

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

con funciones de asesoramiento, que funcionó hasta que la organización permanente entró en vigor el 4 de abril de 1947.

En el breve período de su existencia, la OPACI sentó eficazmente las bases para que se pudiesen proporcionar los medios y servicios con los que los Estados Contratantes apoyasen las operaciones de la aviación civil internacional. La estructura básica de los futuros reglamentos de la aviación civil internacional ya se había esbozado al elaborar los 12 borradores de los anexos técnicos al Convenio de Chicago, el tercero de los cuales trataba de la obtención e intercambio de la información meteorológica. Sobre estas bases, la OPACI hizo recomendaciones sobre las normas, las prácticas y los procedimientos para todos los borradores de los anexos, incluyendo la meteorología, y elaboró procedimientos detallados para los servicios de navegación aérea, como la meteorología para su aplicación en las regiones del Atlántico Norte y del centro de la Europa del Este, los cuales se publicaron ambos en 1946. En esta etapa, el Anexo 3 del Convenio se tituló *"Anexo 3 – Claves meteorológicas"* e incluía, por ejemplo, la clave AERO que algunos lectores recordarán.

Durante los años siguientes se fueron consolidando progresivamente los diversos reglamentos de la OACI que trataban de la meteorología, hasta que para 1956 se habían concretado en: el *"Anexo 3 – Meteorología"*, cuya tercera edición no volvió a limitarse a las claves; los *"Procedimientos para los servicios de navegación aérea – Meteorología"* (PANS-MET); y los *"Procedimientos suplementarios para los servicios de navegación aérea"* para las distintas regiones de la OACI (SUPPS).

Hasta esta etapa, la elaboración de los reglamentos para el servicio meteorológico a la aviación civil se había realizado en las tres primeras reuniones de la división de meteorología, que se habían celebrado desde 1945 hasta 1950. Algunas de las personalidades que participaron llegaron a ser muy conocidas en los círculos meteorológicos internacionales. Un vistazo a las listas de asistentes nos permitirá ver a Sverre Pettersen como Presidente de la segunda reunión de la división en 1946; a A. Viaut y a M.F. Taba, ambos antiguos Presidentes de la OMM, representando a Francia y a Egipto, respectivamente; a D. A. Davies, que posteriormente (1955) fue Secretario General de la OMM; a A. Ångström representando a Suecia; a J. Bessemoulin representando a Francia; a F.A. Berry, de los EE.UU. (famoso por el *"Handbook of Meteorology"*), y en todas las reuniones un joven Gordon Cartwright<sup>2</sup>, que aún

asiste a las reuniones internacionales de Ginebra, formaba parte de la OPACI y posteriormente de la Secretaría MET de la OACI. La talla de los expertos que asistieron a estas primeras reuniones importantes explica la solidez de las bases de la estructura normativa que se elaboró, y que se puede apreciar todavía en los reglamentos actuales.

El mencionar que a las siguientes reuniones de la división MET de la OPACI/OACI asistió un observador de la OMI indica la importancia que desde el principio se concedió a la coordinación entre las dos organizaciones. De hecho, la tercera reunión de la división de meteorología de la OACI se celebró conjuntamente con la quinta reunión de la Comisión de Meteorología Aeronáutica (CMAe) de la OMI, práctica que continuó cuando la OMM sucedió a la OMI en 1950. La primera reunión de la CMAe se celebró en 1954 conjuntamente con la cuarta reunión de la división de meteorología de la OACI. De todo lo dicho se puede ver que "la meteorología" había sido desde el principio parte integral de los reglamentos de la OACI, y a mediados de los años 50 tomó una forma que aún hoy los meteorólogos pueden reconocer fácilmente.

