

de aire en altura, estaciones receptoras de satélite y ordenadores avanzados.

- Una de las instituciones más antiguas de Rusia —el Instituto Hidrometeorológico Estatal de Rusia (IHMER) de San Petersburgo— cuenta con cinco facultades y veinte departamentos con instalaciones de vanguardia y una estación de formación profesional de campo. El IHMER aplica programas de estudios superiores y de posgrado para enseñanza profesional en una amplia gama de tendencias y especialidades. El IHMER se ha beneficiado de los cuarenta años de experiencia en la formación profesional de especialistas meteorológicos de países extranjeros. Durante ese tiempo, se han titulado en el Instituto más de 800 estudiantes extranjeros, de los cuales unos 100 eran de distintos Miembros de la OMM. La formación profesional se ofrece tanto en ruso como en inglés. Los estudiantes extranjeros pueden someterse a formación profesional intensiva en ruso a partir de un nivel básico. El Instituto está orgulloso de su personal cualificado, algunos de cuyos miembros son científicos de reconocimiento mundial.
- El Instituto de Formación Profesional Avanzada para gestión y trabajadores superiores de Roshydromet (IFPA), situado en la ciudad de Zheleznodorozhny en la región de Moscú, ha contribuido a la mejora de la formación profesional del personal meteorológico aeronáutico desde su creación por el Gobierno en 1989. Es una institu-

ción de formación profesional estatal que ofrece enseñanza profesional adicional. El IFPA se creó para dar formación profesional avanzada a especialistas de Servicios Hidrometeorológicos y satisfacer las necesidades del personal en cuanto a conocimiento de los últimos logros en el campo de la hidrometeorología. Su proximidad a las principales instituciones de investigación de Roshydromet hace que sus capacidades potenciales sirvan como formación profesional base. El IFPA tiene experiencia en acoger conferencias, simposios y seminarios internacionales.

La OMM ha reconocido al Instituto de Formación Profesional Avanzada para gestión y especialistas superiores del Servicio Federal Ruso de Hidrometeorología y Control Medioambiental, a la Escuela Hidrometeorológica de Moscú y al Instituto Hidrometeorológico Estatal de Rusia como Centro Regional de Formación Meteorológica de la Asociación Regional VI (Europa).

Basándose en un acuerdo entre el Gobierno de la Federación Rusa y la OMM (firmado en Pekín, en China, el 25 de enero de 1995), el Centro Regional de Formación Meteorológica de la OMM en la Federación Rusa pretende cubrir las necesidades de formación profesional de especialistas meteorológicos e hidrológicos no solo de miembros de la AR VI (Europa), sino también de otras Regiones. El CRFM interactúa con otros Centros Regionales de Formación Meteorológica de manera permanente para compartir conocimientos técnicos en el campo de la enseñanza y la formación profesional del personal.

## *El uso de imágenes de radar meteorológico en el control del tráfico aéreo: la ASPOC*

Por Jean-Marc POULET y Patrick JOSSE<sup>1</sup>

### **La ASPOC: Aplicación de los informes y de la predicción de tormentas para el control aéreo**

Las células nubosas inestables pequeñas o de mesoescala<sup>2</sup>, que son con frecuencia células de tormenta situa-

das a lo largo de las trayectorias de vuelo de las aeronaves, pueden forzar a los pilotos a realizar desviaciones frecuentes. Se pide a las aeronaves comerciales que estén equipadas con un radar meteorológico que ayude a la tripulación a seleccionar una trayectoria de vuelo. Di-

<sup>1</sup> Dirección de Predicción de la División Aeronáutica de *Météo-France*.

<sup>2</sup> En nuestras latitudes, las dimensiones horizontales de la escala pequeña están en el orden de entre uno y varias decenas de kilómetros, alrededor de 10 kilómetros de altura vertical y duran menos de una hora; las dimensiones horizontales de la mesoescala son superiores a cien o varios cientos de kilómetros a lo largo de un período de varias horas.

chas desviaciones constituyen un tema de interés para los controladores en tierra, sobre todo cuando se realizan durante las fases de aproximación, despegue o aterrizaje ya que añaden dificultad a la gestión del tráfico aéreo, representando una posible amenaza a la seguridad de la navegación aérea. Hasta hace poco, en Francia los centros de control en tierra no tenían acceso a información meteorológica adecuada<sup>3</sup>; los controladores no eran conscientes de las razones que estaban detrás de las desviaciones de las trayectorias de vuelo.

