

Caso de estudio de un evento simultáneo de viento cruzado y cortante vertical en el Aeroparque Jorge Newbery de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Nota Técnica SMN 2023-152

**Anabel Marques da Silva ¹, Luciano Vidal ², Claudia Ribero ¹
y Roxana Vasques Ferro ¹,**

¹ *Dirección de Meteorología Aeronáutica*

² *Dirección de Productos de Modelación Ambiental y de Sensores Remotos*

Octubre 2023

Información sobre Copyright

Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.

La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.

Resumen

Las condiciones meteorológicas son un elemento fundamental a tener en cuenta a la hora de planificar y tomar decisiones en la aeronáutica. Fenómenos adversos como viento cruzado y cortante vertical pueden representar un riesgo para la seguridad operacional, tanto en fases de aterrizaje como de despegue, dado que afectan la actitud y dirección de las aeronaves. En esta Nota Técnica se analiza la situación meteorológica del día 30 de abril de 2023 que afectó el área del Aeroparque Jorge Newbery de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, donde luego del pasaje de un frente frío se registraron vientos intensos en superficie con componente cruzada a la pista y cortante del viento en la vertical, lo cual generó condiciones adversas para las operaciones aéreas en dicho aeropuerto.

Abstract

Weather conditions are a fundamental element to take into account when planning and making decisions in aeronautics. Adverse phenomena such as crosswinds and vertical wind shear can represent a risk to operational safety, both in landing and take-off phases, as they affect the attitude and direction of aircraft. This Technical Note analyses the meteorological situation on 30 April 2023 that affected the area of Aeroparque Jorge Newbery in the Autonomous City of Buenos Aires, where, after the passage of a cold front, intense surface winds with crosswinds on the runway and vertical wind shear were recorded, which generated adverse conditions for air operations at the airport.

Palabras clave: viento cruzado, cortante vertical, seguridad operacional, peligros meteorológicos, Aeroparque Jorge Newbery

Citar como:

Marques da Silva, A., L. Vidal, C. Ribero y R. Vasques Ferro, 2023: Caso de estudio de un evento simultáneo de viento cruzado y cortante vertical en el Aeroparque Jorge Newbery de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Nota Técnica SMN 2023-152.

1. INTRODUCCIÓN

La presencia de condiciones de viento adversas como viento cruzado o cortante dificulta las operaciones aeronáuticas, particularmente la fase de aterrizaje. El viento cruzado o crosswind es el flujo de viento moviéndose de manera perpendicular a la trayectoria de una aeronave y resulta en una dificultad para mantener el control direccional de la aeronave. Cada tipo de aeronave tiene su máximo umbral demostrado de viento cruzado para despegue y aterrizaje según el estado de la pista, y según las características de la aeronave (Krüs, 2016). Sin embargo, cada aerolínea puede determinar un criterio de umbrales menores para sus operaciones. Por otro lado, la cortante del viento es la variación de la dirección o velocidad del viento sobre una distancia vertical u horizontal (ICAO, 2005). Este fenómeno es importante para la aviación dado que altera la fuerza de sustentación de la aeronave, forzando un movimiento significativo y cambio en la trayectoria de vuelo, efectos potencialmente adversos para la seguridad del vuelo (Arkell, 2000). A pesar de estar presente en todos los niveles de la atmósfera, la ocurrencia de cortante en capas bajas tiene una importancia particular ya que puede representar riesgos significativos tanto para el aterrizaje como para el despegue de una aeronave (Bretschneider y otros, 2022). Pueden estar presentes en frentes de ráfagas, frentes de masa de aire cálido o frío, jet de capas bajas, turbulencia inducida por el terreno, brisa de mar, entre otros (Gultepe y otros, 2019). En general son predecibles y es posible reconocer la potencial presencia de las mismas y de los peligros que representan (National Research Council, 1983).

Las condiciones de viento rápidamente cambiantes pueden dar como resultado cambios en la actitud de la aeronave, y ocasionalmente consecuencias como aterrizajes forzosos, golpes en la aeronave o maniobras de aproximación frustrada (Krüs, 2016). Según un análisis de la Fundación de Seguridad de Vuelo (Flight Safety Foundation; Khatwa y Helmreich (1999)) de los accidentes en aterrizaje y despegue entre 1980 y 1996 se determinó que las condiciones adversas del viento, tales como fuertes vientos cruzados, viento de cola y cortante del viento, están involucradas en un tercio de los accidentes de aproximación y aterrizaje. A su vez, se observó que el 85 % de los incidentes y accidentes por viento cruzado ocurren durante el aterrizaje. Asimismo, en el IATA Annual Safety Report (IATA, 2022), que se relaciona con la gestión de amenazas a la seguridad operacional, mencionan que dentro de los factores más comunes que ocasionaron accidentes durante el año 2022 globalmente: "la condición de tiempo adverso fue un factor que contribuyó en el 31 % de estos accidentes. La condición de tiempo meteorológico citada con mayor frecuencia como un factor contribuyente (18 % de los accidentes) fue el viento/cortante del viento/ráfagas de viento y tormentas eléctricas".

A la hora de pronosticar este tipo de fenómeno es importante tener en cuenta los datos tomados en superficie y altura para realizar un diagnóstico de la situación sinóptica. Por otro lado, es necesario determinar los sistemas sinópticos y de menor escala cerca de superficie y su desplazamiento, ya que pueden estar asociados a patrones que originen un cambio repentino en la intensidad y dirección del viento (Gultepe y otros, 2019).

Luego, a partir de las cartas y productos de modelos numéricos globales y regionales, junto con la información proveniente de sensores remotos, se determina la evolución del fenómeno meteorológico con el objetivo de estimar el horario de llegada al aeropuerto y sus características para finalmente confeccionar el pronóstico de aeródromo (TAF: Terminal Aerodrome Forecast) que es una declaración concisa de las condiciones meteorológicas esperadas en un aeropuerto y su entorno (radio de 5 millas náuticas o 9,26 km) durante un periodo determinado normalmente de 24 horas (ICAO, 2018), o los avisos de aeródromos correspondientes. Además, el diagnóstico de la situación y su evolución permiten brindar pronósticos y asesoramientos en forma verbal, consistentes y coherentes con los pronósticos aeronáuticos antes mencionados, destinado a las tripulaciones de vuelo, como a demás partes interesadas de la aviación.

