R30/P2000 R12/0700D BCFG FEW000 BKN004 20/19 Q1020= |
| METAR GCXO 141700Z 29018KT 0700 R30/1600D R12/0750D BCFG -DZ SCT000 BKN003 20/19 Q1020= |
| METAR GCXO 141800Z 29016KT 0600 R30/1100U R12/1400U FG -DZ SCT000 BKN002 19/19 Q1020= |
| METAR GCXO 141900Z 30015KT 0600 R30/1100U R12/0750N FG -DZ SCT000 BKN002 18/18 Q1020= |
| METAR GCXO 142000Z 30018KT 0600 R30/1800N R12/0500N FG -DZ SCT000 BKN002 18/18 Q1020= |
| METAR GCXO 142100Z 29017KT 6000 BCFG FEW001 SCT003 BKN006 18/18 Q1020= |
| METAR GCXO 142200Z 29017KT 4000 1800NW R30/1800U R12/0800U BCFG -DZ SCT000 BKN004 18/18 Q1021= |

Figura 13. METAR horarios cifrados en GCXO el día 14 de julio de 2019 entre las 05:00 UTC y las 22:00 UTC durante un episodio de visibilidad reducida asociado a viento del NW de entre 15kt y 20 kt. La visibilidad desciende de 1000 m, por lo que se cifra niebla (FG) en los METAR.

El segundo de los escenarios, aunque menos frecuente, se origina cuando el anticiclón subtropical está lejos del archipiélago de las Azores. El escaso gradiente bórico en el entorno de las Canarias favorece la formación de una inversión débil y el establecimiento de un viento sinóptico débil de componente E (NE-E, entre 45° y 90°) que, en GCXO, cambia su dirección al SE (135°). La condensación que se forma por el ascenso orográfico propicia la aparición de nubosidad en la vertiente sur (figura 14). En este caso, la visibilidad se reduce antes en la cabecera de pista 30. Asimismo, el escenario descrito puede ir asociado a precipitaciones, generalmente lloviznas, que también podrían contribuir a disminuir la visibilidad.

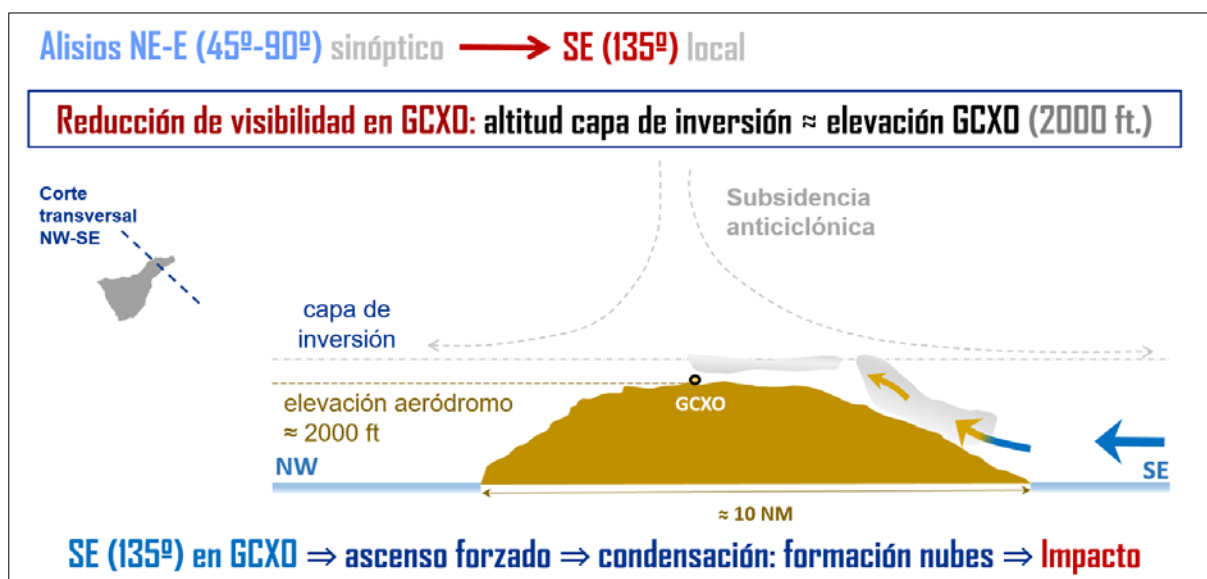


Figura 14. Escenario meteorológico con impacto en GCXO: la visibilidad reducida en GCXO causada por el ascenso forzado de una masa de aire húmeda impelida por un viento del SE.