La ASPOC ofrece la posibilidad de un sistema que puede utilizarse en tiempo real. Es el fruto de una asociación entre *Météo-France* y la Dirección de Navegación Aérea (DNA) de Francia y representa un avance altamente importante en el campo del control del tráfico aéreo.

Permite al controlador del tráfico aéreo anticipar las desviaciones de la trayectoria de vuelo ocasionadas por la presencia de zonas de lluvia o de tormenta situadas a lo largo de la trayectoria de vuelo de una aeronave. Las imágenes de radar que utiliza la ASPOC se basan directamente en las que usa *Météo-France* para sus propias necesidades a través de la red de radares ARAMIS, y también en las de la red de detección de rayos MÉTÉORAGE. Para utilizarlas de manera operativa en los centros de la DNA las imágenes de radar se modifican a través de una serie de procesos para que puedan adaptarse a las necesidades de los centros y se vuelvan útiles dentro del entorno operativo tipificado por unas estrictas restricciones de funcionamiento.

### Uso de la red de radares meteorológicos de Francia

La red de radares meteorológicos de Francia, según la utiliza *Météo-France* (la red ARAMIS) ofrece información, en tiempo casi real, sobre la situación y la intensidad de la precipitación a lo largo de la Francia metropolitana (véase la Figura 1). En la actualidad hay 18 transmisores/receptores y antes de 2006 habrá 22 (Proyecto PANTHÈRE para ampliar la red ARAMIS).

Los datos de cada estación local de radar se recogen para crear una imagen llamada de mosaico (véase

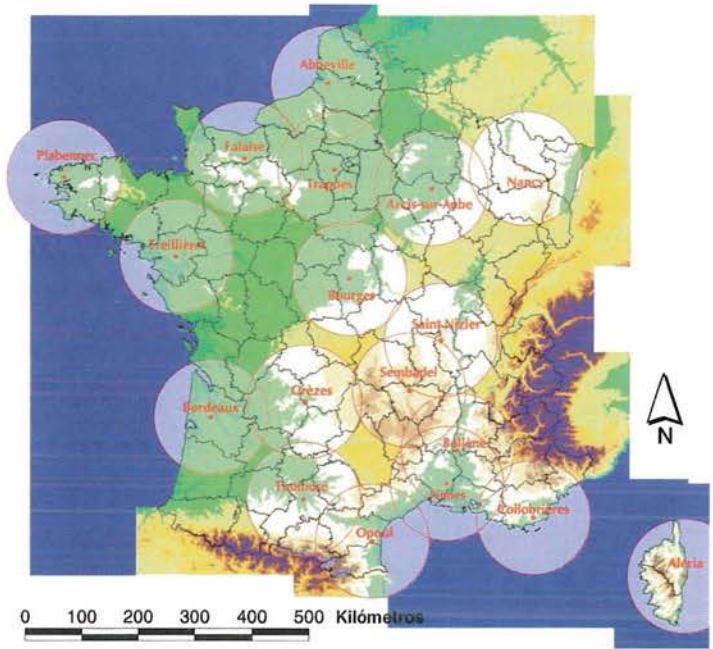


Figura 1 — Cobertura de los radares franceses (red ARAMIS)

la Figura 2), que muestra la intensidad y la localización de la precipitación a lo largo del país. Una animación temporal muestra el movimiento de la precipitación. Se puede abarcar casi toda la Francia continental. Sin embargo, cerca de las regiones montañosas, el relieve alto enmascara las nubes productoras de precipitación que quedan detrás y, cuando no se puede mejorar la cobertura utilizando información de radares extranjeros, pueden quedar sin cubrir algunas zonas (el oeste de Córcega y el sur de los Alpes).

