



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA  
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

**AEMet**  
Agencia Estatal de Meteorología

# ENGELAMIENTO



***PIB-M 3<sup>a</sup> Ed.***

*Javier Mediavilla*

*[javier.mediavilla.g@gmail.com](mailto:javier.mediavilla.g@gmail.com)*

1. *Introducción. Definición. Peligrosidad.*
2. *Procesos de formación de hielo.*
3. *Tipos de engelamiento.*
4. *Intensidad del engelamiento.*
5. *Efecto sobre el avión. Protección.*
6. *Factores meteorológicos en su formación.*
7. *Situaciones favorables al engelamiento*
8. *Diagnóstico y predicción en AEMET*
9. *Productos*
10. *Referencias*

# 1. DEFINICIÓN Y PELIGROSIDAD

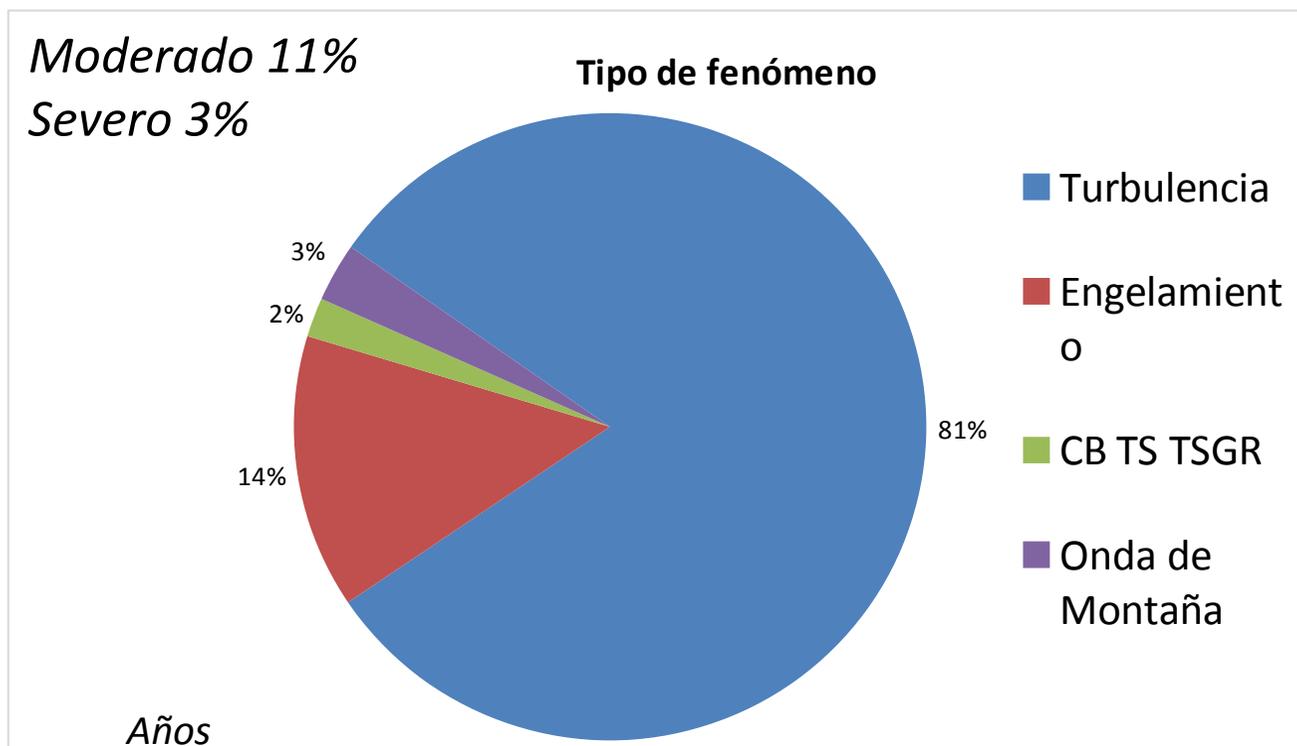
*El engelamiento sobre una aeronave se define como el depósito de hielo sobre la misma, que se produce cuando el agua líquida subfundida se congela al impactar con la aeronave.*

*Puede producirse dentro de nubes, dentro de bruma o niebla, y en el seno de la precipitación (lluvia engelante).*

- El 20% de los accidentes aéreos incluyen factores meteorológicos como una de las causas del accidente.*
- De los accidentes con causa meteorológica el 10% corresponde a engelamiento, de los cuales el 13% ha causado la pérdida de vidas humanas, unos 30 en 20 años.*

# 1. AERONOTIFICACIONES ENGELAMIENTO

## Porcentaje de aeronotificaciones (AIREP)



Años

2015-2016-2017-2018

FIR MADRID Y BARCELONA

## 2. PROCESOS DE FORMACIÓN DE HIELO

- Las gotas de agua pueden estar en la nube subfundidas (estado metaestable). Para temperaturas entre 0 °C y -12 °C son muy frecuentes.
- En general, las nubes con temperatura inferior a -20 °C suelen estar formadas por cristales de hielo aunque puede haber gotas subfundidas hasta temperaturas de -40 °C.
- Los núcleos de congelación son esenciales para la formación de cristales de hielo, aunque no se activa un número considerable de dichos núcleos hasta que la temperatura baje de -12°C. A medida que la temperatura disminuye aumenta la probabilidad de que las gotas se transformen en cristales de hielo.
- Al chocar las gotas subfundidas con la superficie del avión, se congelan.
- El proceso de cristalización libera calor (80 cal/g). Eso hace que a temperaturas entre 0 y -8 °C el proceso sea lento.

### 3. Tipos de hielo

- *Hielo Blanco o Cencellada (Rime Ice)*
- *Hielo Transparente (Clear Ice)*
- *Hielo Mixto (Mixed Ice)*
- *Escarcha (Hoar Frost)*
- *Precipitación Engelante (Freezing Rain)*

#### *Casos especiales:*

- *Engelamiento cristalino*
- *Engelamiento en el carburador*

### 3a. Tipos de hielo: hielo blanco

## Hielo blanco Cencellada blanca (Rime ice)



Source Météo France

**Aspecto:** Blanco, opaco, poroso, rugoso, frágil. Se desprende con facilidad.

**Condiciones de formación:** Con temperaturas muy bajas ( $T < -10\text{ °C}$ ) y/o a partir de gotas pequeñas y un menor contenido de agua líquida. Las gotitas superenfriadas se congelan rápidamente atrapando burbujas de aire en el hielo (por eso es opaco).

**Efectos:** Se deposita en las superficies salientes (bordes de las alas). Es el más común y el menos peligroso, ya que se forma donde están los sistemas de deshielo.

### 3b. Tipos de hielo: hielo transparente

#### Hielo transparente (Clear ice)



**Aspecto:** transparente, homogéneo, denso, compacto, redondeado y se desprende con dificultad.

**Condiciones de formación:** Con una temperatura entre 0 °C y -10 °C. Entorno con contenido mayor de agua líquida.

Mayoritariamente a partir de gotas grandes (nube tipo Cu) y muy numerosas o al pasar a través de lluvia formada por gotas subfundidas.

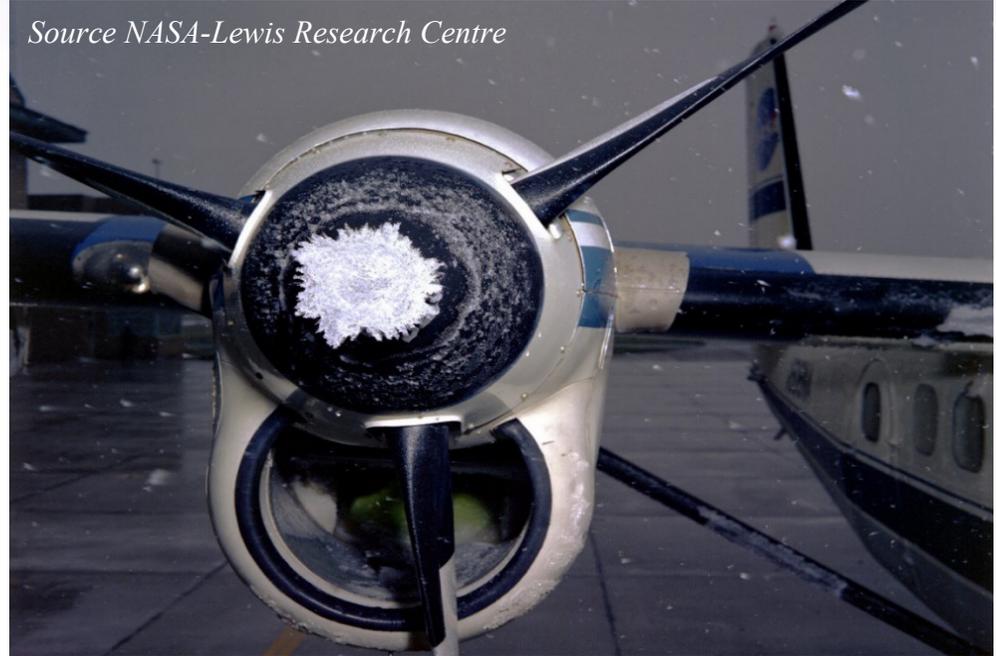
Proceso de congelación lento.

**Efecto:** Las gotas pueden fluir un poco antes de congelarse, propagándose desde los bordes hacia atrás. Difícil de eliminar al ser muy adherente.

### 3c. Tipos de hielo: hielo mixto

## Hielo mixto (Mixed ice)

Source NASA-Lewis Research Centre



**Aspecto:** Mezcla de los tipos anteriores.

**Condiciones de formación:** Sobre una superficie fría en un entorno donde la temperatura y el tamaño de las gotas varía.

**Efectos:** Es más difícil de eliminar que la cencellada.

### 3d. Tipos de hielo: escarcha

## Escarcha (Hoar frost)



Source Transport Canada

**Aspecto:** *pequeños cristales blancos con aspecto de plumas.*

**Condiciones de formación:** *Sublimación del vapor de agua.*

*Avión enfriado por haber volado en capas de aire frío entra en capas de aire más cálido y con humedad relativa elevada.*

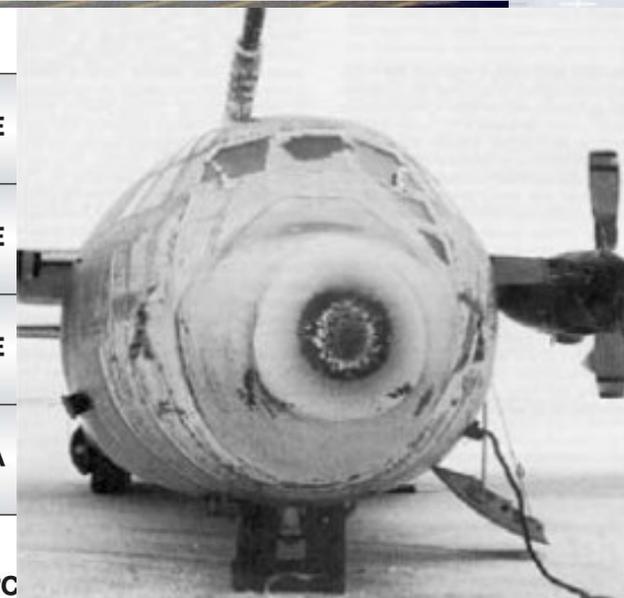
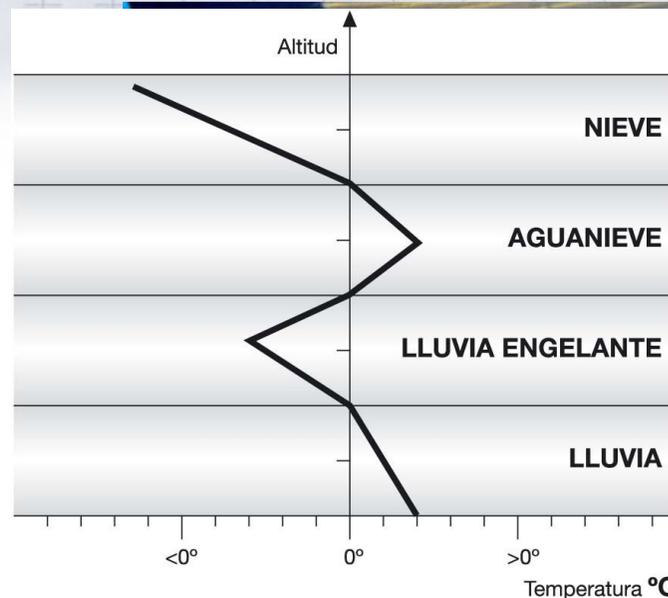
*También se puede formar estando parado en el suelo.*

*Este depósito se puede formar fuera de nubes.*

**Efecto:** *Debe ser eliminado siempre ya que puede servir de catalizador para la formación adicional de hielo.*

### 3e. Tipos de hielo: lluvia engelante

## Lluvia o llovizna engelante SLD (Super-cooled Large Drops)



**Aspecto:** gotas subfundidas de un diámetro entre 40 a 500  $\mu\text{m}$ . El hielo formado es hielo transparente.

**Condiciones de formación:** vuelo en una zona con lluvia engelante. Un perfil térmico con inversión en niveles medios es favorable a la formación. Al chocar las gotas de lluvia con la superficie del avión se congelan.