En los últimos años, numerosos estudios se han llevado a cabo alrededor del mundo. Por ejemplo, Chan (2012) estudió un caso de cortante significativa en el aeropuerto internacional de Hong Kong que llevó a desviar las aeronaves a otros aeropuertos. Para su análisis documentó las observaciones y predicciones para el evento, comparó con los datos tomados por algunas aeronaves que reportaron cortante y datos de modelo, y finalmente determinó la posibilidad de realizar pronósticos de cortante para ese aeropuerto a partir de un modelo numérico de alta resolución. Pero otros aeropuertos también han sido estudiados como Pekín (China) (Zhang y otros, 2019), Niza (Francia) (Boilley y Mahfouf, 2013), Tokio (Japón) (Matayoshi y otros, 2016), Incheon (Corea) (Chun y otros, 2017) y Guarulhos (Brasil) (França y otros, 2018; Luiz Silva y otros, 2016).

2. MOTIVACIÓN Y OBJETIVO

En la tarde del día 30 de abril de 2023 un frente frío atravesó el aeropuerto internacional Aeroparque Jorge Newbery (SABE) provocando una abrupta rotación del viento al sector suroeste y aumento de intensidad del mismo, acompañado de ráfagas intensas. Este cambio en las condiciones meteorológicas trajo como consecuencia una situación de viento cruzado sobre la pista junto con cortante vertical del viento alrededor de las 19:00 UTC, horario en el cual estaba programado el aterrizaje de varios vuelos. Como resultado de estas condiciones, uno de estos vuelos realizó dos maniobras de aproximación frustrada en SABE, hasta finalmente desviar su rumbo hacia su alternativa, el Aeropuerto Internacional Ministro Pistarini (SAEZ) ubicado en la localidad de Ezeiza (Buenos Aires), donde aterrizó 40 minutos más tarde de lo previsto.

Aeroparque es uno de los aeropuertos más importantes de Argentina debido a su cercanía con el centro de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y por la cantidad de movimientos diarios que realiza, tanto de vuelos de cabotaje como internacionales. Es por esto que resulta importante el análisis de los fenómenos meteorológicos que puedan afectar la seguridad y eficiencia operacional en el mencionado aeropuerto, particularmente ahondar en el estudio del impacto de condiciones de viento adversas ya que SABE posee una única pista orientada Sureste-Noroeste, identificada como 13-31, para llevar a cabo sus operaciones aéreas (Fig. 1).

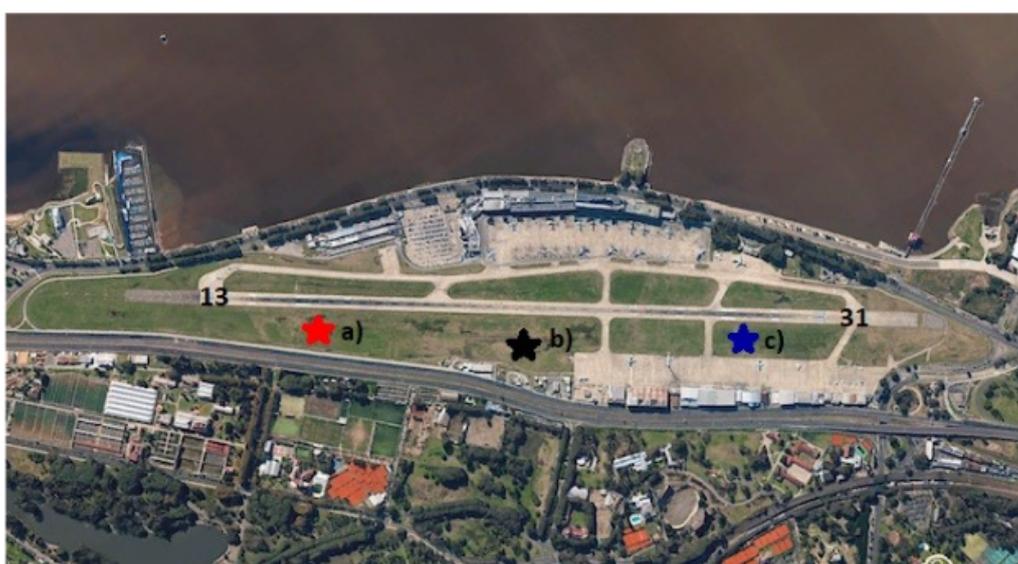


Figura 1: Vista aérea del Aeropuerto Internacional Aeroparque Jorge Newbery (SABE) donde se muestra la posición de las torres anemométricas del sistema AWOS (Automatic Weather Observation System) en a) Cabecera 13, b) punto medio de la pista 13-31 y c) Cabecera 31.

3. DATOS Y METODOLOGÍA

Para el análisis de la situación sinóptica se utilizaron las cartas analizadas de superficie del día 30 de abril de 2023 a las 06, 12, 18 y 21 UTC, así como los perfiles verticales pronosticados para SABLE por el modelo GFS.

A fin de monitorear la situación local de los aeródromos se utilizaron los datos minutales de viento y temperatura del Sistema Automático de Observación Meteorológica (AWOS por sus siglas en inglés) emplazado en SABLE, y los reportes meteorológicos aeronáuticos horarios y especiales, METAR y SPECI respectivamente. Los mensajes METAR y SPECI son mensajes emitidos por la estación meteorológica aeronáutica correspondiente al aeródromo, en este caso de los aeropuertos internacionales SABLE y SAEZ, e incluye la información meteorológica —proveniente de la medición del instrumental AWOS— de variables como dirección e intensidad de viento, visibilidad, cobertura nubosa, temperatura, presión, entre otros.

También se utilizaron imágenes de reflectividad máxima en la columna (COLMAX) y velocidad Doppler del radar meteorológico RMA2 Doppler doble polarización en banda C ubicado en el predio del Instituto Nacional del Agua en Ezeiza perteneciente a la red SINARAME (Giménez y otros, 2021). A su vez para determinar la predicción del evento se utilizaron los pronósticos de aeródromo (TAF) y avisos de aeródromo emitidos por las oficinas meteorológicas aeronáuticas (OMA) Aeroparque y Ezeiza.