Como en el caso anterior, la correlación del flujo en capas altas (subsidente, más cálido y seco) y bajas (más frío y húmedo) refuerza la inversión térmica. Ésta, a su vez, limita el espesor vertical de la nubosidad (figura 15, fechas en rojo).

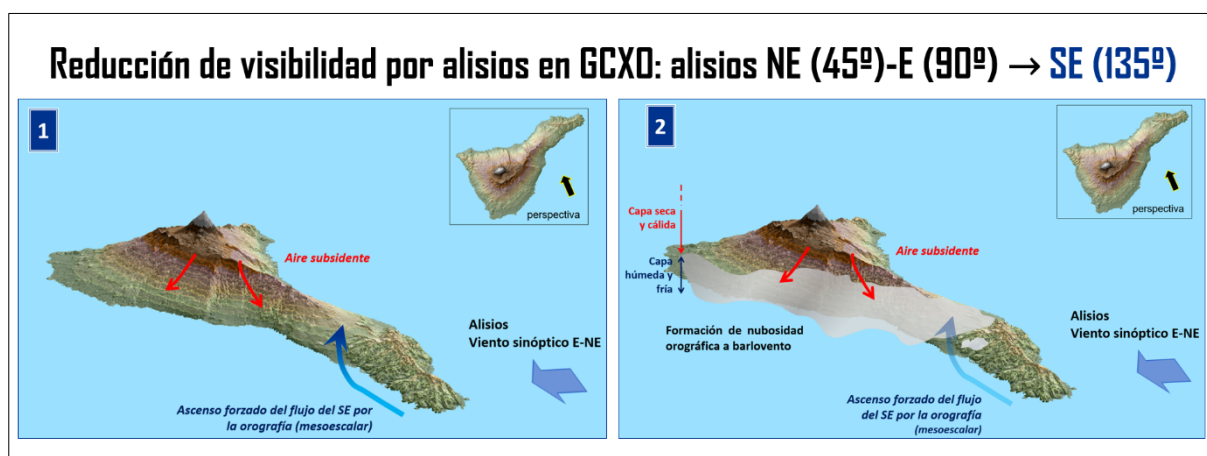


Figura 15. La reducción de visibilidad impelida por alisios del NE (45°)-E (90°). El viento en GCXO es del SE (135°).

Un ejemplo del escenario descrito corresponde al episodio del 2 de diciembre de 2017. El aeropuerto operaba en Configuración I (arribadas y salidas se realizaban por la cabecera 12). Se reportó un total de 22 frustradas causadas por la reducción de visibilidad. Otras aeronaves tuvieron que ser desviadas al alternativo GCTS.

La situación a escala sinóptica estaba marcada por el desplazamiento del anticiclón subtropical al nordeste de su posición habitual, fijando su centro al oeste de Irlanda (figura 16). El escaso gradiente bórico en el archipiélago canario posibilitó, a su vez, un régimen de alisios debilitado, predominando la componente E en lugar del NE habitual.

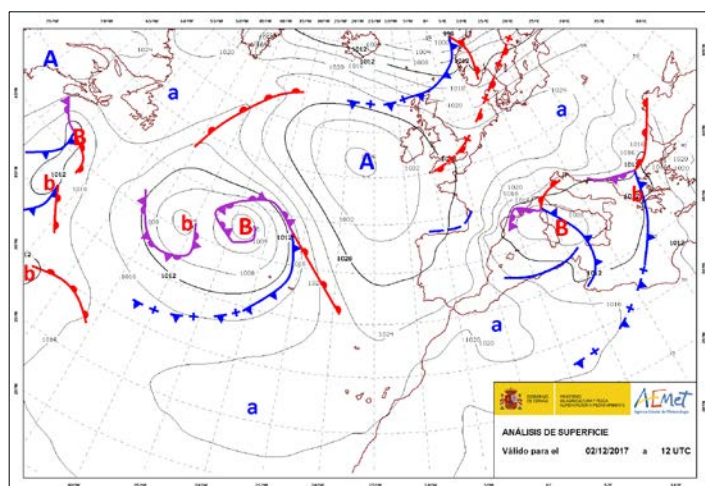


Figura 16. Análisis de superficie del 2 de diciembre de 2017 de las 12 UTC en el que se muestra el campo de presión a nivel del mar. El escaso gradiente bórico en torno a las islas Canarias favorece vientos de componente E, que se canaliza a SE en GCXO.