**Efecto:** la precipitación impacta uniformemente sobre el avión.

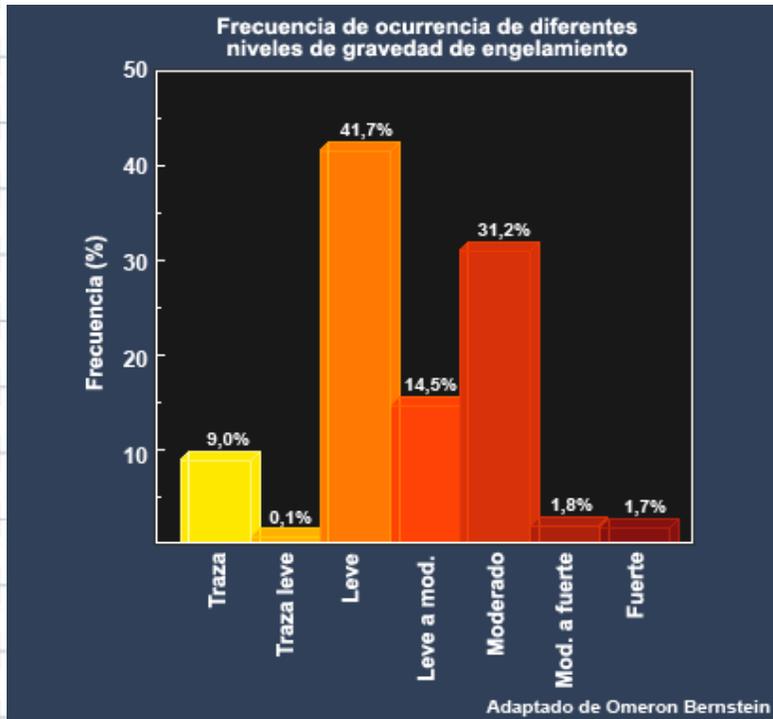
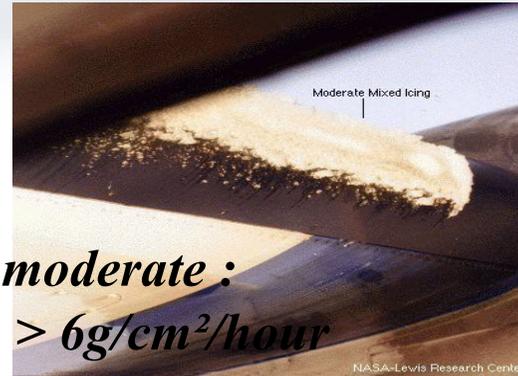
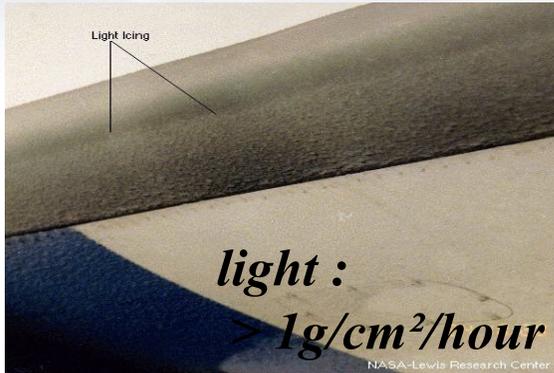
### 3f. Englamiento cristalino

- *Diferente del provocado por las gotas de agua subfundidas.*
- *Causado por cristales de hielo extraordinariamente pequeños a gran altitud.*
- *Tormentas fuertes pueden dar lugar a pequeñísimas partículas de hielo que los pilotos no advierten.*
- *Son absorbidas por los motores pudiendo causar pérdida de potencia, vibraciones y su parada.*
- *No se adhieren a la superficie del avión y no activan los detectores convencionales. Tampoco son detectadas por el radar meteorológico.*

### 3g. Englamiento en el carburador

- *Es un caso especial de englamiento.*
- *El carburador en aeronaves ligeras es propenso a la formación de hielo.*
- *El englamiento ocurre donde la presión disminuye (enfriamiento adiabático) y donde el combustible se evapora (la temperatura decrece aún más).*
- *Esta caída de la temperatura va a propiciar el hielo. Puede haber problemas de hielo en el carburador con humedades relativas superiores al 50% y temperaturas de entre -5°C y 30°C.*

## 4. INTENSIDAD DEL ENGELAMIENTO



**Traza:** no tiene consecuencias.

**Ligero:** podría crear problemas si se prolonga más de una hora.

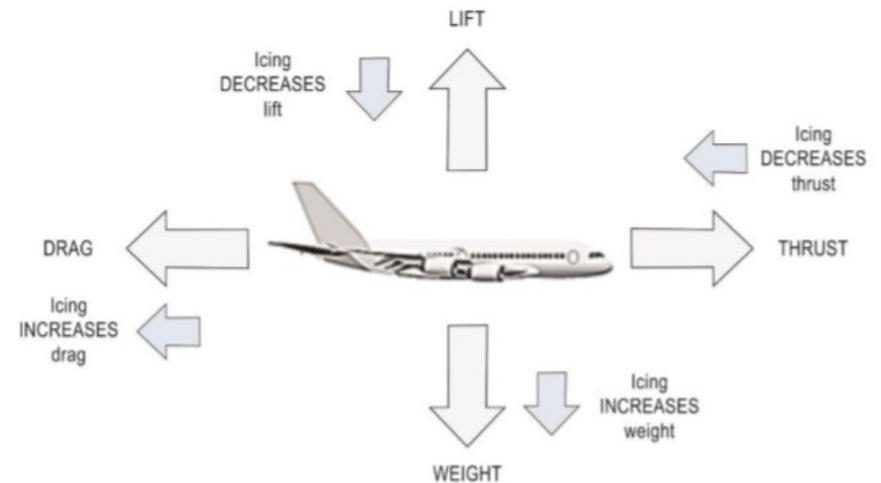
**Moderado:** obliga a la tripulación a utilizar equipo deshielo-antihielo o a cambiar de nivel o de rumbo.

**Fuerte:** obliga a la tripulación a un cambio inmediato de nivel o de rumbo (2 %).

## 5. EFECTOS DEL ENGELAMIENTO SOBRE EL AVIÓN

*El hielo se adhiere principalmente a los elementos expuestos al viento relativo, y a aquellas partes que sobresalen del avión, pudiendo dar lugar a:*

- *Alteraciones en las propiedades aerodinámicas de la aeronave en vuelo (fuerza de ascenso y rozamiento).*
- *Reducción de la visibilidad.*
- *Interferencias en las ondas de radio.*
- *Errores en los instrumentos.*
- *Aumento del peso de la aeronave.*
- *Pérdida de potencia de los sistemas de propulsión. Se reduce su eficiencia y pueden llegar a pararse o ser destruido a causa de trozos de hielo.*
- *Vibraciones que provocan fatiga estructural.*



## 5. VULNERABILIDAD: TIPOS DE AVIONES

- *La acreción resultante y el efecto de esta en la aerodinámica del avión puede variar mucho de un tipo de avión a otro.*
- *Los aviones ligeros sin equipamiento anti-hielo, son especialmente vulnerables a las condiciones de engelamiento.*
- *Los aviones rápidos son menos vulnerables a la acreción de hielo, hay que tener en cuenta el aumento de temperatura por el rozamiento.*
- *Es importante para los pilotos de estos aviones saber el nivel de vuelo más bajo donde la temperatura del aire es inferior a 0 °C. La forma de evitar el engelamiento consiste en volar arriba o debajo de las capas nubosas o en zonas de temperatura mayor de 0°C dentro de las nubes.*



*Frank Jansen photography*

## 5. PROTECCIÓN CONTRA EL ENGELAMIENTO

Los equipos de deshielo eliminan el hielo que se ha formado, y los equipos antihielo evitan la formación del mismo. Estos sistemas pueden ser de tres tipos:



- **Mecánicos**, son revestimientos neumáticos que al inflarse con aire rompen el hielo. Se utilizan en las alas y en la cola.

- **Térmicos**, son calentadores eléctricos que se emplean en el tubo de Pitot, o calentadores de aire que se utilizan en el borde de ataque del ala, en las hélices, en el carburador y en la cola.



- **Químicos**, son baños de sustancias que mantienen el agua subenfriada en estado líquido. Se usan sobre todo en las hélices y en los cristales del parabrisas

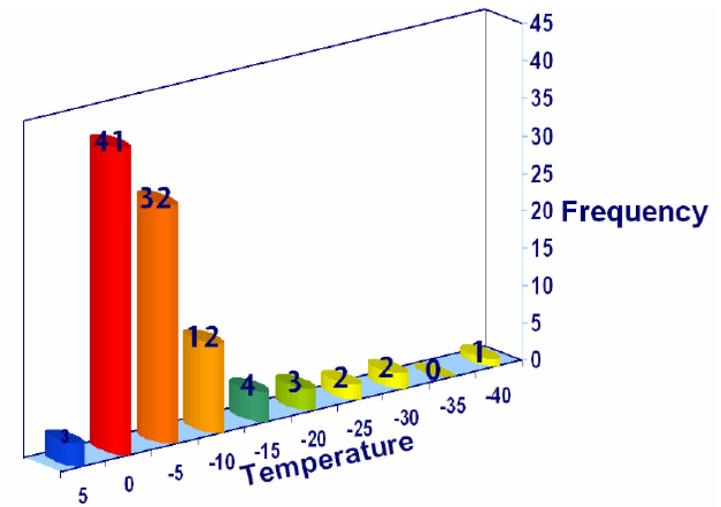
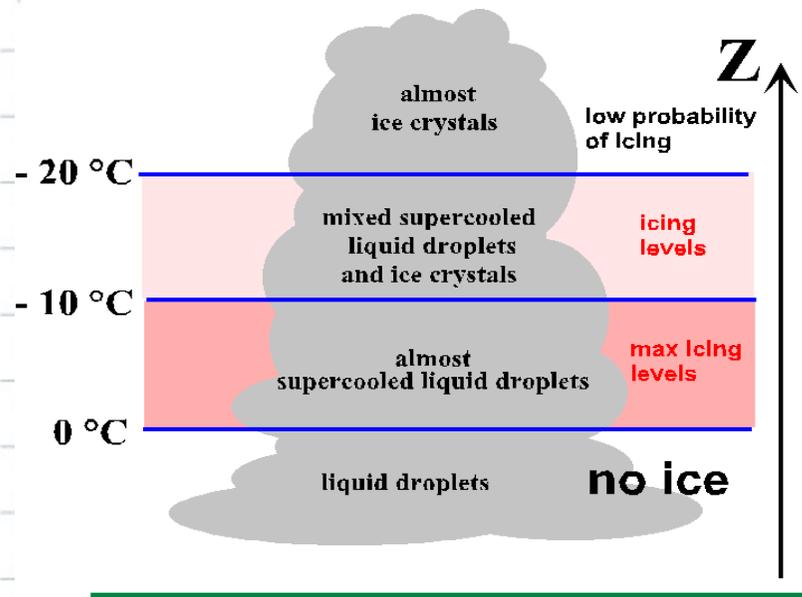
## 6. FACTORES METEOROLÓGICOS

*Los factores meteorológicos que van a determinar el tipo de engelamiento y la intensidad de este son:*

- *Contenido en agua líquida de la nube (LWC)*
- *Temperatura del aire*
- *Tamaño de las gotas de agua líquida sobreenfriada.*

## 6a. Factores: temperatura

La temperatura define la composición de la nube (cristales de hielo, gotas de agua o gotas superenfriadas. Estas no pueden existir para  $T < -40$  °C.



Percentage frequency of airframe icing (800 reports)

Pocos aerosoles hacen de núcleos entre 0 °C y -10 °C. El agua condensada está en forma de gotas superenfriadas. Pocas ocurrencias a temperaturas inferiores a -20°C.

La presencia de engelamiento es más probable en aquel intervalo de temperatura en el que se presente más cantidad de gotas sobreenfriadas.

## 6b. Factores: contenido de agua líquida (LWC)

**Contenido en agua líquida (LWC):** es la densidad de agua líquida en la nube expresada en  $\text{g/m}^3$  o en  $\text{g/Kg}$  de aire húmedo con temperatura negativa .

El LWC indica la cantidad de agua superenfriada disponible para depositarse. Es un parámetro que muestra una excelente correlación con el potencial de engelamiento.

LWC vs Icing Severity

Icing Category	LWC ( $\text{g/m}^3$ )
Trace	< 0.1
Light	0.11 - 0.6
Moderate	0.61 - 1.2
Severe	> 1.2

©The COMET Program

LWC decrece cuando decrece la temperatura, ya que aumenta la probabilidad de que las gotas se transformen en cristales de hielo.

La distribución vertical y horizontal de LWC en una nube puede sufrir grandes variaciones.