4. RESULTADOS

4.1. Situación sinóptica y de mesoescala

Para comprender los factores meteorológicos que contribuyeron al fenómeno se estudió la situación desde la escala sinóptica como desde la mesoescala. En la mañana del día 30 de abril el frente estacionario ubicado en el suroeste de la provincia de Buenos Aires comenzó a avanzar hacia el noreste como un frente frío, generando lluvias aisladas con vientos fuertes y ráfagas (Fig. 2a). Las condiciones meteorológicas en el noreste de esta provincia eran de vientos débiles del norte y temperaturas templadas, mientras que la nueva masa de aire estaba caracterizada por aire frío y seco (Fig. 2b). A medida que avanzó el frente hacia el noreste se detectó un marcado aumento y cambio de dirección del viento al sector suroeste, presencia de ráfagas de viento intensas, y un descenso de la temperatura y temperatura de punto de rocío (Fig. 2c,d). En particular en SABLE se observó este cambio de condiciones meteorológicas aproximadamente a las 18:30 UTC, lo que dio cuenta del pasaje del frente sobre el aeropuerto en ese horario.

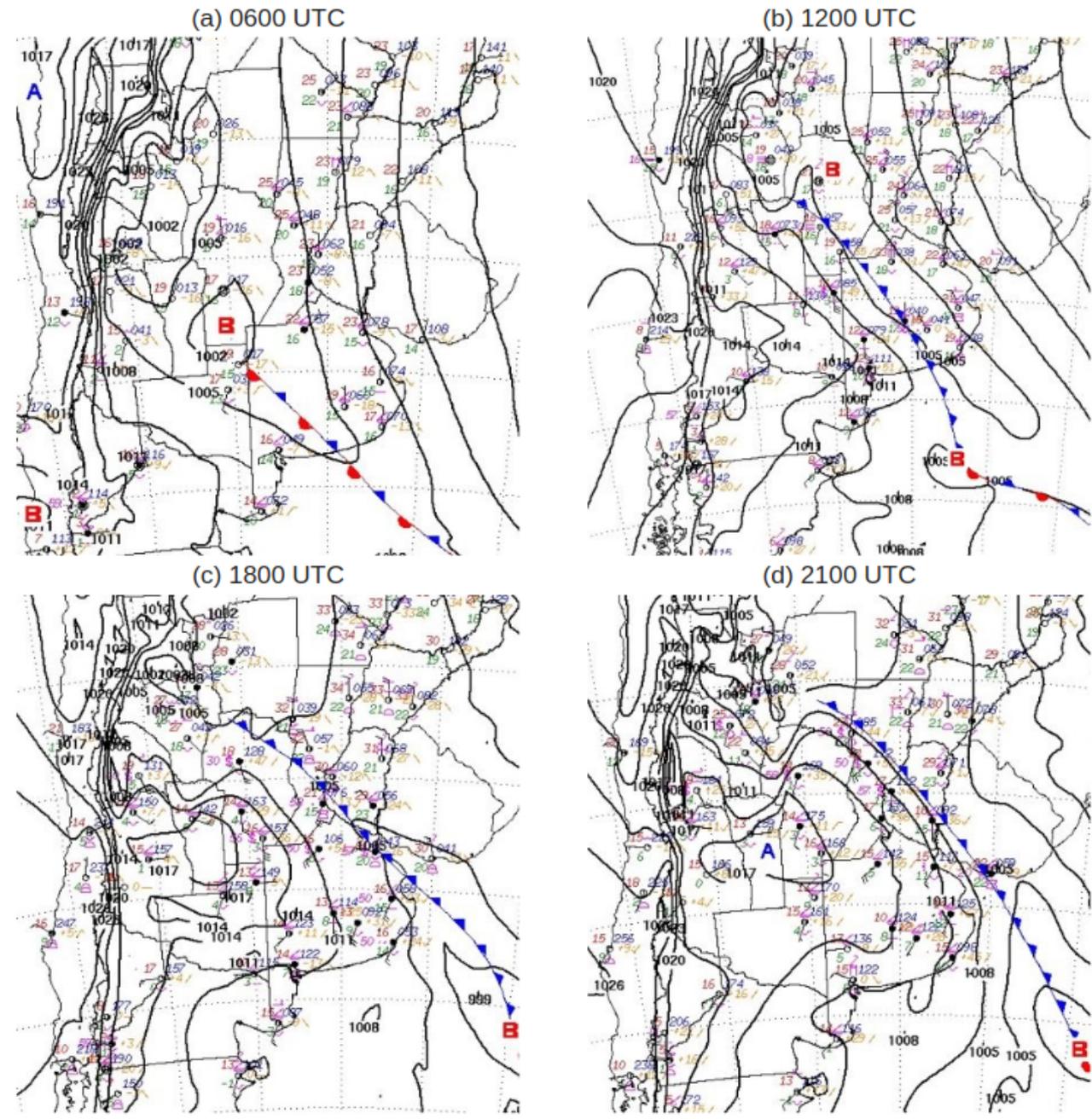


Figura 2: Cartas analizadas de superficie del 30 de abril de 2023 para las (a) 0600, (b) 1200, (c) 1800 y (d) 2100 UTC (Fuente: SMN)

4.2. Imágenes de radar meteorológico

Varios son los patrones característicos observados con radar meteorológico asociados al pasaje de un frente frío, entre los que podemos resaltar la formación de una banda angosta más o menos paralela al frente cerca de superficie que responde a la convergencia en capas bajas y que muchos autores lo asocian con la presencia de insectos y/o cambios en el índice de refracción producto de las variaciones en las condiciones de temperatura y humedad (Zhang y Doviak, 2005). En este caso particular se puede observar dicha banda angosta (Fig. 3) que aproximadamente a las 18:30 UTC cruza la zona de SABA en dirección noreste coincidiendo con el aumento repentino de la

componente de viento cruzado como lo muestra la figura 6a.

Otro elemento destacable de este evento fue la cortante vertical del viento concentrada en niveles bajos. En la Figura 4 se presenta la imagen COLMAX de reflectividad donde en los paneles superior y derecho se puede inferir la extensión vertical de los ecos de precipitación. En particular, las dos regiones indicadas como A y B resaltan la inclinación de los ecos con la altura hacia la izquierda y hacia el sur respectivamente en la capa 0-5 km. Este giro del viento con la altura también se evidencia en la Figura 5 que corresponde al campo de velocidad radial Doppler. En ella se indica el patrón característico de “S” que responde a un giro anticiclónico del viento con la altura (ver Fig. 2.1.2 en <https://www.nssl.noaa.gov/publications/dopplerguide/chapter2.php>).

