

Asesoramiento meteorológico en los Centros de Control de Área: nuevo servicio de AEMET

Joan Carles BULLÓN MIRÓ¹, Joan ARÚS DUMENJÓ¹, María Elena PADORNO PRIETO¹, Agustí PLADEVALL BOIX¹, Juan de Dios SORIANO ROMERO²

¹Meteorólogo predictor en ACC de Gavà (Barcelona). Delegación Territorial de AEMET en Cataluña

²Meteorólogo predictor en ACC de Sevilla. Delegación Territorial de AEMET en Andalucía, Ceuta y Melilla

Resumen: Las repercusiones de los fenómenos meteorológicos en el tráfico aéreo son indiscutibles, afectando tanto a la seguridad como al servicio prestado a los pasajeros y a los balances económicos de las compañías de aviación, que se ven perjudicados por los posibles retrasos y cancelaciones de vuelos. Consecuencia de ello es la gran cantidad de recursos en personal, equipos y productos que dedica AEMET a la meteorología aeronáutica. La demanda de más y mejores observaciones, predicciones y servicios no cesa por parte de los gestores aeronáuticos (AENA y ENAIRE) como es el caso de la reciente incorporación, a solicitud de ENAIRE, de predictores en centros de control de área, actualmente de forma preoperativa, en los centros de Gavà (Barcelona) y de Sevilla. Se trata de un servicio novedoso, ya que consiste en una asesoría *in situ* al jefe de la sala de control para facilitar la toma de decisiones en tiempo real y mejorar la gestión del tráfico aéreo por parte de los controladores, de manera que, al compartir lugar de trabajo, hay un contacto permanente y estrecho entre el predictor y el jefe de sala. Como consecuencia de la satisfacción por parte de los controladores con este nuevo servicio, está en proyecto extenderlo progresivamente a más centros de control. En este artículo se analizará la necesidad de información meteorológica debido a su impacto en la operatividad del control del tráfico aéreo, y se expondrán las características principales de este nuevo puesto de trabajo describiendo sus funciones de vigilancia, predicción y asesoría meteorológica, así como la relación entre el predictor y el jefe de sala y su utilidad en la gestión del tráfico aéreo.

Palabras clave: control aéreo, impacto meteorológico, meteorología aeronáutica, asesoría experta, meteorólogo predictor, jefe de sala.

1. METEOROLOGÍA Y AVIACIÓN

Es un hecho que el tráfico aéreo se ve muy afectado por la meteorología. Las condiciones meteorológicas adversas son una de las principales causas tanto de accidentes e incidentes aéreos como de retrasos en los vuelos. Por ello el pronóstico meteorológico aeronáutico es crucial para la seguridad de los vuelos y ayuda en la toma de decisiones por parte del control aéreo para anticiparse y mitigar los posibles impactos negativos sobre la gestión del tráfico.

Los fenómenos meteorológicos de impacto en la aviación afectan a todas las fases del vuelo, desde las operaciones de rodadura, despegue/aterrizaje y aproximación a aeródromo hasta el vuelo en niveles de crucero, si bien es en las fases de aterrizaje (59 %) y despegue (30 %) cuando se produce el porcentaje más elevado de accidentes.

El impacto de la meteorología en los aeropuertos está modulado por la vulnerabilidad de cada uno de ellos en particular. Los avances tecnológicos en aeronaves, en la teledetección y en la instrumentación en pistas han ido minimizando a lo largo de las últimas décadas la probabilidad de percances que pueden poner en riesgo la vida de personas o causar daños en infraestructuras. Otro elemento que determina la vulnerabilidad del aeródromo es el volumen de tráfico, que no ha dejado de aumentar hasta el descenso en 2020 provocado por la pandemia.

Las operaciones en aeródromo y en aproximación son las más sensibles a impactos meteorológicos, por la complejidad del tráfico y el estrecho margen de maniobra de los controladores y los pilotos. Los fenómenos que más incidencia tienen en esta fase del vuelo son el viento (en cola, cruzado o variaciones que

provocan el cambio de configuración de pistas), la cizalladura, la visibilidad, el techo de nubes, las tormentas, las precipitaciones intensas y la nieve. En ruta los más determinantes son la convección (tormentas y *Cumulonimbus*), la turbulencia en aire claro, las ondas de montaña y el engelamiento. El apoyo a la navegación aérea que prestan los servicios meteorológicos va dirigido especialmente a estos fenómenos y su correcta predicción es clave para paliar las consecuencias derivadas de las situaciones de tiempo adverso.