## 6b. Factores: contenido de agua líquida (LWC)

**Table- 3. Probability and intensity of icing with different cloud types**

Cloud type	Probability of icing	Intensity of icing	Likely Icing Type	Water content gm-3
CB	High	SEV	All	0.2– 4.0
CU	MOD/High	MOD/SEV	Clear	0.2-0.6
NS	High	SEV	All	0.2-4.0
SC, AC	MOD	Rarely more than MOD*	Mixed	0.1– 0.5
AS	Low	MOD/light	Rime	0.1– 0.3
ST	Low	Light	Rime	0.1– 0.5

*La tabla da una idea de la intensidad, tipo y probabilidad de engelamiento según el tipo de nube Aviation Hazards. WMO/TD No 1390. Junio 2007*

*El engelamiento de mayor severidad va asociado a los cumulonimbos, pero los movimientos verticales en nubosidad de tipo frontal y orográfico también puede conducir a engelamiento severo.*

## 6c. Factores: tamaño de las gotas

*El tamaño es un factor menos importante que el LWC o la temperatura, a menos que alcancen un tamaño mayor que el tamaño de las gotas nubosas.*

*El tamaño de las gotas va a influir en la eficacia de acumulación en la superficie del avión. El diámetro de las gotas es, en general, inferior a 40 micras.*

*En la actualidad los modelos operativos de predicción no pronostican el tamaño de las gotas.*

- **Caso particular:** gotas grandes sobreenfriadas (SLD). Su diámetro es mayor de 40 micras. Representan un peligro considerable, ya que el tipo de hielo que producen se acumula en las superficies de la aeronave que están fuera del alcance de los sistemas de deshielo.
- De 40 a 200 micras es niebla o llovizna engelante (FZDZ)
- A partir de 200 micras es lluvia engelante. (FZRA)

## 6. Potencial de engelamiento

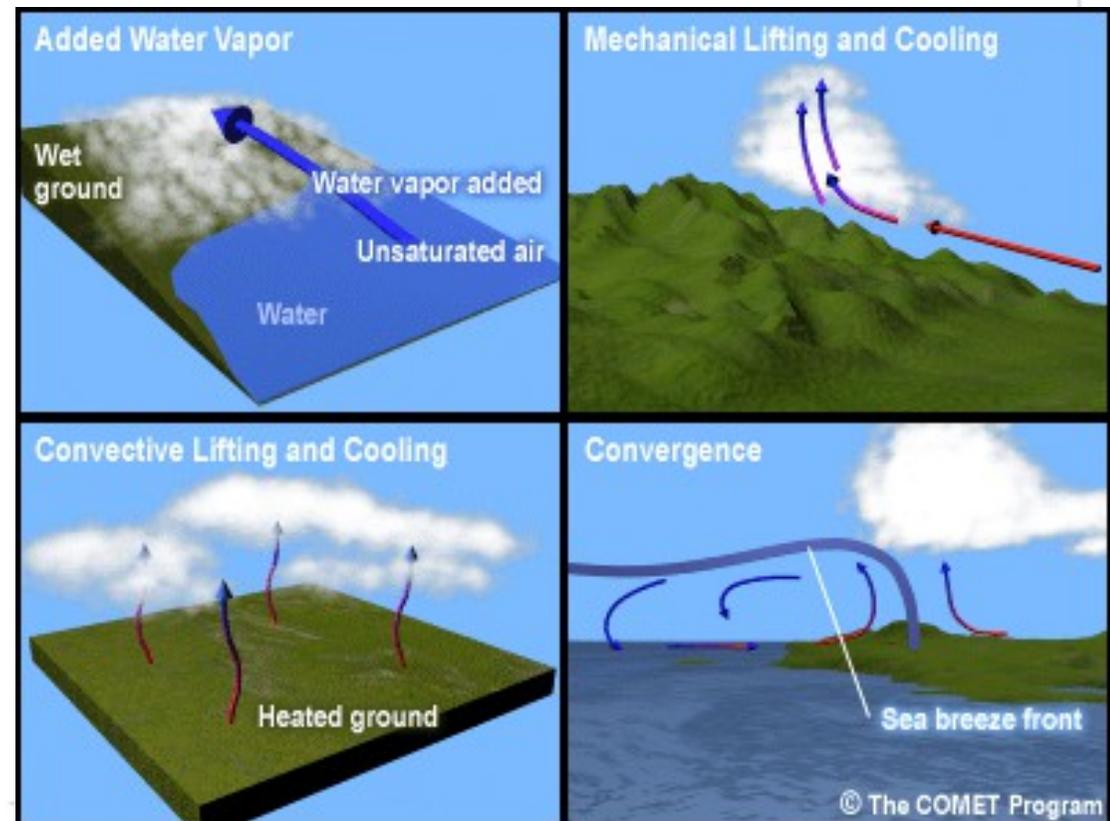
	 <i>Class I</i> Light Icing	 <i>Class II</i> Moderate Icing	 <i>Class III</i> Severe Icing
<b>CLASSIFICATION</b>	<i>Class I</i> Light Icing	<i>Class II</i> Moderate Icing	<i>Class III</i> Severe Icing
Mean quantity of supercooled water	$< 0,6 \text{ g/m}^3$	$0,6 - 1,2 \text{ g/m}^3$	$> 1,2 \text{ g/m}^3$
Mean diameter of droplets or drops	$< 50 \mu\text{m}$		$> 50 \mu\text{m}$
Nature of clouds and hydrometeors	Stable ----- Unstable		Very unstable Freezing rain and drizzle
Icing types	Hoar Frost Rime Ice	Rime ice Mixed ice Clear ice	Mixed ice Clear ice Rain Ice

*Situaciones con engelamiento fuerte son equivalentes a un elevado valor de LWC o una gran cantidad de SLD.*

## 7. SITUACIONES FAVORABLES AL ENGELAMIENTO

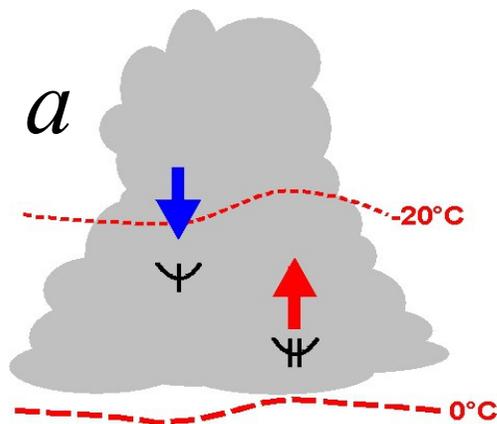
*Son situaciones favorables las que implican fuertes ascendencias:*

- *Convección.*
- *Sistemas frontales.*
- *Turbulencia*
- *Montañas.*

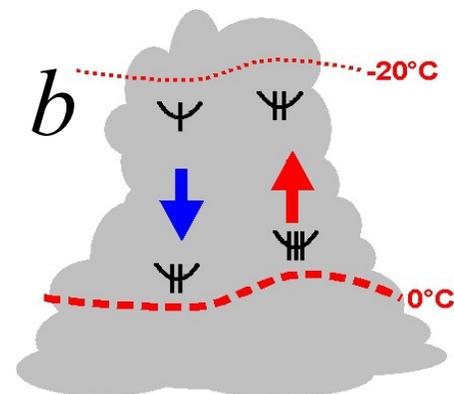


## 7a. Convección

Hay un transporte intermitente vertical convectivo de vapor de agua desde las capas bajas hasta los niveles medios del CB favorables a la condensación en gotas superenfriadas.



Gran cantidad de núcleos de hielo en la base de la nube → proporción pequeña de SLD.

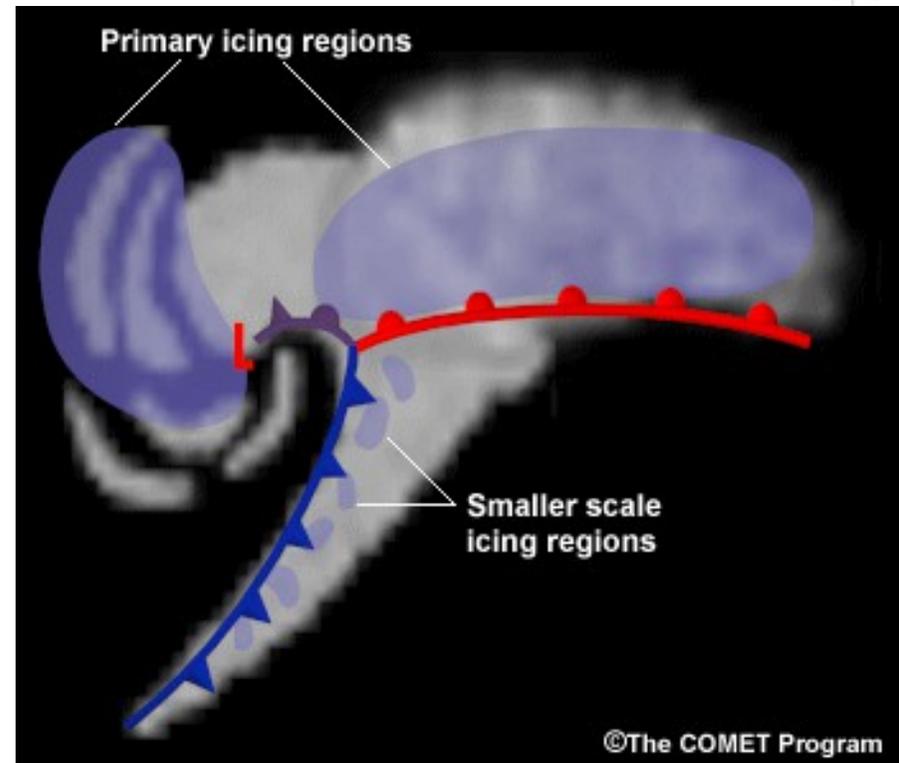


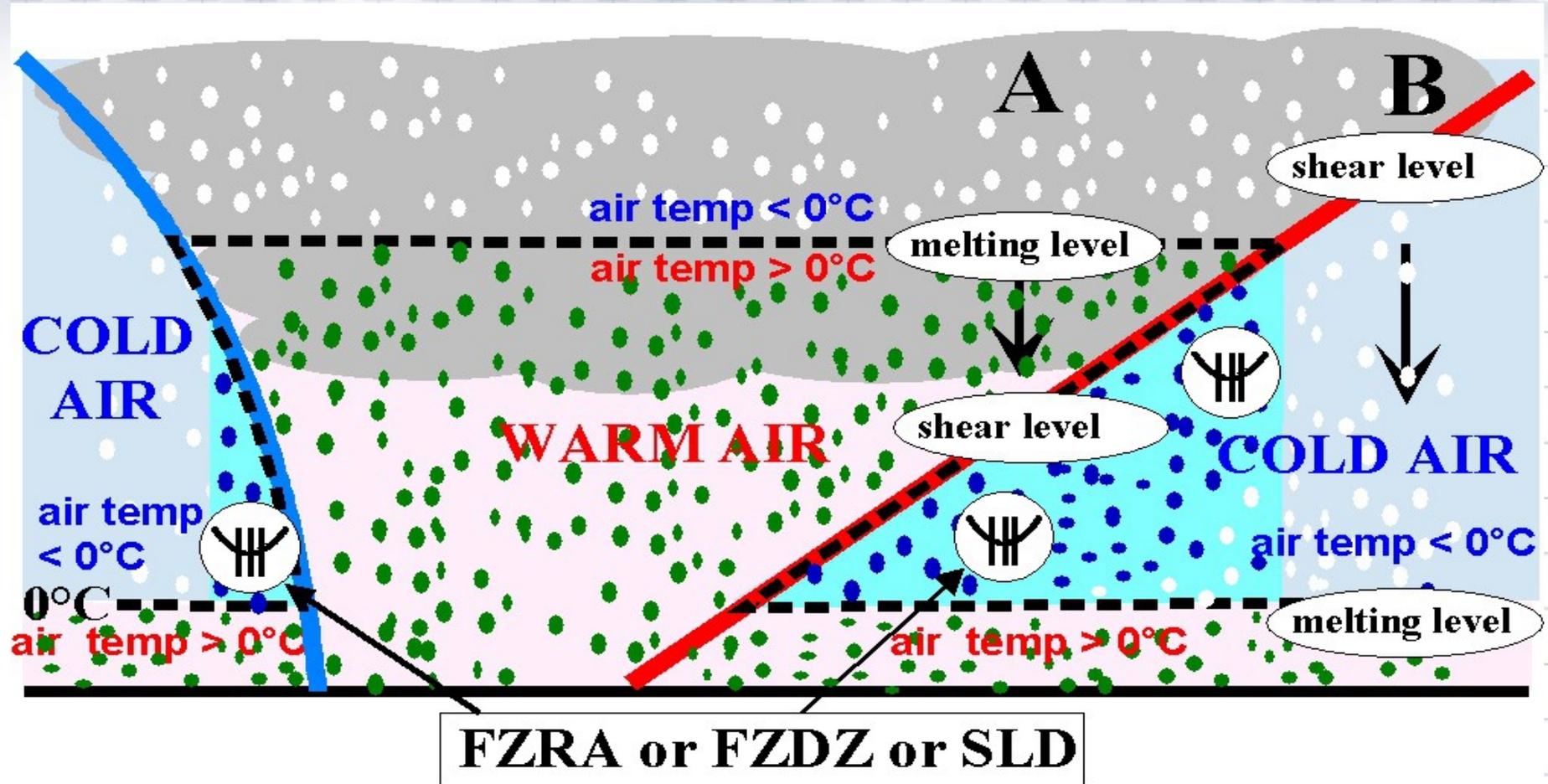
Gran cantidad de SLD en niveles medios del CB.

**En los informes aeronáuticos, si se pronostican nubes convectivas, no se cifrará engelamiento de forma explícita, ya que se supondrá asociado engelamiento moderado o fuerte al pronóstico de nubes convectivas.**

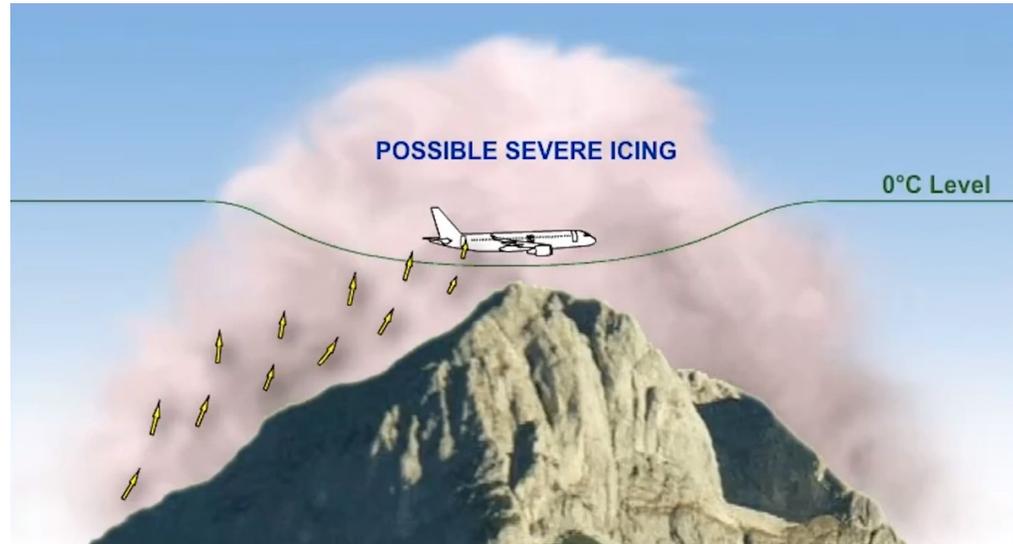
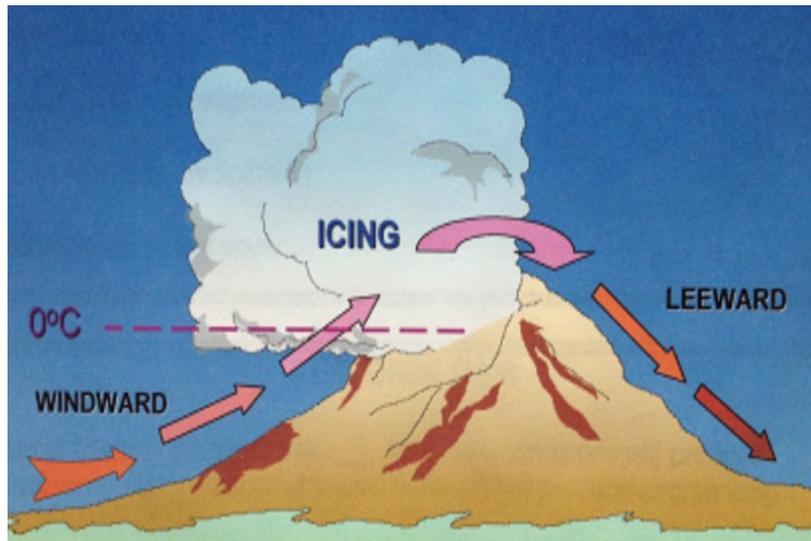
*Posible engelamiento a lo largo de los frentes, centros de baja presión, y áreas de precipitación:*

- *Hasta 300 millas por delante de un frente cálido.*
- *Hasta 100 millas en las proximidades de un frente frío.*
- *Sobre un profundo centro de baja, en la parte de la entrada fría.*





Las áreas con fuerte potencial de engelamiento son habitualmente muy extensas por delante del frente cálido, en el núcleo de las oclusiones y en las proximidades de frentes fríos anabáticos.  
Zona con T+ atrapada entre dos zonas con T- (SLD, FZDZ, FZRA). Atmós. de cizalla.