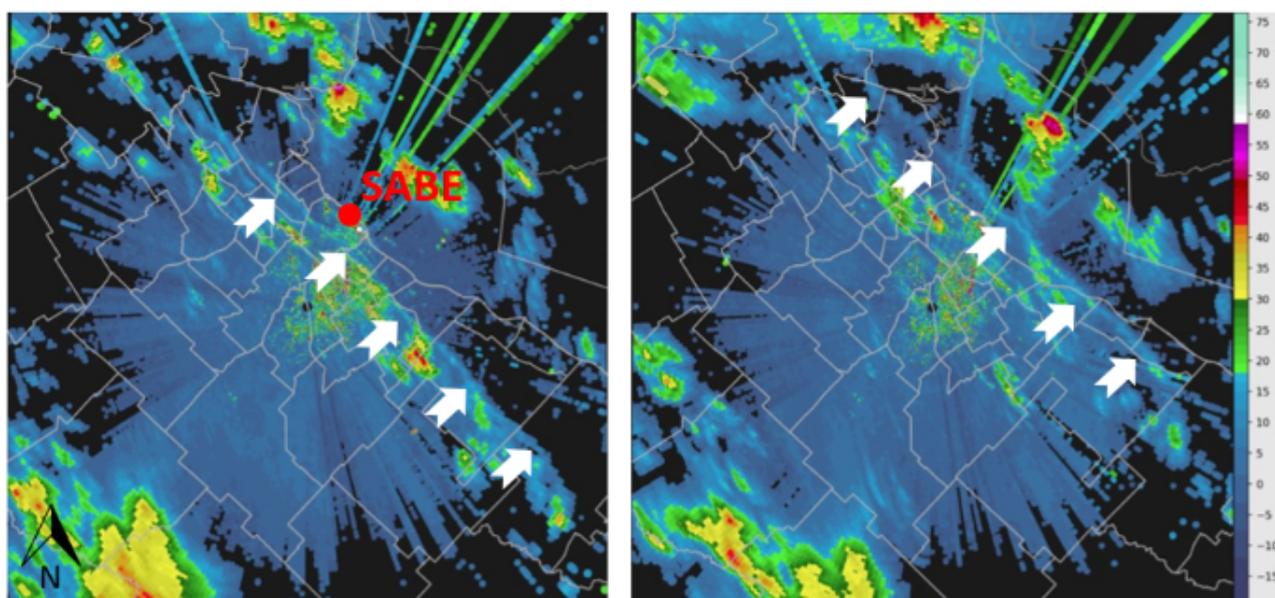


Figura 3: Imágenes COLMAX de reflectividad del 30/4/2023 a las 18:19 UTC (izq.) y 18:37 UTC (der.) del radar RMA2-Ezeiza. Con un círculo rojo se indica la ubicación de SABE. Con flechas blancas se indica la posición de la banda angosta de reflectividad asociada al frente frío.