La relación de reportes METAR cifrados entre las 9:30 UTC y las 12:30 UTC del día en cuestión se muestran en la figura 17. Así, se constata que un techo nuboso muy bajo puede reducir la visibilidad prevalente hasta tal punto que el Observador tenga que cifrar bruma o niebla en el parte correspondiente. En cuanto al alcance visual en pista, al tratarse de un episodio de SE, la mayor reducción de visibilidad se midió en la cabecera de pista 30.

| |
|---|
| METAR GCXO 020930Z 0000KT 9000 SCT033TCU BKN055 17/15 Q1022= |
| SPECI GCXO 020954Z 0000KT 9000 BKN033 18/16 Q1022 TEMPO 4500 RA BKN005= |
| METAR GCXO 021000Z VRB01KT 9000 FEW012 SCT035 18/15 Q1022 TEMPO 4500 RA BKN005= |
| SPECI GCXO 021019Z VRB02KT 9000 4000SE BCFG FEW000 SCT010 19/16 Q1023= |
| METAR COR GCXO 021030Z VRB02KT 9999 4000SE FEW000 SCT013 BKN034 18/16 Q1023= |
| METAR COR GCXO 021100Z 11005KT 080V140 9000 4000SE FEW001 SCT006 BKN015 18/17 Q1023= |
| SPECI GCXO 021111Z 11005KT 080V140 9000 0400SE BCFG FEW000 SCT003 BKN011 17/16 Q1023= |
| SPECI GCXO 021122Z 11006KT 080V150 4000 0500SE BR FEW000 SCT003 BKN010 18/17 Q1023= |
| SPECI GCXO 021129Z 12005KT 0800 R30/1700D R12/P2000 FG FEW000 SCT003 BKN010 17/17 Q1022= |
| METAR GCXO 021130Z 12005KT 080V150 3000 0050SE BCFG FEW000 SCT003 BKN010 17/17 Q1022= |
| SPECI GCXO 021141Z 10007KT 0500 R30/1600D R12/P2000 FG FEW000 SCT008 OVC010 17/17 Q1022= |
| METAR GCXO 021200Z 11008KT 070V150 0100 R30/0450D R12/P2000 FG SCT000 OVC006 17/17 Q1022= |
| METAR GCXO 021230Z 10007KT 0100 R30/0700D R12/1900N FG SCT000 OVC003 17/17 Q1022= |

Figura 17. Secuencia de reportes METAR cifrados en GCXO el 2 de diciembre de 2017 entre las 09:30 UTC y las 12:30 UTC durante un episodio de visibilidad reducida asociado a viento del SE en GCXO (alisios del NE-E). Las intensidades del viento estaban comprendidas entre 5 kt y 10 kt. La visibilidad prevalente descendió de 1000 m, siendo más baja en la cabecera de pista 30.

No menos importante en lo relativo a los episodios de visibilidad reducida son los que se originan durante intrusiones de calima desde el continente africano. En este caso, la visibilidad se reduce por la presencia de polvo en suspensión, generalmente procedente del Sahara, diferenciándose de los casos anteriores por la baja humedad relativa (inferior al 70 %). En estos episodios, la orografía canaliza del SE cualquier flujo con direcciones entre 45° y 180°.

Además, en otras ocasiones, la reducción de visibilidad puede originarse por la yuxtaposición de dos masas de aire de distinta humedad (por ejemplo, viento húmedo del NW en la cabecera de pista 12, y seco del SE en la cabecera de pista 30), con potenciales convergencias en niveles bajos y continuamente cambiantes a lo largo del día. Sin embargo, la visibilidad durante estos episodios suele situarse en el rango de bruma. De hecho, del análisis de todos los episodios en los que se cifró calima (DZ) en los METAR a lo largo del periodo 2010-2019, se ha comprobado que la visibilidad media se sitúa en torno a 4000 m, siendo la mínima registrada de 1100 m.

Por último, cabe señalar que la llovizna y la lluvia contribuyen a la reducción de visibilidad en GCXO. Concretamente, el 8.3 % de los METAR que cifraron visibilidad inferior a 5000 m difundidos durante el periodo 2010-2019 incluían precipitación.

4. Impactos

El impacto es la alteración del marco operativo 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 cuenta.

Para evaluar la vulnerabilidad de GCXO ante los fenómenos de impacto, será clave disponer de información aeronáutica que trasciende el ámbito meteorológico. Aterrizajes frustrados, reportes de activación de procedimientos de baja visibilidad o el número de desvíos a aeródromos alternativos son algunos ejemplos al respecto.

En el caso particular de GCXO, la niebla y el techo de nubes bajo son los precursores de la visibilidad reducida. Si bien son frecuentes durante todo el año, cobran particular relevancia durante la época estival, especialmente en los meses de junio y julio, cuando la altitud de la capa de inversión se sitúa aproximadamente a la misma elevación que GCXO.