*Como resultado de la suma de los diferentes cambios, el potencial de engelamiento generalmente aumenta sobre las montañas.*

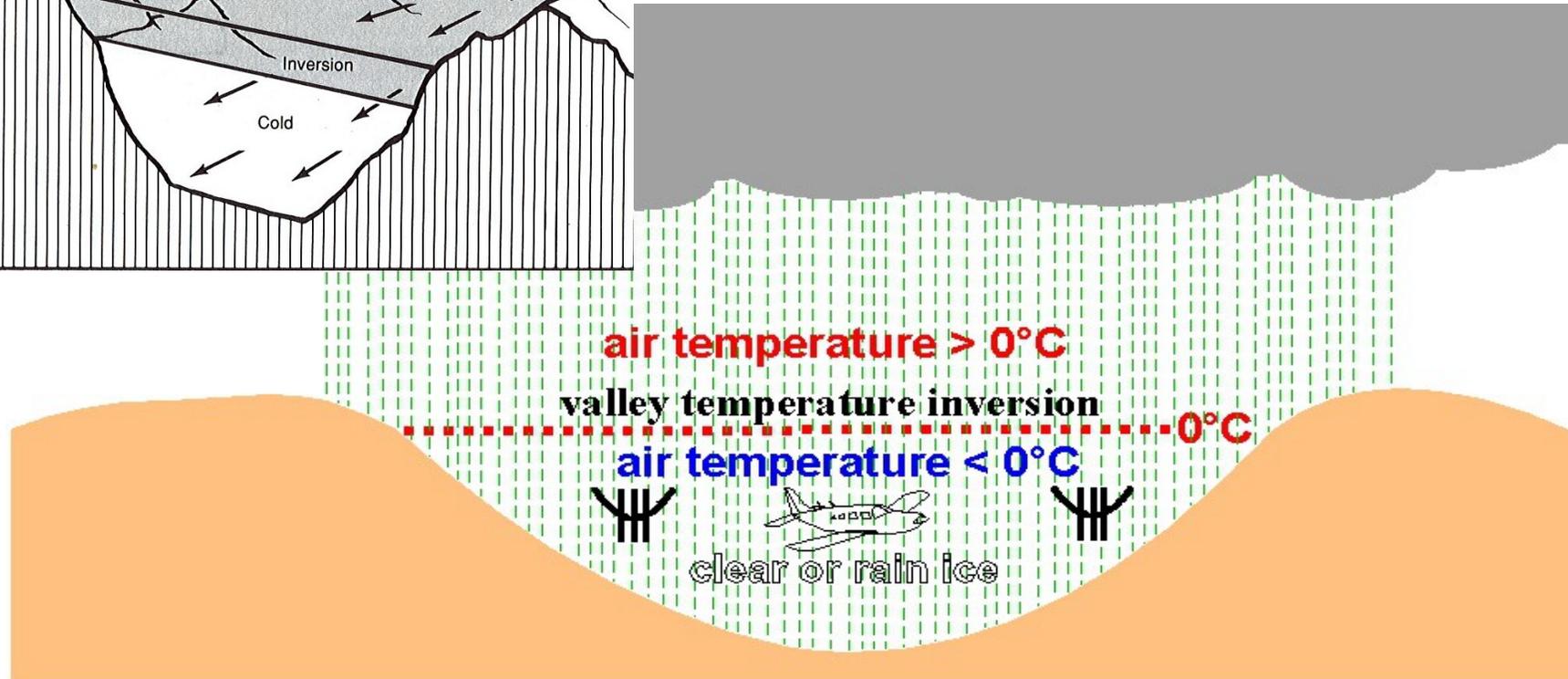
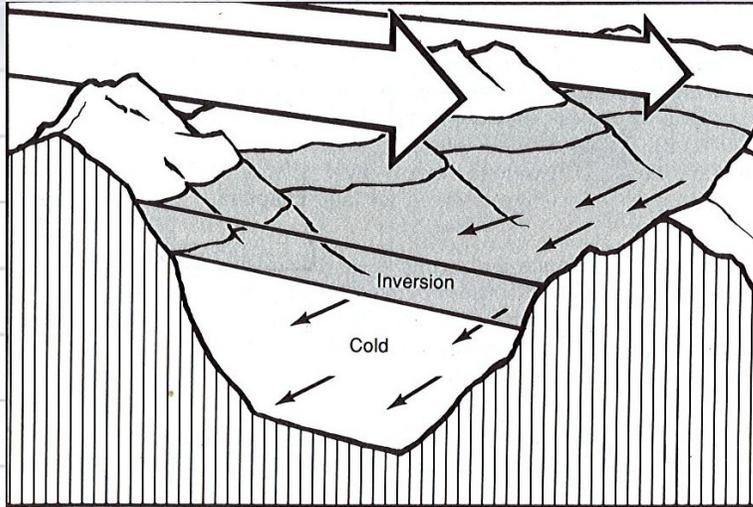
## 7e. Valles



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

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

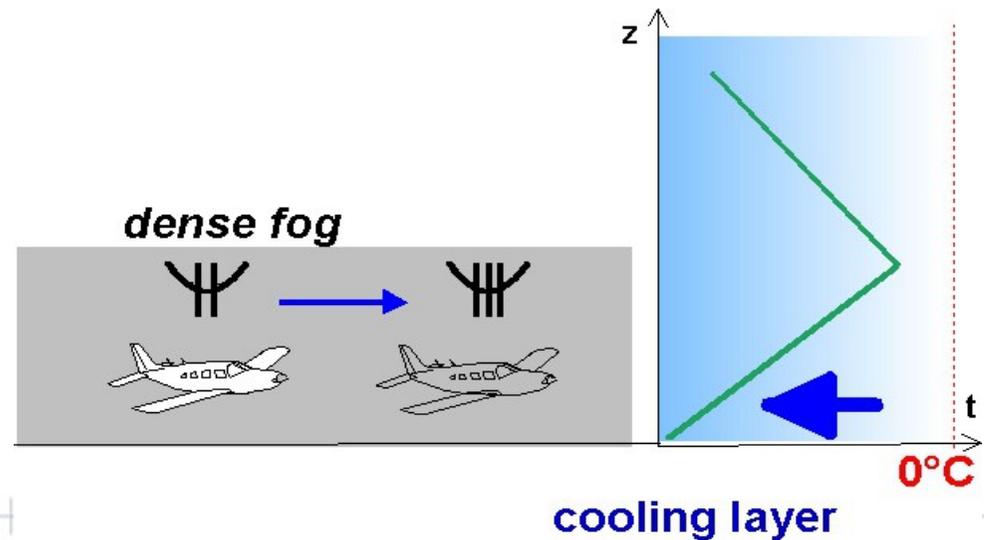
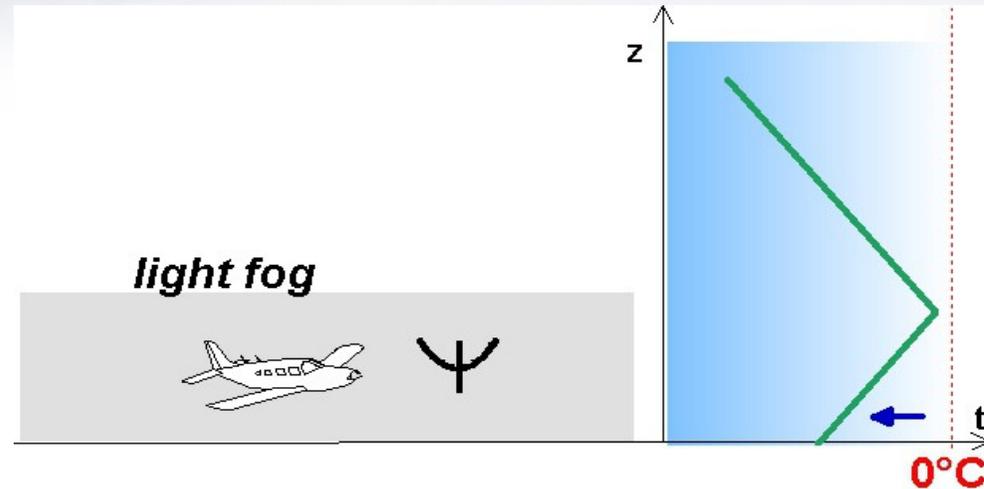
AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología



*Las inversiones de valle (aire frío y denso en el fondo del valle, sobrevolado por aire más cálido) con una fuerte cizalladura en el tope de la inversión pueden acumular gotas sobrenfriadas en los Sc y St.*

## 7f. Niebla engelante

*Si se espera un rápido enfriamiento de la capa de niebla, podemos esperar un empeoramiento de las condiciones de engelamiento por el aumento de LWC.*



## 8. DIAGNÓSTICO Y PREDICCIÓN EN AEMET

### *Herramientas de diagnóstico:*

Observaciones directas de aeronaves:

Aeronotificaciones AIREP  
AMDAR PIREP

Sondeos observados

Imágenes de satélite

Imágenes de radar

NWP predicción:

Campos del modelo

Sondeos previstos

Cortes verticales

### *Herramientas de predicción:*

### *Aeronotificaciones de engelamiento AIREP*

*Las aeronaves tienen la obligación de, cuando se encuentren fenómenos adversos, transmitirlos a las dependencias de los servicios de tránsito aéreo.*

*Los ACC (Centros de Control de Área) envían por e-mail un formulario con estas aeronotificaciones a las OVM de Valencia o Canarias según corresponda .*

*Las OVM codificarán un AIREP con la información contenida en el formulario y lo transmiten al SCM para su difusión.*

*Ejemplo de AIREP de engelamiento moderado:*

*UASP60 LEMM 051230*

*ARS UA350 MOD ICE OBS AT 1200Z N4130E00350 FL130=*

## 8b. Imágenes de satélite

*IR(1.6  $\mu\text{m}$ ): detecta agua líquida en nubes por reflexión. Solo diurnas.*

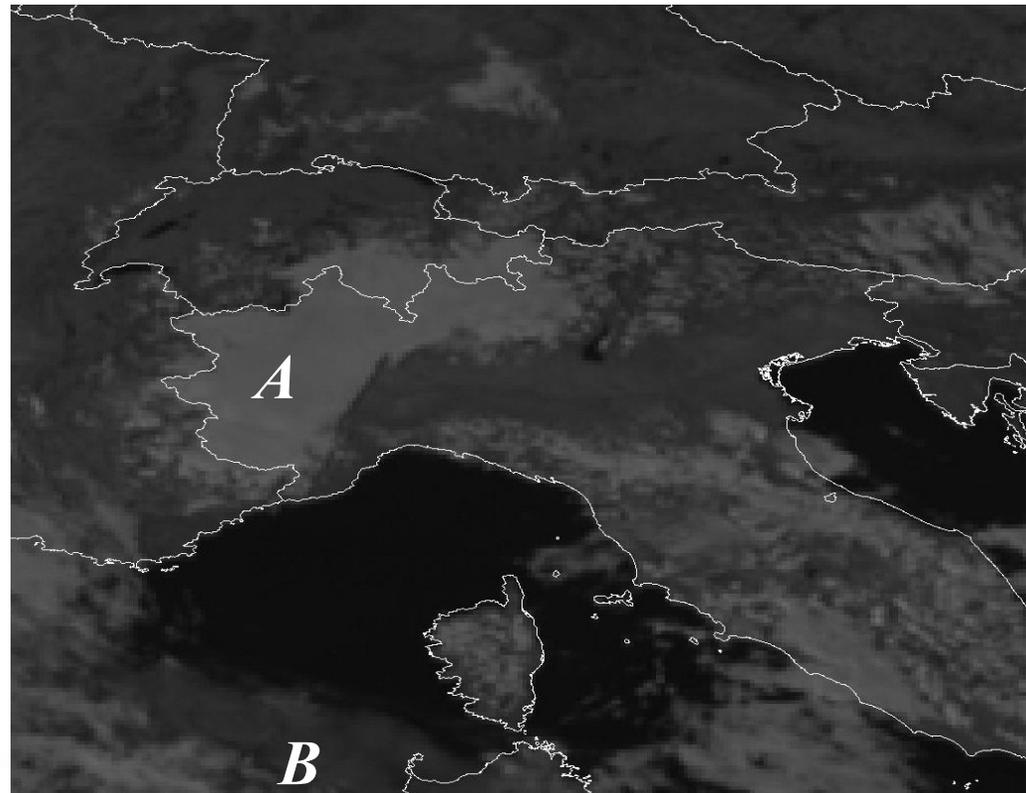
*Gotas de agua pequeñas: fuerte reflectancia.*