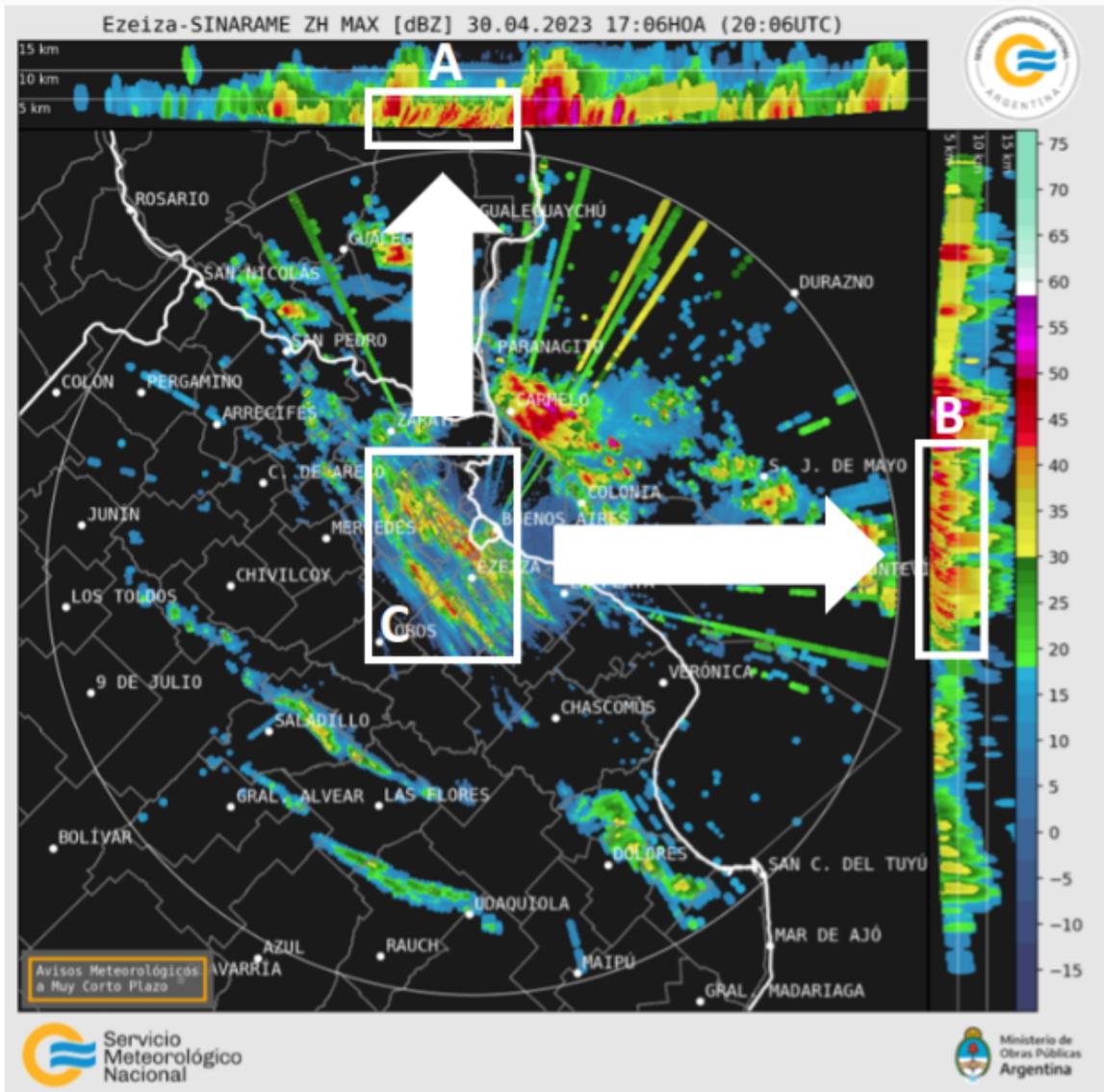


Figura 4: Imagen COLMAX de reflectividad del 30/4/2023 a las 20:06 UTC del radar RMA2-Ezeiza. Con los cuadros A y B se indica la inclinación con la altura de los ecos de lluvia correspondientes a la zona indicada con el recuadro C en el entorno de SABA/SAEZ.

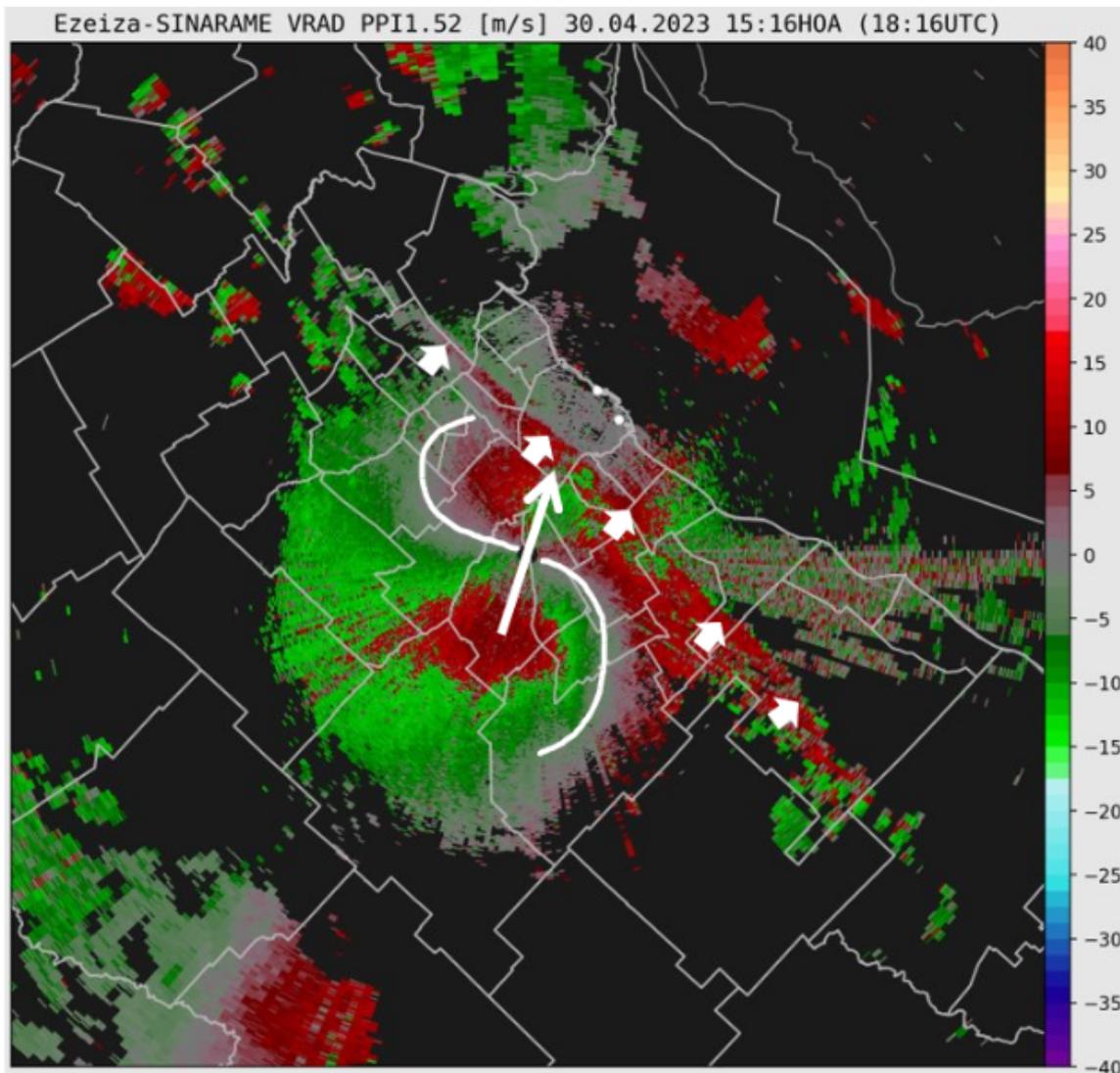


Figura 5: Imagen de velocidad radial Doppler (PPI@1.5°) del radar RMA2-Ezeiza para el día 30/4/2023 a las 18:16 UTC. Con flechas gruesas se indica la zona de cambio del viento asociada al frente cerca de superficie, mientras que con una flecha más angosta se indica la dirección del viento aproximada en superficie de acuerdo al radar (SSO). Con una línea curva se indica el patrón típico de S asociado a una rotación del viento con la altura.

4.3. Sistema Automático de Observación Meteorológica (AWOS)

A partir de los datos analizados del sistema AWOS de SABE (Fig. 1) se observa en la Figura 6 que aproximadamente a las 18:30 UTC el frente frío avanzó sobre el aeropuerto, cambiando las condiciones meteorológicas prevalecientes en el mismo. Se detectó que la dirección media del viento de 330° viró hacia los 220° junto con un aumento pronunciado de la intensidad, con mediciones del viento medio de hasta 20kt y ráfagas máximas de hasta 35 kt posteriores al pasaje del frente.

