

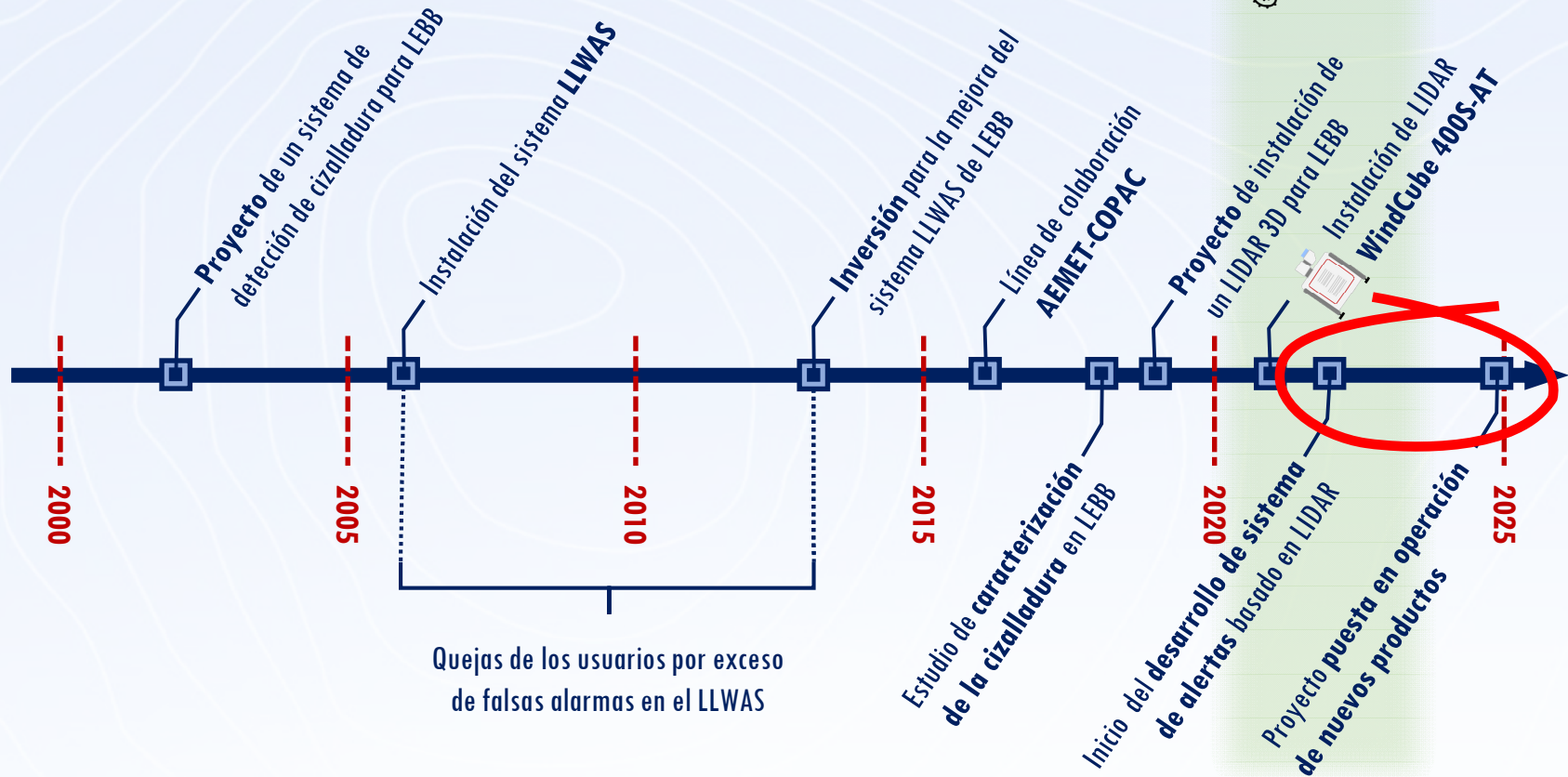
Avisos y alertas de cizalladura en el Aeropuerto de Bilbao

Foro de usuarios aeronáuticos 2024

Servicios Centrales de AEMET. 16 de enero de 2025

S. Fernández, J. Palacios, J. Iglesias

UN POCO DE HISTORIA...