Entre los fenómenos meteorológicos de mayor impacto en la aviación destacan las tormentas. En el aeropuerto Josep Tarradellas de Barcelona-El Prat, entre 2012 y 2018, casi el 80 % de las afecciones en las llegadas por causas meteorológicas fueron debidas a la presencia o pronóstico de tormentas (figura 1). Excepcionalmente, otros fenómenos de gran impacto como el episodio de las copiosas nevadas ocasionadas por la borrasca Filomena en el centro peninsular a principios del mes de enero de 2021, pueden paralizar la actividad de un aeródromo: en el Adolfo Suárez de Madrid-Barajas, prácticamente no se registraron operaciones durante 48 horas y se tardó varios días en recuperar la normalidad (figura 2).

Los impactos de la meteorología en la aviación se traducen en cambios de configuración de pistas, aterrizajes frustrados, esperas en aproximación, saturación del espacio aéreo, retrasos, cancelaciones, y, en el peor de los casos, el cierre del aeropuerto y desvíos de vuelos a aeródromos alternativos. Provocan enormes repercusiones económicas en las compañías y afectaciones en los pasajeros que llegan con retraso, pierden enlaces o simplemente ven como no sale su vuelo. Se estima que el coste medio por cada minuto de retraso en los vuelos es de alrededor de 100 euros. Según datos de Eurocontrol, solo en el año 2018 se acumularon más de tres millones de minutos en retrasos de aeronaves en los

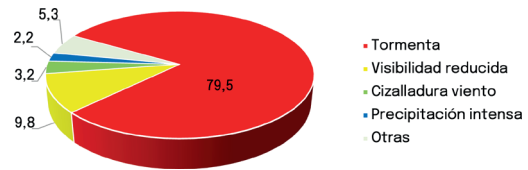


Figura 1. Porcentaje de las regulaciones según fenómenos meteorológicos en el aeropuerto de Barcelona-El Prat entre los años 2012 y 2018.



Figura 2. Aeropuerto Adolfo Suárez de Madrid-Barajas bloqueado por la nevada provocada por la borrasca Filomena en enero de 2021 (@José Hellín).

aeródromos de los países miembros y casi el 50 % (más de un millón y medio de minutos) se atribuye a causas meteorológicas. En España, y durante el mismo periodo, el total de minutos en retrasos por causas de tiempo adverso fue de más de trescientos mil, casi el 57 % del conjunto (tabla 1). En el aeropuerto de Palma de Mallorca, uno de los más transitados del país, el porcentaje de minutos de retrasos debidos a la meteorología ha llegado a alcanzar el 75 % del total.

Año	Minutos acumulados en retrasos	...y por causas meteorológicas
Aeropuertos de Europa		
2018	3 109 728	1 537 449 (49,44 %)
2019	2 795 172	1 189 345 (42,55 %)
2020	664 015	450 069 (67,78 %)
Aeropuertos de España		
2018	568 857	324 191 (56,99 %)
2019	314 328	147 545 (46,94 %)
2020	59 729	31 728 (53,12 %)

Tabla 1. Minutos acumulados en retrasos en las llegadas sobre el conjunto de los aeropuertos de Europa y España durante los años 2018, 2019 y 2020 (Fuente: @eurocontrol).

Dado que el tráfico aéreo se ve muy afectado por las condiciones meteorológicas, una predicción deficiente o a destiempo puede implicar un fuerte impacto tanto en la seguridad aeronáutica como en el coste económico sobre las compañías aéreas y los usuarios. Por el contrario, que los controladores dispongan de información más precisa, con ayuda de una asesoría experta, redundará en una optimización de la gestión del tráfico aéreo y en un servicio más fiable.

2. EL CONTROL AÉREO EN LOS CENTROS DE CONTROL DE ÁREA (ACC)

Las aeronaves se desplazan siguiendo «aerovías», que son corredores definidos que conectan puntos geográficos fijos, y seleccionan su altitud según los llamados «niveles de vuelo» o FL, expresados en hectopiés (por ejemplo, FL250 se corresponde con una altitud de 25 000 pies).