El vuelo que realizó dos aproximaciones frustradas en SABE, y finalmente fue desviado al aeropuerto SAEZ, fue realizado por una aeronave Boeing 737-800 con winglets (Fig. 6a). El umbral máximo para que dicha aeronave opere con viento cruzado en las condiciones con pista seca en fase de aterrizaje, según el manual de vuelo es de 40 kt (Krüs, 2016). Comparando con los datos medidos por el AWOS en los horarios de los intentos de aterrizaje,

19:22 y 19:48 UTC, se obtuvo para la pista 13 una velocidad del viento cruzado de 24 kt y ráfaga máxima de 27 kt en la primera aproximación y velocidad del viento cruzado de 25 kt y ráfaga máxima de 30 kt en la segunda aproximación. En la Figura 7 se presenta un esquema aproximado del viento en superficie, con sus componentes cruzada y de frente, que atravesó el vuelo en ambos intentos de aterrizaje.

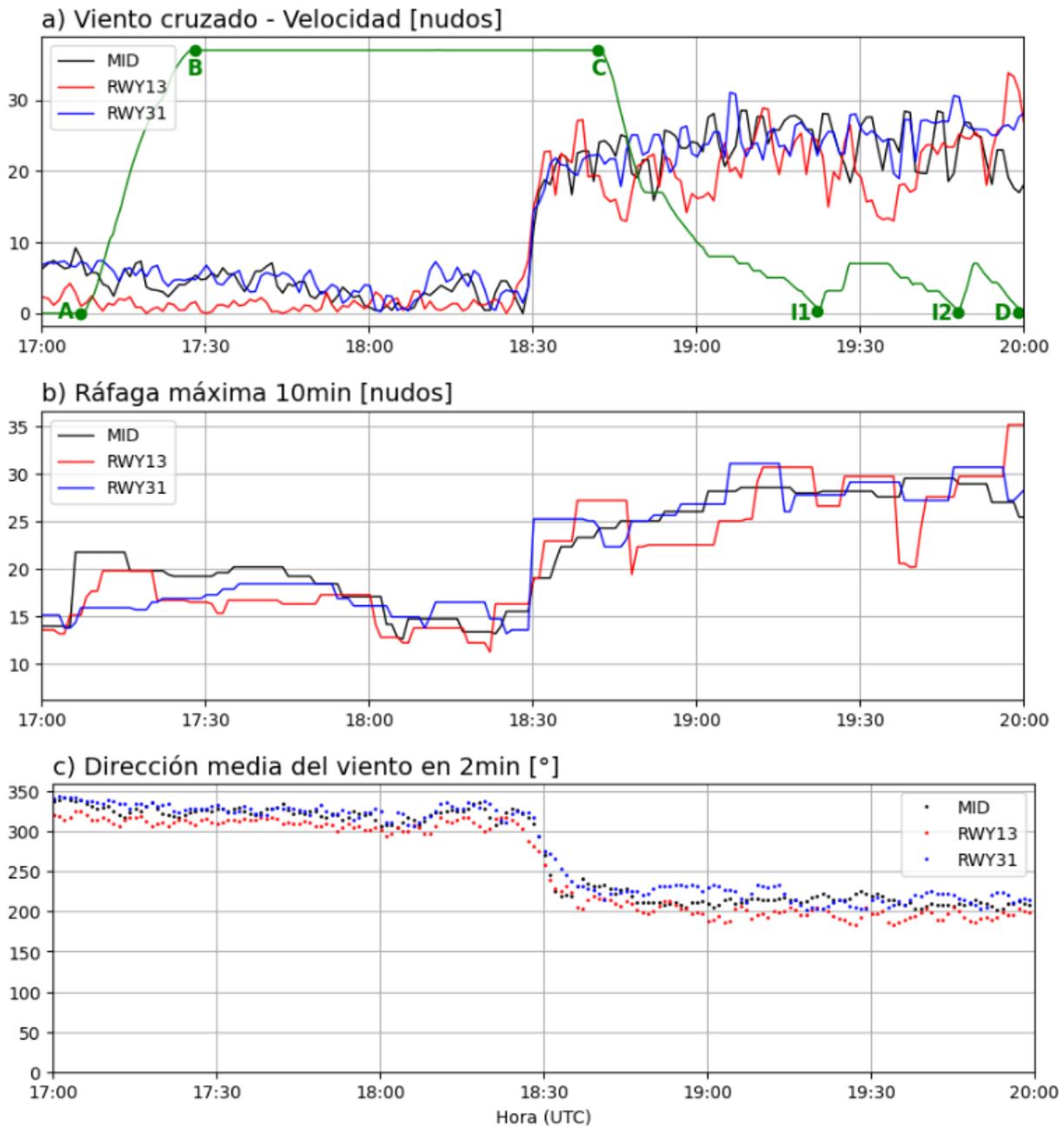


Figura 6: (a) Viento cruzado (kt), (b) ráfaga máxima en 10 minutos (kt) y (c) dirección media del viento en 2 minutos (°) medidos por el AWOS de SABE en las cabeceras 13 (RWY13), 31 (RWY31) y a la mitad de pista (MID) entre las 17:00 y 20:00 UTC del 30/4/2023. En el panel (a) se muestra además la altitud del vuelo FO5501 en 10^3 pies (curva verde), donde A indica el despegue desde Comodoro Rivadavia, B cuando alcanza la altura de crucero (37000 pies), C cuando inicia el descenso hacia SABE, I1 e I2 el primer y segundo intento de aterrizaje respectivamente y D el desvío y aterrizaje en SAEZ.

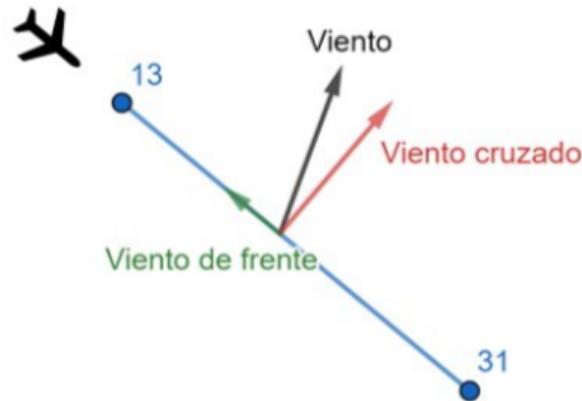


Figura 7: Representación gráfica aproximada de las condiciones de viento en superficie en el momento de los aterrizajes frustrados en SABLE.