A mediados de los años 50 el *"Anexo 3 – Meteorología"* constaba de tres capítulos: "Definiciones", "Servicios meteorológicos para la navegación aérea internacional" y "Claves de información atmosférica", junto con diversos suplementos llamados páginas verdes, uno de los cuales resumía las claves meteorológicas aeronáuticas, como la AERO y la TAFOR. Esta situación, en la que las claves meteorológicas aeronáuticas se habían transferido a un suplemento del Anexo 3, ocurrió porque en 1953 la OACI y la OMM habían llegado a acuerdos de trabajo; en ellos se asignaba específicamente la responsabilidad de las claves a la OMM. De hecho, el Anexo en su conjunto reflejaba los principios en los que se basaban los acuerdos de trabajo, según los cuales era responsabilidad de la OACI exponer las necesidades que la aeronáutica tenía de servicios meteorológicos para la navegación aérea internacional, y responsabilidad de la OMM decidir cuáles de esas necesidades se podían satisfacer mejor. Los acuerdos de trabajo a los que llegaron la OACI y la OMM en 1953 son todavía la base de la coordinación actual entre ambas organizaciones en temas de interés mutuo, y su continuada aplicabilidad y su solidez honran una vez más a nuestros predecesores.

¿Cómo continuaron en el resto de los años 50 los asuntos relativos a los servicios meteorológicos para la aviación civil internacional y qué papel tuvo la meteorología en la evolución posterior de los reglamentos de la OACI hasta el presente? La comunidad meteorológica aeronáutica se dedicó a los dis-

<sup>2</sup> El Sr. Cartwright es coautor del artículo que comienza en la página 325 (Ed.)

tintos problemas asociados al rápido crecimiento de la aviación civil después de la segunda guerra mundial. Los aviones volaban más alto, más rápido y más lejos, y hubo una preocupación notable por la falta de datos fidedignos y sistemáticos del viento y de la temperatura en los niveles altos de la atmósfera. La existencia de corrientes en chorro se conocía bien, pero su estructura y sus características detalladas eran todavía tema de investigación. Cuando los primeros aviones de transporte a reacción comenzaron operaciones rutinarias aumentaron los problemas meteorológicos específicos, como: la cuestión del rendimiento de los motores a reacción en el despegue y en la etapa de vuelo de crucero en función de la temperatura; las menores capacidades de actuación de un aparato a reacción debidas al gran consumo de combustible cuando se desplazaba a baja altitud; la mayor autonomía y los niveles más altos de vuelo de crucero, que necesitan zonas de aproximación más grandes; y la información meteorológica en vuelo y en las distintas operaciones. Mientras que el tiempo en ruta era menos importante para los reactores de transporte que volaban a nivel alto, todavía imponía respeto la turbulencia en aire claro en los niveles altos de la atmósfera: entonces no se comprendía del todo, hoy aún tampoco.

Las nuevas necesidades de la era de la propulsión a chorro encontraron satisfacción en la parte de los reglamentos de la OACI que se llamaba Normas y Prácticas Recomendadas (NPR) y en los procedimientos para la información meteorológica específica que se debe suministrar para los planes de vuelo, la información previa y la información en ruta. Estas necesidades, aunque mejoradas y ampliadas, se mantuvieron más o menos durante el decenio siguiente.

Sin embargo, a principios de los años 60 se fue haciendo evidente que resultaba inviable que cada oficina meteorológica de aeropuerto suministrase predicciones para la ruta de cada aeronave, tanto en forma de cortes verticales como en cualquier otra. Por lo tanto, la reunión de la División de Operaciones y Meteorología que se celebró en 1964 conjuntamente con la tercera reunión de la CMAe, hizo recomendaciones para constituir un sistema mundial de predicción de área, tema que ha figurado de forma destacada desde entonces en los asuntos de la OACI y de la OMM. Aunque la idea original era la de un sistema mundial, el sistema de predicción de área que se instituyó durante el decenio siguiente fue de una dimensión más regional, debido a diversas limitaciones.