Atendiendo a la [figura 18](#), puede concluirse que los episodios asociados con viento del NW (315°) son más frecuentes, en términos absolutos, durante el verano, especialmente durante los meses de junio y julio (el 4.6 % de los METAR de este periodo presentan visibilidad reducida asociada a viento de NW). Por su parte, los episodios asociados con viento del SE (135°) son más comunes entre los meses de octubre y diciembre, mes en el que se alcanza el máximo de episodios de este tipo (en torno al 2 % de los METAR del mes de diciembre están afectados por visibilidad reducida asociada a viento del SE).

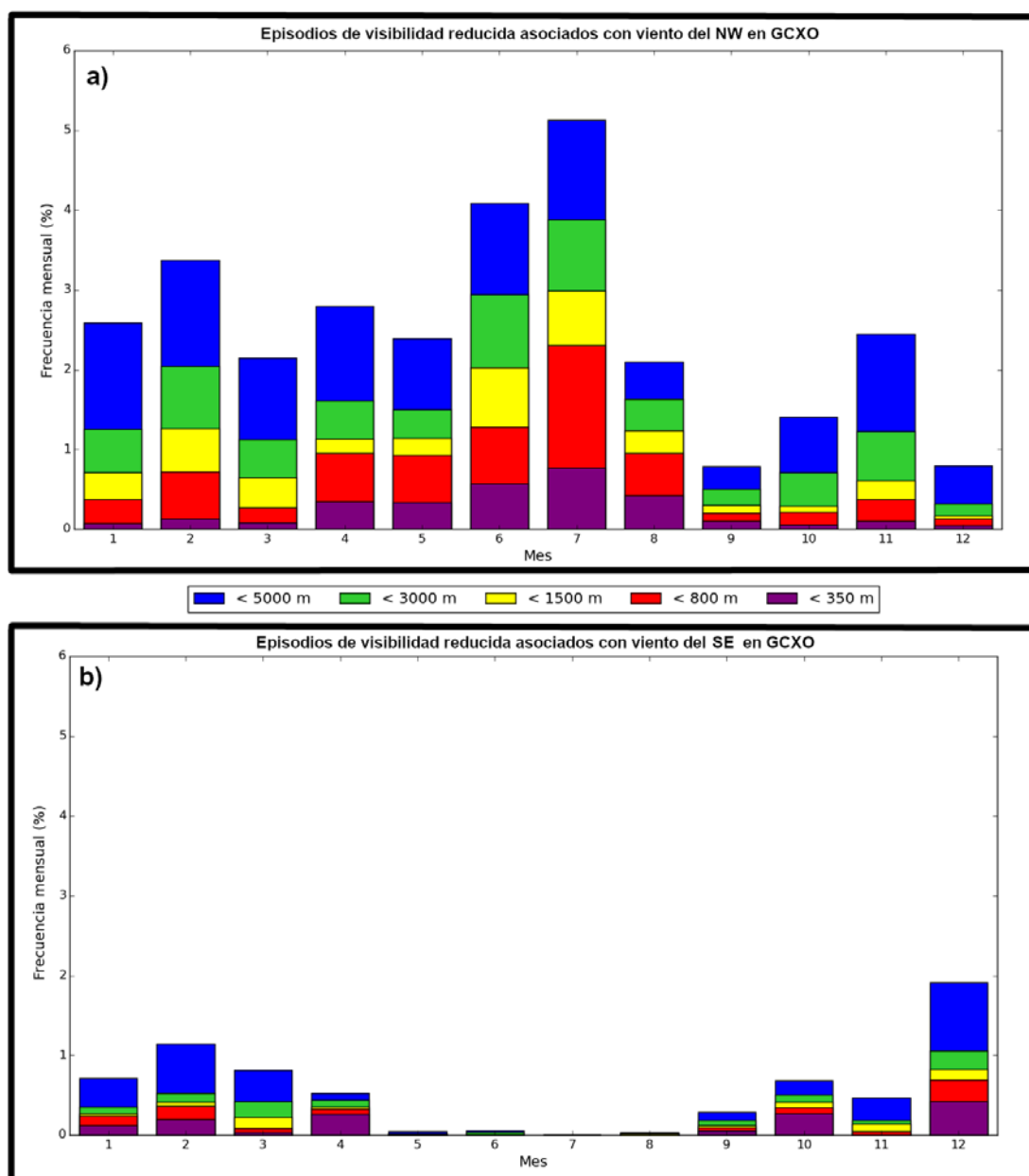


Figura 18. a) Frecuencia mensual (%) de distintos rangos de visibilidad registrada en los METAR de GCXO durante el periodo 2010-2019 asociada a viento del NW (315°). **b)** Frecuencia mensual (%) de distintos rangos de visibilidad registrada en los METAR de GCXO durante el periodo 2010-2019 asociada a viento del SE (135°).