EQUIPOS DE PROYECTO

Desarrollo de un sistema de alarmas de cizalladura y turbulencia basado en datos de un LIDAR 3D 2021-2023

Sergio Fernández
Julián Palacios
Eroteida Sánchez
M^a Rosa Pons
Daniel Suárez
Iñaki Akarregi
Juan Iglesias

Jefe OMAe Santander
Técnico Superior ATAP
Vocal Asesora (Presidencia)
Directora de Planificación
Observador LEBB
Jefe EMAe LEBB / Predictor 
Jefe Servicio

Ana M^a, Alberto, Nuria, Eloy, Marta
Predictores OMAe Santander

Jesús, Adolfo, Iker, Sergio, Patxi, Eukene, Ismael...
AENA, ENAIRE

David, Elisabet, Francisco, Markus...
VOLOTEA, VUELING, SEPLA, LUFTHANSA...

Puesta en operación de productos pronosticados y observados de cizalladura y turbulencia en LEBB 2024-2026

Sergio Fernández
Julián Palacios
Alejandro Méndez
Sergio Cotera
César Rivela
Juan Iglesias

Jefe OMAe Santander
Técnico Superior ATAP
Jefe Aplicaciones Aeronáuticas
Jefe Explotación
Jefe EMAe LEBB
Jefe Servicio

Daniel, David, Lucía, Federico, Juan
Observadores EMAe Bilbao

Ana M^a, Alberto, Nuria, Eloy, Marta, Adrián
Predictores OMAe Santander

Y esperamos seguir contando con todos vosotros

OBJETIVOS DE PROYECTO

Desarrollo de un sistema de alarmas de cizalladura y turbulencia basado en datos de un LIDAR 3D 2021-2023

- Diseño de un algoritmo para detección de cizalladura y turbulencia basado en datos LIDAR 3D (**alertas de cizalladura y turbulencia**) ✓
- Elaboración de un producto de predicción de cizalladura para el Aeropuerto de Bilbao (**avisos de cizalladura**) ✓
- Validación de alertas y avisos ✓
- Documentación ✓
- Puesta en operación de los productos ✗

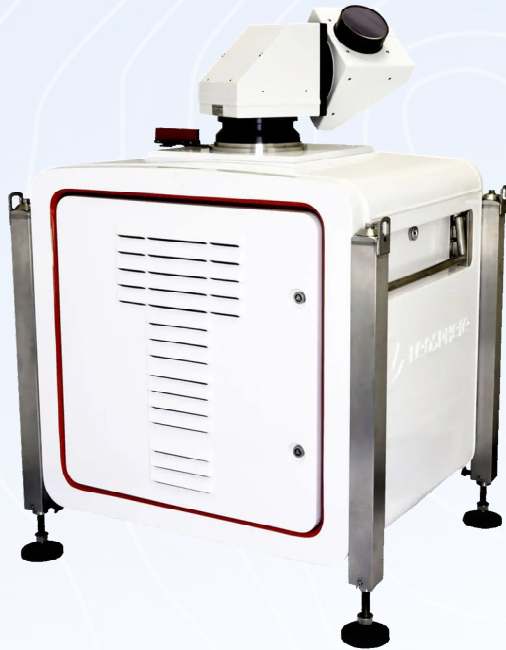
Puesta en operación de productos pronosticados y observados de cizalladura y turbulencia en LEBB 2024-2026

- **Automatización parcial** del proceso de generación de avisos pronosticados de cizalladura
- Mejora de la calidad de los datos LIDAR mediante la aplicación de técnicas de filtrado basadas en **machine learning**
- Acuerdo local para el **cifrado de cizalladura** en los METAR/SPECI
- Documentación
- **Puesta en operación** de los nuevos productos