4.4. Perfil vertical del viento

En la Figura 8 se observan los perfiles verticales de viento pronosticados por el modelo GFS donde entre las 18:00 y 21:00 UTC se puede distinguir la rotación del viento al suroeste en capas bajas y un aumento de la intensidad del mismo asociado al pasaje del frente frío. Luego del pasaje del frente sobre el aeropuerto el viento en altura (por encima de los 800 hPa) se mantiene del sector noroeste, mientras que, por debajo de los 800 hPa (aprox. 5000 pies) comenzaba a predominar viento del suroeste, lo cual implica una componente de viento cruzado significativa para la pista 13-31 de SABLE. Durante este horario de cambio de masa de aire sobre SABLE los aterrizajes estaban programados sobre la pista 13, es decir que aproximaban desde el noroeste, por lo que se encontraban con una serie de condiciones adversas para la fase de aterrizaje de las aeronaves: 1) presencia de una cortante vertical por el cambio de la dirección del viento y 2) viento cruzado significativo en niveles bajos. Esto concuerda con lo analizado a partir de las imágenes de velocidad Doppler del radar RMA2 que se muestra en la Figura 5.

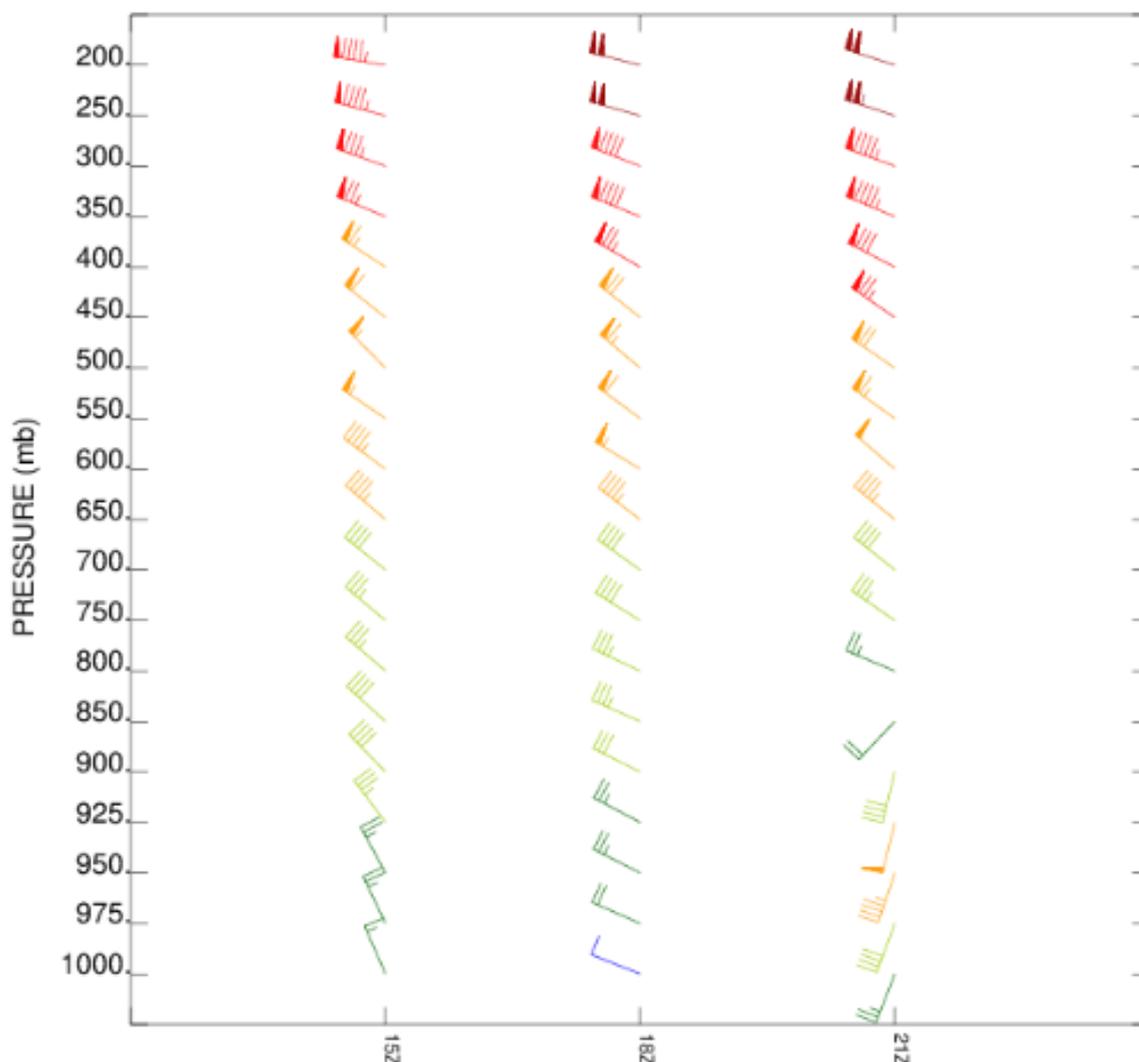


Figura 8: Perfiles verticales del viento pronosticados a partir del modelo GFS inicializado el 29/04/23 a las 00:00 UTC para las 15, 18 y 21 UTC del día 30/04/23 (Fuente: NOAA).

4.5. Pronostico de aeródromo (TAF)

La OVM-OMA Aeroparque emitió los pronósticos pertinentes a la situación meteorológica que esperaba el aeropuerto. Se notó que el mensaje TAF del día 29 de abril emitido a las 23:00 UTC y el TAF del día 30 de abril emitido a las 05:00 UTC pronosticaba un cambio entre las 16:00 y 18:00 UTC de la dirección del viento a los 250°, con intensidad de 15 kt y probabilidad de ráfagas de 25 kt, acompañado de lluvia débil y una ligera reducción de la visibilidad. Posteriormente, los TAF del día 30 de abril emitidos a las 11:00 y 17:00 UTC pronosticaban alrededor de las 19:00 UTC viento con dirección entre los 190° y 200° de 20 kt con ráfagas de 35 y 40 kt.

Adicionalmente, emitió el aviso de aeródromo para SABA a las 14:30 UTC válido entre las 18:00 UTC del día 30 de abril y la 01:00 UTC del 1 de mayo, pronosticando viento medio en superficie de los 200° de 20 kt con ráfaga máxima de 40 kt.

A partir de la información brindada en estos pronósticos, fue posible prever la alta probabilidad de pasaje del frente

frio con viento cruzado intenso en superficie desde el día anterior al evento.