Cada avión en movimiento está sometido a supervisión continua por parte de los controladores aéreos, con el objetivo de conseguir una circulación segura, ordenada y eficiente de las aeronaves, siendo la prioridad máxima la seguridad de los vuelos. Ante un fenómeno meteorológico adverso, como una turbulencia fuerte o la presencia de un cumulonimbo, el piloto puede decidir desviarse momentáneamente de la ruta preestablecida, comunicándolo al controlador correspondiente.

Para facilitar y distribuir el control de las aeronaves se ha establecido una compleja división del espacio aéreo. A continuación se expondrá de manera simplificada.

Las regiones de vuelo más extensas son las regiones de información de vuelo o FIR, por debajo de FL245, y, superpuestas, las regiones superiores de información de vuelo o UIR, entre FL245 y FL460. En España hay tres FIR/UIR (Madrid, Barcelona, Canarias) supervisados por cinco Centros de Control de Área o ACC: en Torrejón, para la región centro-norte de la FIR de Madrid; en Sevilla, para su región sur; en Gavà, para la región este de la FIR de Barcelona; en Palma de Mallorca, para la región balear, y en Las Palmas de Gran Canaria para la FIR de Canarias (figura 3).

En zonas próximas a los aeródromos, donde se concentran las aerovías de aproximación y despegue, se han definido las Áreas de Control Terminal o TMA para los aeródromos de mayor tráfico y las Áreas de

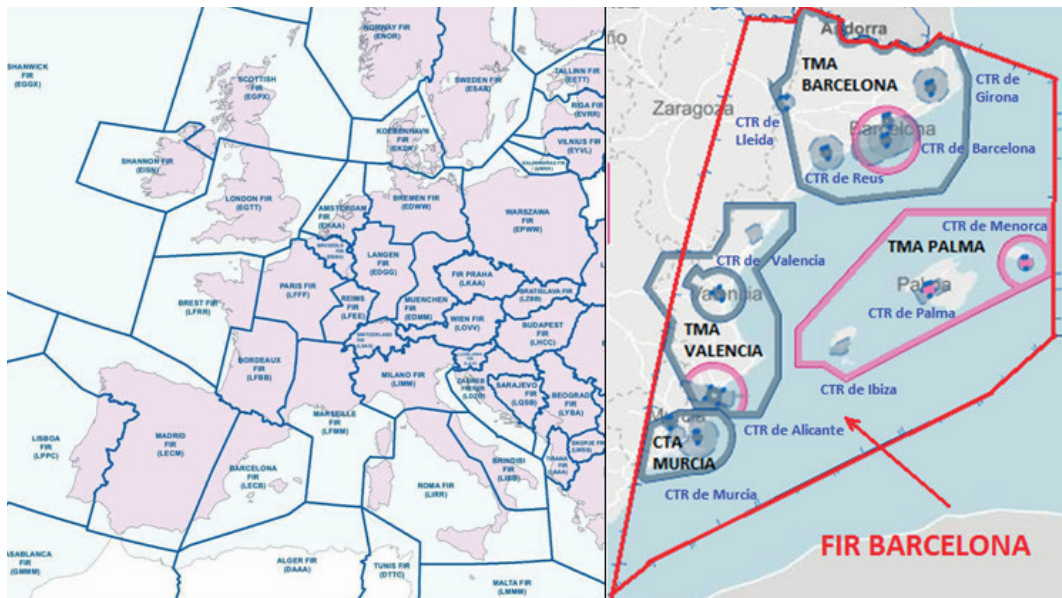


Figura 3. A la izquierda, las regiones FIR en Europa. A la derecha, las TMA en la FIR de Barcelona.