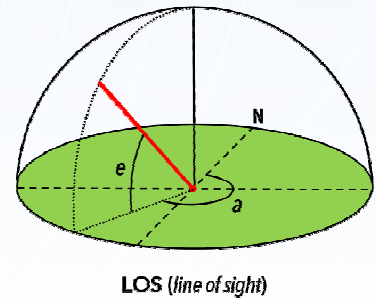
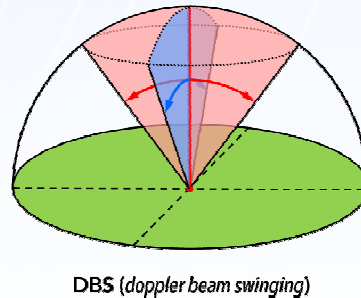
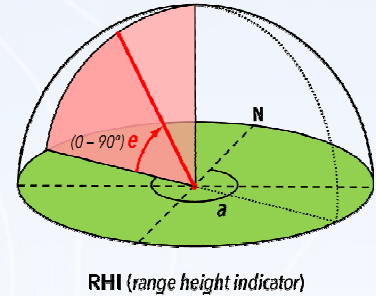
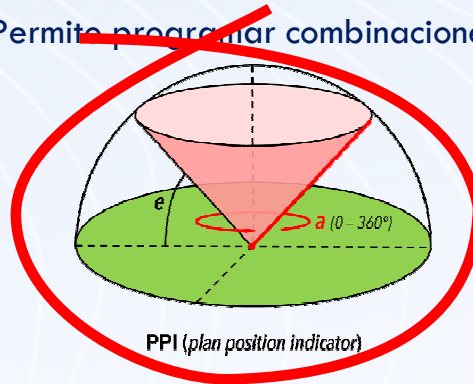
LIDAR Doppler 3D

FUNCIONAMIENTO

Vaisala-Leopshere WindCube 400S-AT

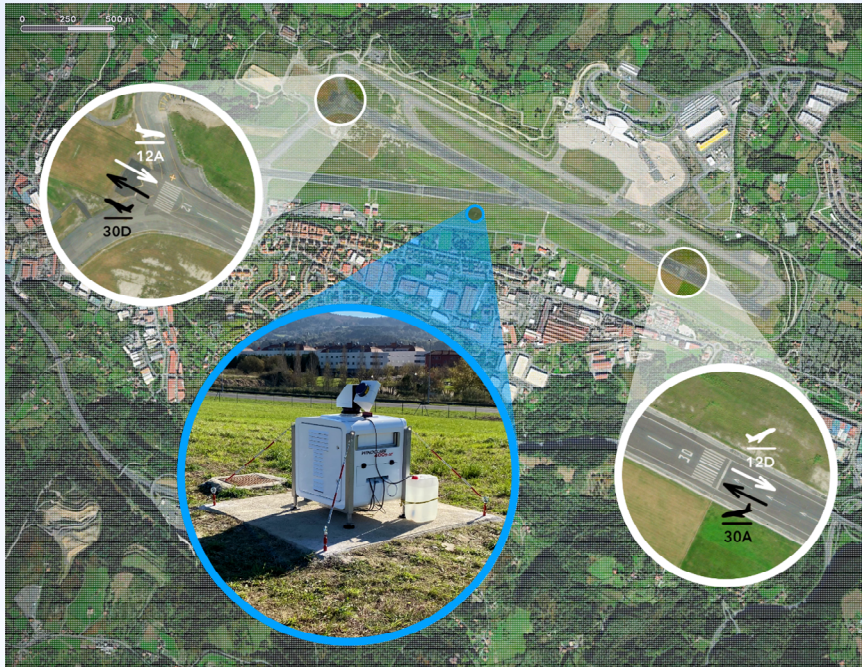


- Mide velocidad de viento radial de parcelas atmosféricas hasta un alcance máximo de 10 km (~5,5 millas náuticas)
- Permite programar combinaciones de varios modos de escaneo:

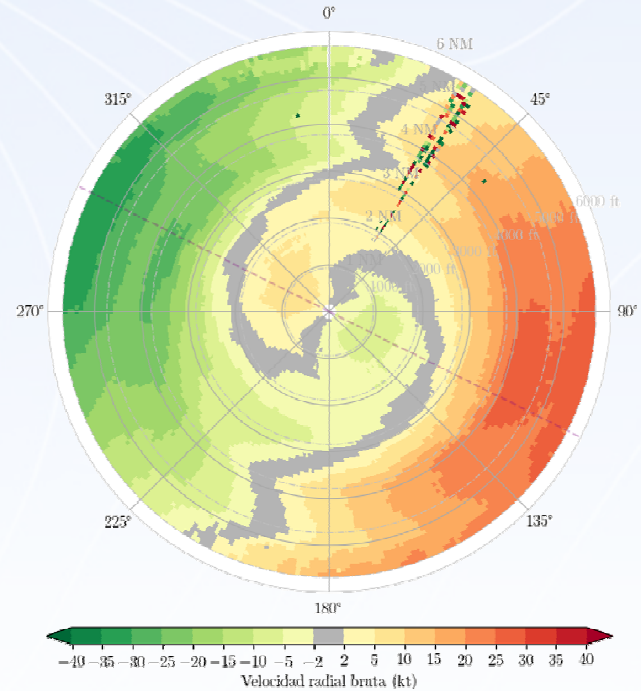


INSTALACIÓN Y ESTRATEGIA DE ESCANEEO

- Instalado junto a EMA28
 (~ 240 m eje pista principal 12-30)



- Estrategia actual: 1 PPI 10,6° (despegues)
 + 1 PPI 3,3° (aterrizajes) = **6 minutos**



Alertas de cizalladura y turbulencia

OBSERVADAS (LIDAR)

ALGORITMO DE CIZALLADURA

Basado en el algoritmo de C.M. Shun y P.W. Chan (2008) para el Aeropuerto de Hong Kong

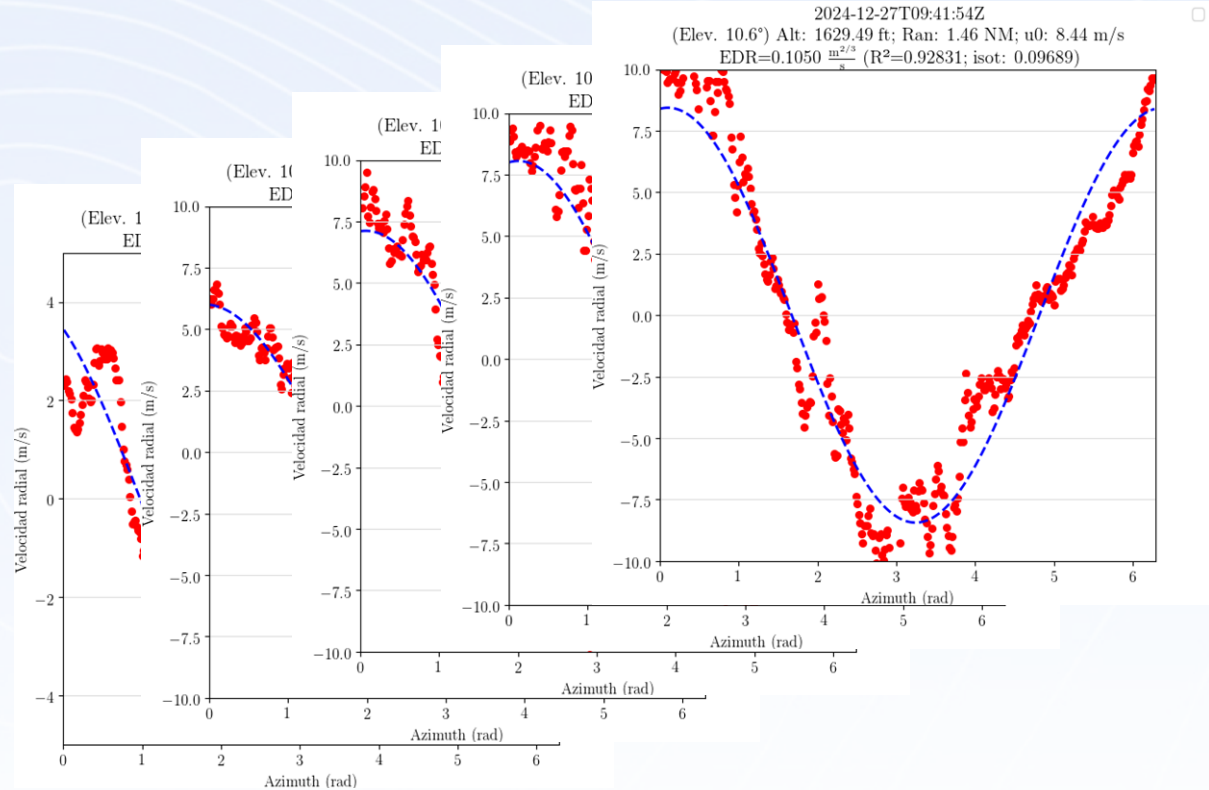
- 1) Obtención de datos LIDAR de la zona de interés
- 2) Reconstrucción del viento en las sendas de aterrizaje y despegue
- 3) Filtrado de valores espurios
- 4) Detección de la rampa más severa
- 5) Notificación en forma de mensaje de texto



