

rápida y más detallada de los peligros meteorológicos a la aviación se están desarrollando muchas tecnologías nuevas, entre otras los radares meteorológicos Doppler y los radares de aproximación de aeródromo, los sistemas automáticos de observación en superficie, los satélites geostacionarios mejorados y los sistemas avanzados de proceso de datos y de telecomunicación.

El Sistema Mundial de Pronóstico de Área (SMPA), establecido por la OACI con el apoyo de la OMM, empleará, cuando su implantación sea completa, ordenadores modernos y comunicaciones vía satélite para suministrar un conjunto mundial común de datos. Los dos Centros Mundiales de Pronóstico de Área, Londres y Washington, preparan predicciones aerológicas mundiales (vientos, temperaturas, tropopausa y nivel e intensidad del viento máximo). Este conjunto mundial de datos con una resolución de  $1,25^{\circ} \times 1,25^{\circ}$  en latitud y longitud, se difunde utilizando dos satélites. Un tercer satélite, suministrado por los EE.UU., empezará a servir al Pacífico y al Lejano Oriente al final de 1995, completando así un verdadero sistema mundial de difusión de información meteorológica para colmar todas las necesidades funcionales aeronáuticas.

El SMPA constituirá un salto cuantitativo en el suministro de información meteorológica mundial al

servicio de la aviación. Por vez primera, un conjunto común de datos de observaciones y predicciones aeronáuticas críticas estará disponible a escala mundial. Esa capacidad no tiene precedentes en la historia de la meteorología aeronáutica.

## Conclusión

Como puede verse, la meteorología aeronáutica ha hecho fantásticos progresos. La tecnología avanza tan rápidamente hoy en día que nuevas mejoras estarán constantemente a disposición del sistema a una velocidad sin precedentes. La cantidad de datos disponibles para los SMN, tales como el conjunto mundial de datos del SMPA y los informes automáticos de aeronaves, harán de la gestión de datos una disciplina aún más crítica de lo que nunca lo fue.

Ciertamente no todos los problemas meteorológicos aeronáuticos se han resuelto o se resolverán. Sin embargo, la tasa de seguridad de la aviación internacional es buena y la meteorología aeronáutica ha tenido en ello un gran impacto. Según las estadísticas de la OACI, en 1950 había 1,88 accidentes fatales por cada 100 millones de km volados. Dicho número descendió a 1,02 en 1958, a 0,54 en 1966 y a 0,05 en los primeros años 90. Algo debemos estar haciendo bien, pero todavía tenemos camino por recorrer.

# LA EVOLUCIÓN FUTURA DE LOS SERVICIOS METEOROLÓGICOS AERONÁUTICOS

Por Neil GORDON\*

## Introducción

Estos son tiempos apasionantes en el desarrollo de los servicios meteorológicos para la aviación. El Sistema Mundial de Pronóstico de Área (SMPA) ha alcanzado un hito con la implantación, este año, de las transmisiones por satélite de los datos del SMPA, proporcionando una profusión de información del modelo mundial a muchos países que con anterioridad tenían poco acceso a esos datos para soporte de sus servicios de predicción y de la aviación.

Es un momento apropiado para considerar la

evolución futura de los servicios de meteorología aeronáutica. Puesto que estos servicios están diseñados para satisfacer las necesidades de los usuarios aeronáuticos, es importante comenzar con la evolución probable de estas necesidades. En segundo lugar, dado el papel fundamental del SMPA, consideraremos su evolución hacia la fase final. Finalmente, estos elementos estarán relacionados entre sí para formar una visión de la forma de suministro de los servicios meteorológicos aeronáuticos a principios del siglo XXI.

## Evolución de las necesidades de los usuarios

Es previsible que las necesidades de los usuarios de la aviación continúen centradas en la seguridad, la eficacia y la rentabilidad. Sin embargo, el crecimiento

\* Del Servicio Meteorológico de Nueva Zelanda y vicepresidente de la Comisión de Meteorología Aeronáutica de la OMM

continuo del tráfico producirá necesidades especiales de servicios meteorológicos aeronáuticos.

En primer lugar, las aeronaves deben despegar y aterrizar. El aumento general del tráfico y el uso del sistema radial está sometiendo a una presión mayor a las operaciones aeroportuarias. En todo el mundo, el crecimiento urbano y otras presiones ambientales hacen cada vez más difícil construir nuevos aeropuertos o expandir la capacidad de los existentes. Por ello, el crecimiento de la aviación se conseguirá principalmente con operaciones más frecuentes en los aeropuertos actuales, más que en los nuevos.

