

**XXXIV Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española
(Teruel, 29 febrero – 2 marzo 2016)**

ISBN 978-84-617-5240-9

**USO DE UN PERFILADOR EN BARAJAS PARA EL
SEGUIMIENTO DE SITUACIONES METEOROLÓGICAS**

Darío Cano Espadas⁽¹⁾, Eugenio Ayensa Remírez ⁽²⁾ Alejandro Cerezo⁽³⁾

⁽¹⁾ AEMET, OMA Barajas, dcanoe@aemet.es

⁽²⁾ AEMET, OMPA El Retiro, eyensar@aemet.es

⁽³⁾ INEMET

El perfilador de Barajas: Características.

De marca LAP-3000 fabricado por Waisala. Lleva operando en el aeropuerto de Madrid Barajas desde el año 2009.



Figura 1. Imagen del perfilador instalado en el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid Barajas operado por AEMET.

Consta de dos módulos: un radar Doppler de radiofrecuencia (Unos 1300 MHz) para medir tres componentes de viento y una sonda radioacústica (RASS) para medir temperaturas. El módulo de viento consta de dos modos, un pulso corto cada diez minutos y uno largo cada media hora que profundiza más en la atmósfera.

Las señales recibidas por la antena al ser dispersadas por los remolinos turbulentos tienen intensidades con varios órdenes de magnitud más bajas que la señal emitida, pero discernible del ruido.

La capacidad de un perfilador para medir vientos se basa en la suposición de que los remolinos turbulentos se propagan a través del flujo medio. La intensidad de la radio-signal de retorno por la atmósfera depende principalmente de la humedad y de los gradientes térmicos. El módulo de viento mide en un rango óptimo de entre unos 100 m y

2000 m con una precisión de 1 m/s en fuerza y 10° en dirección.

La medida de temperatura por el RASS se consigue emitiendo verticalmente un pulso corto de energía acústica. La velocidad del sonido de retorno depende de la temperatura. Este módulo opera de manera óptima entre 100 m y 1500 m con una precisión de 1°.

Uso de los datos del perfilador de Barajas por AEMET.

En AEMET el perfilador se usa de forma rutinaria en la predicción y vigilancia aeronáutica operativa para Barajas. Se han desarrollado herramientas para estimar la cizalladura vertical y la inversión térmica que se utilizan para verificar los pronósticos de estas variables. También se ha usado para dar apoyo a las instituciones en el seguimiento de situaciones de extrema contaminación urbana.

La información extraída por el perfilador de AEMET participa en distintos proyectos internacionales que se encargan de evaluar el impacto de estos datos en la asimilación de los modelos numéricos. Es el caso del proyecto E-profile de EUMETNET.



Figura 2. Red Europea de perfiladores del proyecto E-profile. Como se ve en la península Ibérica sólo hay perfiladores en Madrid (AEMET) y en Bilbao (Universidad del país Vasco).

Según el reporte final del COST ES702, European Ground-Based Observations of Essential Variables for Climate and Operational Meteorology (EG-CLIMET), los perfiladores están entre los 5 tipos de datos de más impacto en el análisis y con mejor relación impacto/coste.

También se han tenido en cuenta estos datos para diversos estudios atmosféricos. Como los llevados a cabo en COST722 para estudiar la formación de nieblas y nubes bajas en Barajas y otros estudios de capa límite estable. Los datos de los perfiles han servido de guía para desarrollar modelos conceptuales locales destinados a la vigilancia operativa.

Evolución del perfil en una situación de inestabilidad extrema: 30 Agosto de 2015.

Durante el 30 de agosto de 2015 la inestabilidad peninsular se tradujo en la formación de una línea de turbonada que abarcaba latitudinalmente gran parte de la península y que se desplazó de suroeste a noreste y que se manifestó nítidamente tanto en las imágenes radar como en las de satélite. Su paso por el aeropuerto de Madrid-Barajas provocó numerosas alteraciones importantes en el tráfico aéreo, pero al mismo tiempo quedó reflejado en el perfil de vientos del perfilador ubicado en las cercanías de una de las pistas del aeropuerto.

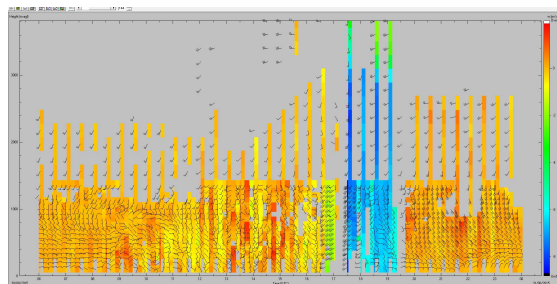


Figura 3.- Perfil de vientos diezminutales (pulso corto) y cada media hora (pulso largo) a lo largo del día 30 de agosto de 2015.