*Gotas de agua grandes (SLD): reflectancia menor.*

*Cristales de hielo: reflectancia pequeña.*

*Zona A: nubosidad con abundancia de agua líquida.*

*Zona B: nubes de cristales de hielo.*



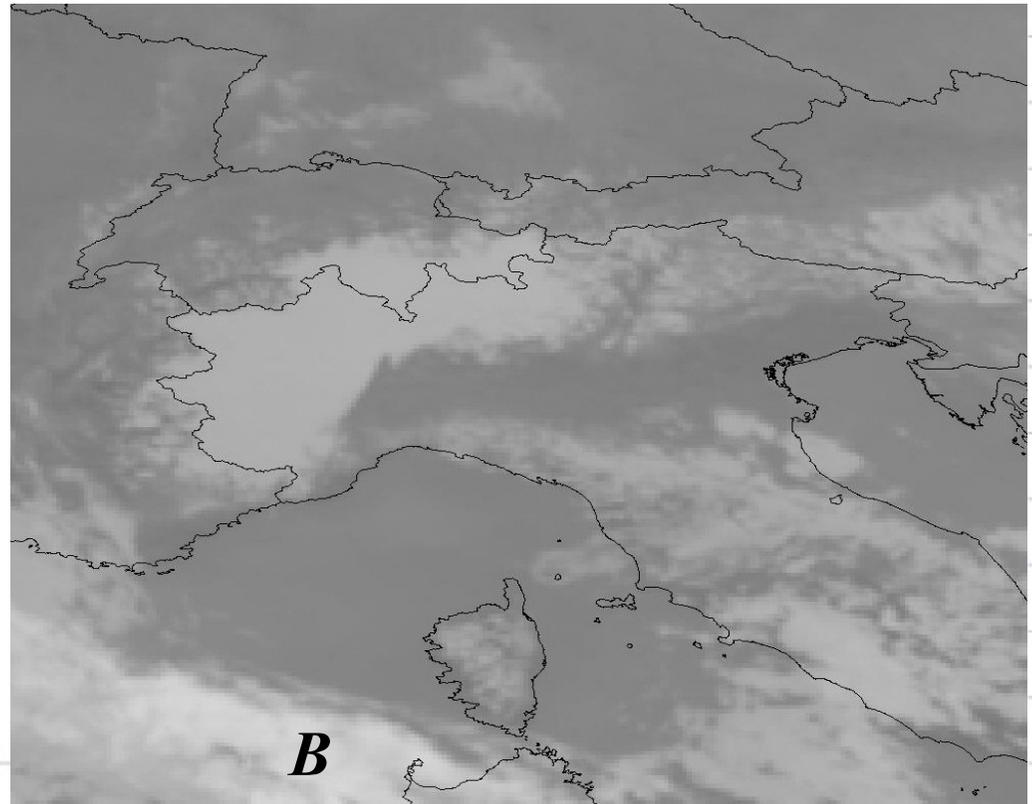
<http://172.24.140.169/MSG.NIR016.html>

## 8b. Imágenes de satélite

*IR (8.7  $\mu\text{m}$ ): distingue entre agua líquida y hielo en nubes. Día y noche.*

*Detecta emisividad de la composición nubosa. Nubes de hielo aparecen muy blancas.*

*Cirros en la zona B*



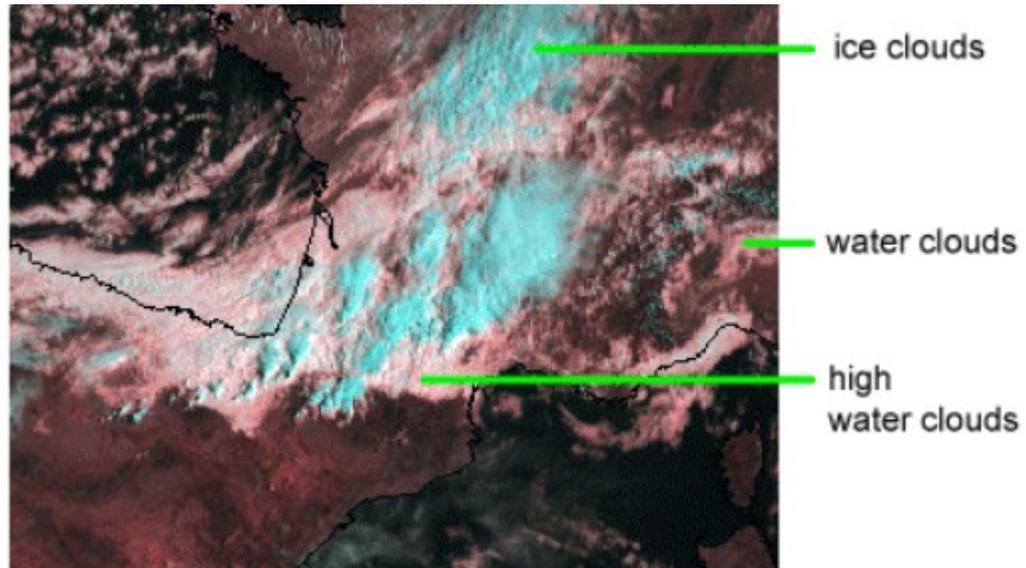
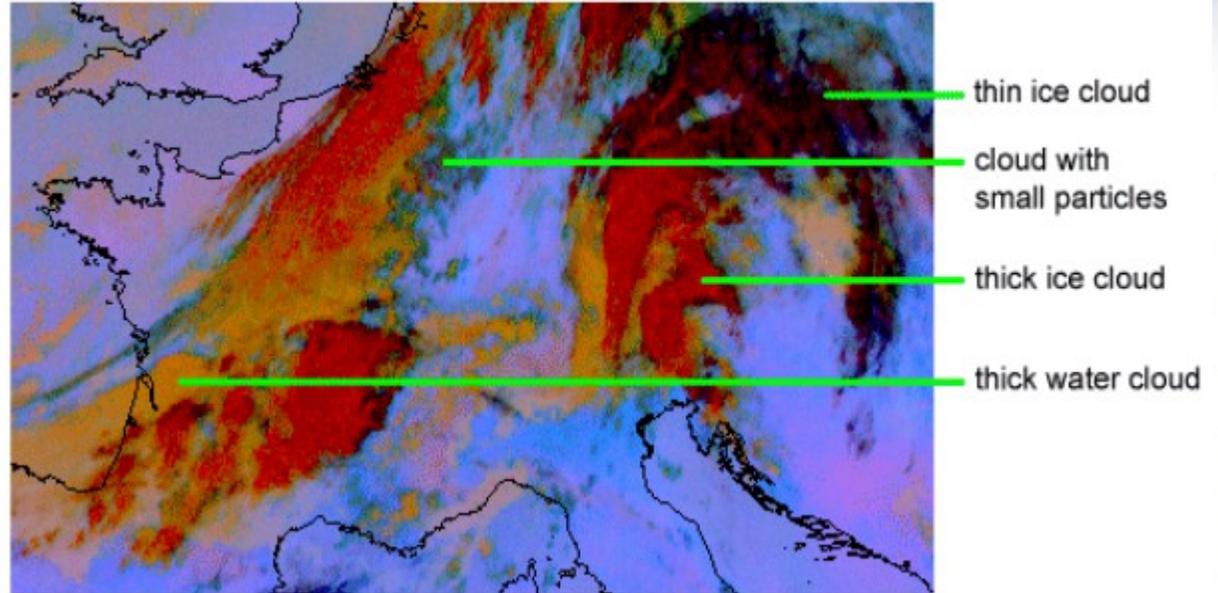
<http://172.24.140.169/MSG.IR087.html>

## 8b. Imágenes de satélite

*El producto más útil, día y noche, para detectar posibles nubes engelantes es RGB Microphysical.*

SAF

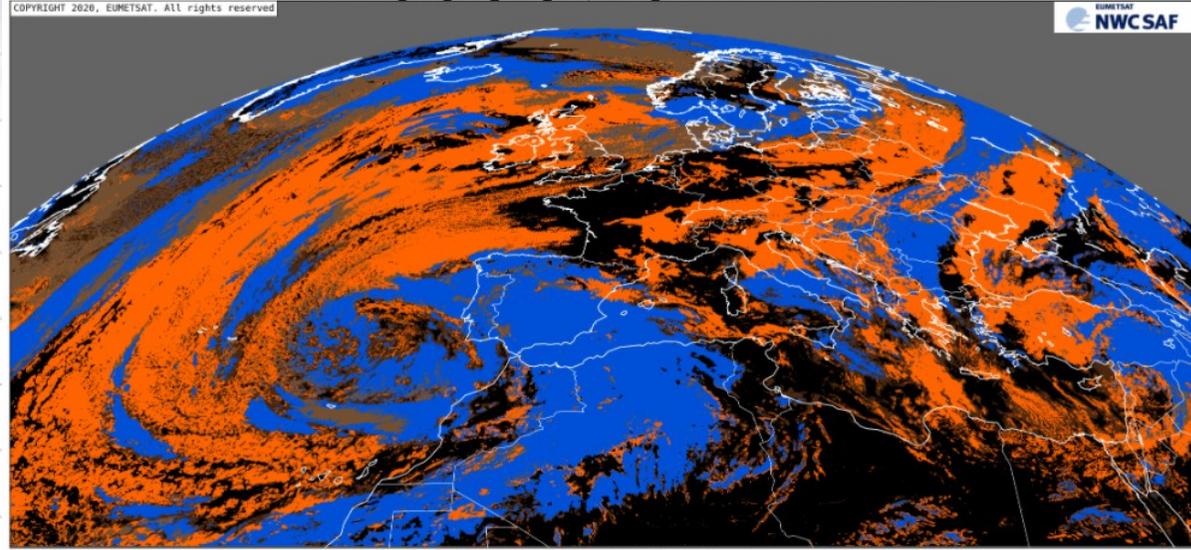
<http://www.nwcsaf.org/cmhc2>



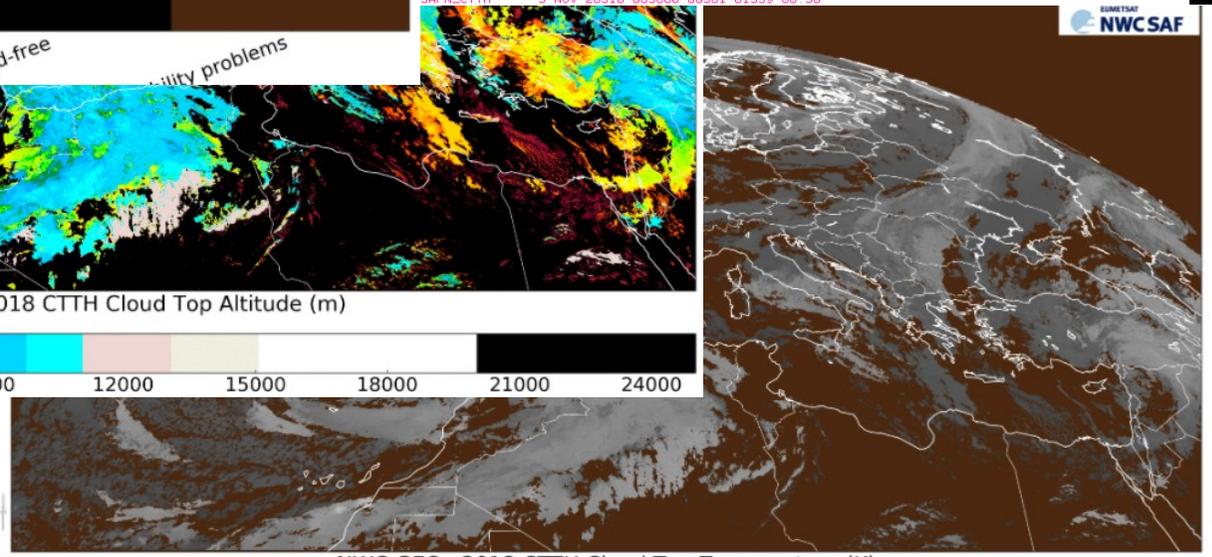
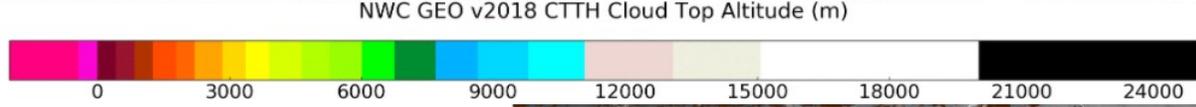
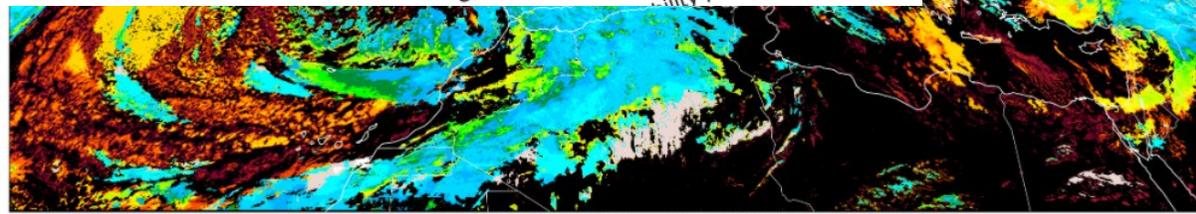
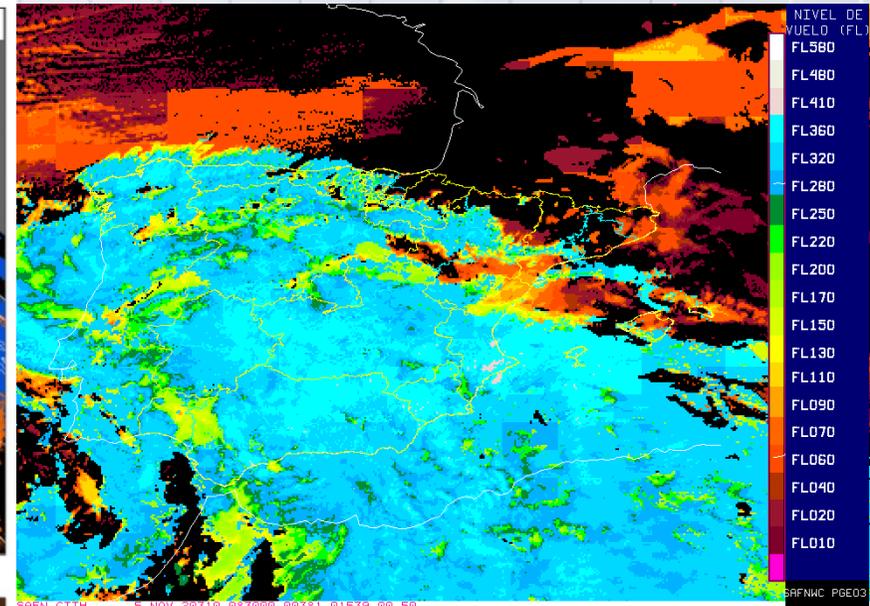
*Durante el día el más útil es RGB natural.*