En este caso, las aeronaves, tendrán que ser capaces de operar en condiciones meteorológicas marginales que, anteriormente, podían haber obligado a cerrar el aeropuerto. La implantación de instrumentos de aterrizaje avanzados y las innovaciones, como los sistemas de navegación por satélite, facilitarán un número mayor de operaciones.

Aunque las situaciones de nubes bajas y de visibilidad escasa no pueden ya causar el cierre de un aeropuerto, sí pueden prolongar el intervalo de tiempo permisible entre operaciones consecutivas, necesario para garantizar una operación segura. Por ello, en todo caso, la necesidad de pronósticos de aerodromo exactos será mayor. Debe tenerse en cuenta que la necesidad actual de transportar combustible para proceder al alternativo en caso de cierre del aeropuerto debido al pronóstico de condiciones meteorológicas marginales, puede sustituirse por la necesidad de llevarlo ante el riesgo de que el aeropuerto no pueda aceptar todas las aeronaves que intentan aterrizar.

Bajo algunas otras condiciones meteorológicas, como vientos fuertes, vientos cruzados y tormentas no es seguro aterrizar, todavía, incluso con ayudas modernas a la navegación. Del mismo modo, se requerirán pronósticos exactos que permitan a los operadores planificar bajo estas contingencias.

También puede ser posible aumentar la capacidad de un aeropuerto utilizando sistemas como el radar meteorológico terminal Doppler (TDWR), ahora instalado en EE. UU. Proporciona información de muy alta resolución en tiempo y en espacio, de la cizalladura convectiva y de las microrráfagas asociadas a algunas tormentas, y permite a las aeronaves aterrizar con seguridad a horas determinadas y en pistas específicas, en vez de tener que cerrar totalmente el aeropuerto por todo el periodo de proximidad de una tormenta potencialmente peligrosa.

El tráfico creciente también creará nuevas demandas de pronósticos exactos para la fase de crucero del vuelo. Para acomodar el tráfico en las aerovías congestionadas, es importante disponer de información exacta de los vientos y temperaturas en

ruta, así como de los peligros de turbulencia, englamamiento y tormentas, que deben evitarse. La mejor situación en que pueden encontrarse las aerolíneas y los organismos de gestión de la circulación aérea será recibir pronósticos exactos con suficiente anticipación; esto permitirá la planificación eficiente y segura del flujo del tráfico que reduzca el consumo de combustible y evite los riesgos.

Sin embargo, los pronósticos nunca serán perfectos. Afortunadamente, los progresos en las comunicaciones han conseguido que se transmitan a las aeronaves en vuelo observaciones meteorológicas actualizadas, pronósticos detallados y otras informaciones. Además, el uso de los sistemas de navegación por satélite y la consecuente vigilancia automática de los vuelos oceánicos permitirán reducir la separación de las aeronaves, establecer rutas aéreas más flexibles para economizar combustible e incluso cambiar la ruta del plan de vuelo después del despegue, para tener en cuenta las enmiendas de los pronósticos del tiempo en ruta.

Hay un número creciente de aeronaves bimotores que operan en rutas largas, como, por ejemplo, el moderno Boeing 777. Según las normas especiales para las operaciones ampliadas de los bimotores, estas aeronaves deben siempre encontrarse dentro de un cierto tiempo de vuelo, por ejemplo 120 ó 180 minutos, del aeropuerto más próximo donde puedan aterrizar. En caso de fallo de un motor o de pérdida de la presurización de cabina, deben reducir su altitud de vuelo hasta unos 10 000 pies (3 050m). Existe una demanda creciente de pronósticos especiales de las proximidades de este nivel que estas operaciones requieren para asegurarse de que están disponibles en el caso de un descenso de emergencia.

## Desarrollo del SMPA

Una característica común de estas necesidades de los nuevos usuarios es que la seguridad y la eficacia se mejorarán proporcionando pronósticos adaptados a vuelos específicos, de forma que se conozcan exactamente las condiciones que van a encontrarse. En cierto sentido esto es una vuelta a los viejos tiempos de la aviación, cuando había tan pocos vuelos que se les podía suministrar un servicio individual personalizado. Es evidente que el rápido crecimiento de la aviación ha impedido que en la actualidad se pueda proporcionar este nivel de servicio a los vuelos individuales. Internacionalmente se crearon muchos centro regionales de pronósticos, cada uno de los cuales expedía y distribuía mapas normalizados conteniendo pronósticos de los vientos, temperaturas y tiempo significativo en ruta.