Cada unidad de radar tiene en la actualidad una resolución temporal de cinco minutos, una resolución espacial de 1 km (véase la Figura 3); tienen un alcance efectivo de unos 180 km (bastante menos en zonas montañosas), que está limitado por la curvatura de la Tierra. Las unidades de radar utilizadas transmiten en longitudes de onda centimétricas; se obtiene un eco importante cuando hay una cantidad suficientemente grande de agua en el "objetivo" (en la nube), teniendo en cuenta el hecho de que la reflectividad del agua en estado líquido es cinco veces mayor que en estado sólido y el hecho de que la intensidad del eco es proporcional tanto al número como al tamaño de las partículas.

### Cómo crear una imagen SIGNORA

Para satisfacer las necesidades aeronáuticas típicas, y también las de los controladores del tráfico aéreo, hay que procesar las imágenes para garantizar que solo aparecen realmente los fenómenos meteorológicos que pudieran afectar al flujo del tráfico aéreo. El objetivo es mantener solo la precipitación convectiva que

3 NOTAMS (Avisos para Pilotos) puede ofrecer una imagen de las condiciones meteorológicas, pero no existía nada que pudiera ofrecerse en tiempo real y en un formato directamente utilizable.

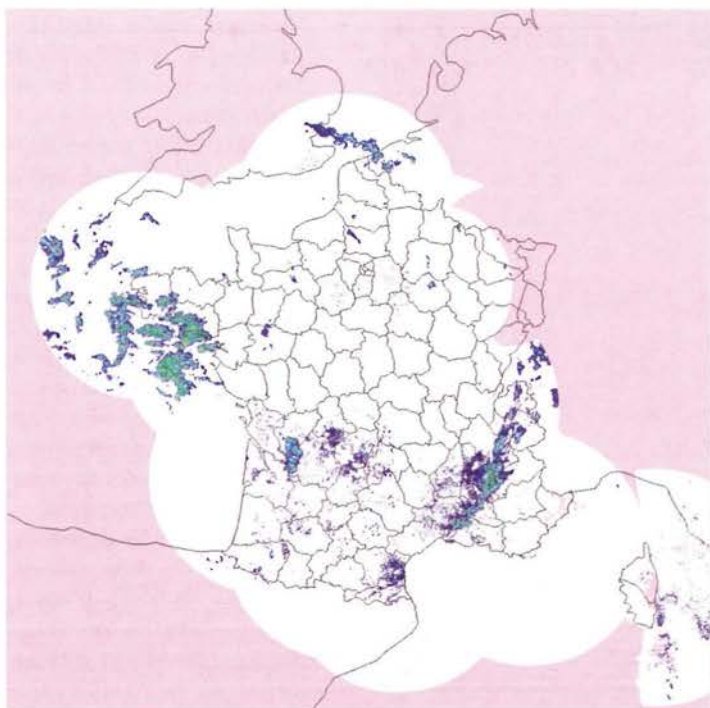


Figura 2 — Ejemplo de mosaico de radar

contiene partículas grandes que a veces pueden presentarse en estado sólido (granizo, granizo fino, etc.).

Después de varios procesos distintos consecutivos de filtrado y de umbrales, la imagen se puede leer más fácilmente: reconstitución de ecos fijos (edificios e infraestructuras situadas cerca de la unidad de radar, montañas), creación de una imagen con umbrales en la que los niveles bajos de reflectividad del radar no aparecen, y filtrado morfológico con nueva disposición de los píxeles. El resultado de estos procesos es una nueva imagen (véase la Figura 4) llamada SIGNORA (*SIGN*alisation d'*OR*Ages, o sea, detección de tormentas).

### De la observación a la predicción

Las imágenes SIGNORA se realizan con un pequeño retraso temporal (alrededor de 2 minutos), debido al tiempo necesario para realizar el mosaico de radar, y también por la transmisión de los datos y por los procesos de filtrado y de umbrales (véase la Figura 5). A mayor abundamiento, para optimizar el producto aún se lleva a cabo otro proceso que crea una imagen de predicción. Se calcula un campo de desplazamiento comparando dos imágenes sucesivas, tomadas en los últimos tiempos; luego se utiliza este campo para extrapolar una o más de las llamadas imágenes de predicción en incrementos de 5 mi-

nutos: de H+5 a H+35. La experiencia muestra que, en situaciones meteorológicas importantes (situaciones convectivas), estas extrapolaciones han sido útiles, en la mayoría de los casos, hasta estos intervalos.