ALGORITMO DE TURBULENCIA

Basado en el ajuste sinusoidal del viento radial en un PPI (Yang et al, 2019)

- 1) Obtención PPI LIDAR de la zona de interés
- 2) Ajuste sinusoidal del viento radial a diferentes alturas
- 3) Eliminación de ajustes no representativos (R^2 , isotropía)
- 4) Determinación de EDR (*Eddy Dissipation Rate*)
- 5) Clasificación de turbulencia para promedio 0-1600 ft



CLASIFICACIÓN DE CIZALLADURA Y TURBULENCIA

Clasificación de alarmas de cizalladura

- Basada en **normativa** OACI (Doc 9817 “Manual sobre cizalladura del viento a poca altura”)
- Alarma de cizalladura si hay pérdida o ganancia de viento de morro ≥ 15 kt
- Rampa más severa** en trayectorias de 400 m a 4000 m, entre superficie y 1600 ft

Nivel		Cizalladura vertical (kt/30m)
FBL	Ligera	< 5
MOD	Moderada	[5, 9)
HVY	Fuerte	[9, 12)
SEV	Severa	≥ 12

Clasificación de alarmas de turbulencia

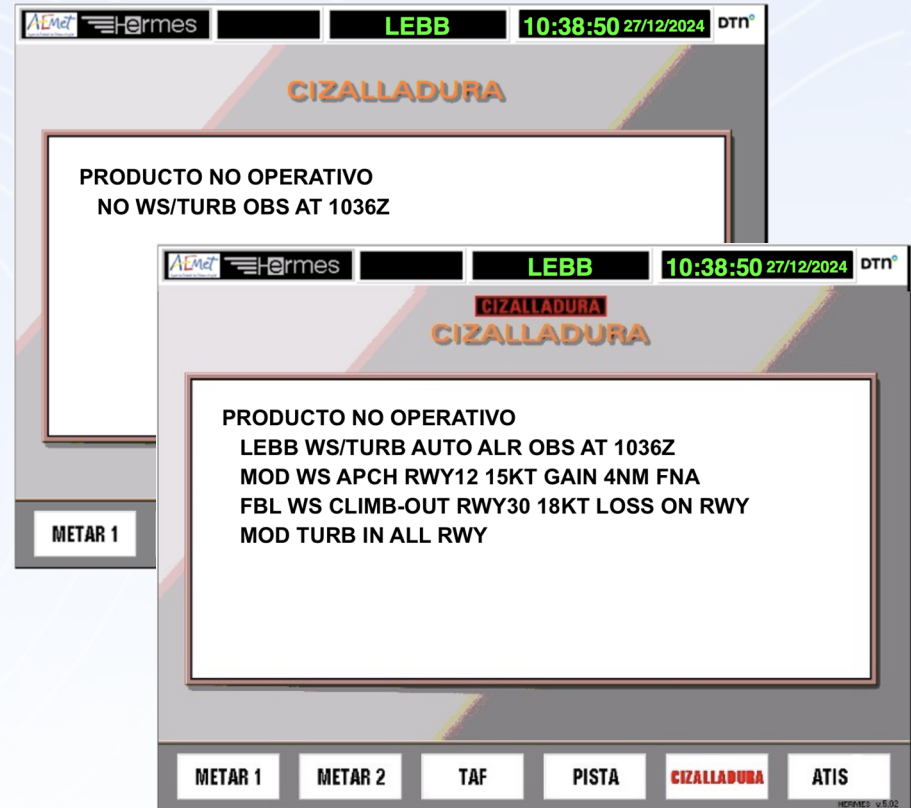
- Basada en **literatura científica** (Splitt et al, 2021)
- Promedio de valores de **EDR** entre superficie y 1600 ft
- Dependiente de las características, tamaño/**peso de las aeronaves**:

Nivel		EDR ($m^{2/3}/s$)		
		Ligeras	Medianas	Pesadas
FBL	Ligera	[0.13, 0.16)	[0.15, 0.20)	[0.17, 0.24)
MOD	Moderada	[0.16, 0.36)	[0.20, 0.44)	[0.24, 0.54)
SEV	Severa	[0.36, 0.64)	[0.44, 0.79)	[0.54, 0.96)
EXT	Extrema	≥ 0.64	≥ 0.79	≥ 0.96

ALERTAS DE CIZALLADURA Y TURBULENCIA

Notificadas únicamente a torre de control

- Actualización cada 6 minutos (ciclo de escaneo)
- Información radiada oralmente a las aeronaves en aproximación/despegue a criterio de TWR
- Disponibles para vigilancia por parte del personal de AEMET en web interna
- Interfaz gráfica en terminales Hermes en TWR:
 - **CIZALLADURA**: ausencia de alertas o alertas consideradas de bajo impacto por los usuarios
 - **CIZALLADURA**: cizalladura MOD, HVY, SEV en aterrizaje o HVY, SEV en despegue
 - **CIZALLADURA**: persistencia de cizalladura, cizalladura FBL en aterrizaje, MOD en despegue, o turbulencia MOD



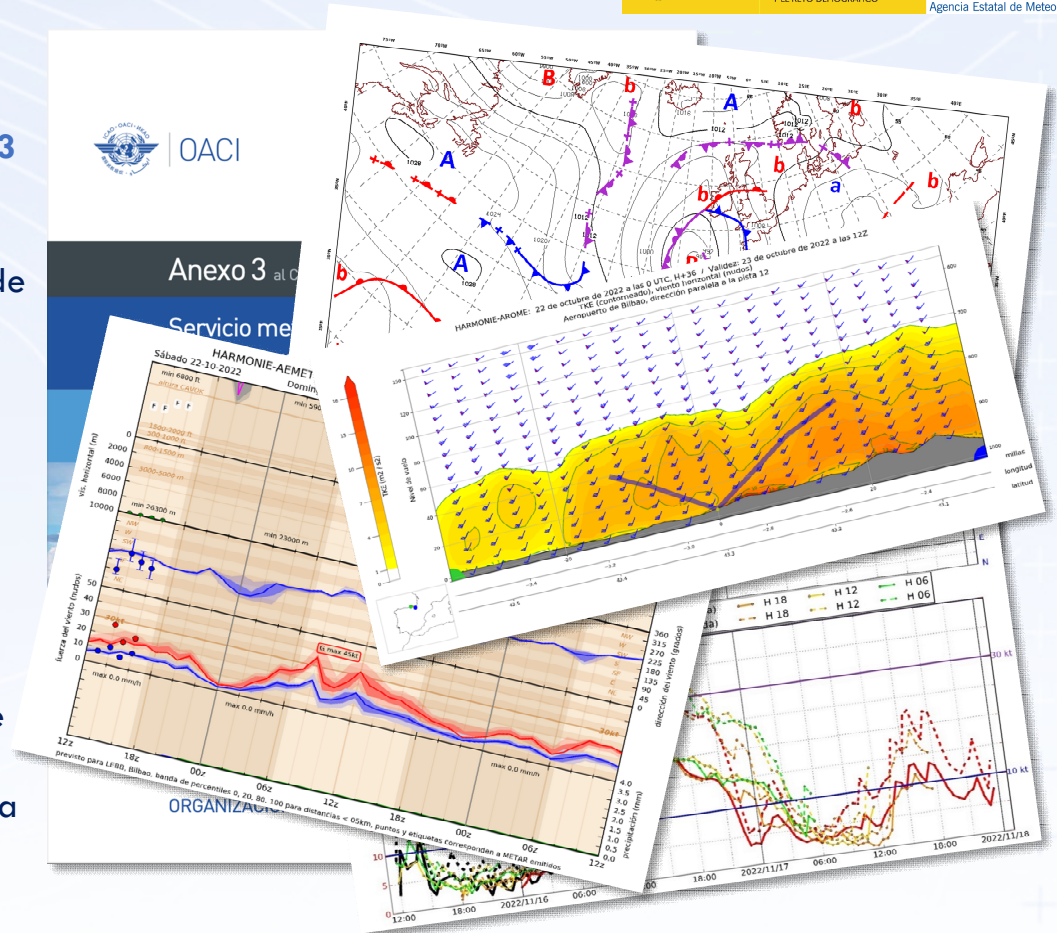
Avisos de cizalladura

PRONÓSTICADOS (PREDICTOR)