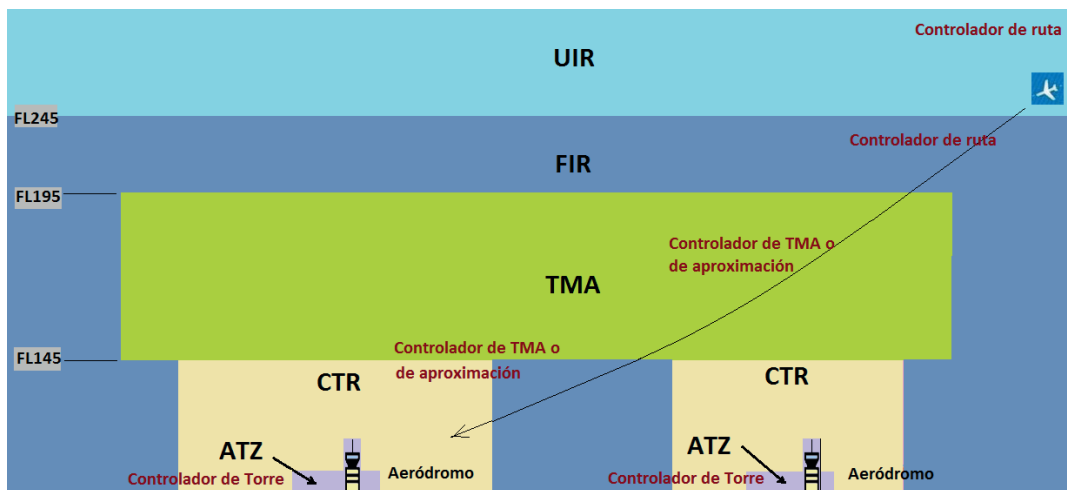


Figura 4. División del espacio aéreo en UIR, FIR, TMA, CTR y ATZ y tipos de controladores encargados de su control.

Control o CTA para los de menor tránsito. En España hay doce TMA. Las principales se extienden desde FL145 hasta FL195 y pueden incluir varios aeródromos, como la TMA de Barcelona, que engloba a todos los de Cataluña. Para cada aeródromo se definen las Zonas de Control o CTR, que abarcan un espacio más reducido en sus inmediaciones.

Por último, la Zona de Tránsito de Aeródromo o ATZ es el espacio más cercano dentro de un radio de aproximadamente 8 km. En la figura 4 se muestran las divisiones comentadas.

Las FIR/UIR y TMA están divididas en sectores de control. Cada sector es responsabilidad de una pareja de controladores. Cuando un avión pasa de un sector a otro, se transfiere su control entre los correspondientes controladores.

El conjunto de controladores se divide en dos grandes grupos: de torre, que realizan un control visual desde las torres de los aeródromos, y el resto, que desde salas de control se comunican con los pilotos y visualizan la situación de las aeronaves en pantallas a partir de señales radar.

En cada aeródromo los controladores de torre controlan las aeronaves situadas dentro de su correspondiente ATZ, guiando su desplazamiento por las pistas y ordenando los aterrizajes y despegues. Aplican los procedimientos de baja visibilidad cuando las condiciones lo requieren y deciden la configuración de pistas operativa, es decir, las pistas activas para el aterrizaje y despegue, siendo la dirección y fuerza del viento determinantes, dado que un excesivo viento «en cola» impide el aterrizaje de los aviones.

Cuando una aeronave despegue y sale del ATZ del aeródromo, los controladores de torre transfieren su control a los controladores de sala, que se dividen en dos grupos: de aproximación, o TMA, y de ruta.

En los Centros de Control de Área los controladores de ruta controlan vuelos que se desplazan por las regiones FIR y UIR. Por su parte, los controladores de aproximación, que también se ubican en los ACC, controlan los vuelos en las TMA, entre las regiones FIR (controladores de ruta) y las ATZ (controladores de torre). Vigilan la separación entre aeronaves y las dirigen a las rutas de entrada adecuadas a la configuración de pistas activa. Cuando se supera la capacidad del aeródromo por algún motivo (meteorología, retrasos) dirigen las aeronaves a los circuitos de espera, hasta que les permiten su maniobra de aproximación a pistas. Los controladores de TMA son los que sufren más situaciones de estrés, ya que en los grandes aeropuertos se concentran gran número de vuelos que confluyen en su aproximación a las pistas.

En cada sala de control el «jefe de sala» en servicio es el máximo responsable, con la ayuda de los supervisores. En función del tráfico aéreo previsto, organiza los sectores decidiendo si algunos colindantes se pueden agrupar reduciendo el número de controladores operativos, lo que se define como «resectorizaciones». Cada sector tiene una capacidad máxima de control de vuelos y cada aeródromo admite un máximo de operaciones por hora. El jefe de sala puede aplicar «regulaciones», es decir, reducir la capacidad máxima de los sectores de ruta, de TMA o de las entradas a los aeródromos, si es posible con antelación, para evitar saturaciones. Buena parte de las regulaciones se deciden por causas meteorológicas. Siempre es mejor un avión en tierra, que en vuelo sin poder aterrizar. El jefe de sala decide también cuándo se puede volver a aumentar la capacidad de sectores regulados, para minimizar retrasos o cancelaciones de vuelos, con molestias para los pasajeros y costes económicos a las compañías. En la sala de control el técnico de control de afluencia, o TCA, informa al jefe de sala de los vuelos previstos para cada sector y de las entradas y salidas previstas en cada aeropuerto para cada periodo horario. Esta información, necesaria para la toma de medidas por parte del jefe de sala, se actualiza continuamente a partir de datos de Eurocontrol.