El resultado final es una imagen con una resolución espacial de 1 km, predicha para H+5 min; un campo de desplazamiento que ayuda a anticipar la trayectoria de los objetos meteorológicos en un intervalo de 35 minutos en incrementos de 5 minutos; y todo esto en un formato utilizable por el control del tráfico aéreo.

### La herramienta de software de la ASPOC

La ASPOC es la aplicación que hace posible utilizar las imágenes SIGNORA.

La imagen de predicción se suministra con actualizaciones de 5 minutos en un contexto local parametrizable, en una rejilla con lados de un máximo de 270 millas náuticas (unos 500 km) y centrada en la aproximación en cuestión. También puede suministrarse en formato de mosaico adaptado a los centros de control en ruta (CNRA).

La red de recepción *MÉTÉORAGE* de *Météo-France* hace posible la creación de un mapa de descargas de ra-

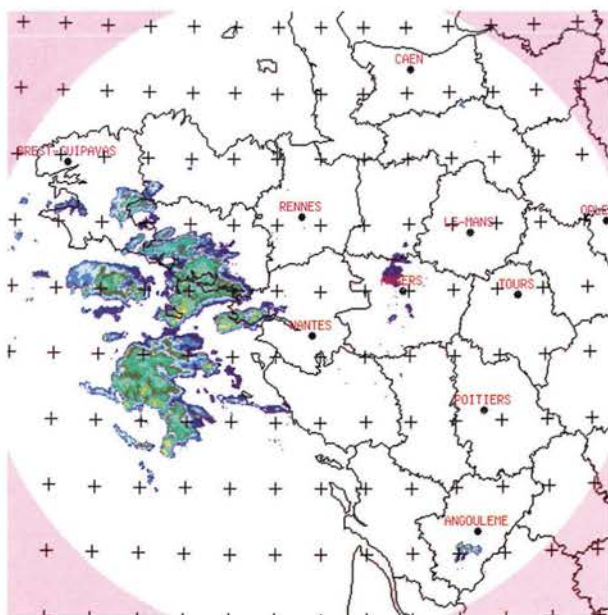


Figura 3 — Radar local de Trappes (78)

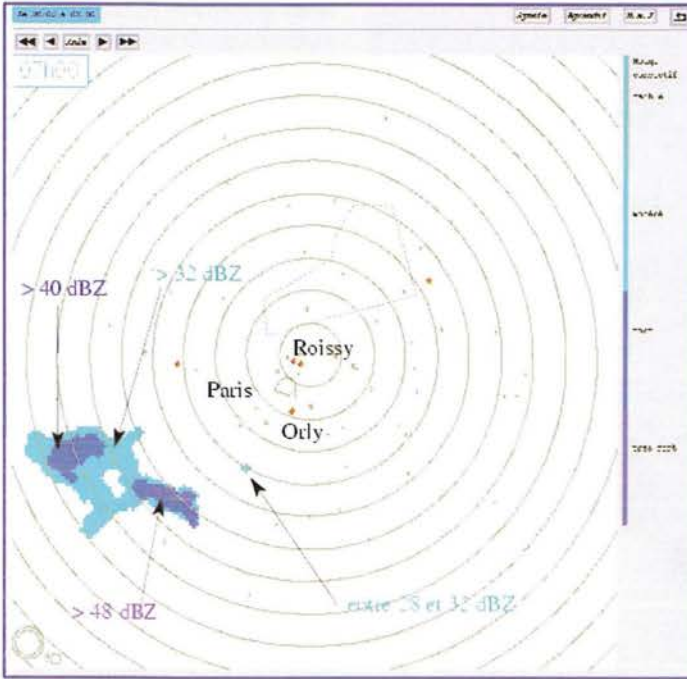


Figura 4 — Imagen SIGNORA

ayos de toda Francia en tiempo casi real. Esta información se ofrece además de las imágenes SIGNORA y, de manera significativa, permite a los operadores identificar con claridad la presencia de células tormentosas (véase la Figura 6). El software de la ASPOC proporciona a los controladores la opción de superponer los rayos de MÉTÉORAGE sobre la imagen SIGNORA.