La imagen 3 es un registro del perfil de vientos cada de ese día y en ella se puede apreciar algunas de las características de estos sistemas. La gráfica muestra dos zonas claramente diferenciadas, una la correspondiente a los tonos anaranjados y que se corresponden con las horas previas al paso de la tormenta en las cuales la velocidad del viento vertical es positiva, es decir movimientos ascendentes del aire, y otra correspondiente a los

tonos azules, movimientos descendentes del aire, y que coincide con el inicio y fin de la precipitación más intensa de la tormenta y con las rachas más importantes registradas en superficie. Una vez que cesan la lluvia convectiva y las rachas fuertes y cuya duración es de aproximadamente media hora, continúa durante unas dos horas más la precipitación estratiforme que se refleja con las velocidades ascendentes en el perfilador.

Coincidiendo con el sondeo de Barajas de las 00Z los niveles bajos de la atmósfera del día 30 agosto se caracterizaba por una componente del viento del sureste que giraba hacia el sur-suroeste a medida que ascendíamos en altura. Este perfil se iba a mantener hasta prácticamente media hora antes del paso de la tormenta por el aeropuerto de Barajas, momento en el cual el patrón cambió sustancialmente.

A las 17:13 Z se registró una racha en el aeropuerto de Madrid-Barajas de 47 kts. Aproximadamente 15 minutos antes ya se habían registrado en los aeródromos de Cuatro Vientos y Getafe, situados ambos al oeste de Barajas unos 20 km, 47 y 52 kts respectivamente. Pero a las 16:40 Z ya se podía leer en la gráfica del perfilador que la intensidad del viento en los niveles bajos de la atmósfera había aumentado drásticamente, no así en superficie tal y como se puede ver en los registros del METAR de Barajas, y, lo que es más importante, que la velocidad vertical de aire comenzaba a ser negativa por lo que se podía esperar fuertes corrientes descendentes en los niveles bajos con manifestación de fuertes o muy fuertes rachas de viento en superficie. Este hecho puede ser un elemento de gran importancia en la vigilancia de situaciones de inestabilidad a la hora de poder adelantar la emisión de avisos aeronáuticos, concretamente de tormenta y de viento.

A las 17:00 Z el perfilador mostraba un viento del SW de 86 km/h a unos 1000 metros de altura y 20 minutos más tarde velocidades descendentes de 8 m/s. En esos momentos se registró la racha máxima de viento en el aeropuerto de Barajas, 100 km/h. Cabe destacar la gran concordancia entre los valores de viento del perfilador y los datos de superficie.

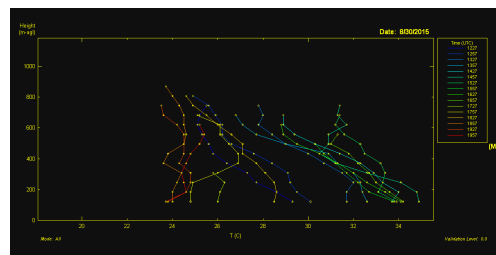


Figura 4. Perfil de temperatura cada media hora a lo largo del día 30 de agosto de 2015.

En la imagen superior (Fig 4) se puede apreciar el descenso de temperatura ocasionado por el desplome de aire frío de niveles medios que acompaña el paso de la línea de inestabilidad por el aeropuerto. A 150 metros del suelo la temperatura descendió en torno a 10° C en aproximadamente media hora, mientras que en superficie este descenso fue de 13° C.

Una vez que la línea de inestabilidad se fue alejando de la provincia de Madrid encaminándose hacia el cuadrante nororiental peninsular, se fue configurando en una verdadera línea de turbonada que marcaba claramente la convergencia de los flujos del suroeste y del este. En la comunidad de Madrid el sistema tormentoso dejó en diferentes puntos árboles arrancados de cuajo, muros derribados y tejados desprendidos.

Evolución del perfil en situaciones estables:

a) Situaciones de contaminación urbana.

Los días 2,3 y 4 de diciembre de 2015. Una situación prolongada de extrema estabilidad provocó elevadas concentraciones de contaminantes en la ciudad de Madrid.