# 8c. Productos NWC SAF

S\_NWC\_CMIC\_MSG4\_Europe-VISIR\_20201105T084500Z



NWC GEO v2018 CMIC Cloud Top Phase



NWC GEO v2018 CTTH Cloud Top Temperature (K)

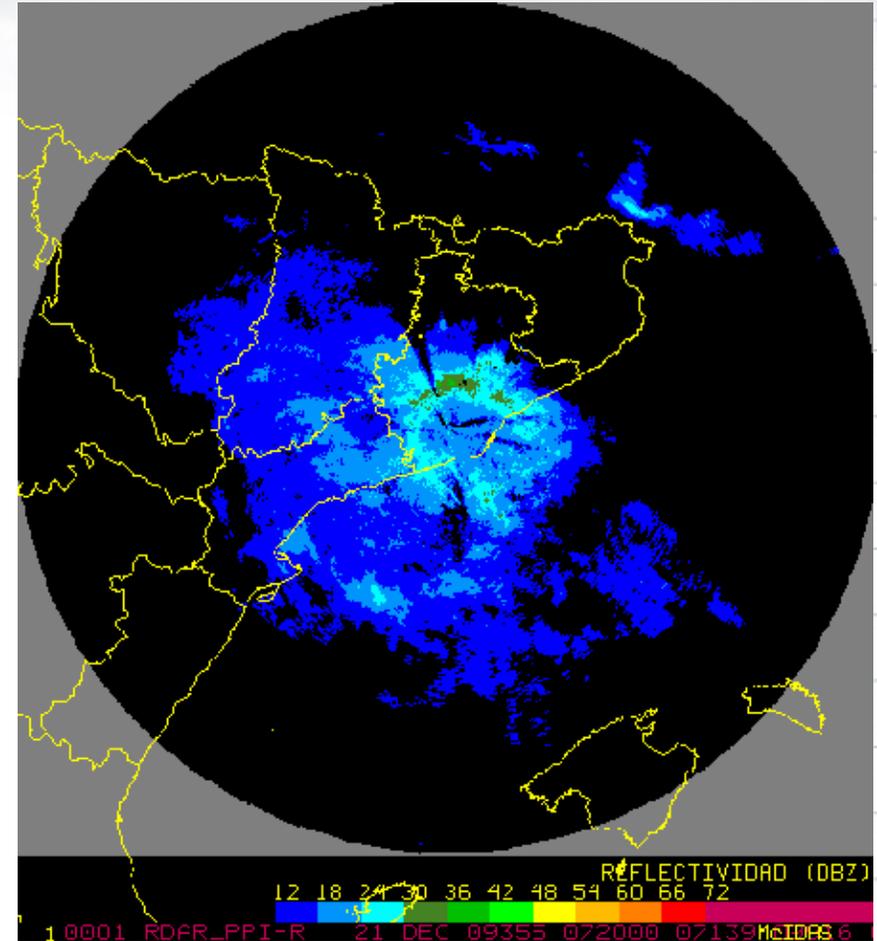
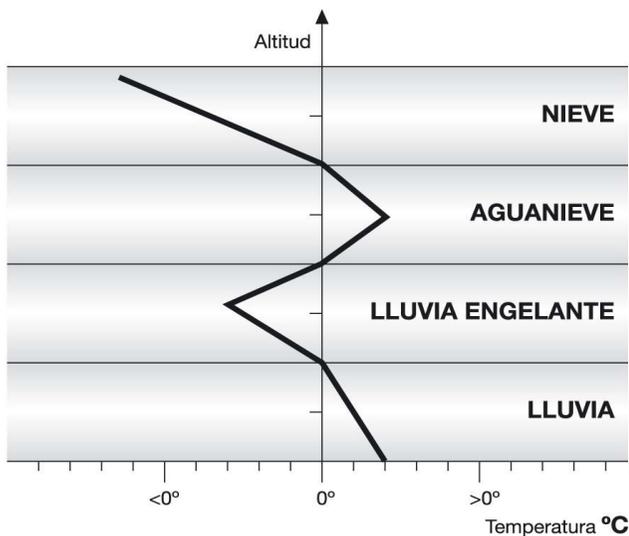


## 8d. Radar: banda brillante

La banda brillante corresponde a la zona con fuerte reflectancia en la capa de fusión de la precipitación.

Posible precipitación engelante:  
Proceso de capa caliente, el hielo atraviesa una capa de aire cuya temperatura es mayor de  $0^{\circ}\text{C}$  y se funde, formando gotas.  
Si las gotas caen a través de una capa cuya temperatura es menor de  $0^{\circ}\text{C}$ , se encontrarán en forma de precipitación engelante.

Hay casos de lluvia engelante o gotas SLD en que no se observa la banda brillante.



## 8e. Sondeos



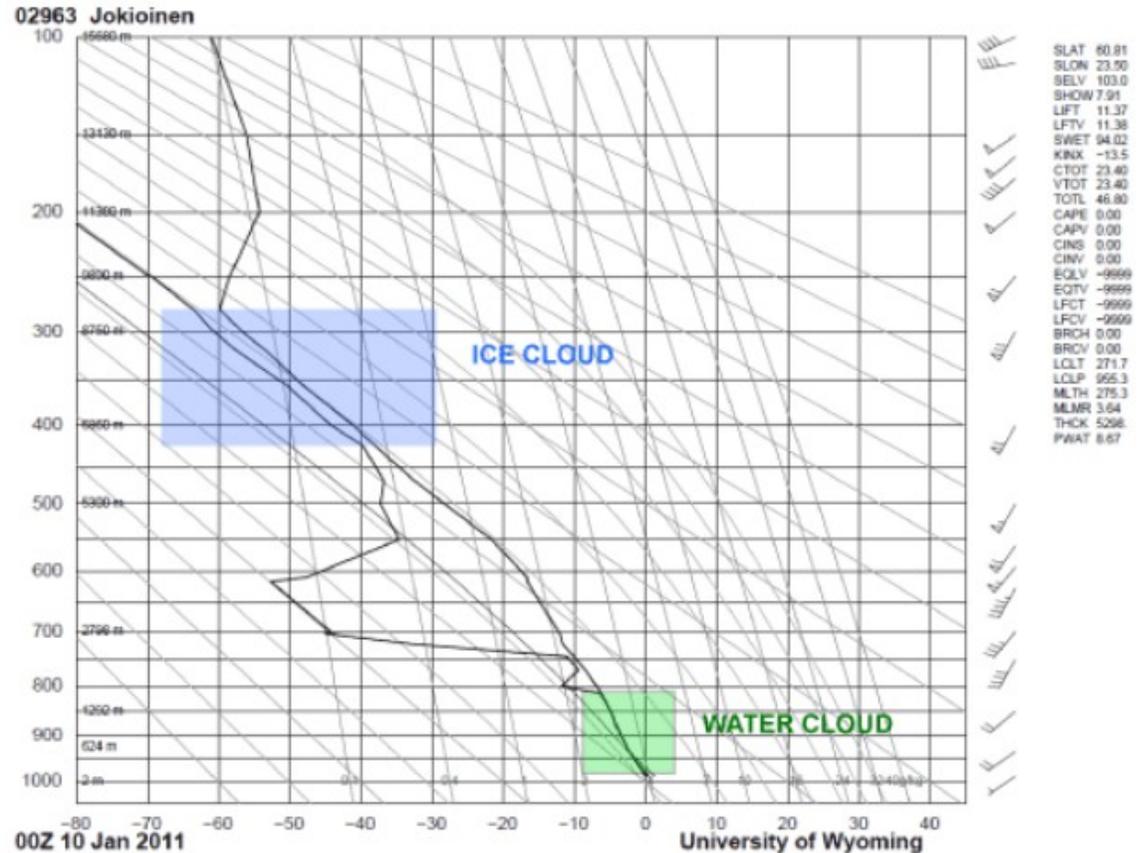
GOBIERNO  
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA  
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

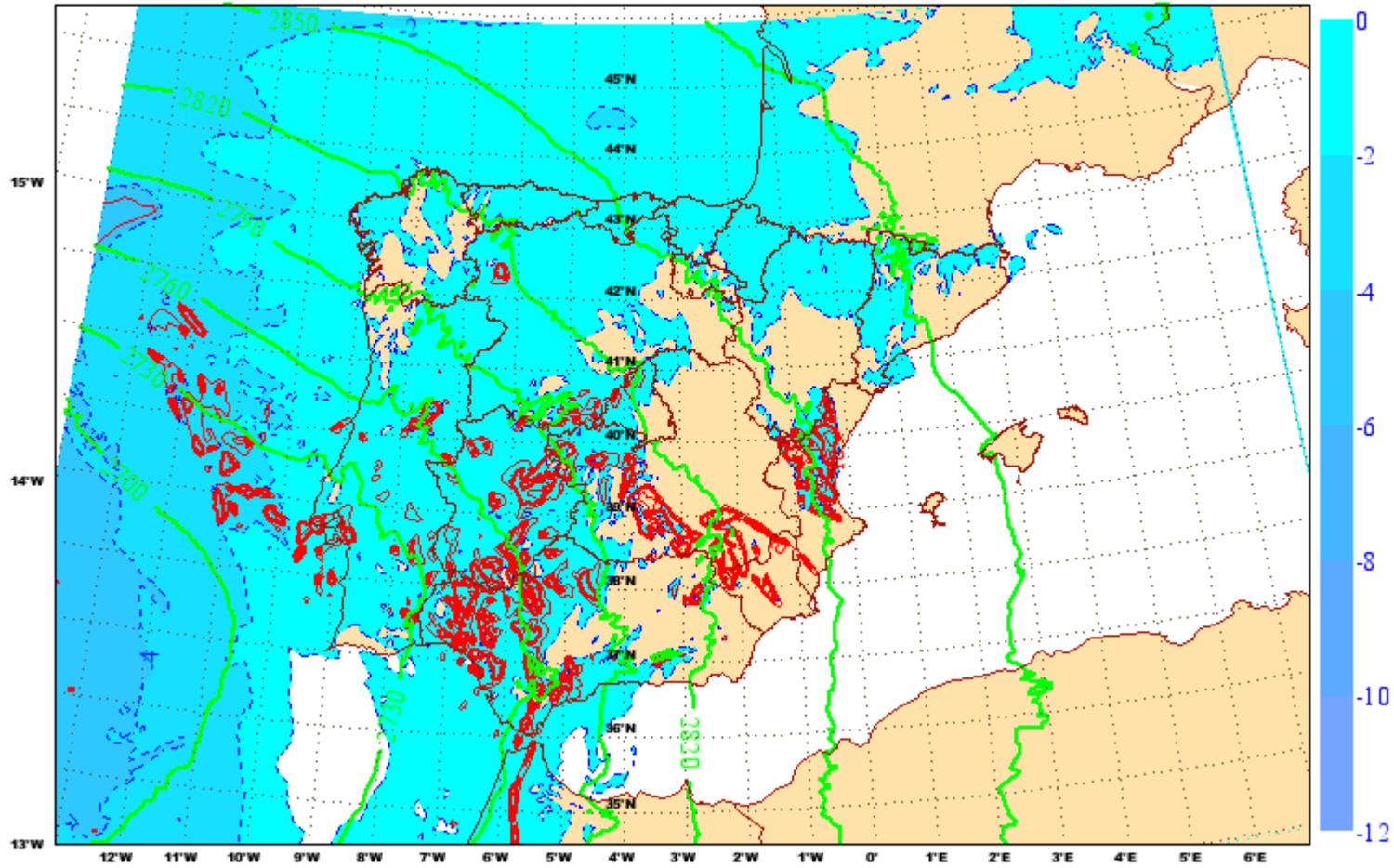
AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología

Las nubes con gotas subfundidas pueden ser detectadas en el sondeo con temperaturas entre  $-1^{\circ}\text{C}$  y  $-15^{\circ}\text{C}$  y con una temperatura igual a la del punto de rocío, mientras que en nubes de hielo hay una diferencia de uno o dos grados.