No obstante, esto no duró demasiado, porque a mediados de los años 70 el aumento inexorable

del tamaño de los aviones de transporte a reacción obligó a que se normalizasen en todo el mundo los sistemas "regionales" de predicción de área. La Octava Conferencia de Navegación Aérea, celebrada en 1974 conjuntamente con la reunión extraordinaria de la CMAe, hizo las adecuadas recomendaciones para la normalización mundial de los sistemas de predicción de área. Esto llevó a que la Comisión de Navegación Aérea de la OACI crease en 1978 el Grupo de Expertos en Predicción de Área para que planificase "un sistema más eficaz, uniforme y económico de predicción de área, con el objeto de redactar recomendaciones para las NPR y textos de orientación cuando fuese necesario". Las recomendaciones de este grupo de expertos en lo relativo al Sistema Mundial de Predicción de Área se estudiaron y aceptaron en la reunión que la División de Meteorología y Comunicaciones de la OACI celebró conjuntamente en 1982 con la séptima reunión de la CMAe, y posteriormente las aprobaron el Consejo de la OACI y el Consejo Ejecutivo de la OMM.

En resumen, el Grupo de Expertos en Predicción de Área tuvo una notable visión en sus recomendaciones, porque durante los años 80 las operaciones internacionales de los aviones, y de hecho la industria aeronáutica en su conjunto, experimentaron cambios sin precedentes a los que sólo podía haber atendido con eficacia un sistema de predicción de área de cobertura mundial. A este respecto, habría sido difícil prever la liberalización de la industria (que comenzó en los EE.UU. en 1978 y que todavía hoy continúa expandiéndose por el mundo), el aumento masivo en un decenio de los viajes por avión y la consiguiente congestión de los aeropuertos y del espacio aéreo en la zona de aproximación, el aumento del campo de acción de las operaciones a través de los océanos con los aviones de dos motores a reacción, y las operaciones de transporte directo a gran distancia a través de medio mundo.

Aparte de que los planes de vuelo basados en los datos del SMPA son más eficaces, el SMPA se diseñó también para garantizar que la información se transmitiese de forma fidedigna a las oficinas meteorológicas de los aeropuertos que las precisasen. Si se preguntase a los meteorólogos aeronáuticos cuáles eran sus tres problemas más importantes, la mayoría respondería que "las comunicaciones, las comunicaciones, y las comunicaciones". El SMPA se previó para que sus datos se transmitiesen mediante tres emisiones de satélite, de forma que se cubriese todo el mundo. De estas emisiones de satélite del SMPA, las dos primeras comenzaron a funcionar recientemente y la tercera comienza en octubre de 1995. Además de los datos del SMPA, estas emisiones de satélite distribuirán mensajes

OPMET, tales como los METAR, TAF y SIGMET, por lo que se espera que su puesta en práctica resuelva muchos de los problemas a los que ha habido que hacer frente como consecuencia de unas comunicaciones pobres.

La OACI, en coordinación con la OMM, se interesó, además de por el SPA, por otros temas meteorológicos que afectaron a la aviación en los años 70 y 80. En concreto, durante los años 70 se vio que la cizalladura del viento en las zonas terminales fue la causa de varios accidentes aéreos trágicos. Aunque la cizalladura del viento no era en absoluto un fenómeno nuevo, sí que era realmente "nueva" su manifestación en la forma que desde entonces se conoce como "microexplosiones", asociada a nubes convectivas y especialmente a tormentas muy fuertes. Esto, que coincidió con varias tendencias de la industria aeronáutica, como la sustitución casi completa de los aviones a hélice por aviones de transporte a reacción y la gran cantidad de operaciones aéreas en regiones del mundo propensas a tormentas muy fuertes, quizá explica por qué la cizalladura del viento supuso para la aviación de los años 70 un problema importante; su complejidad era inmensa y los Estados tuvieron que hacer un trabajo enorme de formación e investigación para alcanzar la etapa en la que se pudo decir que el problema de la cizalladura del viento estaba finalmente llegando a su solución. Estos trabajos supusieron la elaboración de amplios programas de formación, en especial para los pilotos, que incluían la enseñanza con simuladores que reproducían de forma realista la cizalladura del viento, la construcción de equipos automáticos para detectar desde el suelo la cizalladura del viento y avisar de ella, tales como el radar meteorológico Doppler de zona de aproximación terminal, que actualmente se está instalando en aeropuertos de los EE.UU., y el diseño y certificación de equipos de a bordo para predecir y avisar de la cizalladura del viento.