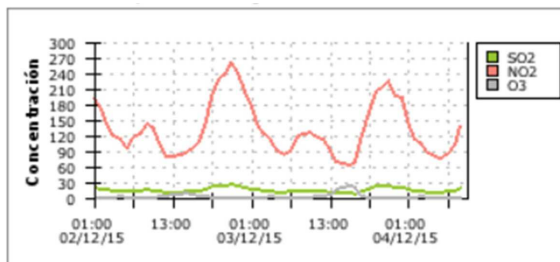


Figura 5. Evolución de la concentración de contaminantes los días 2,3 y 4 de diciembre de 2015 en la estación de la Plaza de España de Madrid.

Las gráficas de las estaciones de medida (figura 5) de contaminantes mostraban dos máximos, uno absoluto entorno a las 7 de la tarde y otro menor sobre las 7 de la mañana.

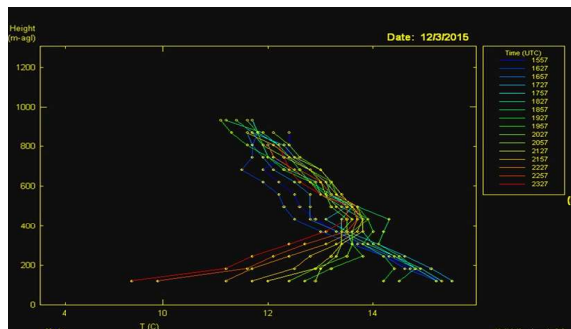


Figura 6. Evolución de la inversión de tierra en Barajas durante tarde-noche del 3 de diciembre de 2015.

La inversión de temperatura entre el suelo y el techo de la capa de inversión, situada a unos 500 metros, Se producía sobre las 7 de la tarde y llegaba a su nivel máximo entorno a las 7 de la mañana en que se superó en algunos momentos los 12° C. Esta tapadera originada por la inversión impide cualquier movimiento vertical del aire y de las partículas en su seno, ocasionando el aumento progresivo de los valores de los contaminantes. De igual manera, las inversiones de tierra tan marcadas también tienen su impacto en la navegación aérea y en la producción de contaminación acústica. AEMET emite unos avisos especiales de inversión para el aeropuerto de Madrid-Barajas cuando se pronostica la existencia de tales inversiones.

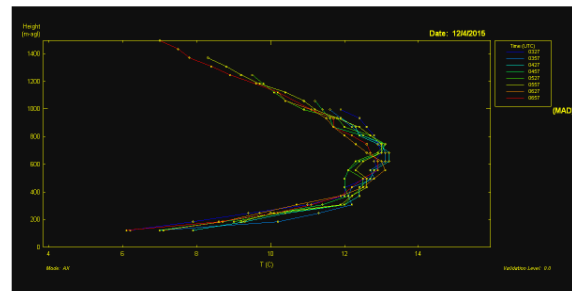


Fig. 6.- Perfil de temperatura cada media hora en la madrugada del 4 de Diciembre de 2015.

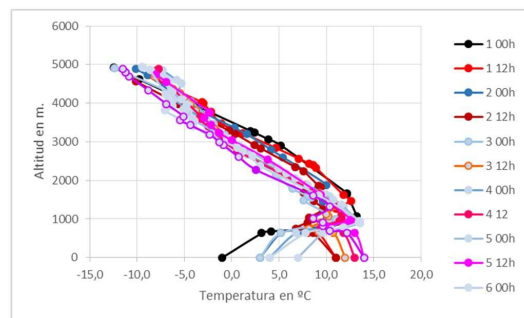


Figura 7. Evolución de los perfiles térmicos captados por el radiosondeo de Barajas entre los días 1 y 6 de diciembre de 2015.

Una inversión de subsidencia situada a unos 1000 metros del suelo impedía la difusión de los contaminantes por la atmósfera (figura 7). Si bien la evolución de la inversión de tierra (figura 6) se ajusta a la forma de la gráfica de contaminación (figura 5), ya que se establece a las 7 de la tarde y tiene su máximo valor a las 7 de la mañana (momentos estos que coinciden con los máximos de tráfico en la ciudad de Madrid), Los valores tan elevados de concentración de N=2 sólo pueden explicarse por la inversión de subsidencia (figura 7)

que no se rompe en varios días consecutivos. La inversión de subsidencia no es detectada por el perfilador.

a) Dipolo orográfico y cizalladura vertical.