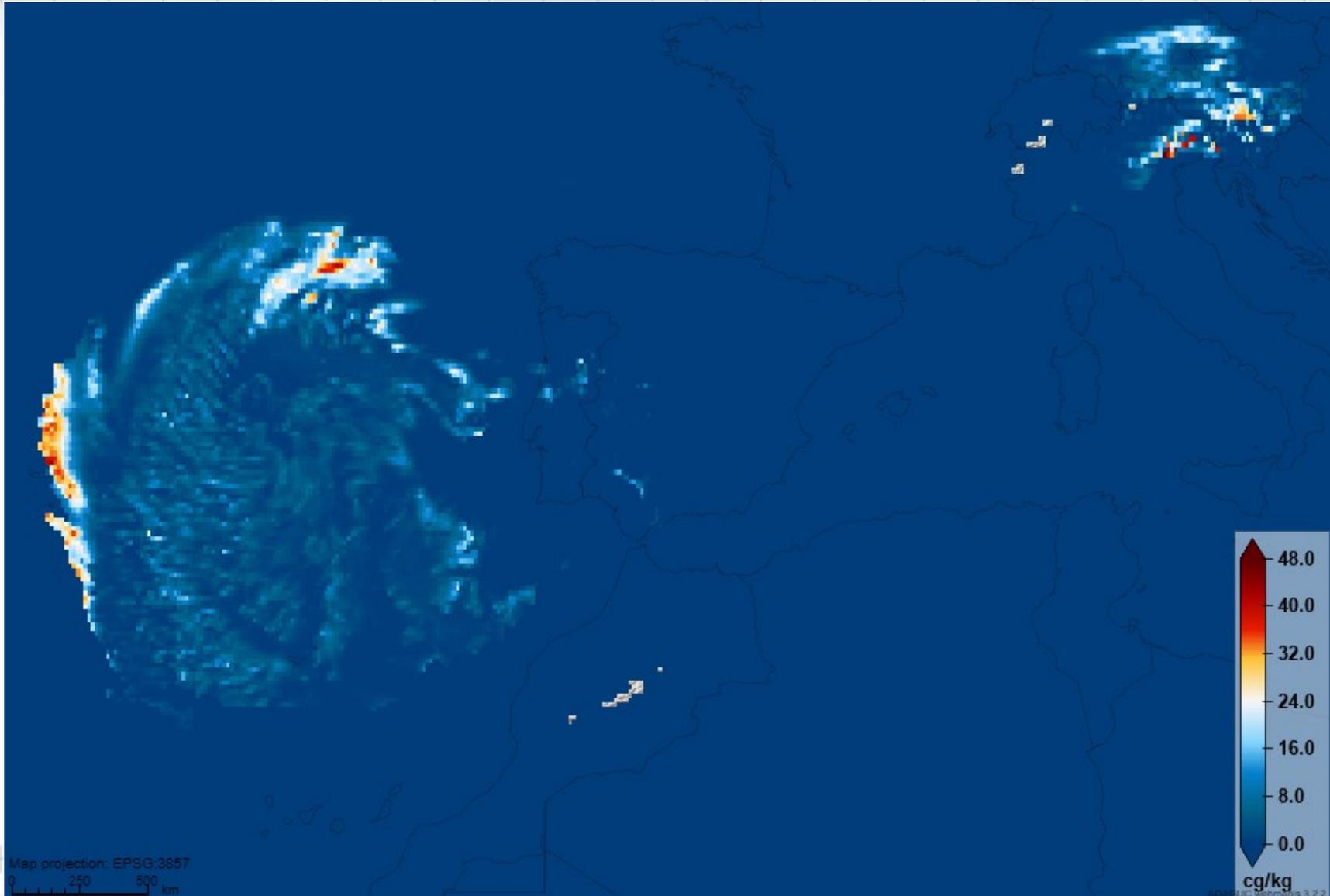


## 8. Predicción: CLWC en modelo HARMONIE

HMAR (0.05°) 20201104 a 12 UTC. H+018. Validez: jueves, 05 de noviembre de 2020, a 06 UTC.  
T (Sombreado de 0°C A -12°C). Z (contorneado)  
CLWC (líneas rojas: 10, 25, 50 y 100 cg/Kg) Nivel FL090

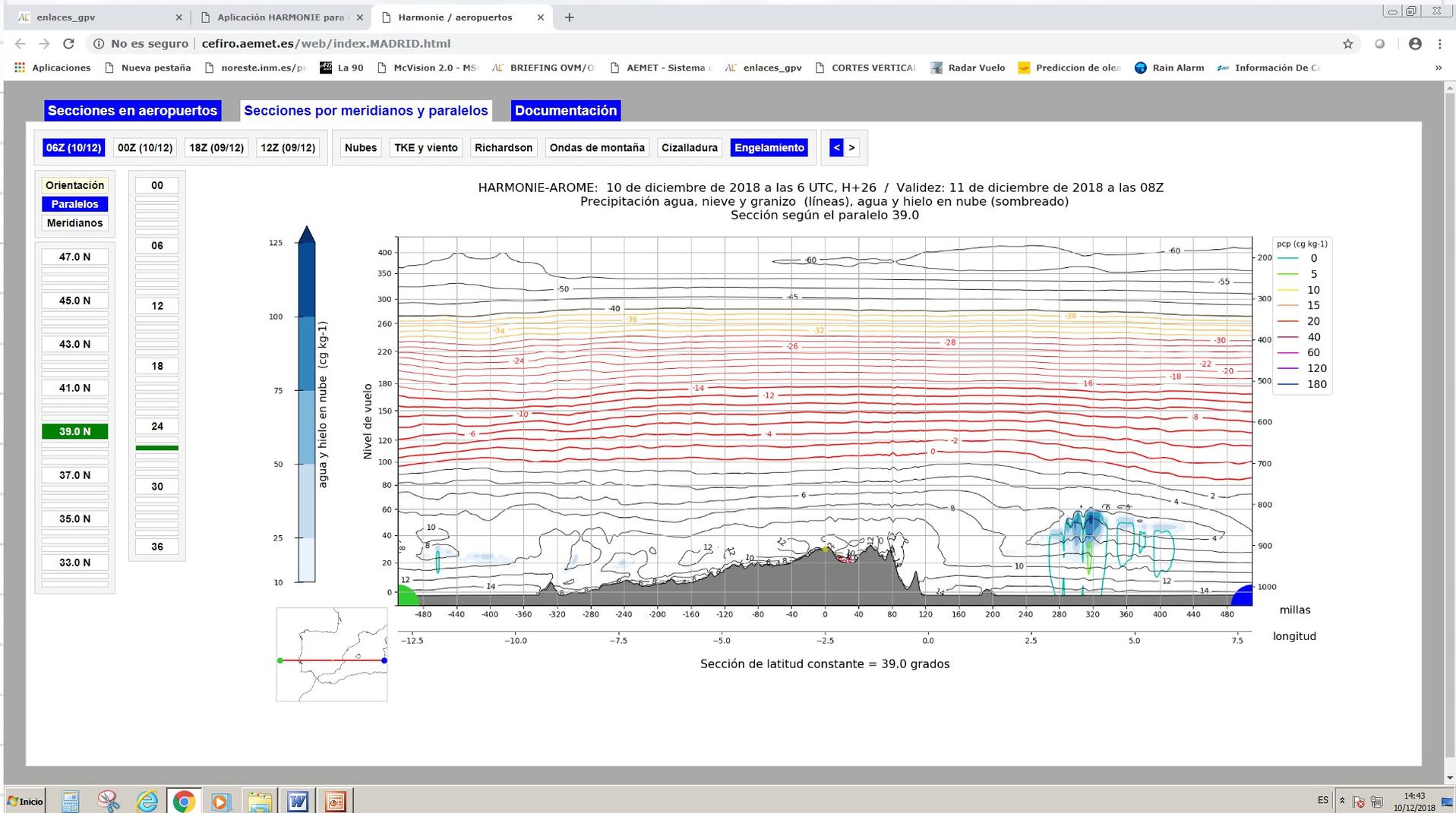


## 8. Predicción: LWC en modelo IFS



FL080 05/11/2020 00 H008

# 8. Predicción: Sección Vertical



## 8. PRONÓSTICO OPERATIVO

# Pronóstico de engelamiento

Áreas extensas con nubosidad entre  $0^{\circ}\text{C} > T > -12^{\circ}\text{C}$

**NO ENGELAMIENTO SIGNIFICATIVO**

**$LWC < 0.5 \text{ gr/Kg}$**

**ENGELAMIENTO MODERADO**

**$0.5 \text{ gr/Kg} < LWC < 1 \text{ gr/Kg}$**

**ENGELAMIENTO FUERTE**

**$LWC > 1 \text{ gr/Kg}$**

**$LWC > 0.5 \text{ gr/Kg}$  y  $SLD > 40\mu\text{m}$**

- Frente cálido con  $T < 0^{\circ}\text{C}$  por delante (Lluvia engelante)
- Niebla engelante
- Corrientes ascendentes o turbulencia

**EL ENGELAMIENTO ASOCIADO A NUBES CONVECTIVAS NO SE CIFRA DE FORMA EXPLÍCITA EN LOS PRODUCTOS AERONÁUTICOS**

**La variable SLD sólo se puede incluir en la predicción mediante modelos conceptuales.**

**EL ENGELAMIENTO FUERTE (SEV ICE) ES MUY POCO FRECUENTE**

## 8. PRONÓSTICO EN PRUEBA

### PRONÓSTICO DE ENGELAMIENTO

Algoritmo en pruebas:  $SFIP = M_T (cr \times M_{RH} + cw \times M_{\omega} + cc \times M_{CLW})$

Utiliza 4 variables del IFS: temperatura, humedad relativa, velocidad vertical y contenido de agua líquida en nube con funciones de peso  $cr$ ,  $cw$  y  $cc$ .

Creado por Margarida Belo-Pereira del IPMA. Comentado en el artículo: *Meteorol. Appl.* **22**: 705-715 (2015) “Comparison of in-flight aircraft icing algorithms based on ECMWF forecasts”

Adaptado por Benito Fuentes del ET del GPV de Valencia. Disponible en **ADAGUC**: [http://adaguc-desa.aemet.es:8080/adaguc-viewer/#addlayer\('http://adaguc-desa.aemet.es:8080/adaguc-services//adagucserver?dataset=Engelamiento&','SFIP\\_IFS\\_00'\)](http://adaguc-desa.aemet.es:8080/adaguc-viewer/#addlayer('http://adaguc-desa.aemet.es:8080/adaguc-services//adagucserver?dataset=Engelamiento&','SFIP_IFS_00'))