Los avances en los años 60 y 70 de la modeli-

zación numérica mundial y de las comunicaciones han traído como consecuencia que ya no sea necesario que cada centro regional genere pronósticos de vientos y temperaturas. La primera fase del SMPA se estableció oficialmente en 1984 con dos Centros Mundiales de Pronóstico de Área (CMPA), Londres y Washington, preparando y distribuyendo pronósticos de viento y temperatura a 15 Centros Regionales de Pronóstico de Área (CRPA) en todo el mundo. Hasta ahora, la distribución de esta información se ha realizado por circuitos terrestres, principalmente por el Sistema Mundial de Telecomunicaciones de la OMM. Este año se ha implantado la transmisión de la información por satélite.

Basándose en la información mundial recibida, los CRPA preparan y transmiten datos y mapas a las autoridades meteorológicas y a los usuarios aeronáuticos en sus áreas de servicio. También preparan y distribuyen mapas de tiempo significativo (SIGWX) cuatro veces al día a sus áreas de responsabilidad.

El plan del SMPA ha contemplado siempre una fase final en la que sólo se requerirán dos CMPA y desaparecerán progresivamente los CRPA. Sin embargo, esto no se considera posible hasta que los CMPA puedan preparar pronósticos mundiales del SIGWX por ordenador y distribuir todos los pronósticos del SMPA directamente a los puntos de recepción aprobados por la autoridad meteorológica de cada país.

La implantación de la transmisión por satélite satisface esta última condición, pero la preparación centralizada de los SIGWX mundiales se está desarrollando todavía y puede tardar aún varios años. Probablemente la transición a la fase final del SMPA no se hará instantánea y simultáneamente en todas las partes del mundo y dependerá de acuerdos regionales cuando se haya alcanzado el momento apropiado. Es interesante comprobar que alguna racionalización está teniendo lugar ya: Melbourne ha asumido la tarea de preparar los SIGWX de la mitad oriental de su área común del CRPA, que era responsabilidad de Wellington; y Frankfurt ha cedido a Londres su responsabilidad de preparación de los SIGWX.

Para asegurar la calidad de los SIGWX mundiales preparados por los CMPA, se necesitará una buena coordinación entre los CMPA y los CRPA que aún operen. La realimentación a los CMPA les permitirá mejorar sus productos SIGWX. Además, al estar implicados en la evaluación, los CRPA pueden estar seguros de la calidad de los SIGWX cuando llegue el momento de desaparecer. Estas relaciones pueden continuar también después de la clausura oficial de un CRPA, pudiendo proporcionar realimentación inmediata a un CMPA con el objeto de posibilitar las enmiendas oportunas de los SIGWX. Ambos CMPA

han mostrado su entusiasmo por su implicación regional para mejorar sus productos.

## Una visión del futuro

De acuerdo con la información precedente, lo que sigue es una visión de la situación probable del servicio a la aviación alrededor del año 2005. ¿Como ocurre con todas las previsiones en el campo de la meteorología, casi con toda seguridad no será 100 por cien correcta!

El SMPA continuará dependiendo muy estrechamente de la información que se obtiene mediante la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) de la OMM: un sistema mundial de concentración, análisis y distribución de información meteorológica básica. Todos los Miembros de la OMM participan en la VMM y se benefician de la información intercambiada gratuitamente. Lo primero y más importante es que el papel fundamental de cada Servicio Meteorológico Nacional (SMN) continuará siendo concentrar y transmitir datos de las observaciones básicas necesaria para apoyar a la VMM a través de su componente del Sistema Mundial de Observación.

Estos datos se incorporarán a los dos CMPA, que procesarán modelos mundiales de PNT de unos 40 km de resolución. Con la disponibilidad mucho mayor de datos asinópticos, especialmente informes automatizados procedentes de aeronaves, se harán nuevas pasadas cada seis horas. Los productos de los modelos para la planificación de los vuelos se distribuirán por satélite con una resolución de 140 km, como en la actualidad. Sin embargo, se distribuirán a algunos SMN individuales datos de áreas limitadas con una resolución más próxima a la del modelo, en apoyo de sus aviaciones nacionales y de otros objetivos de predicción.

Los dos CMPA también generarán, de forma completamente automática, información SIGWX mundial que se distribuirá en forma de mapas y como datos digitales. Los modelos mundiales de la PNT realizarán predicciones explícitas del contenido de agua líquida y otros parámetros que intervienen en el engelamiento, así como predicciones explícitas de la energía cinética turbulenta para el fenómeno de la turbulencia, en vez de hacer una diagnosis de engelamiento y de la turbulencia a partir de los campos básicos del modelo de la PNT.