El otro fenómeno que podía llamarse "nuevo" y que en los años 80 atrajo de repente la atención de la comunidad aeronáutica fue el de las cenizas volcánicas. Tampoco era estrictamente "nuevo", porque era bien sabido que volar a través de cenizas volcánicas podía producir abrasión en las ventanas de la carlinga, rayar la pintura del avión y bloquear el sistema de piloto automático. Sin embargo, en junio de 1982, un Boeing 747 que volaba a una altura de 11 000 m perdió potencia en sus cuatro motores debido a que habían absorbido ceniza del volcán Galunggung, en Indonesia, que estaba en erupción desde abril de ese año. Aunque finalmente el piloto pudo volver a arrancar dos motores y mantener su potencia, e hizo con éxito un aterrizaje de

urgencia en un aeropuerto alternativo, la comunidad aeronáutica no olvidó la lección. Desde entonces, los Estados, la OACI, la OMM y otras organizaciones internacionales han hecho esfuerzos considerables para establecer unas aerovías internacionales de vigilancia de los volcanes que permitan avisar a los aviones de las erupciones y de las "nubes" de ceniza volcánica. Al principio se pensó que aunque la ceniza volcánica era muy peligrosa para las operaciones aéreas, comparativamente ocurría con poca frecuencia. Sin embargo, desde 1982 ha habido numerosas erupciones volcánicas importantes en todo el mundo, y muchas de ellas, como las del Redoubt y el Spurr en Alaska, el Pinatubo en las Filipinas, el Hudson en Chile y el Klyuchevskoy en Kamchatka, han afectado directamente a las operaciones aéreas.

Si en el pasado la meteorología ha planteado problemas y retos interesantes a la industria aeronáutica, parece que el futuro tampoco nos defraudará. A este respecto, la aviación está en el umbral de una era en la que aprovechará los enormes avances técnicos de las comunicaciones por satélite, de la navegación y de la informática. Es esta era, las comunicaciones de tierra a aire serán por canales de datos; la navegación de la aeronave, y en gran medida su toma de tierra, se basará en el sistema mundial de navegación por satélite; y la vigilancia del avión, como parte de la gestión general de la circulación aérea, se hará con un sistema automático, así como mediante canales de datos y comunicaciones por satélite. Todo lo dicho formará parte de un conjunto al que en la OACI se refieren como los sistemas, por un lado, de comunicaciones, navegación y vigilancia, y por el otro, de gestión de la circulación aérea (CNS/ATM), que tendrá una influencia fundamental sobre la forma en que se suministre la información meteorológica a una aeronave en vuelo. Al mismo tiempo, hará que los meteorólogos dispongan de una cantidad sin precedentes de información meteorológica, por ejemplo vientos y temperaturas en altura, como parte de los informes automáticos que hace el avión en vuelo.

En el futuro, como en el pasado, la meteorología aeronáutica continuará contribuyendo de forma inestimable a la seguridad, la eficacia y la regularidad de la aviación civil internacional, que son la piedra angular del Convenio de Chicago. El Anexo 3, del Convenio ha mostrado en el pasado una adaptabilidad a los cambios fundamentales de la industria aeronáutica que es un buen presagio para el futuro. La OACI continuará exponiendo las necesidades que la aeronáutica tiene para hacer frente a estos cambios y la OMM continuará recomendando la forma más eficaz de satisfacer esas necesidades.