Numerosas incidencias son debidas a fenómenos meteorológicos. Los pilotos pueden desviarse temporalmente de la ruta programada invadiendo niveles de vuelo o sectores por los que no estaba previsto que circularan, lo que puede ocasionar problemas. Predecir una situación de tiempo complicado con antelación puede ser crítico en ocasiones, sobre todo cuando afecta a los aeropuertos o sus cercanías. El jefe de sala puede llegar a decidir el cierre temporal de operaciones en un aeropuerto, lo que puede implicar desvíos masivos a otros aeródromos en casos de esperas demasiado largas que pueden comportar problemas con el combustible. Por tanto, la predicción del tiempo ayuda a optimizar las sectorizaciones y las regulaciones, ya que reduce las saturaciones en los sectores de vuelo y en las entradas a aeródromos, facilitando, por tanto, el control aéreo y la seguridad de los pasajeros.

3. METEOROLOGÍA AERONÁUTICA EN AEMET

A AEMET, como autoridad meteorológica aeronáutica en España, le corresponde la provisión de los servicios meteorológicos de apoyo necesarios a la navegación aérea para contribuir a su seguridad, regularidad y eficiencia. La Agencia tiene convenios con AENA y ENAIRE donde se establecen los servicios requeridos.

AEMET dedica gran parte de sus recursos en personal, medios y equipos a la vigilancia y la predicción aeronáutica y a la elaboración de los productos destinados a sus usuarios. Adicionalmente, como proveedor «certificado» según la normativa de Cielo Único Europeo, los productos aeronáuticos de AEMET, así como sus servicios, regulados en el Anexo 3 de la Organización Internacional de Aviación Civil, cumplen los requisitos exigidos de calidad, puntualidad y continua mejora.

Actualmente AEMET tiene 41 oficinas meteorológicas en aeropuertos, dotadas con el personal y los equipos adecuados a cada uno de ellos. En ellas se realiza una labor de vigilancia y observación meteorológica continuada, con ayuda de la equipación de sensores, esta información se transmite periódicamente (de forma horaria o semihoraria) con partes codificados que se difunden internacionalmente, llamados METAR.

AEMET también dispone de 5 oficinas responsables de la vigilancia y la predicción del tiempo en los aeródromos de la zona de su competencia, operativas las 24 h del día, que se encuentran en Santander, Madrid, Valencia, Sevilla y Las Palmas de Gran Canaria. Realizan una vigilancia continua y elaboran predicciones en clave de manera periódica, denominados TAF, así como avisos de aeródromo ante fenómenos observados o previstos que superen los umbrales establecidos.

Adicionalmente, hay dos Oficinas de Vigilancia Meteorológica (OVM), una en Valencia que atiende a las regiones FIR de Madrid y Barcelona y la otra en Las Palmas, para la región canaria. Entre otras funciones, elaboran los partes SIGMET y AIRMET para determinados fenómenos meteorológicos adversos que puedan afectar a las aeronaves en vuelo, pronósticos y mapas para niveles de vuelo a baja altura y emiten AIREP especiales a partir de información de retorno procedente de



Figura 5. Estaciones Meteorológicas de Aeropuerto (EMAe), Oficinas Meteorológicas Aeronáuticas (OMaE) y Oficinas de Vigilancia Meteorológica (OVM) en España.

aeronaves en tránsito En la figura 5 se muestra la localización de las oficinas de aeropuerto (EMAE), las de predicción (OMAE) y las de vigilancia (OVM) comentadas.

Dado que los productos de OVM abarcan todo el espacio aéreo, son especialmente útiles para los controladores de ruta y de aproximación, mientras que las observaciones y las predicciones de aeródromo lo son para los controladores de torre.