Los SMM serán responsables de las observaciones en los aeropuertos. Serán principalmente automáticas con la puesta en operación de los sistemas lidar de barrido que darán información detallada de las nubes y de la visibilidad en las proximidades del aeropuerto. En los aeropuertos con mucho tráfico en que se presenta con frecuencia la peligrosa cizalladura convectiva, los TDWR avisarán de las condiciones de

riesgo a los controladores del tráfico aéreo, así como directamente a las cabinas de las aeronaves.

Los servicios nacionales también serán responsables de los pronósticos de aerodromo. Su exactitud habrá sido muy mejorada con la ayuda de los modelos numéricos avanzados de alta resolución de los centros mundiales, así como por la implantación de modelos nacionales de mesoescala de resolución aún mayor (tamaño de las rejillas de 1 a 5 km, y con intervalos de una hora). Estos pronósticos serán muy detallados en el tiempo y en el espacio para que los aeropuertos de mucho tráfico puedan realizar una planificación a corto plazo de cambios de pista a fin de poder asegurar unas operaciones regulares y una alta capacidad.

Las oficinas de vigilancia seleccionadas continuarán teniendo la responsabilidad de preparar informes SIGMET de sus regiones de información de vuelo asociadas. De la misma manera, la exactitud y el detalle de estos informes habrán mejorado al disponerse de la información del modelo avanzado de la PNT. En vez de simples mensajes textuales, definirán regiones, en el espacio y en el tiempo, donde se espera que haya riesgos.

Los Servicios Nacionales prepararán, todavía, pronósticos del SIGWX para aplicaciones regionales y subregionales.

Toda la información meteorológica para la aviación está disponible en bases de datos regionales, nacionales y mundiales, cuya distribución se realizará principalmente por satélites. Los SMN y las compañías que se especializan en el valor añadido y en las comunicaciones, suministrarán a las líneas aéreas servicios basados en la información meteorológica para la aviación. Los servicios estarán diseñados para las necesidades específicas de los usuarios individuales y para los vuelos individuales. La disponibilidad de capacidades de ordenador baratas y de comunicaciones de gran capacidad de transmisión de datos está haciendo posible ya, ciertos desarrollos en esta área. Existen ya paquetes espe-

cíficos de información prevista en ruta (por ejemplo las operaciones nacionales de Air Nelson en Nueva Zelanda) con contenido y presentación definidos por la compañía aérea e incluyendo detalles como líneas verticales para facilitar su lectura con la iluminación tenue de las cabinas de vuelo. Las temperaturas se dan tanto en grados Celsius como por sus diferencias respecto a las de la atmósfera tipo internacional. Sólo se visualiza el tiempo significativo correspondiente a cada porción de la ruta.

Los productos incluirán cortes verticales de la ruta del plan de vuelo, que no son a tiempo fijo sino que presentan los vientos, las temperaturas, las nubes y el SIGWX previstos a la hora a la que la aeronave estará en esa parte de la ruta. Las cartas horizontales tampoco serán a tiempo fijo; se entregarán a las tripulaciones antes del despegue, pero se recibirán también versiones actualizadas durante el vuelo y se visualizarán en la cabina de la tripulación. Con la información disponible a bordo se confeccionarán y enviarán al control de tráfico aéreo planes de vuelo actualizados para su aprobación.

### Oportunidades

Los cambios que están teniendo lugar ofrecen una oportunidad única de participar en una nueva era apasionante en el suministro de servicios meteorológicos a la aviación. Se mantendrán los papeles fundamentales, como la obtención de los datos básicos necesarios para el sistema, aunque con nueva tecnología. Los componentes obsoletos, como los CRPA, desaparecerán.

Surgirán nuevas oportunidades de la necesidad de potenciar los servicios locales a la aviación para satisfacer las necesidades en evolución de los usuarios de la aviación y de la disponibilidad general y sin precedente de información detallada de los modelos numéricos en apoyo de los servicios meteorológicos aeronáuticos. Es, ciertamente, una época apasionante para participar y para ayudar a asegurar la transición de la seguridad y eficacia de las operaciones de la aviación al siglo XXI.



## LA METEOROLOGÍA AERONÁUTICA Y LA OACI

Por T. Fox<sup>1</sup>

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) tiene su origen en el Convenio de Aviación Civil Internacional, que se firmó en Chicago el 7 de

diciembre de 1944 y que entró en vigor el 4 de abril de 1947. El Convenio estipulaba que la Organización de Aviación Civil Internacional sería efectiva cuando el Convenio lo hubiesen ratificado 26 Estados. Mientras tanto, se formó una Organización Provisional de Aviación Civil Internacional (OPACI), sólo

<sup>1</sup> Funcionario técnico de meteorología de la Oficina de Navegación Aérea de la OACI