Por su parte, el ciclo diurno (sucesión de calentamiento por irradiación solar y enfriamiento nocturno) tiene su cuota de contribución, nada desdeñable, en el comportamiento de la visibilidad en GCXO. Como así lo evidencia la [figura 19a](#), en los episodios de visibilidad reducida con viento del NW, se constata cómo la visibilidad es menor durante las últimas horas de la tarde y al amanecer, cuando los valores de la temperatura y la temperatura de rocío se encuentran muy próximos (o, equivalentemente, cuando el valor la humedad relativa del aire se aproxima a su nivel de saturación). Por otra parte, con viento del SE (135°) no se evidencia la contribución del ciclo diurno, de forma que la reducción de visibilidad puede registrarse a cualquier hora del día ([figura](#)

19b). Hay que destacar que, en ambos casos, la visibilidad prevalente suele sufrir oscilaciones importantes en un breve intervalo de tiempo, cambiando drásticamente las condiciones en pocos minutos.

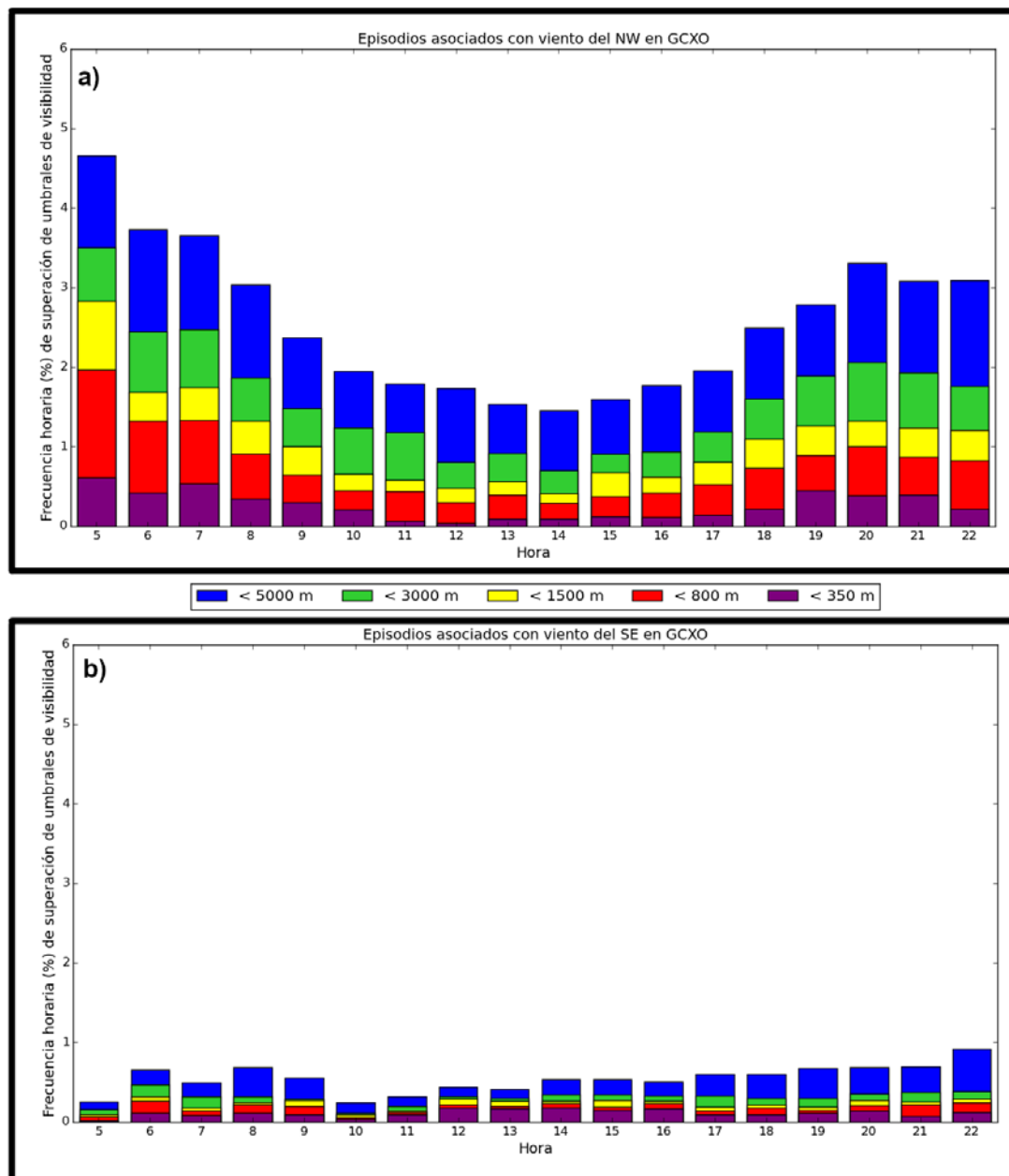


Figura 19. a) Frecuencia horaria (%) de distintos rangos de visibilidad en los METAR de GCXO durante el horario operativo del aeródromo, asociada a viento del NW. Periodo 2010-2019. **b)** Frecuencia horaria (%) de distintos rangos de visibilidad en los METAR de GCXO durante el horario operativo del aeródromo, asociada a viento del SE. Periodo 2010-2019.