4. NUEVO SERVICIO: ASESORÍA METEOROLÓGICA EN LOS ACC

El continuo aumento del tráfico aéreo durante los años anteriores a la pandemia hizo cada vez más habituales las situaciones de saturación de vuelos y los episodios de difícil gestión por parte de los controladores, con una gran cantidad de esperas en la aproximación a los aeropuertos principales y un incremento en los retrasos, así como en los desvíos a otros aeródromos.

En abril de 2016, una sucesión de tormentas en la ruta de aproximación al aeropuerto de Barajas Adolfo Suárez en horario de máximo tráfico mantuvo bloqueados los accesos durante más de una hora. Más de 40 aviones fueron desviados a otros aeropuertos y la gestión de los desvíos y de las múltiples esperas exigió un esfuerzo límite de los controladores del ACC de Torrejón, con niveles de estrés muy elevados. Tras este episodio, ENAIRE solicitó a AEMET un mayor apoyo meteorológico con presencia de meteorólogos en los centros de control.

AEMET aceptó la propuesta y en 2017 se inició una primera fase piloto con predictores en los ACC de Torrejón, Sevilla y Gavà. El objetivo era identificar tanto las necesidades de ENAIRE como el asesoramiento que AEMET podía ofrecer, basado en un contacto estrecho entre el jefe de sala y el predictor. No había experiencia previa de trabajo conjunto y el entorno de trabajo era muy distinto al habitual de los predictores de AEMET. Más tarde, a petición de ENAIRE, en junio de 2019 se inició un servicio preoperativo en el centro de control de Gavà, con presencia de predictores a turnos todos los días, con características similares al que se prevé definitivo.

En el servicio piloto se observó que la información meteorológica no llegaba de forma suficientemente rápida, homogénea, ni completa a los controladores, que además no eran capaces de darle una correcta interpretación, lo que dificultaba la toma de decisiones operativas adecuadas y con agilidad. Se comprobó el beneficio que aportaba al meteorólogo el conocimiento del funcionamiento del control aéreo y de las incidencias de la meteorología en su operatividad. Asimismo se constató la necesidad de nuevos productos meteorológicos, orientados a impacto y enfocados a la aproximación a los aeródromos, donde son más habituales las saturaciones y situaciones de estrés. Otro aspecto positivo de la presencia del predictor en la sala es que allí recibe información de retorno relacionada con fenómenos meteorológicos, como los desvíos de vuelos por turbulencia o por la presencia de nubosidad convectiva. En la fase piloto se confirmó el beneficio mutuo que proporciona la proximidad física entre el predictor y el jefe de sala, hecho que permite la consulta directa y continua a demanda, así como el conocimiento personal que facilita la tarea de transmisión de la información.

Para responder a estas necesidades, el servicio se desarrolló en torno a tres ejes: *briefing* meteorológico, asesoría presencial experta y productos de impacto.

El *briefing* meteorológico consiste en una exposición breve de la situación meteorológica y su evolución prevista durante el resto de la jornada. Se realiza en la sala de control, con asistencia del jefe de sala y otros actores de ENAIRE implicados, lo que garantiza la homogeneidad de la información suministrada. Está enfocado a fenómenos con impacto en la operatividad. En el *briefing* es necesario usar un lenguaje claro, conciso y adaptado al usuario y un conocimiento de las principales características de cada ACC: sus aeropuertos, zonas clave, horarios de máximo tráfico, etc. El *briefing* facilita la integración del meteorólogo en el equipo operativo de la sala, así como el aumento del conocimiento meteorológico de los participantes de ENAIRE.



Figura 6. ACC de Gavà, próximo a Barcelona.

La asesoría experta está dirigida sobre todo al jefe de sala y es la principal función del predictor de ACC, la que realiza de forma permanente durante todo su servicio. Se trata de una asesoría proactiva, de manera que el jefe de sala consulta cuando le interesa y el meteorólogo le informa al momento ante cualquier novedad, todo ello para que pueda tomar decisiones adecuadas con la mayor antelación posible ante la ocurrencia, real o prevista, de fenómenos meteorológicos con impacto en la operatividad. Una asesoría eficaz implica una vigilancia y monitorización continuas de la situación meteorológica, con la ayuda de una infraestructura técnica que dé acceso en tiempo real en la sala a los datos de observación, teledetección y modelos de predicción disponibles en AEMET. El predictor de ACC debe conocer a fondo las repercusiones de la meteorología en el control aéreo. Aunque las tormentas son el fenómeno de mayor impacto, cambios en la dirección o en la fuerza de un viento flojo de apenas 10 nudos pueden obligar a un cambio en la configuración de pistas de un gran aeropuerto saturado de vuelos, lo que basta para provocar una situación tensa durante bastantes minutos. También la presencia de torrecúmulos situados en la senda de aproximación a un aeródromo, sin ir acompañados de precipitación, puede dar lugar a desvíos en las aproximaciones y generar problemas en un área cargada de aviones en vuelo. Una niebla repentina es otro fenómeno de gran afección. En pocos minutos se puede pasar de un ambiente tranquilo a una situación complicada. Un predictor de ACC debe ser muy consciente de las repercusiones que pueden tener una vigilancia deficiente o una predicción mal elaborada.