5. CONCLUSIONES

En la presente Nota Técnica se documenta un evento de viento cruzado y cortante del viento relacionado con aproximaciones frustradas ocurrido en la tarde del día 30 de abril de 2023 sobre SABE. A partir de las observaciones meteorológicas durante este evento se determinó que el pasaje del frente frío provocó un cambio abrupto en las condiciones prevaletientes en dicho aeropuerto. El fuerte viento cruzado del suroeste acompañado de ráfagas de más de 30 kt en capas bajas resultaron condiciones adversas para el aterrizaje de las aeronaves en SABE en esa ventana temporal de cambio de masa de aire, puesto que en altura aún prevaletían las condiciones de viento del noroeste, indicando a su vez la presencia de cortante vertical.

Este análisis resalta como las condiciones meteorológicas, particularmente el pasaje de un frente frío sobre SABE con viento intenso cruzado y cortante vertical, puede tener un impacto en la seguridad y eficiencia de la aeronavegabilidad, y con ello la importancia de considerar la información y los productos meteorológicos como apoyo a la seguridad de las operaciones aéreas en el momento de tomar decisiones operacionales y de planificación de los vuelos.

El análisis de eventos significativos a través de casos de estudio, así como Notas Técnicas, resulta una herramienta importante para el conocimiento del impacto de la meteorología en la aviación. Es por esto que en un futuro análisis para SABE, se piensa profundizar en el estudio de casos de viento cruzado, y analizar la ocurrencia de este fenómeno con viento intenso del noreste.

REFERENCIAS

- Arkell, R. E., 2000: Differentiating between types of wind shear in aviation forecasting. *National Weather Digest*, **24 (3)**, 39–51, URL <http://nwafiles.nwas.org/digest/papers/2000/Vol24No3/Pg39-Arkell.pdf>.
- Boilley, A., y J.-F. Mahfouf, 2013: Wind shear over the Nice Côte d'Azur airport: case studies. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **13**, 2223–2238, doi:<https://doi.org/10.5194/nhess-13-2223-2013>.
- Bretschneider, Hankers, Schönhals, Heimann, y Lampert, 2022: Wind Shear of Low-Level Jets and Their Influence on Manned and Unmanned Fixed-Wing Aircraft during Landing Approach. *Atmosphere*, **13 (1)**, doi:<https://doi.org/10.3390/atmos13010035>.
- Chan, P., 2012: A significant wind shear event leading to aircraft diversion at the Hong Kong International Airport. *Meteorological Applications*, **19**, 10–16, doi:<https://doi.org/10.1002/met.242>.
- Chun, H., J. Kim, D. Lee, S. Kim, M. Strahan, B. Pettegrew, y et al., 2017: Research collaborations for better predictions of aviation weather hazards. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **98**, ES103–ES107, doi:<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-17-0010.1>.
- França, G., M. de Almeida, S. Bonnet, y F. Albuquerque Neto, 2018: Nowcasting model of low wind profile based on neural network using SODAR data at Guarulhos Airport, Brazil. *International Journal of Remote Sensing*, **39 (8)**, 2506–2517, doi:<https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1425562>.

- Giménez, D., L. Vidal, M. Rugna, R. de Elía, y L. Giordano, 2021: Climatología de ecos no meteorológicos para la red de radares SINARAME. *Nota Técnica SMN 2021-103*, URL <http://hdl.handle.net/20.500.12160/1685>.
- Gultepe, I., R. Sharman, P. Williams, y et al., 2019: A review of high impact weather for aviation meteorology. *Pure Appl. Geophys.*, **176**, 1869–1921, doi:<https://doi.org/10.1007/s00024-019-02168-6>.
- IATA, 2022: IATA Annual Safety Report - 2022 Executive Summary and Safety Overview. **59**, URL <https://www.iata.org/contentassets/a8e49941e8824a058fee3f5ae0c005d9/safety-report-executive-and-safety-overview.pdf>.
- ICAO, 2005: Manual on low-level wind shear and turbulence, 1st edition.
- ICAO, 2018: Annex 3, Meteorological Service for International Air Navigation.
- Khatwa, R., y R. L. Helmreich, 1999: Flight Safety Foundation Approach-and-landing Accident Reduction Task Force: Analysis of Critical Factors During Approach and Landing in Accidents and Normal Flight: Data Acquisition and Analysis Working Group Final Report. *SAE Transactions*, **108**, URL <http://www.jstor.org/stable/44729511>.
- Krüs, H. W., 2016: Criteria for crosswind variations during approach and touchdown at airports. *Radespiel, R., Niehuis, R., Kroll, N., Behrends, K. (eds) Advances in Simulation of Wing and Nacelle Stall. FOR 1066 2014. Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design*, **131**, 167–187, doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-21127-5_10.
- Luiz Silva, W., F. Albuquerque Neto, y M. França, G. Matschinske, 2016: Conceptual model for runway change procedure in Guarulhos International Airport based on SODAR data. *The Aeronautical Journal*, **120 (1227)**, 725–734, doi:<https://doi.org/10.1017/aer.2016.33>.
- Matayoshi, N., T. Iijima, K. Yamamoto, y E. Fujita, 2016: Development of airport low-level wind information (ALWIN). *16th AIAA aviation technology, integration, and operations conference*, doi:<https://doi.org/10.2514/6.2016-4362>.
- National Research Council, N., 1983: Low-Altitude Wind Shear and Its Hazard to Aviation. *The National Academies Press*, doi:<https://doi.org/10.17226/558>.
- Zhang, G., y R. Doviak, 2005: Bistatic interferometry to measure clear air wind. *Proceedings of the 32nd Conference on Radar Meteorology*, URL https://ams.confex.com/ams/32Rad11Meso/techprogram/paper_97015.htm.
- Zhang, H., S. Wu, Q. Wang, B. Liu, B. Yin, y X. Zhai, 2019: Airport low-level wind shear lidar observation at Beijing Capital International Airport. *Infrared Physics Technology*, **96**, 113–122, doi:<https://doi.org/10.1016/j.infrared.2018.07.033>.

Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía (rde-lia@smn.gob.ar), Luciano Vidal (lvidal@smn.gob.ar) o Martín Rugna (mrugna@smn.gob.ar) de la Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, para obtener la plantilla WORD o los archivos Tex que sirven de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo (macevedo@smn.gob.ar).