La relación de aterrizajes frustrados por visibilidad reducida en GCXO durante un periodo temporal lo suficientemente extenso puede reportar información interesante en clave de impactos. Del total de aterrizajes frustrados por causas meteorológicas en GCXO durante el periodo 2015-2019, el 90.9% está relacionado con nieblas o techo de nubes bajo,

precursores de visibilidad reducida. Por otra parte, el 9.1% restante está asociado a vientos fuertes, turbulencia o viento en cola, causantes de la presencia de cizalladura en la aproximación.

En relación a los aterrizajes frustrados por visibilidad reducida, el 86.8 % de los mismos se reportaron cuando GCXO operaba en configuración I (arribadas y salidas por la cabecera de pista 30). En estos casos, la dirección del viento predominante era del NW (entre 290° y 310°), con intensidad superior a 10 kt (figura 20a). Por su parte, el 13.2 % restante se reportaron en configuración II (arribadas y salidas por cabecera de pista 12), con viento del SE (entre 100° y 140°) e intensidad inferior a 10 kt (figura 21b).

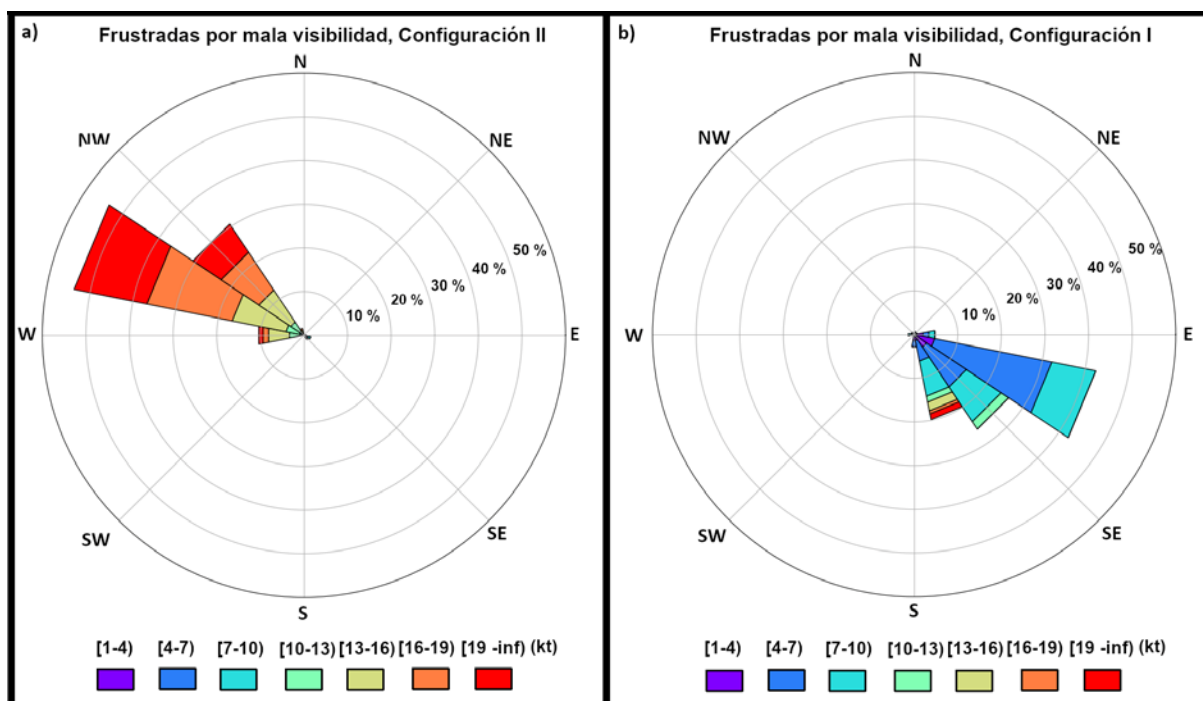


Figura 20. Rosas del viento medio (kt) asociado a frustradas causadas por techo de nubes bajo y/o mala visibilidad en GCXO durante el periodo 2015-2019: a) en configuración II; b) en configuración I.