Desde el principio se comprobó la necesidad de generar nuevos productos de predicción orientados al impacto que pueden causar los fenómenos meteorológicos, sobre todo a nivel de TMA, donde tienen lugar las aproximaciones a los aeródromos y el control aéreo presenta mayor complejidad. Los fenómenos de mayor impacto en la navegación aérea son las tormentas, principalmente si discurren cerca de los aeropuertos principales o en los sectores de mayor tráfico. Por ello se necesitan de forma especial pronósticos de la actividad convectiva en lugares clave, con la antelación suficiente para que sea efectiva la aplicación de regulaciones. Estos productos se diseñan fuera del ACC, como es el caso de un producto probabilístico de predicción de tormentas recientemente desarrollado en la OVM de Valencia.

Desde el inicio del proyecto piloto la valoración de este nuevo servicio por parte de los jefes de sala ha sido en general muy positiva, en especial en Gavà donde se desarrolla el servicio a turnos cubriendo

un amplio horario durante todos los días del año. También en Sevilla, aunque de momento el servicio se presta solo en horario de oficina. Los jefes de sala conocen de primera mano la gran calidad de las herramientas de vigilancia y de los modelos de predicción, pero también la incertidumbre e inexactitud que presentan a veces. Son más conscientes de la limitación de los pronósticos y de su carácter probabilístico, inherente a la meteorología. Al jefe de sala le es muy útil tener junto a él a un meteorólogo a quien poder consultar, pendiente de cualquier novedad meteorológica interesante para su labor, de la que le informa al momento. El meteorólogo se ha convertido en un miembro más de la sala, se podría decir que en una pieza clave muy bien valorada. Una vez conocidas sus aportaciones, ningún jefe de sala quiere prescindir de este asesor experto, en un ámbito tan complejo y de tanto impacto en el tráfico aéreo como la meteorología.

ACRÓNIMOS EN EL TEXTO

- FL: Flight Level (nivel de vuelo)
- FIR: Flight Information Region (región de información de vuelo)
- UIR: Upper Information Region (región superior de información de vuelo)
- ACC: Area Control Center (centro de control de área)
- TMA: Terminal Manoeuvring Area (Área de Control Terminal)
- CTA: Controlled Traffic Area (Área de Control)
- CTR: Controlled Traffic Region (Zona de Control)
- ATZ: Aerodrome Traffic Zone (Zona de Tránsito de Aeródromo)

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA. Guía MET. Información meteorológica aeronáutica. AEMET. <http://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/aeronautica/AU-GUI-0102.pdf>.
- EUROCONTROL. Airport arrival air traffic flow management (ATFM) delays. https://ansperformance.eu/capacity/atfin_apt/
- EUROCONTROL (2013). Severe Weather Risk Management Survey. <https://www.eurocontrol.int/publication/severe-weather-risk-management-survey-final-report>.
- ICAO (2018). Annex 3.
- MÉNDEZ, A. y otros. (2019). Guía meteorológica de aeródromo Josep Tarradellas de Barcelona-El Prat. Agencia Estatal de Meteorología. <https://doi.org/10.31978/639-19-016-3>.
- SORIANO ROMERO, J. de D. y ALCÁZAR IZQUIERDO, Á. (2019). Predicción orientada a impactos en el proyecto piloto de presencia de predictores en Centros de Control Aéreo. Sexto Simposio Nacional de Predicción. Memorial Antonio Mestre. AEMET. <https://doi.org/10.31978/639-19-010-0.687>.
- UNIVERSITY CORPORATION FOR ATMOSPHERIC RESEARCH (2005). The Impact of Weather on Air Traffic Management. Módulo COMET.