AVISOS DE CIZALLADURA LEBB

Conforme a la normativa aeronáutica (Anexo 3 OACI, Reglamento de Ejecución 2017/373)

- **Elaborados manualmente por predictores de la OMAe de Santander**
- Información sobre la presencia prevista (u observada) de cizalladura del viento que pueda afectar a las operaciones entre el nivel de pista y 1600 ft
- Basados en pronósticos de los **modelos numéricos** de predicción meteorológica
- **Guía interna AEMET** para la elaboración de avisos de cizalladura en LEBB con propuesta de herramientas y umbrales de decisión para la emisión de avisos



AVISOS DE CIZALLADURA LEBB

- Actualmente **producto no operativo**
- Enviados por **correo electrónico** a los usuarios interesados del Aeropuerto de Bilbao
- Suponen una elevada carga de trabajo para los predictores. Requiere el desarrollo de herramientas informáticas que simplifiquen el proceso de generación (**automatización**)
- Información de gran utilidad para la planificación del vuelo y la operativa del aeródromo
- Producto **muy apreciado** por los usuarios aeronáuticos

Asunto: Aviso de cizalladura en LEBB (producto no operativo)
De: GPV de Santander <gpvsd@aemet.es>
Fecha: 19/12/2024, 7:46
Para: destinatarios-no-revelados: ;

LEBB WS WRNG 1 190646 VALID 190700/190900

WS IN ALL RWY FCST

SFC WIND: 220/15KT MAX 28KT

1600FT-WIND: 230/35KT=

Grupo de Predicción y Vigilancia de Santander
Delegación Territorial de AEMET en Cantabria

Validación de los productos

VALIDACIÓN DE ALERTAS

- **1ª Campaña** (oct '21 – mar '22)
 Desarrollo del algoritmo
 - Reportes de pilotos
 - Datos de aeronaves
 - Algoritmo comercial (DTN)

- **2ª Campaña** (oct '22 – mar '23)
 Estrategia final
 - Reportes de pilotos
 - Datos de aeronaves

- **Encuesta usuarios** (may '23 – jun '23)
 Comunicación de las alertas
 - Valoración subjetiva

- **3ª Campaña** (oct '23 – mar '24)
 - Registro de frustradas
 - Reportes de pilotos

Resultados 3ª campaña (2023-2024)

118 frustradas (cizalladura, turbulencia, vientos fuertes, vientos cruzados)

68 reportes de cizalladura de pilotos

		Frustrada - Reporte	
		Sí	No
Alerta	Sí	111	5
	No	31	39

Sin considerar alertas de cizalladura ligera en despegue

POD (probabilidad de detección) = 78%

FAR (tasa de falsas alarmas) = 18%

VALIDACIÓN DE AVISOS

Resultados 3ª campaña (2023-2024)

- Emisión de **58 avisos de cizalladura** en el periodo octubre 2023 - marzo 2024:
 - 41 sin indicación de intensidad
 - 12 de cizalladura moderada (MOD)
 - 5 de cizalladura severa (SEV)

- En la validación se consideran acertados los avisos que coincidieron con:
 - Frustradas por cizalladura, turbulencia, vientos fuertes o vientos cruzados
 - Rachas del SW y turbulencia o cizalladura moderada o superior (LIDAR)*

* Requisito para no penalizar cuando el aeropuerto está cerrado o con poco tráfico.

		Frustrada – WS – TURB	
		Sí	No
Aviso	Sí	44	10
	No	7	123

POD (probabilidad de detección) = 86%

FAR (tasa de falsas alarmas) = 19%

Acuerdo local sobre el cifrado de cizalladura en el METAR/SPECI

CIFRADO DE WS EN METAR/SPECI

Situación actual en Bilbao (LIDAR)

- Especificada en el procedimiento entre los proveedores ATS y AEMET para el intercambio de información:
 - La EMAe LEBB cifrará WS en los METAR/SPECI cuando **TWR comunique** que ha recibido **1 reporte de cizalladura** por una aeronave.
 - La EMAe LEBB eliminará WS de los METAR/SPECI cuando **TWR comunique** que **1 aeronave ya no informa de su presencia** o cuando transcurran **2 horas sin notificación** (por ausencia de vuelos).
- **PROBLEMÁTICA:** sobrecarga de trabajo en TWR (dificultad para comunicar en estas situaciones el fenómeno a EMAe o incluirlo en ATIS), quejas de usuarios (escasez de WS en METAR LEBB), infrutilización del LIDAR.