En la figura 21 se muestra gráficamente la activación del Procedimiento de Baja Visibilidad (LVP) junto con el número de aterrizajes frustrados reportados por visibilidad reducida relativos al periodo 2015-2019. Por «días de activación» se refiere a aquellos eventos en los que ha entrado en vigor la Fase III del mencionado procedimiento, que corresponde al más restrictivo desde el punto de vista operacional cuando el alcance visual en la pista reportado por alguno de los transmisómetros es inferior a 600 metros, o bien, si éstos se encuentran fuera de servicio, cuando la visibilidad prevalente es inferior a 800 metros.

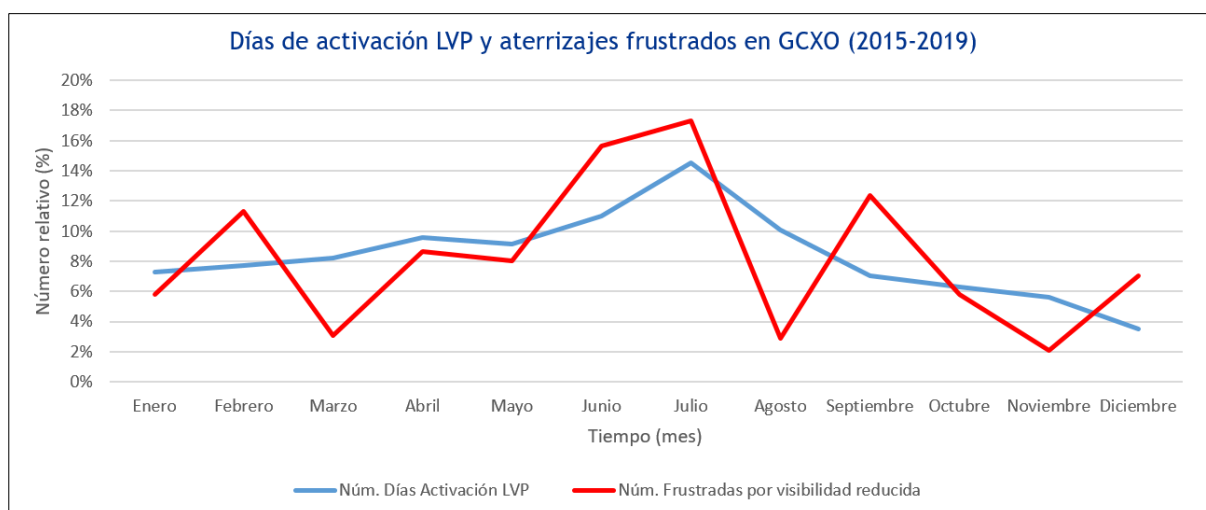


Figura 21. Número relativo de días de activación del LVP y frustradas por visibilidad reducida en GCXO durante el periodo 2015-2019. Fuente: TWR (ENAIRe) y EMAe (AEMET).

Sobre la [figura 21](#), cabe destacar:

- La correlación de la activación del LVP con la intensificación de los alisios y el descenso de altitud de la capa de inversión típico de los meses de verano.
- La mayoría de aterrizajes frustrados por visibilidad reducida coinciden precisamente con la fase del año en la que es más frecuente la activación del LVP. En condiciones de baja visibilidad, este procedimiento impone, entre otros requerimientos, una mayor separación entre las arribadas debido a la necesidad de mayor tiempo de permanencia de las aeronaves en la pista. Por este motivo, la capacidad se reduce de forma ostensible.
- El LVP constituye el factor más restrictivo del marco operativo de GCXO y cuya activación, que puede traducirse en demoras, mayor número de frustradas y desvíos a otros aeródromos alternativos, está legitimada por la necesidad de preservar la seguridad operacional.

5. Resumen

El análisis meteorológico orientado a impactos en GCXO puede resumirse en base únicamente a un fenómeno de impacto (nieblas y techo de nubes bajos) toda vez que su formación y posterior manifestación restringe sobremanera la operativa del aeropuerto en forma de cancelaciones, retrasos, desvíos, aterrizajes frustrados, activación de procedimientos de baja visibilidad o cambios de configuración.