## 8. PRONÓSTICO OPERATIVO

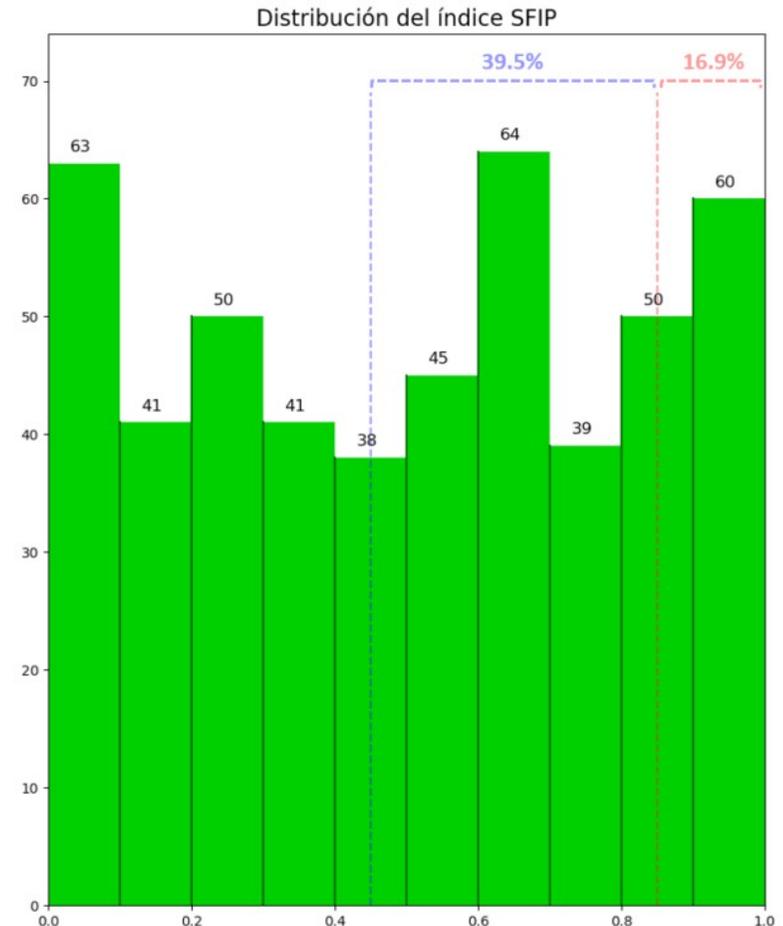
### PRONÓSTICO DE ENGELAMIENTO

*Estudio del comportamiento del SFIP.*

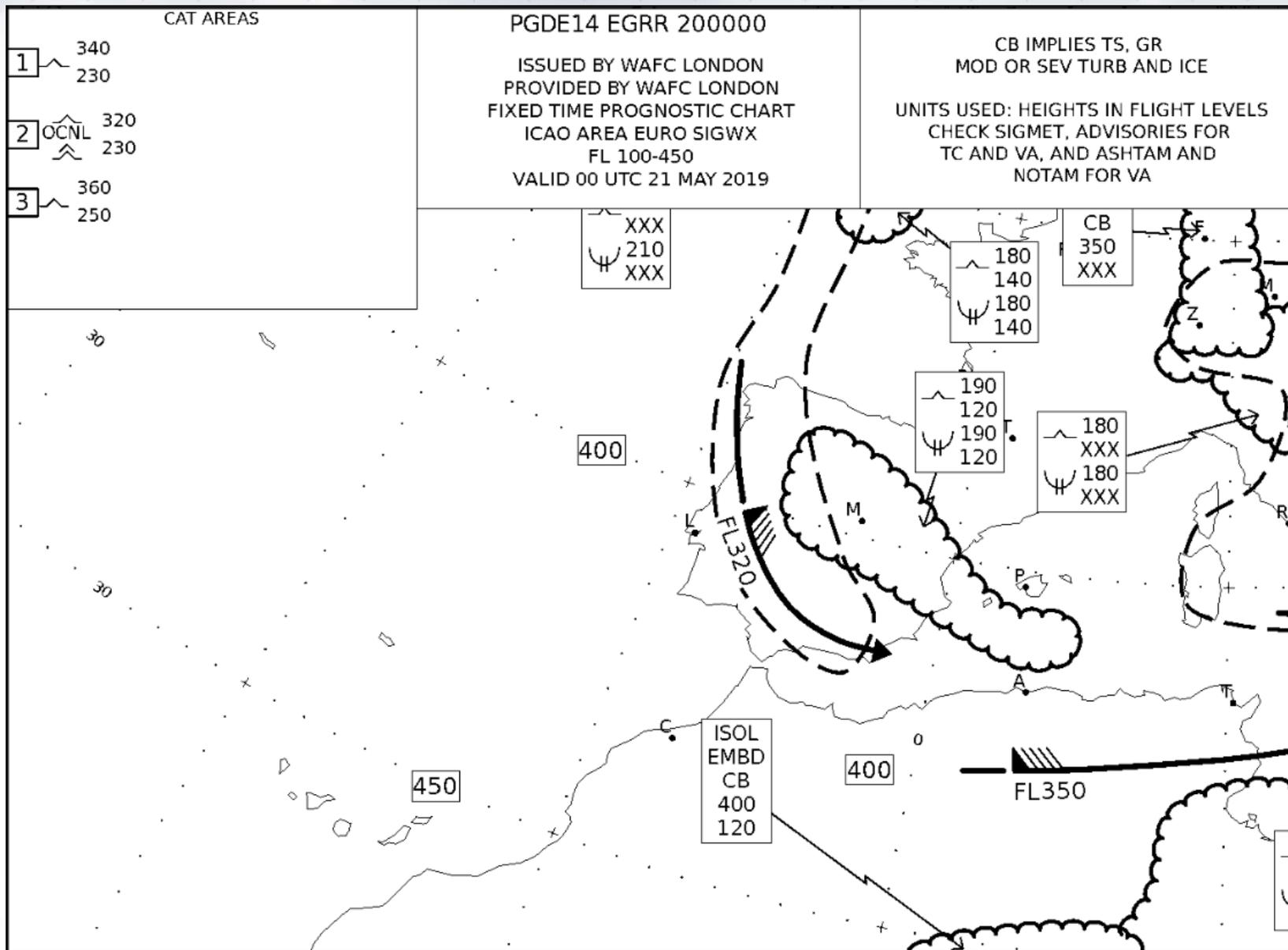
*En total son 235 casos de aeronotificaciones, con 175 de engelamiento moderado y 60 de severo.*

*SFIP casos detectados 56%:  
correctamente el 34%  
incorrectamente el 22% (mod-sev)  
no detecta el 44%*

*SFIP es más eficiente pronosticando las zonas de engelamiento que la intensidad.*



# 9. Productos: mapa WAFC de Londres



## 9. Productos: SIGMET, AIRMET, GAMET, AIREP

*SIGMET* describe un engelamiento **fuerte** observado o previsto fuera de nubes convectivas, utilizando SEV ICE o FZRA o FZDZ.

*Ejemplo:*

WSSP31 LEMM 031500

LECM SIGMET 3 VALID 031700/032100 LEVA-

LECM MADRID FIR SEV ICE FCST N OF N4240 FL100/140 STNR NC=

*GAMET / SIGWX SFC/FL150* (mapa de baja cota) pronostican engelamiento **moderado y/o fuerte** fuera de nubes convectivas para niveles bajos (inferior a 150 Hft).

*AIRMET* describe un engelamiento **moderado** observado o previsto fuera de nubes convectivas, en niveles bajos usando la codificación MOD ICE, (que no haya sido pronosticado en el GAMET y en el mapa de baja cota(SIGWX SFC/FL150)

*Aeronotificaciones: AIREP*

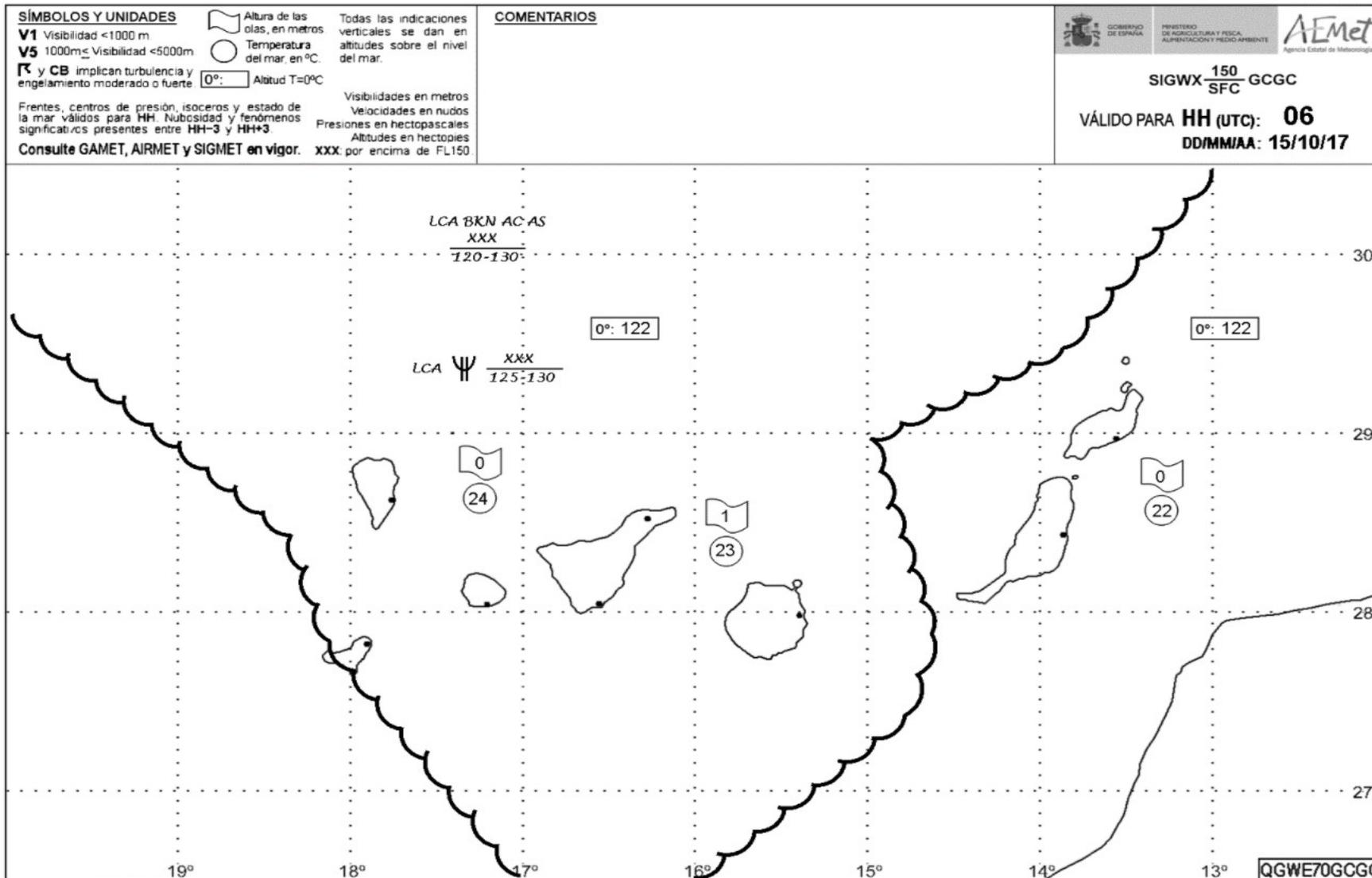
# 9. Productos: mapa de baja cota



GOBIERNO DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

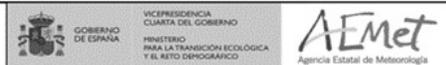
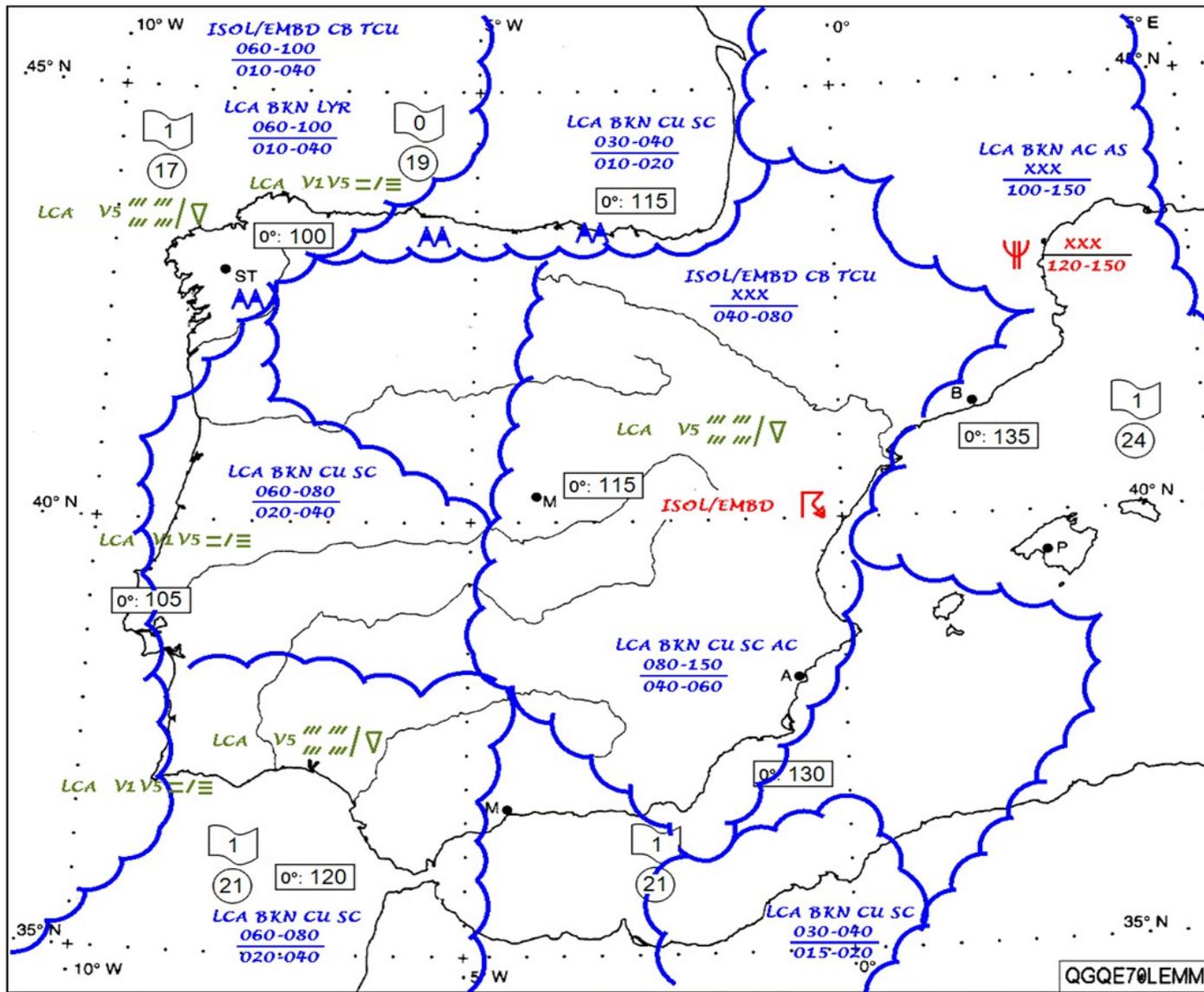


# 9. Productos: mapa de baja cota



GOBIERNO DE ESPAÑA

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



SIGWX <sup>150</sup>SFC LEVA

VÁLIDO PARA HH (UTC): **06**  
DD/MM/AA: **17/06/21**

Frentes, centros de presión, isóceros y estado de la mar válidos para HH. Nubosidad y fenómenos significativos presentes entre HH-3 y HH+3.

Consulte GAMET, AIRMET y SIGMET en vigor.

COMENTARIOS

SÍMBOLOS Y UNIDADES

- V1** Visibilidad <1000 m
- V5** 1000m ≤ Visibilidad <5000m
- T** Temperatura del mar, en °C.
- 0°** Altitud T=0°C
- Altura de las olas, en metros
- Presiones en hectopascales.
- Altitudes en hectopascales.
- XXX: por encima de FL150
- Velocidades en nudos.
- Presiones en hectopascales.
- Altitudes en hectopascales.
- XXX: por encima de FL150
- Todas las indicaciones verticales se dan en altitudes sobre el nivel del mar.
- Visibilidades en metros.
- Velocidades en nudos.
- Presiones en hectopascales.
- Altitudes en hectopascales.
- XXX: por encima de FL150

## 10. REFERENCIAS

- ❖ *Comet MetEd 2019: Englamiento en vuelo*
- ❖ *Comet MetEd 2008: Pronóstico de tipo e intensidad de englamiento en aviación*
- ❖ *EUMETRAIN 2012: Icing 2012* [http://www.eumetrain.org/resources/icing\\_2012.html](http://www.eumetrain.org/resources/icing_2012.html)
- ❖ *WMO June 2007: Aviation hazards*
- ❖ *Blanca González 2006: Meteorología aeronáutica*
- ❖ *AFWA 1998: Meteorological Techniques*
- ❖ *Alicia López, Blanca González 2014: Curso OVM 2014 en Valencia*
- ❖ *J. Manuel López Pérez 2016: Curso Formación Meteorólogos OEP 2015*
- ❖ *Grupo de Trabajo ATAP-DTARA-DTCAN. Posible lluvia/llovizna engelante en carreteras de País Vasco-Navarra. 9 de febrero de 2012*  
[http://neon.inm.es/dokuwiki/doku.php?id=casos\\_de\\_estudio:2012:9\\_febrero](http://neon.inm.es/dokuwiki/doku.php?id=casos_de_estudio:2012:9_febrero)
- ❖ *Blanca González López, J. M. Fernández Serdán 2007: Englamiento. Actualización de predicción aeronáutica para OVM*  
[http://www0.inm.es/wvj/stapwww/cursoaeronau\\_ovm07/index.html](http://www0.inm.es/wvj/stapwww/cursoaeronau_ovm07/index.html)
- ❖ *METEO FRANCE Freezing contamination: aircraft icing*