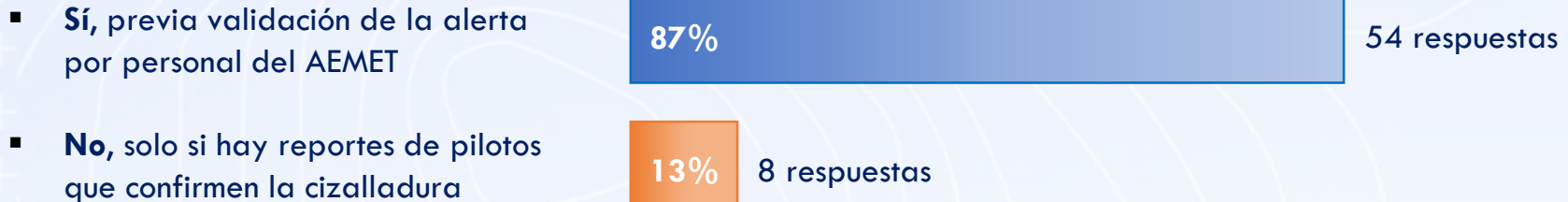
Situación en Tenerife Sur (LLWAS)

- Especificada en acuerdo operacional local entre TWR y EMAe GCTS:
 - Se cifrará WS en los informes METAR/SPECI si lo **comunica TWR** o si existen **alarmas LLWAS**



RESULTADOS ENCUESTA A USUARIOS 2023/2024

¿Considera adecuada la inclusión de WS en METAR/SPECI si el LIDAR proporciona alertas de cizalladura?



¿Considera adecuado usar la ausencia de alertas de cizalladura para eliminar WS de los METAR/SPECI?



PROPUESTA CIFRADO WS EN METAR/SPECI LEBB

- **Objetivo** del proyecto *“Puesta en operación de productos pronosticados y observados de cizalladura y turbulencia en el Aeropuerto de Bilbao”*

Cifrado de WS en METAR/SPECI cuando:

- **TWR comunique** que ha recibido **1 reporte de cizalladura** de una aeronave [caso actual]
- **Aviso** de cizalladura **en vigor + alerta de cizalladura** LIDAR verificada por personal de AEMET [caso nuevo]

Eliminación de WS del METAR/SPECI cuando:

- **TWR informe** de que **1 aeronave no ha reportado cizalladura** y dicha información sea **coherente con las alertas** proporcionadas por el LIDAR [caso nuevo]
- **Ausencia de alertas** de cizalladura **durante 30 minutos, sin aviso** en vigor, y previa confirmación con TWR de que en dicho periodo no se han producido reportes de cizalladura [caso nuevo]
- **Tras 2 horas sin vuelos ni alertas de cizalladura** [caso nuevo]

Referencias

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- OACI, 2005. Manual sobre cizalladura del viento a poca altura. Primera edición, 2005. Doc 9817 AN/449. ISBN 978-92-9265-403-0.
- OACI, 2018. Anexo 3 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional. Vigésima edición, julio 2018. ISBN 978-92-9249-992-1.
- Shun C.M., Chan P.W., 2008. *Applications of an Infrared Doppler Lidar in Detection of Wind Shear*. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 25(5): 637-655. DOI: <https://doi.org/10.1175/2007JTECHA1057.1>
- Splitt M.E., Hennard M., Bourgeard P., 2021. *Survey of General Aviation Pilot Reports (PIREPs), conformity, consistency and quality*. Journal of Operational Meteorology, 9(6): 76-88. DOI: <https://doi.org/10.15191/nwajom.2021.0906>
- Yang S., Petersen G.N., von Löwis S., Preibler J., Finger D.C., 2020. *Determination of Eddy dissipation rate by Doppler lidar in Reykiavik, Iceland*. Meteorological Applications, 2020; 27:e1951. DOI: <https://doi.org/10.1002/met.1951>

Muchas gracias por su atención