Cuando un flujo estable del norte o noroeste interactúa con el Sistema Central se produce un “dipolo orográfico” con altas presiones y retención de masas a barlovento y bajas presiones al abrigo de sotavento. En estas circunstancias se es común la producción de cizalladura vertical del viento que puede estar en calma, o incluso del sur, en Barajas mientras en los puertos de montaña sopla fuerte del norte. La evolución del perfil de vientos y temperaturas permite evaluar la evolución y altura de la cizalladura, parámetro de gran influencia en las operaciones aeronáuticas. También pueden observarse las periódicas velocidades ascendentes y descendentes producidas por las ondas de montaña con amplitudes de 2 m/s y períodos de hasta 2 horas. (figura 8)

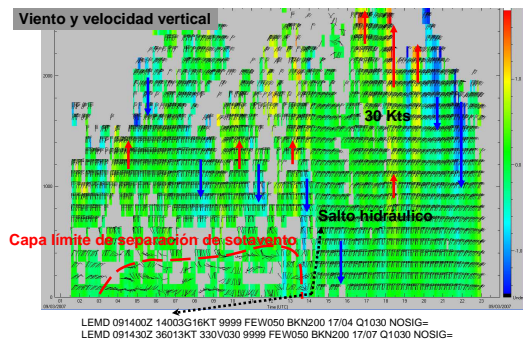


Figura 8. Perfil de viento diario de una situación de dipolo orográfico el 9-3-2007. El flujo de norte queda retenido hasta las 14 horas. Los metar de las 14 y 14:30 muestran cómo el viento en superficie pasa súbitamente del sur flojo a norte moderado aumentando el punto de rocío en 3°. Los colores que indican las velocidades verticales exhiben las ondas de montaña.

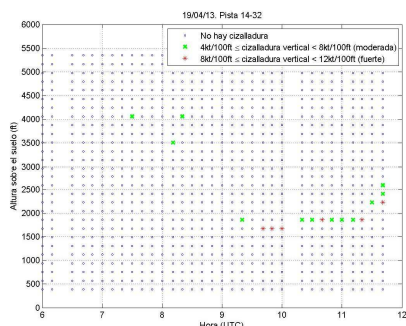


Figura 9. Evolución horaria del perfil de cizalladura importante para la aviación.

b) Situaciones de formación de niebla.

Las nieblas en Barajas responden a una interacción entre la radiación, que activan la brisa de montaña de caída desde el norte, con advecciones cálidas del sur. Los estudios con simulaciones de HID mostraron que la velocidad vertical, producida en tierra por la convergencia de masas del drenaje catabático, era determinante tanto en la formación como en la disipación de las nieblas. Se han usado varias técnicas para estimar el valor esa velocidad vertical en tierra. Mediante medidas de divergencia, usando todos los sensores de viento del aeropuerto y estimaciones hechas mediante “toning” o ajustes de modelos numéricos. Todo apunta a valores entorno a 2-3 cm/s. Estos valores están, de momento, fuera del rango de precisión del Perfilador.

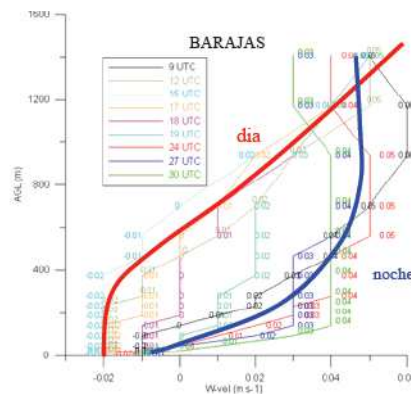


Figura 10. Valores de la velocidad vertical obtenidos por las predicciones del modelo TAPM. Con líneas gruesas se representa la velocidad vertical media durante el día y la noche. Obsérvese velocidades ascendentes durante la noche en la capa pegada al suelo.

Conclusiones

El perfilador de viento puede devenir en una herramienta predictiva a tener en cuenta cuando se presenten situaciones convectivas parecidas a la comentada, en las cuales las rachas de viento registradas en superficie ocurren horas después de las observadas en niveles algo más altos.

Los datos del perfilador de Barajas deben ser tomados en cuenta en los estudios de baja atmósfera para el área de Madrid. Las simulaciones deberían contar con estos datos para el análisis.

Referencias

<http://www.eumetnet.eu/e-profile>
<http://www.metoffice.gov.uk/science/specialist/cwinde/pr ofiler>
 .Cano et ali. Convergencia horizontal de masa y su influencia en la formación de nieblas en el aeropuerto de Madrid-Barajas. APMG AME Sesimbra 2005.