La ASPOC ofrece las siguientes funciones principales:

- Composiciones: zoom, desplazamiento, parametrización del mapa de fondo, aumento, etc.
- Cálculos: animación de los 30 últimos minutos, predicciones de trayectoria de las células tormentosas, umbrales, etc.

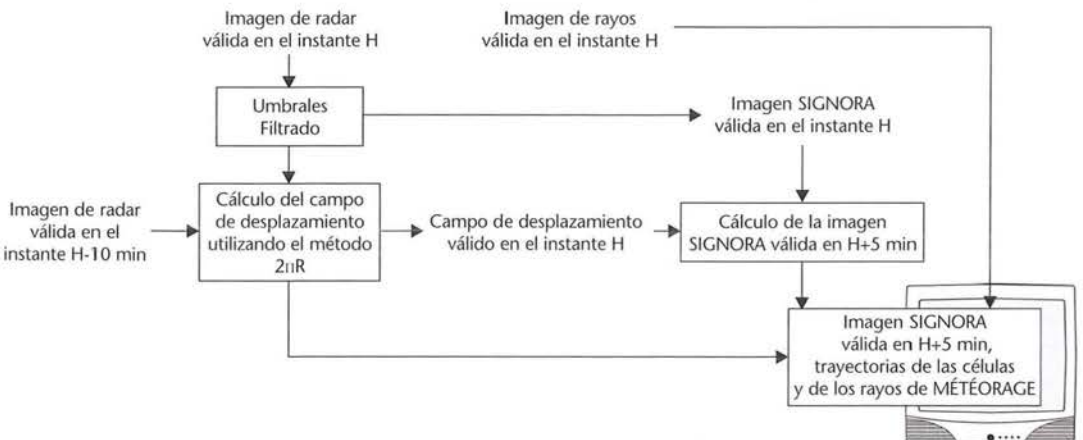


Figura 5 — Proceso de imágenes SIGNORA

- Vigilancia: puntos específicos, zonificación, identificación de las localizaciones de las descargas de rayos.

La paleta gráfica que utiliza la ASPOC tiene cuatro niveles de colores para representar la actividad de la célula productora de precipitación en cuestión (esto está en proporción directa con el nivel de reflectividad calculado por el radar), que se han elegido después de consultar con los usuarios y de las pruebas posteriores; el número limitado de colores se corresponde perfectamente con el uso operativo de SIGNORA y con los niveles de perturbación de tráfico que se producen.

La experiencia ha demostrado que la introducción de un producto como la ASPOC en la sala de control ofrece al controlador del tráfico aéreo información meteorológica adicional. Aunque esta información es distinta de la que disponen las tripulaciones aéreas, ayuda a hacer más fácil la comprensión de las situaciones meteorológicas. La gestión del tráfico aéreo requiere de un alto nivel de planificación entre las zonas de control y el avance en la identificación de los obstáculos meteorológicos facilita la gestión de las secuencias de control, y también mejora el despliegue de los controladores, la coordinación entre los sectores y la gestión del flujo (limitando el tráfico aéreo y/o volviendo a la capacidad máxima, horas de salida, etc.).

Lo siguiente es un ejemplo de la clase de información que puede ofrecer ASPOC para el control de la aproximación. Aquí, la ASPOC no se utiliza operativamente y el control se realiza sin ningún conocimiento de la situación meteorológica.

Lo siguiente es un ejemplo de la clase de información que puede ofrecer ASPOC para el control de la aproximación. Aquí, la ASPOC no se utiliza operativamente y el control se realiza sin ningún conocimiento de la situación meteorológica.