Los ingredientes para que se forme este escenario tan restrictivo son el establecimiento del régimen de alisios y, además, que se forme una inversión térmica a una altitud aproximadamente igual a la elevación del aeródromo. Dependiendo del fortalecimiento de los alisios, se considerarán dos escenarios: alisios del NE que rolan a NW (315°) en el aeródromo; alisios del NE-E que rolan a SE (135°) en el aeródromo. En el primer caso (el más frecuente), el enfriamiento nocturno puede contribuir a la formación de brumas y nieblas y, por tanto, agravar la reducción de visibilidad entre el atardecer y primeras horas de la mañana ([tabla II](#)).

Para valorar el impacto, se han analizado los datos de frustradas desde 2015 a 2019 y su relación con el viento cifrado en los reportes METAR para cada uno de los eventos. De esta forma, los alisios intensos son el escenario meteorológico que con más frecuencia causa frustradas por reducción de visibilidad en GCXO. De hecho, los vientos del NW son los más frecuentes y más intensos, a diferencia de los del SE.

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.

| | Escenario meteorológico | | | Impacto |
|-------------------------------------|---------------------------|--|----------------------------|--|
| | Entorno sinóptico | Elemento rector | Entorno mesoescalar (GCXO) | |
| | | | | |
| La reducción de visibilidad en GCXO | <i>Régimen de alisios</i> | Altitud de la inversión térmica | <i>Viento del NW</i> | Frustradas Desvíos Cancelaciones Activación LVP |
| | | | Dirección Intensidad | |
| | | | 300º 15 kt | |
| | | Posición e intensidad del anticiclón de las Azores | <i>Viento del SE</i> | |
| | | | Dirección Intensidad | |
| | | | 120º 8 kt | |

Tabla II

6. Summary

The meteorological analysis approach to impacts in GCXO may be summarized only in terms of one impact phenomenon (fog and low ceiling) as its formation and subsequent manifestation specially restricts the operability of the aerodrome by means of cancellations, delays, diversions, go-arounds, low visibility procedure activations or configuration changes.

The ingredients for the formation of such a restricted scenario are the establishment of the trade winds regime and, in addition, the formation of a thermal inversion at an altitude close to the aerodrome elevation. Depending on the strengthening of the trade winds, two scenarios are considered: NE trade winds changing to NW (315°) in the aerodrome; NE-E trade winds rotating to SE (135°) in the aerodrome. In the first case (the most frequent), the diurnal cycle may enhance cloudiness and, thus, aggravate visibility reduction ([table III](#)) between the afternoon and early morning.

In order to assess the impact, go-arounds data from 2015 to 2019 and their relationship with the wind reported in METAR for each of the events. Thus, intense trade winds are the meteorological scenario which frequently cause go-arounds due to low visibility at GCXO. In fact, NW winds are more frequent and intense as opposed to SE winds during low visibility episodes.

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.

| | Meteorological scenarios | | | Impact |
|------------------------|---------------------------|---|--------------------------|---|
| | Synoptic frame | Driver | Mesoscale frame (GCXO) | |
| Low visibility in GCXO | <i>Trade winds regime</i> | Thermal inversion height | <i>NW wind</i> | Go-arounds Diversions Cancellations LVP activation |
| | | | Direction Intensity | |
| | | | 300° 15 kt | |
| | | Position and intensity of the Azores High | <i>SE wind</i> | |
| | | | Direction Intensity | |
| | | | 120° 8 kt | |

Table III

7. Referencias

Los principales resultados de este proyecto fueron publicados en el siguiente artículo científico:

Fernández-González S, Bolgiani P, Fernández-Villares J, González P, García-Gil A, Suárez JC, Merino A. 2019. **Forecasting of poor visibility episodes in the vicinity of Tenerife Norte Airport**. Atmospheric Research, 221: 49-59. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.03.012>.

Este trabajo, además, fue presentado en el [Foro de Usuarios Aeronáuticos](#) del año 2019, organizado por la Oficina de Programa de Cielo Único de AEMET: https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/10433/1/FernandezGonzalez_JAero_2019.pdf

8. Agradecimientos

Alejandro Manuel García Gil, Jefe de la EMaE de GCXO (AEMET)

Luis Sáez Avilés, Jefe de Gabinete de Dirección de GCXO (AENA)

Sergio Sánchez Jiménez, División ATS Canarias (ENAIRES)

Pedro Bolgiani (Doctor en Física y piloto comercial)

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