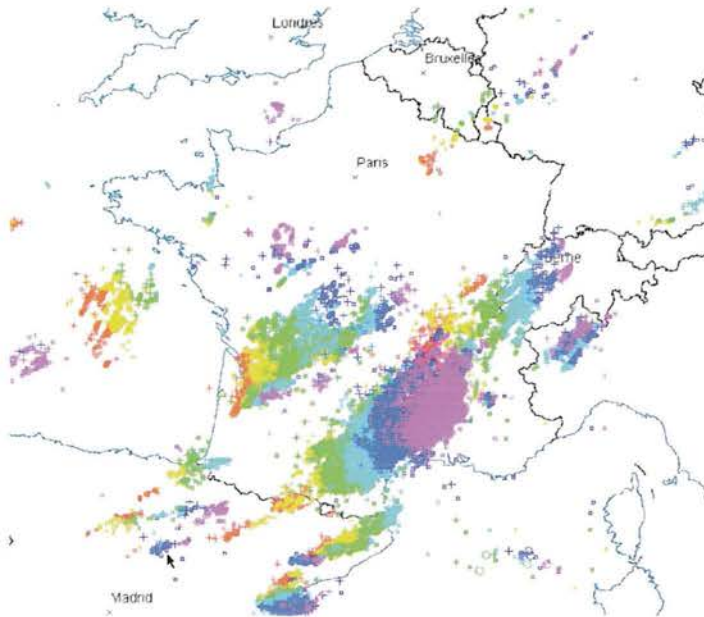


Figura 6 — Descargas de rayos de METEORAGE

Se observa que las aeronaves que se aproximan a la pista están sobre la línea de tormenta, que se desplaza hacia el noreste; las primeras aeronaves se las arreglan para pasar, ya que parecen estar por debajo de la base de nubes. Cuando llega el Vuelo ABC1234 (un número de vuelo totalmente ficticio) y trata de hacer lo mismo que los pilotos anteriores (la opción sugerida por el controlador ¡“porque los otros se las arreglaron para pasar”!), el piloto no puede pasar por el movimiento hacia el este de la línea de tormenta. Entonces el ABC1234 tiene que volar hacia el norte (véase la Figura 7(a) en el punto indicado por la flecha), antes de encontrar un paso “más tranquilo” entre dos células (véase la Figura 7(b)). El controlador tiene que ofrecer varias rutas alternativas al ABC1234 para resolver el problema; entonces empiezan a llegar más peticiones de desvíos, creando más dificultades a la gestión del tráfico aéreo.

A partir de este ejemplo, es razonable suponer que, si el controlador hubiera tenido acceso a las imágenes de la ASPOC, no habría sido cogido por sorpresa y hubiera podido anticipar la perturbación del tráfico aéreo a lo largo de la trayectoria de la línea de tormenta. Incluso mejor, las funciones de “desplazamiento” de la célula suministradas por la ASPOC hubieran podido sugerir un desvío preventivo hacia el sur para evitar la célula, lo que probablemente hubiera sido una elección mejor que la ruta hacia el norte que se muestra aquí.

Los centros y los controladores de ruta se enfrentan con restricciones completamente distintas, comparadas con las que sufren sus homólogos de las aproximaciones.

Por lo general, las aeronaves vuelan a su altura de crucero y los desvíos son generalmente ligeros y se realizan mucho antes de encontrar el obstáculo; también suele ser posible volar sobre células de tormenta. Incluso así, el controlador sigue teniendo acceso a lo que es, fundamentalmente, información útil. Durante las fases de transición (cuando la aeronave pasa de una zona de responsabilidad a otra) el sistema de la ASPOC ofrece las mismas ventajas que durante la fase de aproximación.

Curiosamente, la ASPOC también puede ofrecer una solución cuando se trata de gestionar las aeronaves en tierra, tanto en el caso de que las tripulaciones estén esperando para moverse (cuando está prohibido el uso de su radar meteorológico de a bordo) y del personal de la torre de control.

## Instalación en salas de control y desarrollos futuros

El programa de instalación de la ASPOC en Francia está entrando en su fase final: todos los centros de control en ruta tienen ahora la ASPOC y está en marcha el trabajo para instalarla en las principales aproximaciones. A la vez, se están explorando varias posibilidades con vistas a seguir mejorando la ASPOC.

Un factor importante en el desarrollo de la ASPOC es el espesor de la capa de nubes a la que se enfrenta la aeronave: los controladores del tráfico aéreo reciben actualmente una imagen en dos dimensiones y una cantidad enormemente limitada de información sobre la altura de la base de la célula de la tormenta, al igual que sobre su punto más alto; más aún, una aeronave que vuele sobre la capa de nubes (al aterrizar o al despegar), o incluso que vuele sobre la célula (en ruta), parece, en la pantalla del controlador, estar volando a través de la nube, lo que no es el caso en absoluto.

La ASPOC sigue siendo una herramienta “secundaria” dentro de la sala de control, porque no tiene un estatus normativo. Para un controlador es difícil sugerir una ruta a una tripulación basándose en meras consideraciones meteorológicas. Sin embargo, a pesar de sus inconvenientes, todos creen que la ASPOC suministra apoyo real<sup>4</sup> a la gestión del tráfico durante situaciones meteorológicas “difíciles”.

4 Tomado de un estudio realizado entre controladores y pilotos familiarizados con el uso de la ASPOC bajo condiciones casi operativas.

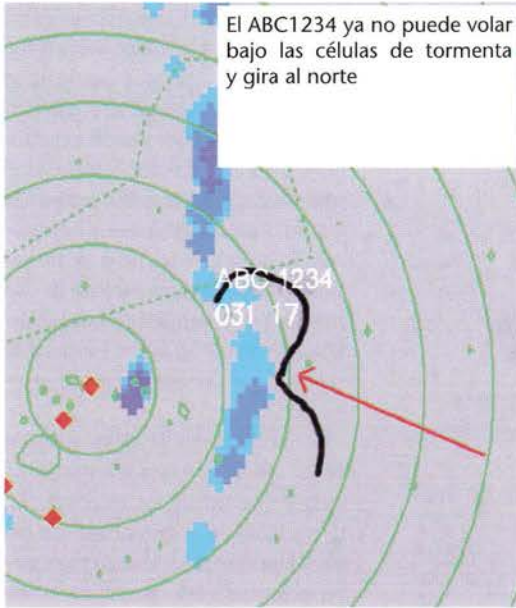


Figura 7(a)



Figura 7(b)

330

Europa sufre problemas recurrentes de congestión del tráfico aéreo. Un tercio de todos los retrasos están asociados a las condiciones meteorológicas, con todos los costes y los inconvenientes extras que acarrean para los usuarios. El uso generalizado de las

imágenes de radar, con toda probabilidad junto con la indicación de otros fenómenos que se encontrarán en los mapas de tiempo significativo, sería, sin lugar a dudas, de gran valor para anticipar los problemas y gestionar mejor el tráfico aéreo.

## Predicciones gráficas de área para la aviación

### Introducción

El 20 de abril de 2000, el Servicio Meteorológico de Canadá (MSC) y NAV CANADA introdujeron un sustituto gráfico de la predicción alfanumérica de área que se realizó por primera vez hace más de medio siglo. La predicción alfanumérica de área era un producto nacional que no seguía las normas internacionales. Era, por lo tanto, el candidato ideal a sustituir y también para probar la in-

Por Bob ROBICHAUD<sup>1</sup> y Joanne ST-COEUR<sup>2</sup>

roducción de un producto gráfico para los agentes implicados en la aviación. La Predicción Gráfica de Área (PGA) contiene la misma información meteorológica que su equivalente alfanumérica, pero su representación gráfica hace que sea más fácil de usar para los pilotos y los encargados de impartir las informaciones orales meteorológicas. También ayuda a los predictores a comunicar a estos usuarios las condiciones meteorológicas que se esperan sin riesgo de que pueda ocurrir cualquier tipo de malentendido por el uso de un producto meramente alfanumérico (textual).

### Antecedentes

En los primeros días de la aviación en Canadá los predictores desarrollaron las predicciones de área, que

1 Meteorólogo de Preparación Meteorológica del Servicio Meteorológico de Canadá, Halifax, Canadá.

2 Jefa del Servicio de Clientes de los Servicios de Aviación y Defensa del Servicio Meteorológico de Canadá, Halifax, Canadá.